

Forschendes Experimentieren im Schülerlabor

Dissertation

zur Erlangung des Grades des Doktors der Naturwissenschaften

der Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät III

Chemie, Pharmazie, Bio- und Werkstoffwissenschaften

der

Universität des Saarlandes

von

Walter Zehren

Saarbrücken

(2009)

Tag des Kolloquiums: 3. Juli 2009

Dekan: Prof. Dr. S. Diebels

Prüfungsvorsitzender: Prof. Dr. J. Jauch

Berichterstatter: Prof. Dr. R. Hempelmann
Prof. Dr. H. Neber
Prof. Dr. R. Pelster

Akademischer Beisitzer: Dr. H. Natter

Danksagung

Diese Arbeit widme ich meinen Eltern.

Danken möchte ich Herrn Prof. Dr. Rolf Hempelmann, dem Leiter des Instituts für Physikalische Chemie, für die Betreuung meiner Arbeit, für sein Vertrauen und seine Unterstützung insbesondere in der schwierigen Aufbauphase des Schülerlabors, für die Bereitstellung der Laborräume und für jegliche weitere Hilfe. Herrn Prof. Dr. Heinz Neber danke ich für seine geduldige Hilfe bei der Einarbeitung in die komplexe Gedankenwelt der Pädagogischen Psychologie, für seine Unterstützung bei der Konzeption der Evaluationsprojekte und für die Übernahme des Koreferates.

Mein Dank gilt auch den Mitarbeiter/-innen des Instituts für Physikalische Chemie, die das Treiben im Schülerlabor stets gelassen ertragen haben. Herrn PD Dr. Joachim Wagner und Herrn Dr. Harald Natter danke ich zudem für viele Gespräche, die mir die fachdidaktische Reduktion komplexer Sachverhalte erleichtert haben. Frau Vivian Keller bin ich zu Dank verpflichtet für die Herstellung schülergerechter Brennstoffzellen. Mein besonderer Dank gilt Herrn Dieter Münch, der sich auch unter Zeitdruck infolge meines beruflichen Balanceaktes zwischen Universität und Schule nicht so leicht hat aus der Ruhe bringen lassen und mir mit seiner praktischen Erfahrung stets eine große Hilfe bei der Herstellung von schülergerechtem Experimentiermaterial war.

Ein besonderer Dank gilt auch Frau Dr. Julia Karbach aus dem Fachbereich Psychologie an der Universität des Saarlandes für ihre sachkundige und geduldige Hilfe in allen Fragen der statistischen Datenauswertung und Herrn Dr. Björn Diehl vom Zentrum für Human- und Molekularbiologie an der Universität des Saarlandes für seine Unterstützung bei allen Fragen der Textverarbeitung.

Danken möchte ich auch meinen studentischen Mitarbeiter/-innen für die engagierte Betreuung der Schüler/-innen und die konstruktive Mitarbeit bei der Entwicklung von Schülerversuchen. Auch bei den vielen Schüler/-innen und ihren Lehrer/-innen bedanke ich mich. Sie haben einen erheblichen Teil ihrer Freizeit für Laborbesuche zur Verfügung gestellt und damit die gesamte Arbeit erst möglich gemacht.

Zu danken habe ich auch den Schulleitern aller beteiligten Schulen, denn sie haben das Projekt ausnahmslos befürwortet und stets aktiv unterstützt. Besonders erwähnen möchte ich dabei Herrn Adam und Herrn Meier von der Marienschule. Ihr Verständnis und ihre Unterstützung ermöglichte es erst, meine Arbeit an der Marienschule mit meiner Tätigkeit an der Universität zu koordinieren. Frau Dagmar Fuchs danke ich für das Korrekturlesen und ihre sachkundige Hilfe auf dem unübersichtlichen Feld der reformierten deutschen Rechtschreibung, und Frau Silvia Kröner danke ich für die Übersetzung des Abstracts ins Englische.

Schließlich möchte ich auch meiner Familie danken. Meinen beiden Söhnen Matthias und Michael für ihre Hilfe bei der Dateneingabe und meiner lieben Frau Christine. Ohne ihre Geduld und Unterstützung hätte ich diese Arbeit, die insbesondere in der Endphase alle Beteiligten bis an den Rand des Erträglichen belastet hat, nicht fertig gestellt.

Abstract

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde an der Universität des Saarlandes ein Chemielabor mit 12 Arbeitsplätzen entwickelt und evaluiert, die je drei Schüler/-innen bei freier Wahl der Geräte und Chemikalien eine selbstständige Bearbeitung ergebnisoffener Fragestellungen ermöglichen. Die Entwicklung der unterrichtsbezogenen Aufgabenstellungen orientierte sich an Erfahrungen mit gymnasialem Experimentalunterricht, Rückmeldungen von Mehrfachbesucher/-innen der Mittelstufe und deren Fachlehrern über den Einfluss der Praktika auf den nachfolgenden Schulunterricht. Vier Evaluationsprojekte mit Kontrollgruppendesign nach Besuchszeiträumen von einem, zwei und fünf Jahren zielten jeweils in Verbindung mit Mehrfachbesuchen auf die Aspekte Integration der Experimente in den laufenden Unterricht, Motivation, Interesse und naturwissenschaftliches Grundverständnis. Nachgewiesen werden konnten eine positive Bewertung der Labormerkmale, eine Verbesserung der Qualität epistemischer Fragen, größeres Selbstvertrauen, Interesse und Einfallsreichtum, die besseren Ideen bei der Konzeption von Forschungsfragen, ein höherer intrinsischer Wert des Chemielernens und eine Präferenz von Experimenten ohne Schritt für Schritt Vorgabe. Nach Angaben der Lehrer sind die Praktika grundsätzlich in den Unterricht integrierbar und erhöhen dort die Effizienz des Lernens.

Abstract

Within the framework of this thesis, a chemistry laboratory at the “Universität des Saarlandes” with twelve workstations was developed and evaluated. At each of these workstations, three students had free reign over chemicals and apparatuses in order to work independently on experiments; with no known outcomes. Feedback derived from students (Years 8, 9 and 10 in grammar school), repeatedly taking part in these experiments; as well as from their teachers commenting on the impact of the experiment on the lessons that followed, led to the development and improvement of the lesson-related wording of the task. Four evaluation projects, all with an underlying control group design, were conducted over repeat visits, with the following aims: Integration of the experiments into regular lessons, motivation, improved interest and basic scientific understanding. The results of these experiments showed: an improved knowledge of the workings of the laboratory; an improvement in the quality of epistemic questions; enhanced self-confidence, interest and more imaginative ideas; better ideas in the conceptualisation of research questions; a higher intrinsic value of chemistry learning and a preference for experiments without step-by-step instructions. As is stated by all the science teachers, who normally teach these pupils, it would be possible to integrate the design of these experiments into lessons, thereby improving the learning efficiency.

Inhalt

1. Einleitung.....	11
2. Forschungsfragen.....	13
3. Theorie.....	15
3.1 Evaluationsprojekte in Schülerlaboren.....	15
3.2 Pisa '06	22
3.4 Interesse.....	30
3.5 Lehren und Lernen	32
3.5.1 Entdeckendes Lernen	34
3.6 Modell vollständigen Wissens.....	42
3.6.1 Transformation von Faktenwissen	42
3.6.2 Modellbasierte Kennzeichen der Lernumgebung NanoBioLab	43
4. Methoden.....	47
4.1 Entwicklung der Aufgabenstellungen und Aufbau des Labors	47
4.2 Evaluationsprojekte	47
4.2.1 Projekt 1: Evaluation nach einjähriger Teilnahme.....	48
4.2.1.1 Beschreibung der Teilnehmer.....	48
4.2.1.2 Projektdurchführung.....	50
4.2.1.3 Befragung der Fachlehrer	52
4.2.2 Projekt 2: Evaluation nach zweijähriger Teilnahme.....	52
4.2.2.1 Beschreibung der Teilnehmer.....	52
4.2.2.2 Interviewstudie	54
4.2.2.3 Beschreibung der Interviewer	55
4.2.3 Projekt 3: Abschlusspraktikum und -befragung in Klasse 10	56
4.2.4 Projekt 4: Evaluation nach fünfjähriger Teilnahme.....	56
4.2.5 Projekt 5: Gescheiterte Evaluation in Klassenstufe 8.....	56
4.3 Beschreibung der Evaluationsinstrumente.....	57
4.3.1 Fragebogen für die Klassenstufe acht (Projekt 1)	57
4.3.2 Fragebogen für die Fachlehrer (Projekt 1)	60
4.3.3 Interviewunterlagen (Projekt 2).....	60
4.3.4 Fragebogen für die Klassenstufe 10 (Projekt 3).....	61
4.3.5 Fragebogen für Klassenstufe 13 (Projekt 4)	61
4.4 Bewertungskriterien für die Interviewstudie	62
4.4.1 Zusammenfassung aller Bewertungskriterien (Schülerarbeitsblatt).....	62
4.4.1.1 Untersuchungsqualität der Frage	62
4.4.1.1.1 Beantwortbarkeitsgrad	62
4.4.1.1.2 Antwortvermutung.....	63
4.4.1.1.3 Art des Wissens.....	63
4.4.1.1.4 Fachliche Tiefe.....	64
4.4.1.2 Anzahl der Fragen	65
4.4.1.3 Geräte und Chemikalien.....	66
4.4.1.4 Versuchsvorschlag/ Vorgehen	67
4.4.1.5 Erwartetes Ergebnis.....	68
4.4.1.6 Expertenrating.....	68
4.4.2 Interviews.....	71
5. Ergebnisse.....	72
5.1 Lernumgebung NanoBioLab.....	72
5.1.1 Aufgabenstellungen und Praktikumsverlauf.....	72
5.1.1.1 Untersuchung von Lebensmitteln: Aufgabenblatt	75
5.1.1.2 Untersuchung von Lebensmitteln: Musterlösung.....	75

5.1.1.3 Untersuchung von Lebensmitteln: Vorgehensweise und Lösungsstrategien	76
5.1.1.4 Destillation: Aufgabenblatt.....	78
5.1.1.5 Destillation: Musterlösung.....	78
5.1.1.6 Destillation: Vorgehensweise und Lösungsstrategien	79
5.1.1.7 Analyse von Hydroxiden: Aufgabenblatt.....	81
5.1.1.8 Analyse von Hydroxiden: Musterlösung.....	81
5.1.1.9 Analyse von Hydroxiden: Vorgehensweise und Lösungsstrategien.....	82
5.1.1.10 Phasen der Schüleraktivitäten bei der Analyse der Hydroxide	86
5.1.1.11 Anknüpfungspunkte	90
5.1.1.12 Analyse von Säuren: Aufgabenblatt.....	91
5.1.1.13 Analyse von Säuren: Musterlösungen	92
5.1.1.14 Analyse von Säuren: Vorgehensweise und Lösungsstrategien.....	92
5.1.2 Laborausrüstung	96
5.2 Überblick und Diskussion zur Lernumgebung NanoBioLab	99
5.3 Ergebnisse der Evaluationsprojekte	101
5.3.1 Ergebnisse der ersten Teilstudie (Projekt 1).....	101
5.3.1.1 Die Lernsituation im NanoBioLab aus Sicht der Schüler/-innen.....	103
5.3.1.1.1 Variablen mit Aufgabenbezug.....	106
5.3.1.1.2 Variablen mit Lernkontextbezug.....	108
5.3.1.2 Interesse an Folgebesuchen	110
5.3.1.3 Korrelationen der NanoBioLab-Skalen.....	112
5.3.1.4 Vergleiche zwischen Teilgruppen.....	113
5.3.1.4.1 Motivationale Effekte.....	117
5.3.1.4.2 Emotional-affektive Aspekte des Gegenstands.....	119
5.3.1.4.3 Variablen des resultierenden Verhaltens.....	121
5.3.1.5 Analyse von Einzelitems	123
5.3.1.6 Das NanoBioLab aus Sicht der Lehrer/-innen.....	129
5.3.1.7 Diskussion der Ergebnisse der ersten Teilstudie (Projekt 1: Klasse 8)	133
5.3.1.7.1 Diskussion laborbezogener Effekte und Interesse an Folgebesuchen.....	134
5.3.1.7.2 Diskussion laborunabhängiger Effekte.....	138
5.3.1.7.3 Diskussion der Korrelationen	142
5.3.2 Ergebnisse der zweiten Teilstudie (Projekt 2: Interviews).....	144
5.3.2.1 Auswertung der Schülerarbeitsblätter	144
5.3.2.1.1 Untersuchungsqualität der Fragen	148
5.3.2.1.2 Expertenrating.....	149
5.3.2.2 Auswertung der Gespräche mit den Interviewern	151
5.3.2.3 Retrospektive Aussagen zu kognitiven Prozessen während der Vorbereitung eines Experiments.....	154
5.3.2.4 Leistungsniveau der Schüler/-innen in Chemie.....	156
5.3.3 Ergebnisse der dritten Teilstudie (Projekt 3: Praktika in Klasse 10).....	161
5.3.4 Ergebnisse der vierten Studie (Projekt 4: fünfjährige Teilnahme).....	164
5.4 Zusammenfassende Diskussion der Auswirkungen mehrjähriger Praktikumsteilnahmen	165
5.4.1 Diskussion präexperimenteller kognitiver Prozesse (Projekt 2).....	166
5.4.2 Diskussion der Forschungsfragen (Projekt 2).....	167
5.4.3 Diskussion des Leistungsvermögens der Schüler/-innen (Projekt 2)	168
5.4.4 Diskussion zur Transformation von Wissen (Projekt 3)	170
5.4.5 Diskussion von Langzeitwirkungen (Projekt 4).....	171
5.4.6 Diskussion der Ergebnisse im Zusammenhang mit Pisa '06.....	171
6. Zusammenfassung der Arbeit	174
6.1 Aufgabenstellungen und Laborausrüstung	174
6.2 Evaluationsprojekte	175
6.2.1 Kennzeichen nachhaltig wirkender Praktika (Projekt 1).....	177

6.2.2 Interviewstudie in Klasse neun (Projekt 2), Abschlusspraktikum in Klasse zehn (Projekt 3) und Befragung in Klasse 13 (Projekt 4).....	179
7. Ausblick.....	182
8. Literaturverzeichnis.....	184
9. Anhang.....	198
9.1 Aufgabenstellungen.....	198
9.2 Teilnehmende Schulen.....	209
9.3 Skalen des Fragebogens für Klassenstufe 8	209
9.4 Unterlagen für ein Interview	218
9.5 Fragebogen für die Schüler/-innen nach dem Praktikum in Klassenstufe 10	222
9.6 Fragebogen für die Schüler/-innen aus der Klassenstufe 13.....	223

1. Einleitung

Naturwissenschaftliches Grundverständnis bildet das Fundament naturwissenschaftlicher Bildung und kann anhand sehr einfacher Sachverhalte vermittelt werden. Deshalb lässt sich bereits der naturwissenschaftliche Eingangsunterricht so konzipieren, dass Schüler/-innen von Beginn an die Fähigkeit entwickeln, Phänomene auf wissenschaftliche Basiskonzepte zurückzuführen, dann in größere Kontexte einzuordnen und schließlich auf Vorgänge in ihrer Lebenswelt anzuwenden. Schülerexperimenten sollte dabei eine wesentliche Bedeutung zukommen, denn sie fördern nachweislich das Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen. Die Ergebnisse aus Pisa '06 belegen jedoch, dass naturwissenschaftliche Kompetenzen eher in einem fragend-entwickelnden Frontalunterricht entstehen; Schülerexperimente sind dabei eher hinderlich (Seidel, T. et al., 2007a).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist der Aufbau eines Labors, das Schüler/-innen die Möglichkeit bietet, durch selbstständiges forschendes Experimentieren an Themen aus dem Unterricht, Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Naturwissenschaftsverständnis gleichzeitig zu entwickeln. Ziel ist es auch, das gesamte Laborkonzept durch Evaluationsprojekte zu bestätigen und Rahmenbedingungen für zukünftige gezielte Untersuchungen in Erfahrung zu bringen.

Der Aufbau des Labors und die Erstellung der Aufgaben dauerte drei Jahre und orientierte sich an der Kritik von Schüler/-innen saarländischer Gymnasien und ihrer Lehrer an den Aufgabenstellungen, der Laboreinrichtung und der Eigenständigkeit des Experimentierens an vorgegebenen Problemen aus dem laufenden Unterricht. Als wichtigster Indikator zur Bewertung von Entwicklungsschritten diente von Schülerseite der Wunsch nach weiterer Teilnahme an den Praktika. Seine Aussagekraft resultiert aus der großen Abneigung von Schüler/-innen gegenüber den Fächern Chemie und Physik, die ansonsten nachweisbar ist (z.B. Whitfield, 1980; Zwick & Renn, 2000; Engeln, 2004). Seitens der Lehrer wurden Rückmeldungen über Beobachtungen während der Praktika und aus dem nachfolgenden Unterricht in die Entwicklung einbezogen. Insgesamt beruht das Laborkonzept damit hauptsächlich auf Vorstellungen von Schüler/- und Lehrer/-innen über effektive, in den Unterricht eingebettete Laborarbeit.

Mehrere Evaluationsprojekte zur Bewertung der zuvor entwickelten Aufgabenstellungen nahmen drei weitere Jahre in Anspruch. Dabei wurden die Auswirkungen wiederholter, thematisch in den Chemieunterricht integrierter Praktika auf Selbstvertrauen, Interesse, Kreativität und naturwissenschaftliches Grundverständnis der Schüler/-innen beim eigenständigen Bearbeiten offener Experimentalaufgaben und die Rückwirkungen der Praktika in den Chemieunterricht untersucht. Im Einzelnen handelt es sich um eine Fragebogenstudie mit Kontrollgruppendesign nach fünf Laborbesuchen im Verlauf des achten Schuljahres, eine

Interviewstudie nach weiteren Laborbesuchen eines Teils dieser Schüler/-innen in der Klassenstufe neun und eine weitere Befragung im Verlauf eines Abschlusspraktikums in Klassenstufe zehn. Zudem wurden die Fachlehrer des achten Schuljahres zum Schülerverhalten während der Praktika und im nachfolgenden Unterricht befragt. An einer weiteren Fragebogenstudie war eine Schülergruppe beteiligt, die das Labor von seinen Anfängen an über einen Zeitraum von fünf Jahren regelmäßig besucht hatte.

Bereits in der Entwicklungsphase des Labors waren selbst bei Laborbesucher/-innen, die über ausreichendes Faktenwissen nach abgeschlossener Behandlung von Unterrichtsthemen verfügten, Defizite bei der Deutung einfacher Beobachtungen und dem Verständnis von Zusammenhängen erkennbar. Häufig fanden sich auch Schülervorstellungen, die wissenschaftlichen Erklärungen entgegenstehen. Solche Defizite, die auch durch internationale Vergleichsstudien (TIMSS, Pisa) aufgedeckt wurden belegen, dass entsprechende Ziele des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts nicht befriedigend erreicht werden (Baumert et al., 2001; Baumert et al., 1997b). Die Autoren der Pisastudie 2006 sehen zwar Verbesserungen im Bereich naturwissenschaftlichen Grundverständnisses seit der ersten Studie im Jahre 2000, beschreiben aber auch weiteren Handlungsbedarf (Prenzel et al., 2007, S. 100): „Diesen positiven und erfreulichen Entwicklungen stehen jedoch weitere Herausforderungen gegenüber. Der internationale Vergleich in PISA'06 zeigt, dass es durchaus möglich ist, bei fünfzehnjährigen Jugendlichen ein noch deutlich höheres naturwissenschaftliches Verständnis zu entwickeln.“

Selbst fundamentale Fehlvorstellungen fallen offensichtlich im Unterricht nicht auf, obwohl sie das Verstehen komplexer Zusammenhänge erschweren, insbesondere dann, wenn Basis-konzepte betroffen sind, wodurch falsche Vorstellungen in weitere Themen der Chemie hineinreichen. Sie finden sich bei Schüler/-innen aller Leistungs- und Altersstufen gleichermaßen und machen sich am ehesten bei der selbstständigen experimentellen Bearbeitung von Fragestellungen mit offenem Ausgang bemerkbar, weil nach falschen Vorstellungen konzipierte Lösungsansätze zu unerwarteten Befunden führen. Ihre möglichst selbstständige Bewertung regt Denkprozesse an, die eine Korrektur der zugrunde liegenden Fehlvorstellungen einleiten können. Lernprozesse dieser Art sind aufgrund der Eigenaktivität der Lernenden aus Sicht pädagogischer Psychologen besonders effektiv (Neber, 1994; Neber & Anton, 2008).

Offene Aufgabenstellungen sind nur durch eine enge Verzahnung der Praktika mit dem Unterricht verwendbar, denn bekannte Inhalte begrenzen die Laborarbeit auf einen für Schüler/-innen überschaubaren Bereich und eröffnen erst dadurch einen Handlungsspielraum für selbstständiges Experimentieren.

Erklärbar wird der Einfluss der Praktika auf naturwissenschaftliches Grundverständnis durch das Modell vollständigen Wissens (Neber, 1994); Voraussetzung für seine Anwendung war die Ermittlung von Daten, die eine Analyse von Denkvorgängen ermöglichen.

Das Konzept von NanoBioLab lässt sich nach Kernelementen moderat-konstruktivistischen Lernens klassifizieren; Weinert (2000) beispielsweise hat dazu drei Sichtweisen formuliert: kognitivistisch als zielgerichtet, kumulativ und systematisch, sozio-konstruktivistisch als situiert, kooperativ und partizipativ, sowie kognitiv-konstruktivistisch als aktiv, konstruktiv und selbstständig. Davon beschreibt der letztgenannte Ansatz die Rahmenbedingungen von NanoBioLab am treffendsten.

2. Forschungsfragen

Mehrere Untersuchungen von Schülerlaboren belegen ihre kurzzeitig anhaltende, motivierende Wirkung bei Einmalbesuchern (z.B.: Engeln, 2004; Brandt, 2005; Aufschaiter, 2007) und deuten zudem auf die Notwendigkeit von Mehrfachbesuchen und ihrer inhaltlichen Verknüpfung mit dem Unterricht. Davon erwartet man eine verbesserte Nachhaltigkeit der Wirkungen von Laborbesuchen (Engeln, 2004; Brandt, 2005) bzw. ein besseres Verstehen der Praktikumsinhalte (Aufschaiter, 2007; Glowinsky, 2007; Gudeerian, 2007; Scharfenberg, 2005). Zur Verringerung von Schülerproblemen im Umgang mit offenen Aufgabenstellungen finden sich unterschiedliche Empfehlungen. Engeln (2004) beispielsweise möchte zugunsten der Authentizität der Lernsituation in den Schülerlaboren auf offene Aufgabenstellungen verzichten; ähnliche Empfehlungen findet man auch bei Aufschaiter et al. (2007). Brandt (2005) dagegen kritisiert Experimente nach Schritt für Schritt Anweisungen und fordert diesbezüglich mehr Kreativität bei der Aufgabenkonzeption (siehe 3.1).

Nicht nachgewiesen wurden motivationale Effekte nach Zeiträumen von mehr als vier Monaten und nach Mehrfachbesuchen. Auch Nachweise von Verbesserungen des naturwissenschaftlichen Verständnisses von Schüler/-innen findet man nicht; zudem fehlen Untersuchungen einer wechselseitigen Beeinflussung von Laborarbeit und dem naturwissenschaftlichen Unterricht. Weiterhin fehlen systematische Untersuchungen von Aufgabenstrukturen im Hinblick auf ihre Eignung in offenen Experimentalsituationen, zumal Aufgaben dieses Typs als notwendige Voraussetzung für den Erwerb eines tiefergehenden Verständnisses durch selbstständiges Experimentieren angesehen werden. Die vorliegende Arbeit möchte einen Beitrag zum Ausgleich dieser Defizite liefern. Als Arbeitsgrundlage wurden die folgenden Hypothesen zu den Kennzeichen nachhaltiger Praktika und zu ihren Wirkungen bei den Schüler/-innen formuliert.

Hypothesen zu Kennzeichen: Nachhaltig wirkende Schülerpraktika erfordern -

1. - Mehrfachbesuche im Verlauf eines Schuljahres.
2. - Einbindung in den laufenden Unterricht.
3. - unterrichtsrelevante Aufgabenstellungen.
4. - wahlfreien Zugriff auf alle Chemikalien und Geräte.
5. - offene Fragestellungen mit der Möglichkeit zu kreativem Arbeiten.

Hypothesen zu Wirkungen: Schülerpraktika mit den beschriebenen Kennzeichen bewirken die -

1. - Entwicklung von persönlichem Interesse bei Jungen und Mädchen gleichermaßen.
2. - Förderung der experimentierspezifischen Leistungsmotivation (Selbstwirksamkeit, intrinsischer Wert).
3. - Bevorzugung offener Experimentalaufgaben.
4. - Förderung des Naturwissenschaftsverständnisses, erkennbar in einer Experimentalsituation an der Zunahme von Untersuchungsfragen -
 - 4.1. - nach kausalen (konditionalen und funktionalen) Zusammenhängen.
 - 4.2. - nach messbaren Größen.
 - 4.3. - höherer epistemischer Qualität.

3. Theorie

Zur Positionsbestimmung der vorliegenden Arbeit enthält dieses Kapitel Berichte aus der empirischen Bildungsforschung sowie Themen aus der Pädagogischen Psychologie. Im Einzelnen handelt es sich dabei um Evaluationsprojekte aus mehreren Schülerlaboren, Ergebnissen von Pisa '06, bzw. die Themen Lernmotivation, Interesse und eine kognitivistische bzw. konstruktivistische Position des Lehrens und Lernens. Im Zusammenhang mit Lehren und Lernen wird dabei ausführlicher auf Entdeckendes Lernen und Experimentieren im Labor als den Kernthemen der vorliegenden Arbeit eingegangen. Den Schwerpunkt dabei bilden die Arbeiten von Jerome Bruner und ein Modell vollständigen Wissens (Neber, 1994), das auf der Grundlage von Bruners Arbeiten entwickelt wurde.

3.1 Evaluationsprojekte in Schülerlaboren

Im Januar 2005 waren bei Lernort-Labor, eine vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanzierte Einrichtung zur Unterstützung und Förderung von Schülerlaboren am Leibnitz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften in Kiel (IPN), 207 deutsche Schülerlabore registriert. Von 123 dieser Labore konnten die Betätigungsfelder ermittelt werden: 24 % Biologie, 28 % Chemie, 18 % Physik, 19 % Technik und 11 % andere Ausrichtungen wie Mathematik oder interdisziplinäre Bereiche (Hillebrandt und Dähnhardt, 2005).

Nachfolgend werden sieben Evaluationsprojekte vorgestellt, die insgesamt 11 Schülerlabore und ein Science Center erfassen. Ausführlicher eingegangen wird dabei auf die Ergebnisse zweier Untersuchungen, die einen Vergleich von fünf der etablierten und institutionalisierten Labore ermöglichen. Deren erklärtes Ziel ist die Schaffung positiver Lernumgebungen (Engeln 2004; Brandt, 2005). Die Vergleichsstudie von Engeln umfasst School_Lab, DLR, Göttingen (Physik); Quantensprung, GKSS, Geesthacht (Physik); Teutolab, Universität Bielefeld, Bielefeld (Chemie); Radioaktivität - physik.begreifen@desy.de, DESY, Hamburg (Physik) und Vakuum – Physik. begreifen@desy.de. Alexander Brandt (2005) untersuchte das Teutolab erneut. Gegenstand beider Untersuchungen waren Ganztagsveranstaltungen mit eingeschlossenen Mensabesuchen, zu denen die Schüler/-innen klassenweise in Begleitung ihrer Fachlehrer anreisten. Beide Untersuchungen werden ausführlicher dargestellt, weil für einen Teil der Evaluation der vorliegenden Arbeit Brandts Fragebogen verwendet wurde. Dadurch und durch die

Wiederholung der Teutolabevaluation durch Brandt (2005) wird ein Vergleich der Befunde Brandts und Engeln mit denen der vorliegenden Arbeit erleichtert.

Engeln (2004) erfasst in ihrer Untersuchung vier Persönlichkeitsmerkmale der Schüler/-innen sowie fünf der von ihnen wahrgenommenen Labormerkmale. Labormerkmale sind: Größe der Herausforderung, Qualität der Zusammenarbeit, Authentizität, Verständlichkeit der Erklärungen und die Offenheit der Experimente. Als Persönlichkeitsmerkmale dienen Sach- und Fachinteresse an Naturwissenschaften, insbesondere an Physik, das Selbstkonzept der naturwissenschaftlichen Begabung und das Geschlecht. Abhängige Variable ist das Interesse mit seinen emotionalen, wertbezogenen und epistemischen Komponenten. Darüber hinaus ermittelte Engeln die Akzeptanz des Schülerlabors durch Schüler/- und Lehrer/-innen, untersuchte Vor- und Nachbereitung des Besuchs in der Schule - Einbettung in den Unterricht gilt als wichtiger Faktor für die Durchführung von Schülerexperimenten - und ermittelte die Bewertung des Labors durch die Schüler/-innen. Zusätzlich erfragte sie die Fachpräferenzen in der Schule.

Die Akzeptanz der Schülerlabors wird aus den Antworten auf zwei Fragen abgeleitet: „Gib dem Schülerlabor eine Note zwischen 1 = sehr gut und 6 = ungenügend.“ und „Würdest du das Schülerlabor gerne ein zweites Mal besuchen?“ Die Benotungen durch die Schüler/-innen sind laborabhängig und ändern sich über einen Zeitraum von 12 Wochen nur unwesentlich: Unmittelbar nach dem Besuch werten über 65 Prozent, zwölf Wochen später noch über 55 Prozent Schüler/innen mit sehr gut oder gut. An einem weiteren Besuch interessiert sind nach dem gleichen Zeitraum noch über 65 % von zunächst über 70 % (Engeln, 2004, S.122). Die zugehörigen Begründungen lassen sich zu Kategorien ordnen: Gründe für einen weiteren Besuch - die Prozentzahlen beziehen sich auf die Gesamtzahl der Besucher/-innen - sind zu 19,5 % allgemeiner Art (War lustig, Versuche haben Spaß gemacht), oder auf Wissenszuwachs (12,35 % : War interessant und man hat sehr viel gelernt), selbstständiges Arbeiten (9,1 %: Man kann praktische Versuche durchführen und selber auswerten), oder auf eine Alternative (9,1 %: keine Schule). Weitere 14,5 % der Angaben passen nicht in die genannten Kategorien.

Fehlendes Interesse an einem weiteren Besuch begründen die Schüler/-innen mit fehlendem Interesse an den Naturwissenschaften (5,95 %), bzw. einem durch den Besuch verursachten Anreizverlust (7 %). Die übrigen Begründungen bilden jeweils Kategorien mit einem Anteil von weniger als 3 %. (Engeln, 2004, S.128). Die Antworthäufigkeiten auf die Frage: „Was hast du heute vermisst?“ decken sich mit diesen Zahlen: 61 % haben nichts vermisst. Von den restlichen 39 % wünschen sich bezogen auf die Gesamtteilnehmerzahl durchschnittlich 8 % offene Experimente, 7 % bessere Erklärungen, sowie jeweils 5 % Forschung bzw. mehr Spannung. Weitere 5 % sind aus anderen Gründen unzufrieden mit den Experimenten. Diese Anteile schwanken zwischen den einzelnen Laboren und erreichen im Einzelnen deutlich höhere Werte. Beispielsweise vermissen in einem der Labore 18 % der Besucher offene Experimente, in einem anderen 16 % bessere Erklärungen.

Die Schülerlabore wecken Interesse bei Mädchen und Jungen gleichermaßen, weisen aber Unterschiede in ihrem Potential auf, Schüler/Innen mit geringem Sachinteresse anzusprechen (Engeln, 2004, S. 117). Für eines der untersuchten Labore mit diesbezüglich hohem Potential wird der Faktor Verständlichkeit der Aufgaben und Erklärungen von den Schüler/innen hoch eingeschätzt. Selbstkonzept, Sach- und Fachinteresse korrelieren positiv mit dem erwarteten Interesse, wobei das Sachinteresse den größten Zusammenhang aufweist. Herausforderung, Authentizität und Verständlichkeit beeinflussen das aktuelle Interesse, wobei Verständlichkeit für die emotionale Komponente von Bedeutung ist. Die wertbezogene Komponente des Interesses steigt im Verlauf von 12 Wochen nach dem Laborbesuch.

Nicht den erwarteten Zusammenhang mit den Interessenkomponenten weisen Offenheit und Zusammenarbeit auf. Nicht nachweisbar war auch die in der Literatur beschriebene Korrelation der Offenheit der Versuche, bzw. der Zusammenarbeit der Schüler/-innen mit Interessenkomponenten (Engeln, 2004, S. 116). Auch der erwartete Zusammenhang zwischen der Offenheit der Lernumgebungen und den übrigen Labormerkmalen findet sich nicht, ein Befund, der auf „cook-book-exercises“ und damit einen nicht-konstruktivistischen Charakter der Labors hindeutet (Engeln, 2004, S. 90). Engeln schreibt der Offenheit von Fragestellungen in Schülerlaboren im Hinblick auf ihr Potential, Interesse zu fördern, nur untergeordnete Bedeutung zu: „Hieraus folgt, dass Offenheit, auch wenn sie ein wichtiges Kriterium für den Unterricht in der Schule ist, für die Gestaltung von Schülerlabors zumindest im Hinblick auf deren Potential, Interesse zu fördern, nur von untergeordneter Bedeutung ist. Dies ist insofern beachtenswert, da zwischen den Merkmalen „Offenheit“ und „Verständlichkeit“ und Authentizität ein Spannungsverhältnis besteht. Eine Vergrößerung der Offenheit kann negative Auswirkungen auf die Verständlichkeit und die Authentizität der Experimente haben. Die Schülerlabors sollten sich um Verständlichkeit und Authentizität, auch auf Kosten der Offenheit, bemühen“ (Engeln, S. 116). Unter Offenheit wird dabei die Möglichkeit der Schülerinnen und Schüler verstanden, eigene Entscheidungen während des Experimentierens zu treffen (Engeln, 2004, S. 40).

Brandt (2005) evaluierte Teutolab, das Schülerlabor der Universität Bielefeld, das bereits Gegenstand der Untersuchung von Engeln (2004) war. Dort will man das Interesse von Schüler/-innen an naturwissenschaftlichen Fragestellungen erhöhen, um ihr Wahlverhalten bei der Belegung von Kursen zu Beginn der Oberstufe zu beeinflussen. Die Besucher/-innen kommen aus unterschiedlichen Schulformen. Hier werden jedoch überwiegend Befunde der gymnasialen Schüler/-innen berichtet, weil an der vorliegenden Studie ausschließlich Schüler/-innen dieser Schulform beteiligt waren. Brandt (2005) untersuchte das Potential der Aufgabenstellungen und der dortige Lernsituation hinsichtlich, eine positive Lernumgebung zu schaffen (Brandt, 2005, S. 79). Die Aufgaben sollen lebensweltlich relevant, selbstintentional und attraktiv sein und den Schüler/-innen während der eigenständigen Bearbeitung ein Gefühl der Kompetenz vermitteln.

Das Labor ist so gestaltet, dass die Besucher in Kleingruppen arbeiten und bei Bedarf die Hilfe kompetenter Betreuer in Anspruch nehmen können. Die deskriptive statistische Auswertung der Schülerangaben ergibt hauptsächlich für Schüler/-innen der Realschulen und Gymnasien und insgesamt für Schüler/ -innen mit kürzerer Chemievor Erfahrung Mittelwerte deutlich über den Skalenmittelwerten. Den Interessenrückgang mit zunehmender Chemieerfahrung erklärt Brandt mit dem allgemeinen Interesseverlust am Chemieunterricht von Schüler/-innen mit zunehmendem Alter (Brandt, 2005, S.186) und stuft deshalb die Experimentalaufgaben insgesamt als attraktiv ein. Er stützt sich mit dieser Einschätzung hauptsächlich auf die Skala mit dem höchsten Mittelwert, die das Gefallen am Labor als eine Mischung aus Interesse, Flow und Spaß erhebt. Er verweist aber auch auf das Fehlen eines Außenkriteriums bei dieser Wertung und damit auf die Subjektivität seiner Interpretation der Daten zur Lernsituation im Teutolab, ein Problem, das nur durch weitere Untersuchungen in anderen Schülerlaboren zu beheben sei. In diesem Zusammenhang erwähnt er auch die geringe Zahl von Untersuchungen über Motivation und Interesse in Experimentalsituationen. Hofstein & Lunetta (2004) fanden in einer Recherche in Datenbanken, Zeitschriftenartikeln, Dissertationen, Konferenzpräsentationen und fünf Reviews aus der Zeit von 1982-2001, dass affektive Variablen wie Einstellungen und Interesse so gut wie nicht erforscht sind.

Am besten abgesichert durch seine Daten sieht Brandt die Erkenntnis, dass Teutolab nicht nach konstruktivistischen Kriterien arbeitet, denn die Frage nach der Eigenständigkeit der Arbeit im Labor wird von allen Variablen und über alle Gruppen hinweg am wenigsten positiv beantwortet (Brandt, 2005, S. 187). Ein Befund, der sich mit Befunden der Untersuchung des Teutolab und vier weiterer Schülerlabors durch Engeln (2004) deckt. Brandt empfiehlt: „Angesichts des motivierenden Potentials konstruktivistischer Lernumgebungen, das durch Forschungen zum inquiry learning in Kontexten von Schulexperimenten gefunden wurde, stellt sich die Frage, ob das Teutolab und andere Labore an dieser Stelle nicht kreativer sein könnten.“

Brand findet unmittelbar nach den Laborbesuchen ein gesteigertes Interesse der Laborbesucher an Berufen im Bereich Chemie, das auch nach vier Monaten noch unverändert vorhanden ist. Unterschiede im fachlichen Selbstkonzept dagegen lassen sich nur bei Gymnasialschüler/-innen unmittelbar nach dem Besuch nachweisen, vier Monate später ist der Effekt wieder verblasst. Auch die Erhöhung der intrinsischen Motivation ist nur unmittelbar nach dem Laborbesuch nachweisbar und betrifft Schüler/-innen aller untersuchten Schulformen. Kein nachweislicher Einfluss ist feststellbar für die Variablen Chemiegeschlechterstereotype, Faszination an chemischen Phänomenen, Freude am Chemieunterricht, extrinsische Motivation und Freizeitinteresse an chemischen Themen. Ein verminderter Rückgang gegenüber der Kontrollgruppe ist erkennbar für das Sachinteresse an den Kontexten des Chemieunterrichts, inhaltliches Sachinteresse, tätigkeitsbezogenes Sachinteresse und den subjektiven Aufgabenwert = Relevanzeinschätzung der Unterrichtsinhalte (Brandt, 2005, S 154). Auch zwischen Schülerinnen

und Schülern, die unter gleich- bzw. gemischtgeschlechtlichen Bedingungen gearbeitet haben, finden sich hinsichtlich dieser Variablen keine signifikanten Unterschiede. Eine wichtige Erkenntnis aus diesen Daten fasst Brand folgendermaßen zusammen: „Das Teutolab kann sich nicht zurechnen lassen, das Absinken der Freude am Chemieunterricht in der Experimentalgruppe zu verhindern“ (Brandt, 2005, S. 132).

Scharfenberg (2005) untersucht in einer Studie mit Kontrollgruppen-Design die Wirkungen der unabhängigen Variablen Lernort (Schule vs. Labor) und selbsttätiges Experimentieren (Lernort Labor ohne bzw. mit Experimenten) auf die Konstrukte Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse an gentechnischen Fragestellungen mit 363 Gymnasiasten der 12. Jahrgangsstufe aus 29 Biologie-Leistungskursen. Seine Ergebnisse deuten zum einen eine mögliche Erhöhung der Lernmotivation im Lernort Labor an, weiter gesteigert durch das Experimentieren, zum anderen stehen sie im Einklang mit der Cognitive-Load-Theorie, in dem sie auf u.U. höhere unterrichtsbezogene Belastungen der Schüler in der Experimentalsituation hinweisen. Die vermutete Interessförderung durch das Experimentieren konnte er nicht bestätigen. Aus der Untersuchung leitet er aber Konsequenzen für den Unterricht in der Schule ab: In Anbetracht der geringen Vorerfahrungen mit Schülerexperimenten sollte dort wenigstens auf Lehrerdemonstrationsexperimente nicht verzichtet werden, da sich entsprechende Erfahrungen der Schüler in der Experimentalsituation positiv auswirken können. Die besondere Bedeutung des Vorwissens beim Experimentieren bedingt zum einen, Besuche im externen Lernort Labor in der Schule vorzubereiten, zum anderen, den Aufenthalt im außerschulischen Lernort in einen unterrichtlichen Rahmen zu stellen, der bei den Schüler/-innen die Aktualisierung von Vorwissen ermöglicht.

Glowinski (2007) untersuchte, inwieweit die Schüler/-innen im Rahmen des Schülerlaboraufenthalts (Lübeck und Flensburg) ein Interesse an den charakteristischen Bedingungen der Schülerlabore entwickeln. Beteiligt waren molekularbiologisch ausgerichtete Schülerlabore, deren Angebote für Lernende der Sekundarstufe zwei konzipiert sind. Die Ergebnisse der auf zwei Fragebogenerhebungen gestützten Studie zeigen zunächst, dass sich die Aspekte Experimentieren, Authentizität und Kontexte als Interesse auslösende Bedingungen der Schülerlabore faktorenanalytisch trennen lassen. In weiteren Analysen konnten Zusammenhänge zwischen dem Interesse an diesen Bedingungen sowie den Schülermerkmalen, den Merkmalen der Lernumgebung und der Einbindung des Schülerlaboraufenthalts in den regulären Unterricht dargestellt werden. Neben dem bereits vorhandenen individuellen Interesse der Schüler/-innen an den Naturwissenschaften steht auch die Einbindung des Aufenthalts im Schülerlabor in den Unterricht in einem signifikanten Zusammenhang mit dem Interesse der Schüler/-innen an den Bedingungen der Schülerlabore. Besonders für das Interesse an den Experimenten zeigt sich

diesbezüglich ein großer Einfluss. Der Faktor Vorbereitung im Unterricht konnte als wesentlicher Prädiktor des Kompetenzerlebens bei der Durchführung der Experimente identifiziert werden. Eine in hohem Maße wahrgenommene Instruktionsqualität von Seiten der Betreuer im Schülerlabor scheint Defizite im Vorwissen der Lernenden ausgleichen zu können und ist ebenfalls ein bedeutender Prädiktor des Kompetenzerlebens. Auch in Hinblick auf einen subjektiv wahrgenommenen Wissenserwerb im Bereich Molekularbiologie sowie einen Interessenzuwachs an verschiedenen Aspekten der Molekularbiologie zeigen sich signifikante und charakteristische Zusammenhänge mit dem bereits vorhandenen Interesse der Schüler/-innen, aber auch mit der Vorbereitung des Aufenthalts im Unterricht. Das unmittelbar im Anschluss an den Aufenthalt erhobene Interesse sinkt mittelfristig zwar signifikant ab, bleibt jedoch auf einem hohen Niveau. Insgesamt zeigt sich eine hohe Akzeptanz der Schüler/-innen für diese außerschulischen Lernangebote sowie ein auch mittelfristig großes Interesse an den Bedingungen der Schülerlabors.

Untersuchungsgegenstand von Guderians Dissertation (2007) war das Unilab Adlerhof in Berlin. Untersucht wurden der Verlauf des aktuellen und individuellen Interesses an Physik sowie die Auswirkung einer curricularen Einbindung der Praktika im Verlauf von drei Praktikumsbesuchen von Schüler/-innen der Klassenstufen 5 und 8. „Die Experimente sind meist so aufgebaut, dass sich verschiedene Lösungsmöglichkeiten finden lassen, so dass die Ergebnisse aus eigener Arbeit entstanden sind.“ Um eine positive Wirkung auf das Interesse zu erreichen, sind gemäß der Empfehlung Engeln (2004) die Aufgaben nicht völlig offen gestaltet: „Im UniLab wird daher auf halbstrukturierte Arbeitsbögen zurückgegriffen, die den Schülern helfen sollen, einen eigenen Weg zur Lösung des jeweiligen Teilproblems zu finden.“ Ausgewertet für die Klassenstufe 8 wurden die Angaben von 37 Teilnehmer und 10 Schülerinnen und Schülern einer Kontrollgruppe. Weil sich die vorliegende Untersuchung des NanoBioLab ebenfalls auf die Jahrgangsstufe 8 bezieht, werden aus Guderians Arbeit hier nur die entsprechenden Befunde betrachtet. Die geringe Größe der Kontrollgruppe begründet Guderian mit Problemen innerhalb der teilnehmenden Schulen.

Seine Ergebnisse: „Ein- oder mehrmalige Ereignisse mit der Dauer von wenigen Stunden, wie sehr sie auch immer interessefördernden Gesichtspunkten genügen mögen, sind nach der vorliegenden Studie nicht ausreichend, um über die Jahre hinweg aufgebaute Dispositionen von Schülern schlagartig zu beeinflussen (Guderian, 2007, S. 167). Die vorliegende Arbeit deutet an,... das Interesse zumindest mittelfristig zu stabilisieren... und lässt den Schluss zu, dass der Besuch für die Schüler wahrnehmbar mit den Inhalten des Curriculums verzahnt sein muss (Guderian, 2007, S. 168). Dazu gehört vor allem die Bezugnahme auf die Inhalte des Schulunterrichts und auf die dort erlernten methodischen Instrumente und Konzepte. Dies zeigte sich in der Stabilisierung der epistemischen Komponente des aktuellen Interesses... . Die

vorliegende Arbeit zeigt weiter, dass für die Gesamtheit der Schüler der 8. Klassen eine curriculare Verknüpfung keinen negativen Effekt bzgl. des aktuellen Interesses mit sich brachte Schüler mit hohem Vorinteresse zeigen eine signifikante Steigerung dieser Kompetenzen über den Interventionszeitraum.“

Intention des von Aufschaiter et al. (2007) untersuchten TechLab der Universität Hannover ist es, „Schülern der Sekundarstufen 1 und 2 Möglichkeiten der eigenständigen Auseinandersetzung mit technischen Geräten des Alltags zu bieten. Die Schüler sollen sich im Labor die Funktion der Alltagsgeräte erschließen und dabei auch etwas über die den Geräten zugrunde liegenden physikalisch-technischen Gesetzmäßigkeiten erfahren.“ Eine der typischen Aufgabenstellungen lautet: „Aufgabe 1: Ihr habt sicher bemerkt, dass die Stellung der Schalter Einfluss auf den gemessenen Spannungswert hat. Findet einen Zusammenhang zwischen dieser Stellung und dem angezeigten Wert! Könnt ihr jedem Schalter einen „Wert“ zuordnen? Obwohl ihr euch ZUSAMMEN Gedanken darüber gemacht habt, findet ihr keine Lösung? In dem Tipps & Tricks-Ordner findet ihr eine Hilfe dazu.“

Fazit der Autoren: „Ein wesentliches Ergebnis, das sich in vielen Detailbefunden wieder finden lässt, ist die Erkenntnis, dass nicht offen und komplex angelegte Sachverhalte eine große Bandbreite an Schülern optimal beteiligen. Stattdessen bewirken für schrittweise Bearbeitung strukturierte und aus Expertensicht weniger anspruchsvolle Aufgaben positive Erlebensprozesse und intensive Auseinandersetzung mit den Sachverhalten.“

Auf Seite 138 schreiben Aufschaiter et al. (2007): „Obwohl das Bild insgesamt eine positive Tendenz aufweist, stimmen uns insbesondere zwei Befunde skeptisch was die Aussagekraft unserer (und ggf. auch anderer ähnlich strukturierter) Befragung(en) angeht:

- 1) Eine Reihe von Schülern (aller Jahrgangsstufen) erleben die Versuche als »zu leicht«. Wir haben insbesondere für die entsprechenden Versuchsplätze die von uns erhobenen Videodaten kritisch geprüft und können aus der Beobachterperspektive diesen Eindruck nicht bestätigen. Neben den generellen Problemen aller Schüler, was die Einordnung der Versuche im Gesamtzusammenhang angeht (siehe Befunde unter 4), stellen wir wiederholt fest, dass sich beim Aufbau, der Durchführung und der Deutung einzelner Versuche Probleme ergeben bzw. die Versuche in ihrer Komplexität nicht angemessen erfasst werden. In ähnlicher Weise sind auch einige Antworten auf einzelne Items nicht immer mit der Auswertung der Videodaten in Einklang zu bringen.
- 2) In Ergänzung zu der insgesamt eher positiven Einschätzung am Ende des Laborbesuches erkennen wir anhand der Videoaufzeichnungen, dass sich das Erleben der Schüler vergleichsweise schnell verändert und zum Teil deutliche Frustrationen während des Experimentierens entstehen....“

Schliessmann (2006) untersuchte im Science Center Phänomena in Flensburg Gesichtspunkte, die für die Präsentation von chemischen Experimentierstationen zu beachten sind. Dabei kommt er zu folgenden Ergebnissen:

- „Die Versuche sollten den Ansprüchen von interaktiven Experimentierstationen entsprechen. Das Labor und die Besucher müssen ständig von einer fachkundigen Person betreut werden.“
- „Der Lernprozess im Science Center stellt sich als individualisiert dar: Die Einflussfaktoren sind vielfältig, das Versuchsdesign ist nur eine der bestimmenden Größen.“
- „Die Bedeutung der Gruppenstruktur auf das Lernen wird deutlich: Organisierte Besuche von Klassen scheinen nur für bestimmte Altersgruppen effektiv zu sein.“

Für die Gruppe der 8 – 12-Jährigen findet Schliessmann (2006), dass sie im Familienverband effektiver und erfolgreicher als in Gruppen mit Gleichaltrigen (hier im wesentlichen Schulklassen) arbeiten. Ein Nachweis an Lernzuwachs im kognitiven Bereich gelingt nicht. „Die untersuchte Gruppe beim Langzeittest (Anmerkung: 15 Kinder im Alter von 6 – 14 Jahren) war zu klein, um daraus gesicherte Schlüsse ziehen zu können. Zudem handelte es sich um eine positive Auswahl von Kindern, da sich diese freiwillig zu dem Test gemeldet haben.“

3.2 Pisa '06

Pisa '06 ist die dritte Runde des OECD-Programms nach 2000 und 2003, das für jede Erhebung einen inhaltlichen Schwerpunkt vorsieht. Bei Pisa 2006 bilden die Naturwissenschaften das Hauptgebiet, wobei Biologie, Chemie und Physik als Naturwissenschaften zusammengefasst werden. Die Altersgruppe der Fünfzehnjährigen wird bewusst als Zielpopulation definiert, um verschiedene Bildungssysteme im Hinblick auf eine Nutzung der Schul- und Lebenszeit für eine erfolgreiche Kompetenzentwicklung vergleichen zu können. Das macht die Daten auch für die vorliegende Untersuchung, an der ausschließlich Schüler/-innen gleichen Alters beteiligt waren, interessant. Erfolgreiche Kompetenzentwicklung bedeutet bei Pisa, das Wissen flexibel auf bedeutsame Problemstellungen anwenden zu können (Prenzel, 2007).

Kompetenzen sind dabei latente Konstrukte, gewissermaßen Handlungs- und Leistungspotentiale einer Person, die über Testaufgaben erfasst und gemessen werden. In der neueren Bildungsforschung werden Kompetenzen als kontext- und domänenspezifisch definiert (Prenzel et al., 2007).

Die Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Grundbildung sind in drei Teilkompetenzen unterteilt.

1. Naturwissenschaftliche Fragestellungen erkennen:

- Fragestellungen erkennen, die mit naturwissenschaftlichen Methoden untersucht werden können.
- Schlüsselwörter/Stichworte für die Suche nach naturwissenschaftlichen Informationen identifizieren.
- Die grundlegenden Eigenschaften einer naturwissenschaftlichen Untersuchung verstehen.

2. Naturwissenschaftliche Phänomene erklären:

- Vorhandenes Wissen in den Naturwissenschaften in einer gegebenen Situation anwenden.
- Naturwissenschaftliche Phänomene beschreiben oder interpretieren und Änderungen vorhersagen.
- Angemessene Beschreibungen, Erklärungen und Vorhersagen erkennen.

3. Naturwissenschaftliche Evidenz nutzen:

- Naturwissenschaftliche Beweise interpretieren und Schlussfolgerungen ziehen und kommunizieren.
- Die Annahmen, Beweise und Argumentationen erkennen, die zu Schlussfolgerungen führen.
- Über die gesellschaftliche Bedeutung von Fortschritten in Naturwissenschaften und Technik reflektieren.

Hinter der naturwissenschaftlichen Kompetenz steht deklaratives und prozedurales Wissen. Zusätzlich werden zwei Wissensbereiche unterschieden: objektorientiertes Wissen (physikalische, lebende und technologische Systeme sowie Erd- und Weltraumsysteme) und Wissen über die Naturwissenschaften (naturwissenschaftliches Forschen und naturwissenschaftliche Erklärungen). Die Testergebnisse sind als Fähigkeiten von Personen und als Aufgabenschwierigkeiten auf einer gemeinsamen sechsstufigen Skala durch Kriterien beschrieben und mit Skalenwerten versehen: Stufe 1 = unterste Stufe: 335 – 409 Punkte und Stufe 6 = höchste Stufe mit mehr als 707 Punkten. Die Differenzen zwischen den einzelnen Stufen betragen jeweils 74 Punkte.

In der naturwissenschaftlichen Kompetenz konnte Deutschland einen substantiellen Zuwachs erzielen und sich gegenüber Pisa 2003 auch in der internationalen Rangordnung verbessern. Trotzdem liegen die deutschen Schülerinnen und Schüler in ihrer Kompetenzentwicklung 1,5

bis 2 Jahre hinter ihren Altersgenossinnen und Altersgenossen beispielsweise in Finnland (Prenzel, 2007). Die fünfzehnjährigen Schülerinnen und Schüler in Finnland spielen damit gewissermaßen in einer anderen Liga als die Jugendlichen in allen anderen OECD-Staaten (Prenzel et al., 2007, S. 80).

Die Schülerinnen und Schüler an den deutschen Gymnasien verteilen sich folgendermaßen auf die Kompetenzstufen: Stufe 6: 5,4%, Stufe 5: 24,9%, Stufe 4: 41,7%, Stufe 3: 23,1%, Stufe 2: 4,5 % und Stufe 1 inklusive tieferer Punktwerte: 0 %. Schülerinnen und Schüler auf der fünften oder sechsten Kompetenzstufe bringen sehr gute Voraussetzungen für Beruf und Studiengänge mit, die naturwissenschaftliches Verständnis voraussetzen. Betrachtet man die naturwissenschaftliche Kompetenz von Jungen und Mädchen, dann zeigen sich weder im OECD-Durchschnitt noch für Deutschland signifikante Geschlechtsunterschiede. Allerdings sind in den Spitzengruppen die Jungen gegenüber den Mädchen in Deutschland (wie im OECD-Durchschnitt) überrepräsentiert. Geschlechtsunterschiede zeigen sich jedoch in fast allen OECD-Staaten einschließlich Deutschlands auf den ersten beiden Teilskalen: Mädchen erkennen eher naturwissenschaftliche Fragestellungen, Jungen können sie besser erklären. Jugendliche mit hoher naturwissenschaftlicher Kompetenz sind am stärksten an Naturwissenschaften interessiert, allerdings gibt es einen erheblichen Anteil von hoch Kompetenten (in Deutschland in der Größenordnung von 44 %), deren Interesse für Naturwissenschaften, unabhängig von Geschlecht und sozialer Herkunft, relativ klein ist. Auffällig ist, dass Jugendliche, die hoch kompetent und an Naturwissenschaften interessiert sind, über häufiges Experimentieren im Unterricht oder über ausgeprägte Anwendungsbezüge und Modellierungen berichten (Prenzel, 2007; Prenzel et al., 2007).

Untersucht wurden auch die Ausprägung der subjektiven Überzeugungen der Schülerinnen und Schüler hinsichtlich der eigenen Fähigkeiten, der motivationalen und emotionalen Orientierungen und der Erwartung, einen naturwissenschaftsbezogenen Beruf zu ergreifen (Schütte, K. et al., 2007).

Im Vergleich mit dem Durchschnitt in den 31 OECD-Staaten sind die selbstbezogenen Kognitionen (Fähigkeitsselbstkonzept, Platz 4 und Selbstwirksamkeitserwartungen, Platz 12) der Schülerinnen und Schüler in Deutschland höher, die motivationalen Orientierungen (intrinsisch-zukunftsorientiert und extrinsisch-instrumentell) und Freude und Interesse an den Naturwissenschaften und die Absichten, einen naturwissenschaftlichen Beruf zu ergreifen (Platz 27; Finnland Platz 28) geringer ausgeprägt. Beispielsweise sind die subjektiven Überzeugungen der Schülerinnen und Schüler aus Finnland, die hinsichtlich der naturwissenschaftlichen Kompetenz den ersten Platz belegen, geringer (jeweils Platz 14 für das Fähigkeitsselbstkonzept und die Selbstwirksamkeitserwartungen). Im Vergleich der naturwissenschaftlichen Kompetenzen belegen die deutschen Schülerinnen und Schüler den 8. Platz.

Das naturwissenschaftsbezogene Fähigkeitsselbstkonzept hängt bei den deutschen Schülerinnen und Schülern nur relativ schwach mit der naturwissenschaftlichen Kompetenz zusammen. Auch der Zusammenhang von Kompetenz und intrinsisch-zukunftsorientierter Motivation ist vergleichsweise gering. Somit verfügen diejenigen, die eine Tätigkeit in einem Bereich anstreben, den sie selbst ausdrücklich als naturwissenschaftlich ansehen, nicht unbedingt über hohe naturwissenschaftliche Kompetenz.

Mädchen sind weniger motiviert als Jungen, sich später in naturwissenschaftlichen Inhaltsbereichen zu betätigen (intrinsisch-zukunftsorientierte Motivation), schätzen die Bedeutsamkeit und Instrumentalität von naturwissenschaftlicher Kompetenz für ihr Leben und insbesondere für ihre spätere Berufstätigkeit als etwas geringer ein (extrinsisch-instrumentell) und berichten auch tendenziell weniger Freude und Interesse an der Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Themen.

Nach Schülerangaben ist der naturwissenschaftliche Unterricht in Deutschland durch ein hohes Maß an interaktiven Elementen gekennzeichnet: eigene Ideen entwickeln, Klassengespräche führen und über naturwissenschaftliche Themen diskutieren sind die häufigsten Aktivitäten im Unterricht (Seidel, T. et al., 2007, S. 153). Die Schülerinnen und Schüler werden aber auch regelmäßig mit Experimenten konfrontiert und erhalten zum Teil auch Gelegenheit für praktische „Hands-On“-Aktivitäten. Dabei liegt der Schwerpunkt auf einer strukturierten Anleitung durch die Lehrperson, indem entweder Experimente unter Anleitung durchgeführt werden oder Lehrpersonen selbst naturwissenschaftliche Phänomene demonstrieren (Seidel, T. et al., 2007a, S. 157). Diese Befunde werden durch bisherige Analysen des Naturwissenschaftsunterrichts gestützt (Baumert & Köller, 2000; Seidel, Prenzel, Rimmele, Schwindt et al.; 2006).

„Der „Forschungsaspekt“ der Naturwissenschaften – nämlich eigene Fragestellungen zu entwickeln und naturwissenschaftliche Untersuchungen zu planen – ist im Unterricht in allen OECD-Staaten im Durchschnitt deutlich geringer ausgeprägt als die angeleitete Durchführung von Experimenten. Im Verhältnis dazu wird sehr selten der gesamte Prozess naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens – von der Entwicklung einer Fragestellung, der Durchführung wissenschaftlicher Untersuchungen zur systematischen Auswertung, Darstellung und Interpretation der Ergebnisse – im Unterricht praktiziert.“ (Seidel, T. et al., 2007a, S. 158).

Der Unterricht wird auch nach typischen Zugängen zum naturwissenschaftlichen Experimentieren und Forschen unterteilt. Dabei sind im OECD-Vergleich drei Muster erkennbar (Seidel, T. et al., 2007a, S. 164):

1. Experimente planen und durchführen, Schlussfolgerungen ziehen, eigene Ideen entwickeln und Alltagsbezüge herstellen sind häufige Anwendung.
2. Experimente planen und durchführen ist eher selten, jedoch werden vergleichsweise häufig Schlussfolgerungen aus Experimenten gezogen, eigene Ideen erklärt und Bezüge zur Welt außerhalb der Schule hergestellt.
3. Merkmale des Forschens und Experimentierens treten relativ selten auf.

In Deutschland verlaufen 13 % des Unterrichts nach dem ersten, 54 % nach dem zweiten und 33 % nach dem dritten Typ. Im Vergleich dazu die Durchschnittswerte in den OECD-Staaten, bzw. Finnland: Typ 1: 21 % / 5 %, Typ 2: 45 % / 56 % und Typ 3: 34 % 33 % (Seidel, T. et al., 2007, S. 166).

Die Daten lassen auch einen Zusammenhang zwischen den Unterrichtsformen und der Kompetenz bzw. dem Interesse der Schülerinnen und Schüler erkennen. „Für alle OECD-Staaten wird sichtbar, dass sich eine Schwerpunktsetzung des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf das selbstständige Planen und Durchführen von Experimenten (Typ 1) offenbar positiv auf das Interesse der Schülerinnen und Schüler auswirkt, aber zugleich mit einer geringeren naturwissenschaftlichen Kompetenz einhergeht. Kompetenz und Interesse entstehen von daher gleichermaßen eher in einem Unterricht, der seltener die Gelegenheit zum eigenständigen Experimentieren bietet, aber in einem hohen Umfang Schlussfolgerungen aus Experimenten ermöglicht und Gelegenheit bietet, eigene Erklärungsansätze zu entwickeln und naturwissenschaftliche Konzepte in den Alltag zu übertragen.“ (Seidel, T. et al., 2007, S. 177).

3.3 Lernmotivation

Mithilfe psychologischer Theorien zur Motivation soll menschliches Verhalten und dessen Ergebnisse im Hinblick auf zugrunde liegende Ziele, Wünsche und Absichten erklärt werden (Heckhausen, 1989; Heckhausen & Heckhausen, 2006). Motivation wird dabei als aktivierende Ausrichtung des momentanen Lebensvollzugs auf einen positiv bewerteten Zielzustand angesehen. Die zeitlich beständige Bereitschaft für bestimmte Zustandsklassen ist das Motiv. Schiefele (1996) bezeichnet Motivation als Wunsch oder die Absicht, sich bestimmte Inhalte oder Fähigkeiten anzueignen. In der Motivationsforschung wird Motivation nach verschiedenen Formen und Qualitäten unterschieden. Als bedeutsame aktuelle Konzepte der Lernmotivation nennen Wild, Hofer und Pekrun (2006) Leistungsmotivation, Lernzielorientierung, Leistungszielorientierung, Interesse, Flow-Erleben, intrinsische und extrinsische Motivation, Selbstbestimmung, persönliche Ziele, multiple Zielstrukturen und Volition.

Leistungsmotiviert ist ein Verhalten dann, wenn eine Bewertung der eigenen Tüchtigkeit vorgenommen wird. Leistungsmotiv ist das wiederkehrende Anliegen, sich beim Lösen von herausfordernden Aufgaben als kompetent und tüchtig zu erleben (Rheinberg, 2004). Nach dem „Erwartung-mal-Wert-Modell“ von Atkinson (1957) wird der Motivationsgrad von der Erfolgswahrscheinlichkeit der Tätigkeit und dem Wert (Anreiz) des Ergebnisses bestimmt. Mit zunehmendem Wert des Angestrebten wird das Erreichen schwieriger, d.h. die Erfolgswahrscheinlichkeit (Erwartungskomponente) sinkt. Von daher ist das Produkt aus beiden Faktoren und damit die Motivation am höchsten, wenn realistische Ziele gesetzt werden. Shavelson, Hubner und Stanton (1976) verstehen die Erwartungskomponente als Kompetenzüberzeugungen und identifizieren sie mit dem fachspezifischen Selbstkonzept der Begabung.

Heckhausen, der als einer der Ersten die Bedeutung kognitiver Bedingungen für die Entstehung von Leistungsmotivation beschreibt (Heckhausen, 1972), führt Erfolg oder Misserfolg beim Lösen von Aufgaben auf ein Selbstbewertungssystem zurück, das sich selbst stabilisiert. Erfolg oder Misserfolg führen demnach zu unterschiedlichen Affekten wie z.B. Freude, Stolz oder Angst. Zuversichtliche Personen schätzen die eigene Leistungsfähigkeit realistisch ein, wählen mittelschwere, d.h. aus ihrer Sicht noch lösbare Aufgabenstellungen und erkennen dadurch am Ergebnis ihrer Handlung die Bedeutung der eigenen Anstrengungen. Das führt zu einer positiven Selbstbewertung und initiiert die Hinwendung zu neuen Lernanstrengungen, die nach demselben Schema wiederum zu positiver Selbstbewertung führen und so fort.

Misserfolgsmeidende Personen dagegen wählen entweder extrem leichte und damit ohne weiteres lösbare oder extrem schwere Aufgaben, die auch bei größter Anstrengung für sie unlösbar sind. In beiden Fällen fehlt eine Rückmeldung über das eigene Leistungsvermögen und neue Herausforderungen werden als Bedrohung empfunden.

Lernzielorientiert ist ein Verhalten dann, wenn das Wissen mit dem Ziel erweitert wird, die eigenen Fähigkeiten zu verbessern. Soll gezeigt werden, dass man bei einer Sache gut ist, bezeichnet man die Motivation als leistungszielorientiert (Wild, Hofer & Pekrun, 2006). Im Bezug auf Lernen spricht Rheinberg (1986) von einer beabsichtigten Tätigkeit und definiert Lernmotivation als die Bereitschaft einer Person, bestimmte Aktivitäten vornehmlich deshalb auszuführen, weil sie davon einen Lernzuwachs erwartet. Begründet wird die Definition mithilfe des von Heckhausen & Rheinberg (1980) auf die Lernmotivation angewendeten „Erweiterten kognitiven Motivationsmodells“. Danach trifft der Lerner, wie in allen Erwartungs-Wert-Modellen angenommen, seine Entscheidungen rein zweckorientiert. Das Modell wird aber in zweierlei Hinsicht ergänzt. Zum einen werden sog. Tätigkeitsanreize eingeschlossen, Handlungen, die unabhängig von ihren Ergebnissen attraktiv sind (Rheinberg 1989;2002) wie beispielsweise der Umgang mit bestimmten Inhalten, Diskutieren, zum Thema recherchieren usw., zum anderen werden aber auch Kontextfaktoren wie beispielsweise die individuelle Leistungsbeurteilung der Schüler durch die Lehrer oder das naturwissenschaftliche Anregungsklima im Elternhaus berücksichtigt.

Die Tätigkeitsanreize werden zweifach erfasst: einmal generell für die Beschäftigung mit Inhalten (genereller Tätigkeitsanreiz) z.B. „Mich mit mathematischen Aufgaben zu beschäftigen, macht mir großen Spaß“ aber auch flowspezifisch; z.B. „Wenn ich mich mit Mathehausaufgaben beschäftige, vergeht die Zeit wie im Fluge“ (Rheinberg & Wendland, 2003). Flow wird als Zustand freudigen Aufgehens in einer glatt laufenden Tätigkeit beschrieben, bei dem sich Konzentration wie von selber einstellt (Csikszentmihalyi 1999; Rheinberg 2002). Trotz voller Kapazitätsauslastung besteht das Gefühl, den Geschehensablauf noch gut unter Kontrolle zu haben. Vertiefung in die Arbeit fällt dabei leicht und lässt raum-zeitliche Bedingungen vergessen (Rheinberg, 2006). Rheinberg bezeichnet Flow auch als Tätigkeitsanreiz.

Als Bedingungen für das Erreichen des Flow-Zustands nennen Csikszentmihalyi und Rathunde ein Anforderungsniveau, das den eigenen Fähigkeiten entspricht, eine klare Zielsetzung, sowie kontinuierliche Rückmeldungen über den erreichten Zustand (Csikszentmihalyi, 1985; Csikszentmihalyi & Rathunde, 1993). Befunde aus einer Untersuchung der Erlebensqualität während des Computerspielens von Rheinberg und Vollmeyer (2003) stützen die Theorie.

Die Einbindung von Tätigkeitsanreizen bedeutet eine wesentliche Erweiterung gegenüber früheren Erwartungs-Wert-Modellen, die bereits von Schiefele, Hauser und Schneider (1979) wegen ihrer ausschließlichen Ausrichtung auf Leistungsmotivation kritisiert worden waren. Sie ermöglichten keine ausreichende Berücksichtigung inhaltlicher und gegenstandsbezogener Komponenten der Lernmotivation und keine Erklärung selbstintentionalen Verhaltens (Krapp, 1993; Prenzel, 1988). Kritikpunkte dieser Art sind auch noch in neueren Arbeiten zu finden (Prenzel, Lankes und Minsel, 2000).

Modelle, die Tätigkeitsanreize berücksichtigen, bezeichnet man als handlungstheoretisch. Tätigkeitsanreize treten bereits während einer Handlung auf und unterscheiden sich damit grundlegend von Vollzugsanreizen, die erst nach Ablauf aller Handlungen als positives Ergebnis einer Kosten-Nutzen-Bilanz entstehen und kennzeichnend für herkömmliche Erwartungs-Wert-Modelle sind. Während letztgenannte die Entwicklung von Motivation beschreiben, ermöglichen handlungstheoretische Modelle eine Bestimmung von Bedingungen, unter denen es in konkreten Situationen zu Handlungsintensionen kommt (Wild, E., M. Hofer & Pekrun, R., 2006). Nach dem aktuellen handlungstheoretischen Modell von Rheinberg (2004b) besteht ein Handlungsablauf aus vier Komponenten: Situation, Handlung, Handlungsergebnis und den Folgen aus dem Handlungsergebnis. Die Entstehung von Motivation wird auf einer Erwartungs- und einer Anreizenebene bestimmt. Auf der Erwartungsebene urteilt der Lerner nach vier Kriterien, der Situations-Ergebniserwartung: „Welches Ergebnis erhalte ich auch ohne eigenes Zutun?“, der Situations-Handlungs-Erwartung: „Kann ich das überhaupt, was ich hier machen soll?“, der Handlungs-Ergebnis-Erwartung: „Erhalte ich durch meine Tätigkeit auch ein Ergebnis?“ und der Ergebnis-Folge-Erwartung: „Hat es auch die erhofften Konsequenzen, wenn das erwünschte Ergebnis schließlich vorliegt?“ Die Anreizenebene umfasst tätigkeitsspezifische Vollzugsanreize und die antizipierten Handlungsfolgen. Tätigkeitsspezifischer Vollzugsanreiz ist die mit der Ausführung verknüpfte Erlebnisqualität (z.B. Spaß an der Tätigkeit selbst), die in besonderem Maße für Freizeitaktivitäten kennzeichnend ist, die ohne instrumentelle Nützlichkeit ausgeführt werden (Rheinberg & Manig, 2003).

Weil Handlungsfolgen erst im Anschluss an Tätigkeiten erkennbar sind, werden Handlungsabsichten auch von der Einschätzung der Fremdkontrolle „Wird die Handlung von anderen erwartet oder abgelehnt?“, der affektiven Kosten „Muss ich auf etwas anderes verzichten? und der volitionalen Fähigkeiten abhängig gemacht („Kann ich das trotz verlockender Alternativangebote tun?“), (Wild, E., M. Hofer & Pekrun, R., 2006).

Das „Erweiterte Erwartungs-Wert-Modell der Leistungsmotivation“ von Eccles wurde mit dem Ziel entwickelt und im Fach Mathematik getestet, die Gründe von Mädchen und Jungen bei der Wahl zwischen naturwissenschaftlichen und nicht-naturwissenschaftlichen Kursen zu erklären, um schließlich das Wahlverhalten der im naturwissenschaftlichen Bereich unterrepräsentierten Mädchen beeinflussen zu können (Eccles, 1994). Als Verhaltensresultate am Ende der im Modell beschriebenen kognitiven Prozesse werden neben der Kurs- und Berufswahl von Schülern der Schwierigkeitsgrad und die Häufigkeit, mit der eine Aufgabe gewählt wird, sowie Leistung und Ausdauer bei der Aufgabenbearbeitung angesehen (Eccles, 1994; Roeder & Gruehn, 1997; Köller et al., 2000a; Köller et al., 2000c; Wigfield & Eccles, 2000).

3.4 Interesse

Während Erwartungs-Wert-Theorien Motivationsentstehung hauptsächlich als einen Prozess rationalen Abwägens beschreiben, werden durch Interessentheorien verstärkt emotionale Faktoren berücksichtigt. Vertreter der neueren pädagogisch-psychologischen Interessenforschung sind insbesondere Andreas Krapp und Ulrich Schiefele. Krapp (1992) definiert Interesse ganz allgemein als eine bedeutungsmäßig herausgehobene Person-Gegenstandsrelation, d.h. Interessen sind gegenstandsspezifisch. Interessierte Personen messen dem Interessensgegenstand eine hohe subjektive Bedeutung bei (wertbezogene Valenz), definieren sich über ihre Interessen und fühlen sich bei der Ausübung interessanter Tätigkeiten frei von äußeren Zwängen (Selbstintensionalität), (Wild, E., M. Hofer & Pekrun, R., 2006). Zudem empfinden sie positive Gefühle wie Freude, Spaß und Angeregtheit im Verlauf interessenbasierter Tätigkeiten (gefühlsbezogene Valenz).

Aktuell unterteilt Krapp die pädagogisch-psychologisch relevante Interessenforschung in zwei unterschiedliche Forschungstraditionen (Krapp, 2006). Untersucht werden entweder situationspezifische Prozesse oder situations-übergreifende individuelle Unterschiede zwischen Schülern.

Die Analyse situationsspezifischer Prozesse ist als Analyse der Interessantheit einer Situation zu verstehen. Situationales Interesse kann dabei als Aktualisierung eines bestehenden individuellen dispositionalen Interesses vorliegen oder unabhängig davon durch Reizbedingungen verursacht werden, die im Lerngegenstand selber liegen. Es kann von daher den Lernerfolg (Hidi & Berndorf, 1998) und die Grundeinstellung gegenüber dem Lerngegenstand positiv beeinflussen (Baumert et al.; 1997a). Aus situationalem Interesse kann in einen längeren Entwicklungsprozess individuelles (dauerhaftes) Interesse entstehen, dessen Hauptkomponente stabil ist (Krapp, 1992, 2002). Deshalb zielt die Forschung auf die Ermittlung von Faktoren ab, die situationales Interesse begünstigen. Für den Mathematikunterricht beispielsweise findet Mitchel (1993) zwei Gruppen von Faktoren, die er als „catch-“ und „hold“- Faktoren bezeichnet. Zu den „catch“-Faktoren, die nur kurz anhaltendes Interesse erzeugen, zählen Computer, Gruppenarbeit und Rätsel, während die Möglichkeit zur aktiven Teilnahme am Lernprozess und zum selbstständigen Erarbeiten neuer, aus Schülersicht bedeutungsvoller und lebensweltlich relevanter Inhalte als „hold“-Faktoren länger anhaltendes Interesse erzeugen.

Bei der Analyse situationsübergreifender Unterschiede stehen Schülerinteressen als individuelle Dispositionen im Vordergrund. Eine Analyse von 21 Studien aus den Jahren 1965 – 1990 durch Schiefele, Krapp und Schreyer (1993) zeigt einen Zusammenhang zwischen dem thematischen Sachinteresse und erfolgreichem akademischen Lernen insbesondere für die Fächer Mathematik, Physik und Chemie; d.h. dieses Sachinteresse trägt viel zum Lernerfolg in den

genannten Fächern bei. Hoffmann et al (1998) stellen fest, dass Mädchen bereits am Ende des fünften Schuljahres ein geringeres individuelles Interesse an Naturwissenschaften und Technik haben als Jungen. Außerdem nimmt ihr Interesse im Verlauf der Schulzeit stärker ab als bei Jungen (Hoffmann, 2002; Krapp, 2002). Der Zusammenhang zwischen Interesse und Lernerfolg ist bei Jungen durchweg größer als bei Mädchen, was Hasselhorn und Gold (2006) dahingehend deuten, dass Mädchen möglicherweise eher bereit sind, sich in allen Fächern anzustrengen.

Gesehen wird auch ein Zusammenhang zwischen dem thematischen Sachinteresse und intrinsischer Motivation, die nach gegenstands- und tätigkeitszentriert unterteilt wird (Hasselhorn & Gold, 2006). Intrinsisch motivierte Lernhandlungen liegen dann vor, wenn ihre positive Erlebnisqualität unmittelbar mit der Handlung assoziiert wird. Koch (1956) nennt Verhaltensweisen intrinsisch motiviert, wenn sie kein offensichtliches Ziel außerhalb der Handlung selbst besitzen. Extrinsisch motivierte Personen dagegen handeln wegen der zu erwartenden Folgen, nicht wegen der Handlungsanreize. (Wild, E., M. Hofer & Pekrun, R., 2006). Vertreter kognitivistischer Ansätze nehmen an, dass intrinsisch motivierte Lerner tieferes Verständnis erreichen, weil sie sich auf höherem Niveau mit dem Lernstoff auseinander setzen. Renkl spricht in diesem Zusammenhang vom Erwerb sophistizierter Lernstrategien (Renkl, 2005, S. 593).

Bei akademischem Lernen soll gegenstandszentrierte Motivation den Lernenden die Beschäftigung mit dem Lernstoff als angenehm, ja sogar lustvoll empfinden lassen (Hasselhorn und Gold, 2006). Als Antrieb dafür nennt DeCharms (1968) im Bereich akademischen und schulischen Lernens das Streben nach persönlicher Verursachung des eigenen Handelns. Aus diesem Motivationskonzept wurde die Selbstbestimmungstheorie entwickelt (1985, 1993; Ryan & Deci, 2000). Sie beschreibt die Bedingungen für die Entstehung einer auf Selbstbestimmung beruhenden intrinsischen Motivation. Für besonders bedeutsam werden dabei drei grundlegende Bedürfnisse gehalten: der Wunsch nach Autonomie, nach Kompetenz und nach sozialem Eingebundensein (Krapp, 2005). Bestätigt wird diese Vorstellung durch empirische Untersuchungen innerhalb und außerhalb der Schule (Deci & Ryan, 2000; Prenzel & Drechsel, 1996; Ryan, 1995; Wild & Hofer, 2000).

Zu diesen affektiven Tätigkeitsanreizen findet man auch eine epistemische Ausrichtung: Wer sich für eine Sache interessiert, möchte mehr darüber erfahren und seinen Wissensumfang erweitern (Epistemische Orientierung, Prenzel 1988). Das persönliche oder individuelle Interesse ist als Person-Gegenstandsbeziehung dauerhafter Bestandteil der Persönlichkeitsstruktur (Krapp, 1992) und bildet die persönlichen Wertvorstellungen und Handlungsbereitschaften. Von daher ist ein stabiler Zusammenhang mit dem Selbstkonzept zu erwarten. Selbstkonzept und das individuelle Interesse beeinflussen sich wechselseitig (Hannover, 1998; Hoffmann, 2002; Köller et al., 2000b; Krapp, 2002).

3.5 Lehren und Lernen

Lehren ist ein methodisches Vorgehen um Lernvorgänge auszulösen, oder zu beeinflussen (Hasselhorn & Gold, 2006, S. 217). Moderne Theorien des Lehrens wurden im Wesentlichen aus der Beobachtung und Analyse erfolgreich Lehrender mit dem Schwerpunkt auf zwei Fragestellungen abgeleitet: Was sind die Resultate guten Unterrichts und mit welchen Mitteln wurden diese Resultate erreicht? (Hasselhorn & Heuer, 2006, S. 224/225). Dabei lassen sich drei Positionen unterscheiden: eine verhaltensorientiert empirische, eine kognitiv rationalistische und eine konstruktivistische, wobei in der konstruktivistischen Perspektive mit einer kognitivistischen und einer sozialen Ausgestaltung zwei unterschiedliche Entwicklungen erkennbar sind (Greeno, Collins & Resnick, 1996; Shuell, 1996, zitiert nach Hasselhorn & Heuer, S.221). Die Kombination aus kognitivistischen und konstruktivistischen Vorstellungen wird auch als gemäßigter oder moderater Konstruktivismus bezeichnet, eine Position, die zunehmend vertreten wird (Reinmann & Mandl, 2001). Nach Hasselhorn bringen pragmatisch-gemäßigte Zwischenformen von Lehrmethoden den größten Unterrichtserfolg (Hasselhorn, 2006, S. 240). Insgesamt gesehen ist die Hauptforschungsrichtung seit etwa Mitte der 1970er Jahre kognitiv orientiert (Renkl, 2006, S. 590).

Hasselhorn und Gold (2006) fassen die unterschiedlichen Perspektiven folgendermaßen zusammen: Aus verhaltensorientiert-empirischer Sicht ist Unterricht rational planbar. In kleinschrittiger Darbietung werden zunächst nach sachlogischen Kriterien geordnete Inhalte vermittelt; anschließend wird der Kenntnisstand durch Lernerfolgskontrollen überprüft. Dem Lehrer kommt die Rolle eines Instruktors zu, der den Lernstoff zunächst aufarbeitet und dann vermittelt. Die wichtigsten Vertreter dieser Richtung sind Thorndike, Skinner und Gagné.

Aus kognitiv-rationalistischer Sicht mit den Hauptvertretern Ausubel und Mayer, liegt der Schwerpunkt des Lehrens und Lernens auf dem Prozess des Wissenserwerbs. Gemeint ist üblicherweise domänenspezifisches Wissen, d.h. Wissen in bestimmten Gegenstandsbereichen. Es lässt sich unterteilen in Kenntnisse (deklariertes Wissen) und Fertigkeiten (prozedurales Wissen). Nach Renkl entspricht die Einteilung von Inhalten in Domänen in etwa der Schulfachgliederung. Zugehörige Wissensbestände sind zumindest bei guten Schülern eng miteinander verbunden und können bei der Bearbeitung von domänenspezifischen Problemen eingesetzt werden (Renkl, 1996). Von domänenspezifischem Wissen unterscheidet man im kognitiven Ansatz bereichsübergreifende Wissensformen. Als besonders bedeutsam angesehen werden Lernstrategien und metakognitives Wissen.

Lernstrategien bestimmen die Qualität des erworbenen Wissens im Hinblick auf Verständnistiefe und Anwendbarkeit (Friedrich & Mandl, 1992). Metakognition beschreibt das Wissen über das eigene kognitive System und die Auseinandersetzung mit eigenen kognitiven Prozessen,

beispielsweise den Einsatz von Lernstrategien oder die Verständnisüberwachung (Flavell, 1978). Metakognitive Strategien der Verständnisüberwachung beispielsweise haben die Funktion, eine zutreffende Einschätzung darüber zu erreichen, was man bereits verstanden hat und was nicht. Fehlen sie, merken die Schüler/-innen nicht, dass ihr Verständnis noch nicht vollständig ist und treffen daher auch keine Maßnahmen zu seiner Vertiefung (Renkl, 2002).

Der Lehrer hat die Aufgabe, die Aktivierung von Vorwissen zu unterstützen, Lernprozesse anzuleiten und Sachverhalte zu erklären. Das Lernen ist zielgerichtet, kumulativ und systematisch. Ziel ist es, Wissen zu transferieren, Verstehen zu fördern und Lernstrategien zu vermitteln. Lernen wird unter dem Gesichtspunkt der Informationsverarbeitung in Form von Kodieren, Speichern, Transformieren und Abrufen von Information gesehen und kann eindeutig beschrieben und gesteuert werden (Renkl, 2002).

Nach konstruktivistischen Vorstellungen wird neues Wissen in einem individuellen Konstruktionsprozess erworben. (Gerstenmaier & Mandl, 1995; Mandl & Gerstenmaier, 2000). Hierbei wird von der Annahme ausgegangen, dass Wissen keine exakte Kopie der Wirklichkeit ist, sondern ihre subjektive Interpretation: Wissen ist weder ein äußerer Gegenstand, der sich gleichsam vom Lehrenden zum Lernenden „transportieren“ lässt, noch eine getreue Abbildung desselben (Knuth & D. J. Cunningham, 1993). Lernen kann demnach von außen lediglich durch das Gestalten von Lernumgebungen angestoßen und erleichtert werden. Und Lehren ist nicht die Vermittlung, und Lernen ist nicht die Aneignung eines extern vorgegebenen "objektiven" Zielzustandes, sondern Lehren ist die Anregung des Subjekts, seine Konstruktionen von Wirklichkeit zu hinterfragen, zu überprüfen, weiterzuentwickeln, zu verwerfen, zu bestätigen etc. (Werning, 1998).

Lernumgebungen zur Anregung konstruktiver Eigenaktivität sind offen und situiert. Situierete Lernumgebungen ermöglichen eigene Konstruktionsleistungen und kontextgebundenes Lernen. „Ziel situierter Lernumgebungen ist es, dass die Lernenden nicht nur neue Inhalte verstehen und die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten flexibel anwenden können, sondern darüber hinaus Problemlösefähigkeiten und andere kognitive Strategien entwickeln und selbst-organisiert zu lernen vermögen (Reinmann & Mandel, 2006).“ Die meisten solcher Ansätze stimmen darin überein, dass Lernprozesse möglichst anhand authentischer Probleme, d.h. am besten unter Anwendungsbedingungen erfolgen sollten. Dadurch eignen sich Lernende Denkmuster, Überzeugungen und normative Regeln der entsprechenden Expertenkultur an (Reinmann & Mandl, 2006). Stehen dabei individuelle kognitive Konflikte im Sinne Bruners und Piagets im Vordergrund, wird die Ausrichtung als kognitiv-konstruktivistisch bezeichnet. Bei einer sozio-konstruktivistischen Ausrichtung liegt der Schwerpunkt auf sozialen Austauschprozessen zwischen den Lernenden. Als bedeutsame Autoren sind hier Wygotski, Rogoff und Brown zu nennen. Sie bezeichnen den Lernprozess als situiert, kooperiert und partizipativ.

Lernumgebungen sind offen, wenn sie den Schüler/-innen Entscheidungsmöglichkeiten beispielsweise bei der Auswahl von Inhalten oder von Lernstrategien bieten. Das Gegenstück dazu bilden Lernumgebungen mit Schritt für Schritt Führungen.

In konstruktivistischen Lernumgebungen besteht die Aufgabe des Lehrers darin, die individuelle Wissenskonstruktion durch die Bereitstellung authentischer, problemorientierter Kontexte zu erleichtern, um die Eigenaktivität, die Situiertheit und die soziale Eingebettetheit des Lernens zu fördern (Hasselhorn & Gold, 2006). Das Lernen unter diesen Bedingungen ist in hohem Maße individuell, weil die Schüler/-innen unterschiedliches Vorwissen mitbringen.

3.5.1 Entdeckendes Lernen

Entdeckungslernen (engl. „learning by discovery“) ist ein grundlegendes Prinzip, das in den meisten konstruktivistischen Lehrmodellen enthalten ist (Neber (1981; 1999)). Es beruht auf der Annahme, dass Lernende Wissen durch eigene kognitive Aktivitäten wie elementare Denkopoperationen (z.B. Vergleichen) und komplexe lernstrategische Aktivitäten generieren. Gesichert und für alle Wissenseinheiten nachgewiesen ist die Erkenntnis, dass generierendes Lernen als Konstruktion von Wissen durch die Lernenden entscheidend ist für die Förderung seiner Nutzbarkeit (Neber, 1994). Beispielsweise wiesen McDaniel & Schlager (1990) einen Anstieg von Transferleistung bei Schüler/-innen nach, die im Unterschied zu einer instruierten Vergleichsgruppe Lösungsschritte von Umschüttaufgaben durch Induktion aus Trainingsaufgaben selbst generiert hatten. Auch Egan und Greeno (1981) konnten nachweisen, dass diese Lernform zu stärker integriertem Wissen führt.

Der Begriff Entdeckungslernen geht auf Jerome Bruner zurück (z.B. 1961; 1966). Er hatte in den 1960er Jahren maßgebend an der Reform des amerikanischen Bildungssystems mitgearbeitet (Lutkehaus & Greenfield, 2003). Auslöser dieser Reform war der Sputnikschock, vergleichbar in seinen Auswirkungen auf das amerikanische Bildungssystem mit dem aktuellen Pisa-Schock in Deutschland, der die Hochtechnologienation USA in ihrem Innersten traf (Neber, 2006). Von daher ist der Begriff hauptsächlich im Zusammenhang mit der Verbesserung naturwissenschaftlichen Unterrichts in den USA zu sehen.

Angeregt durch seine Beobachtungen der amerikanischen Schulwirklichkeit hat Bruner, der zunächst den Erwerb relativ einfacher Begriffe durch Entdeckendes Lernen erforscht hatte, die These vertreten, dass im Mittelpunkt schulischen Lernens generell die geistige Aktivität der Schüler/-innen zu stehen habe. Die inhaltliche Dimension des Wissens sei dabei nur so weit interessant, wie das Wissen unverzichtbare Voraussetzung für selbstständige geistige Aktivitäten, die Förderung der intellektuellen Entwicklung und der Problemlösefähigkeit durch intuitives und analytisches Denken ist. Hasselhorn fasst die wesentlichen Kennzeichen dieser

Lernform folgendermaßen zusammen: „Insbesondere kommt es darauf an, die richtigen Probleme auszuwählen, die Schülerinnen und Schüler in geeigneter Weise zur Selbstständigkeit zu motivieren, der Verfestigung von Fehlkonzepten während des Lernens gegenzusteuern und eine konsolidierende Form der Ergebnissicherung am Ende des Lernprozesses zu gewährleisten. Denn ganz ohne Lenkung kommt das entdeckende Lernen nicht aus, in der Lernsituation selber tritt sie aber möglichst in den Hintergrund. Für die Schüler/-innen ist das entdeckende Lernen anstrengend, denn die induktiv-konstruktivistischen Denkprozesse stellen vermutlich höhere Anforderungen an den kognitiven Apparat als rezeptives Lernen. Entdecker probieren etwas aus. Sie bedienen sich dabei vorhandener Methoden und Hilfsmittel und des Vorwissens. Vor allem aber bedienen sie sich ihres eigenen Verstandes. Durch Nachdenken und Ausprobieren gelangen sie zu neuen Einsichten, indem sie Elemente einer gegebenen Situation umordnen und damit über das Gegebene hinausgehen. Natürlich ist das entdeckende Lernen nur ein Entdecken aus zweiter Hand. Aber es ist ein verstehendes Nach-Entdecken, welches dem Lernenden ein besonders Ausmaß an aktiver Auseinandersetzung mit seiner Lernumwelt abverlangt.“ (Hasselhorn & Gold, 2006b).

Ausubel als Vertreter eines kognitiven Rationalismus, nach dem Wissensaneignung auf der Basis von Vorkenntnissen durch darstellendes Lehren organisiert und strukturiert wird, kritisiert Bruner. Dabei geht es hauptsächlich um die Frage, ob der Aufbau von Wissensstrukturen allein der Selbsttätigkeit der Schülerinnen und Schüler überlassen bleiben kann. Hasselhorn fasst diese Kritik zusammen: „Entdeckungslernen ist ineffizient, weil zeitraubend, diskriminierend, weil Lernschwächere systematisch benachteiligt und unverantwortlich, weil die Vermittlung notwendiger Wissensinhalte zu Gunsten des Erwerbs formaler Schlüsselqualifikationen vernachlässigt wird. Hinzu kommt die Gefahr, dass unangemessene Strategien erworben werden und dass sich auf den vielfältigen Entdeckungsreisen und Lernumwegen Fehlkonzepte festigen.“ (Hasselhorn & Gold, 2006b). Diese Kritikpunkte sind nach wie vor aktuell und finden sich in ähnlicher Form beispielsweise in einer Zusammenfassung von Reinmann und Mandl (2006, S. 634 – 635).

Nach Bruner enthält die kognitive Struktur das Wissen entweder enaktiv (handelnd), ikonisch (bildhaft) oder symbolisch mit einer Zunahme seiner Anwendbarkeit in der genannten Reihenfolge. Enaktives Wissen äußert sich im individuellen Handeln oder durch praktisches Können. Enaktiv beispielsweise ist das Wissen von Kindern über Gleichgewichtsbedingungen am Hebel dann, wenn sie beim Spielen auf einer Wippe Gleichgewicht intuitiv herstellen. Ikonisches Wissen befähigte dazu, losgelöst von der praktischen Situation, größere Gewichtsteine auf den kürzeren Hebelarm einer Wippe oder Balkenwaage einzuzuzeichnen oder in einer Tabelle mit leicht überschaubaren ganzzahligen Wertepaaren zu Hebelarm und Belastung einen fehlenden Wert zu ergänzen. Mithilfe einer symbolischen Wissensdarstellung schließlich wäre jegliche Art von Hebel erkenn- und berechenbar. Solche Höherentwicklung von Wissens-

darstellungen erfolgt im Verlauf der Individualentwicklung, aber auch beim Lernen im Erwachsenenalter.

Die Fähigkeit zu entdeckendem Lernen ist nach Bruners Vorstellung hauptsächlich abhängig von Faktoren, die seinen prozesshaften Charakter betonen. Dazu gehören die Einstellung des Lernenden zu geistiger Tätigkeit (Bereitschaft, Alternativen zu erkunden und Ungewissheit zu ertragen, sowie Neugier und Risikobereitschaft, Intuition und intelligentes Vermuten), eine intrinsische Motivstruktur, eine Wissensstruktur aus allgemeinen umfassenden Prinzipien als Gerüst (generalisierende Grundorganisation), eine Wissensmenge, die gerade ausreicht um Verständnis zu erreichen (Ökonomie des Wissens) und seine Verwendbarkeit in zukünftigen Problemsituationen (Wirksamkeit des Wissens), (Bruner, 1964). Genannt werden zudem intellektuelle Fähigkeiten und die Beherrschung formaler Strategien des Problemlösens (Vorgehen nach einem Plan, Verwenden von Analogien, Prüfen ausschließender Hypothesen, Ausnutzen von Symmetrieeigenschaften, die Fallunterscheidung und die Problemumsetzung durch enaktive und ikonische Darstellung).

Im Chemieunterricht wurde Entdeckendes Lernen schon vor 40 Jahren mithilfe von Schülerexperimenten praktiziert (Breddermann, 1982). Solche frühen Formen waren vor allem auf den Erwerb allgemeiner Experimentier- bzw. Forschungsfertigkeiten ausgerichtet (Lunetta, 1998). Neuere Initiativen wie beispielsweise die „standards-based reform movement“ streben auch den Erwerb fachspezifisch inhaltlichen Wissens durch forschende Aktivitäten im Labor an (Hofstein & Lunetta, 2004).

Laborarbeit fördert zusätzlich den Erwerb prozeduralen und konzeptuellen Wissens und eine aktive epistemologische Auffassung über das Experimentieren und Lernen (Séré, 2002). Zudem fördert häufigeres Experimentieren (hands-on) in Verbindung mit Aktivitäten wie Hypothesenbildung und der aktiven Suche nach kausalen Erklärungen (mind-on) im naturwissenschaftlichen Unterricht die fachbezogene motivationale Erwartungs- und Wertauffassung von Schülern der fünften bis achten Klassen (MacIver, Young und Washburn, 2002). Experimentieren sollte als zielgerichtete, auf den Erwerb kausalen Wissens über naturwissenschaftliche Phänomene ausgerichtete Aktivität verstanden werden (Carey, Evans, Honda, Jay und Unger, 1989).

Neber (2006) unterscheidet insgesamt drei Versionen dieser Lernform. Entdeckendes Lernen durch Konfliktinduktion und Konfliktlösen, durch Beispiele und Erklären, sowie durch das von ihm als manipulierenden Eingriff in ein komplexes System charakterisierte und damit als besonders schwierig angesehene Explorieren und Experimentieren. Letztgenannte Lernform unterteilt er weiter in klassisches Experimentieren im Labor, d.h. „hands-on“ Aktivitäten mit konkreten Materialien und computergestütztes Experimentieren mit Modellen.

3.5.2 Experimentieren im Labor

Insgesamt werden mit Experimentieren und Forschen durch Schüler/-innen multiple kognitive und motivationale Ziele verbunden und Lehrkräfte erwarten nach Ergebnissen einer aktuelleren Befragung in mehreren europäischen Ländern auch vielfältige positive Effekte von „labwork“ in naturwissenschaftlichen Fächern (Séré, 2002). Im Unterricht werden die Ziele in der beschriebenen Form jedoch nicht erreicht, indem man einfach nur experimentiert. Das gilt insbesondere dann, wenn triviale Probleme zu bearbeiten sind und die Versuche anhand vorstrukturierter Anleitungen, sog. Kochrezepte durchgeführt werden, die keinerlei Denkarbeit erfordern (Hofstein & Lunetta, 1982; Wellington, 1998). Hofstein und Lunetta (1982) bezeichnen solche Aufgabenstellungen als Kochbuchaufgaben („cook book guidance“) und identifizieren als den fast ausschließlich verwendeten Typ von Experimentieraufgaben für Schüler. Durch solche Versuche wird kein eigenständiges Experimentieren gefördert (Tesch, 2004).

Kirschner (1992) und Hodson (1998) kommen zu dem gleichen Ergebnis und beschreiben die von ihnen als „cook-book-exercises“ bezeichneten Aufgaben als genaue Experimentieranleitungen mit exakten Zielvorgaben. Auch eine Untersuchung von Laborarbeit im australischen Chemieunterricht der zwölften Jahrgangsstufe ergibt, dass dort weitgehend formfeste Routineaktivitäten stattfinden, bei denen Schüler/-innen kaum eigenständige Initiativen oder selbstständige Schlussfolgerungen abverlangt werden (McRobbie und Thomas 2001). De Jong & Van Joolingen konnten zeigen, dass meist nicht-intentional vorgegangen und ziellos experimentiert wird (De Jong & Van Joolingen, 1998). Im Falle zielgerichteter Experimente werden lediglich interessante Effekte angestrebt (Schauble, Glaser, Duschl, Schulze & John, 1995). Als besonders gravierend wird jedoch die mangelnde Theorie-Evidenz-Koordination angesehen. Sie hat zur Folge, dass Lernende ihre Beobachtungen nicht auf ihr bisheriges Kausalwissen beziehen und somit ihre Wissensstrukturen auch nicht verändern (Sodian & Thoermer, 2002). Vielfach herrscht auch das Demonstrationsexperiment vor (Labudde, 2000; Baumert & Köller, 2000).

Zum Ausgleich der beschriebenen Defizite wurden für diese Form des entdeckenden Lernens verschiedene Lenkungsgrade vorgeschlagen: White & Frederiksen (1998) z.B. vereinfachen Experimente zur Mechanik Newtons, indem sie Fragestellungen auswählen, die ohne Berücksichtigung der Gravitation zu bearbeiten sind. Hakkarainen (2003) gewährt während der einzelnen Forschungsphasen Hilfestellungen beim Formulieren kausaler Fragestellungen und andere Autoren geben durch strukturierte Forschungszyklen einen Rahmen vor, mit dem sich der gesamte Forschungsprozess organisieren lässt (z.B. White & Frederiksen, 1998). Olson et al. beginnen mit stark strukturierten Formen des Experimentierens und schließen daran immer

offenere Formen an (Olson et al., 2000). Sodian & Thoermer, sowie Neber & Schommer-Aikins versuchen zunächst individuelle Voraussetzungen zu verbessern und berücksichtigen dabei nicht nur Forschungsfertigkeiten, sondern auch Wissenschaftsverständnis und epistemologische Überzeugungen (Sodian & Thoermer, 2002; Neber & Schommer-Aikins, 2002).

Zur Lenkung Entdeckenden Lernens schreibt Neber: „Ein häufiges Missverständnis ist, Entdeckendes Lernen ausschließlich als un gelenktes Lernen in unstrukturierten offenen Lernumgebungen aufzufassen, obwohl de facto keine einzige lenkungsfreie Version Entdeckenden Lernens existiert. Die zentrale Frage ist jedoch nicht, ob entdeckendes Lernen oder doch gelenkte Instruktion, sondern welche Charakteristika von Lernumgebungen extern strukturiert werden sollten. Dies ist entgegen mancher Darstellung nicht absolut zu entscheiden“ (Neber, 2006).

Laborarbeit in den naturwissenschaftlichen Fächern sollte generell als eine vollständige Sequenz von Problemlöseprozessen gestaltet werden (z.B.: Tobin, 1990). Lunetta (1998) schlägt eine Unterteilung einer solchen Sequenz in vier Phasen vor:

1. Planungs- und Entwurfsphase: Forschungsfragen werden formuliert, Hypothesen gebildet, Ergebnisse prognostiziert und die weiteren experimentellen Aktivitäten entworfen.
2. Ausführungsphase: die geplanten Aktivitäten werden durchgeführt, Daten beobachtet und aufgezeichnet.
3. Analyse- und Interpretationsphase: Daten werden interpretiert, verallgemeinerte Schlüsse werden gezogen und weitere Forschungsfragen werden formuliert.
4. Anwendungsphase: so erworbenes inhaltliches und forschungsmethodisches Wissen wird auf neue Fragestellungen angewendet.

Fasst man die beiden letzten Phasen zusammen, erhält man eine dreistufige Sequenz, die als präexperimentelle, experimentelle und postexperimentelle Phasen der Laborarbeit bezeichnet werden (Doran, Lawrenz & Helgeson, 1994).

Am stärksten vernachlässigt im Unterricht werden präexperimentelle Aktivitäten. Tobin und Capie (1982) beispielsweise stellten fest, dass nur etwa drei Prozent der Zeit für die Entwicklung der Fragestellungen zu Experimenten in Schullabors aufgewendet werden. Experimentieren im Unterricht trägt jedoch nur dann zur selbstgesteuerten Generierung von Wissen durch Schüler/-innen bei, wenn sie ihre Experimente selber planen und entwerfen können und Möglichkeiten zum eigenen Fragenstellen geboten werden (Neber, 2006a). Intentionales Vorgehen dieser Art bereitet jedoch Schwierigkeiten. Elfjährige Schüler/-innen beispielsweise experimentierten meist ohne explizite Ziele und auf Erkenntnisgewinn ausgerichtetes Planen, wenn die präexperimentelle Phase zu offen gestaltet wurde (Carey et al., 1989). Präexperimentelle Defizite gibt es selbst bei Studienanfängern in Physik. Sie formulierten beim

computerbasierten Experimentieren keine auf Wissensziele ausgerichtete Fragestellungen und nahmen keine systematische Planung weiterer experimenteller Aktivitäten vor (Schauble, Glaser, Raghavan und Reiner (1995). Auch de Jong und van Joolingen (1998) wiesen solche Defizite beim entdeckenden Lernen durch Experimentieren nach. Germann, Odom, Aram und Burke (1996) untersuchten bei Schüler/-innen mittlerer Jahrgangsstufen mithilfe eines selbstentwickelten Tests die Fertigkeiten, Fragen zu formulieren, unabhängige Variablen zu bestimmen und Hypothesen zur Planung des weiteren Vorgehens aufzustellen. Nur etwa die Hälfte der untersuchten Schüler/-innen erreichten bei den zehn Aufgaben, von denen sich fünf auf die präexperimentelle Phase bezogen, ein für die weitere Steuerung der experimentellen Aktivitäten akzeptables Niveau. Klahr (2000) stellte bei Studienanfängern, die vor Beginn der Experimentierphase ihr Vorwissen zur Formulierung von Fragen und Hypothesen nutzten, eine deutliche Verkürzung der Arbeitszeit beim Herausfinden von Gesetzmäßigkeiten fest. Andernfalls führen sie viele Versuche und Manipulationen mit dem gegebenen Material durch, bevor sie, wenn überhaupt, eine kausale Fragestellung oder Hypothese zustande bringen. Neber und Anton (2008) erklären die Verbesserung durch eine Ausrichtung der Überlegungen auf Wissensziele und leiten daraus ab,

- Experimentieren „vollständiger“ zu realisieren und dabei besonders die präexperimentelle Phase bei der Laborarbeit im Unterricht stärker zu berücksichtigen,
- das auf diese Weise erweiterte Aktivitätenspektrum der Schüler/-innen durch strukturierende Hilfen zu unterstützen. Für präexperimentelle Aktivitäten sei dies erforderlich, um ineffektives, nicht auf Wissensziele ausgerichtetes Explorieren und Manipulieren des Untersuchungsmaterials durch Schüler/-innen zu verhindern. Beim Design und der Zuordnung strukturierender Hilfen für kognitive Prozesse sei zu berücksichtigen, dass präexperimentelle Aktivitäten mehreren Teilphasen zuzuordnen sind. Die folgende Abbildung beschreibt diese Phasensequenz.

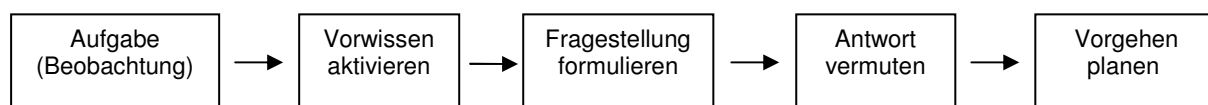


Abbildung: Präexperimentelle Phase: Sequenz kognitiver Aktivitäten (aus Neber & Anton, 2008)

Angenommen wird, dass eine forschende Wissensentwicklung in den Naturwissenschaften von der Beobachtung von Phänomenen ausgeht, die das Fragestellen und die Versuchsplanung beeinflusst (Neber & Anton, 2006b). Aufgabenstellungen dazu müssen von den Schüler/-innen als Problemstellung aufgefasst werden, denn dadurch wird die Häufigkeit und Qualität von Schülerfragen bestimmt (Costa, Caldeira, Gallástegni und Otero, 2000). Solche Aufgabenstellungen liegen vor, wenn kein routinisiertes Standardverfahren zu ihrer Bearbeitung vorliegt und mehrere richtige Lösungen möglich sind (Jonassen, 2000). Ein Aufgabenbeispiel ohne

Problemstellung ist folgende gängige Experimentieranleitung aus der Klassenstufe 8: „Gegeben sind 10 Flüssigkeiten. Bestimme die Säuren und Basen mithilfe von Bromthymolblau, das im basischen blau und im sauren gelb ist.“ Hierbei muss vor dem eigentlichen Experiment keine bearbeitbare Fragestellung durch Beschreibung von Ausgangsbedingungen, Vorgehensweise und Experimentierziel formuliert werden, weil Ausgangslage und Lösung genau festgelegt sind. Wissensgenerierend ist jedoch die Konzeption einer Fragestellung (Pedrosa de Jesus, Teixeira-Dias & Watts, 2003), d.h. der Wissenserwerb durch Experimentieren erhält bereits in der Vorphase die Qualität einer intentionalen, auf Wissensziele ausgerichteten Aktivität (Neber, 2006a,b).

Neber bezeichnet solche Fragen als epistemisch, weil sie zum Erkenntnisgewinn und damit zur Generierung von Wissen beitragen und klassifiziert sie nach ihrer Funktion beim Wissenserwerb als wissensgenerierend oder prozessregulierend. Demnach könnte die beschriebene Aufgabenstellung lauten: „Gegeben sind Lackmusfarbstoff, 3 weitere Farbstoffe und 10 Flüssigkeiten. Bestimme Säure- und Basenfarbe derjenigen Farbstoffe, die sich als Indikatoren eignen.“ Die erste Forschungsfrage der Schüler lautete dann: „Welche der Flüssigkeiten ist eine Säure, welche eine Base?“

Selbstgestellte Fragen fördern nicht nur das Experimentieren, sondern führen auch beim Lernen zu einem höheren Wissenserwerb, zum Beispiel über zuvor gelesene Biologietexte (Foos, Mora und Kacz 1994). Untersuchungsergebnisse deuten jedoch auf Defizite in diesem Bereich hin (Niegemann, 2004). Dazu schreibt Neber (2002): „Dies trifft vor allem auf epistemische Fragen zu, die von Schülerinnen und Schülern besonders selten gestellt werden. Noch entscheidender als das quantitative Defizit ist allerdings die geringe kognitive Qualität vor allem wissensgenerierender epistemischer Fragen; beispielsweise finden Chin et al. (2004) überwiegend Fragen nach einfachen Fakten. Beim Lernen in konstruktivistisch ausgerichteten Umgebungen, dazu gehören auch alle Versionen entdeckenden Lernens, wirkt sich das besonders negativ aus, denn qualitativ hochwertige epistemische Fragen ermöglichen Vorhersagen zum Ergebnis, die im Falle von Laborarbeit zum eigentlichen geprüften Gegenstand eines Experiments werden (Neber & Anton, 2008). Selbst Collegestudenten müssen zu Fragen dieser Qualität erst angeregt werden (Graesser et al., 2005). Qualitativ hochwertig sind so genannte „tiefe“ Fragen (deep questions), denn sie ermöglichen beim forschenden Experimentieren „erklärungsorientiertes Lernen“ (explanation-centered learning) und damit den Erwerb kausalen Wissens (Graesser, McNamara & VanLehn (2005).

So erworbenes Wissen versetzt Lerner in die Lage, die Bedeutung naturwissenschaftlicher Fakten und Phänomene zu erkennen und ihre Ursachen zu erklären (Costa, Caldeira, Gallestegui & Otero, 2000). So soll auch verhindert werden, dass die Schüler/-innen ein ausschließlich induktives Wissenschaftsmodell entwickeln. „Merely keeping students busy, through the kind of

worksheet-driven recipe-following criticized earlier, and hoping that they learn, is not longer acceptable" (Hodson, 1993, S. 128). Durch solche formalen Experimente werden Schüler/-innen auch in ihrem Glauben bestärkt, Naturwissenschaftler seien im Besitz einer allgemeingültigen Methode zur Erlangung der Wahrheit: „If too many exercises are of that type, students will learn anti-science rather than science, that there is a correct answer sanctified by authority. Science will then be perceived as a rigid, unquestionable body of acts rather than as a dynamic, developing interpretation of phenomena." (Hodson & Brencke, 1998).

Neben Forschungsfertigkeiten und transferierbarem Wissen werden in konstruktivistischen Lernumgebungen auch Lernmotivation und eine aktive Lernauffassung erworben, was im Fach Chemie für besonders wichtig gehalten wird (Anton, 2000; Neber, 2003b).

Neber und Anton (2008) untersuchten in zwei Studien mit Prä-Posttest-Design, die sich deutlich in der prozeduralen Unterstützung der Schüler/-innen unterschieden, die Effekte einer strukturierten präexperimentellen Förderung auf die vermutete-

1. -Erhöhung chemiebezogener experimentierspezifischer Selbstwirksamkeit;
2. -Erhöhung des intrinsischen Wertes von Experimenten in Chemie;
3. -Verstärkung der Präferenz des Experimentierens als wissensorientierter intentionaler Aktivität sowie der Präferenz für offenes und strukturiertes Experimentieren;
4. -Tendenz, kausale (konditionale und funktionale) statt lediglich faktenbezogene Untersuchungsfragen zu stellen;

Mit der ersten Studie konnte keine dieser aus dem Modell vollständigen Wissens (Neber, 1994; siehe 2.7) abgeleiteten Hypothesen bestätigt werden. Zudem war nach der präexperimentellen Förderung eine reduzierte Motivation für eigenes Forschen, sowie eine geringere Bereitschaft für offenes Experimentieren feststellbar. Die Autoren erklären diese Befunde mit einer kognitiven Überlastung der Schüler/-innen infolge fehlender Kenntnisse über die geforderten präexperimentellen Aktivitäten. Deshalb wurde dieser Bereich in der zweiten, ansonsten identischen Studie, durch ein ausgedehntes, auf das erweiterte Wissensmodell und die Funktion epistemischer Fragen bezogenes informelles Training stärker gefördert. Außerdem war die Verwendung vorgegebener Fragenstämme bei der Formulierung der Forschungsfrage obligatorisch. Zusätzlich wurde auf eine experimentelle Umsetzung der eigenen Forschungsfragen verzichtet und die Schüler/-innen waren über eine geplante Bewertung ihrer Experimentalpläne durch die Chemielehrerin informiert. Nach diesen Veränderungen ließen sich die zweite, dritte und vierte Hypothese bestätigen; die dritte Hypothese jedoch mit der Einschränkung, dass nur der Beobachtbarkeitsgrad, nicht die Chemierelevanz betroffen war. Chi et al. (1989) konnten zeigen, dass sich die Lernleistung von Studenten bei der Bearbeitung von Physikaufgaben nur dann erhöht, wenn sie die in Beispielen beschriebenen Lösungsverfahren auf Konditionen und Funktionen hin (siehe 2.5) analysieren. Neber (1994) belegte diesen

Zusammenhang gezielt durch eine Analyse der Nutzung von Gleichungen zur Berechnung von Übersetzungsverhältnissen durch KFZ-Mechaniker. Die beiden Kontrollgruppen, die in der Trainingsphase herkömmliche Lösungsverfahren einsetzten bzw. Aufgaben mit fertigen Lösungen verwenden mussten, unterschieden sich in der Testphase zwar nicht in ihren Rechenleistungen von einer Gruppe, die zu gegebenen Aufgaben Lösungen erfinden mussten. Sie wurden jedoch beim Lösen von Schätzaufgaben, die für nur 15 Sekunden präsentiert wurden, von der letztgenannten Gruppe überboten.

3.6 Modell vollständigen Wissens

Das Modell geht auf Heinz Neber (1994) zurück und will den internen Aufbau von Wissen beschreiben, das in komplexen Wissensbereichen nutzbar ist. Kernstück ist die als Transformation bezeichnete Überführung von Faktenwissen wie beispielsweise Denkmethoden, Rechenregeln, Lernstrategien oder praktische Fertigkeiten in autonom operierende Subsysteme, so genanntes Objektwissen. In diesem Prozess, der durch Training und Instruktion von Wissensnutzung erreicht wird, betrachtet Neber zwei zentrale Fragen:

1. Welche Komponenten vervollständigen das Faktenwissen während der Transformation?
2. Welche Instruktionsverfahren eignen sich dazu als Training?

3.6.1 Transformation von Faktenwissen

Wissen im Faktenzustand ist für höhere Lernleistungen nicht nutzbar. Nutzbar wird es erst durch Integration der „Konditionen“ und „Funktionen“ genannten Anwendungsbedingungen. Dieser Vorgang wird als Transformation in den Objektzustand bezeichnet. Fakten als Wissens Elemente, denen interne Voraussetzungen für eine Nutzung fehlen, werden dabei mit Kontrollstrukturen verbunden, die ihre Nutzung steuern. Konditionen kennzeichnen Situationen, die den Gebrauch von Fakten erforderlich machen, Funktionen beschreiben die Zielzustände, die sich durch ihre Verwendung erreichen lassen. Tiefe und Ebene meinen den zumindest in komplexen Bereichen anzustrebenden Grad der prinzipiellen Verankerung und notwendigen Multiplizität der Objekte bzw. ihren Generalisierungsgrad, der wiederum für unterschiedliche Tiefen betrachtet werden kann (Neber, 1994). Auch die Wissens Elemente Fakten, Konditionen und Funktionen können durch unterschiedliche Tiefen und Ebenen gekennzeichnet sein.

Entdeckendes Lernen findet in Nutzungssituationen, bei generierendem Lernen und bei kooperierenden Aktivitäten statt. Ein Training der Wissensnutzung muss sich demnach

zumindest auf eine dieser Situationen beziehen. Nutzungssituationen sind Lernumwelten, die eine Anwendung von Wissen im Faktenzustand erforderlich machen und seine Transformation in nutzbares Wissen ermöglichen (Achtenhagen, 1991). Anwendung vorhandenen Wissens in einer veränderten Situation bereitet jedoch Schwierigkeiten. Zu erwarten ist von daher, dass Training am effektivsten ist, wenn es sich auf den Geltungsbereich des Faktenwissens konzentriert. Brown & Campione, (1978) nennen das „Prinzip des transferangemessenen Lernens“. Diese Bedingung gilt auch für generierendes Lernen als Konstruktion von Wissen durch Lernende, denn ein Konstruktionsprozess ist nur möglich, wenn dafür passende Bausteine vorhanden sind.

Neber erläutert sein Modell anhand eines Fragebogens zur Erfassung des Faktenwissens im Berufsbereich „Kraftfahrzeugmechanik“ (Neber, 1992) folgendermaßen: Der Zündzeitpunkt wird eingestellt: a. bei ausgeschalteter Zündung. b. bei laufendem Motor. c. bei eingeschalteter Zündung. Eine richtige Antwort darauf erlaubt nur den Schluss auf die Existenz von Wissen über die Einheit „Zündung einstellen“ im Faktenzustand. Als Konditionen für eine Transformation anzusehen wären beispielsweise in der Diagnosesituation wahrnehmbare Fehlzündungen des Motors. Funktion, d.h. Zielzustand könnte hierbei beispielsweise „Inspektion durchführen“ sein; beispielsweise durch Verwendung des Faktenwissens zur Einstellung des Zündzeitpunkts (Neber, 1985). Aber auch anderes Faktenwissen, z.B. „Zündkerzen wechseln“, könnte verwendet werden. „Inspektion durchführen“ ist eine Funktion mit geringer Tiefe der Wissensseinheit „Zündung einstellen“. Eine tiefere Funktion dagegen könnte sich beispielsweise stärker auf Prinzipien der Motorsteuerung beziehen. Tiefes Wissen ist also vorwiegend für die Lösung ungewöhnlicher Probleme notwendig. Die Ebene von „Inspektion durchführen“ ist sehr allgemein. Auf einer höheren Ebene dagegen liegen beispielsweise die Funktionen Benzinverbrauch senken, oder Laufruhe des Motors verbessern. Insgesamt enthält vollständiges Wissen Elemente unterschiedlicher Tiefe und zeichnet sich durch Wissensselemente verschiedener Ebenen und Tiefen aus.

3.6.2 Modellbasierte Kennzeichen der Lernumgebung NanoBioLab

Die Konzeption der Experimente und die Vorgehensweise im Praktikum beruhen auf dem „Modell vollständigen Wissens“ (Neber, z.B. 1994). Nach diesem Modell soll Faktenwissen (z. B. Eine Kartoffel enthält Wasser) in so bezeichnetes Objektwissen transformiert werden. Dazu müssen Fakten um Konditionen oder Voraussetzungen (z.B.: Wassergehalt unter Laborbedingungen bestimmen) und Funktionen oder Folgen (z.B.: Lebensmittel untersuchen)

erweitert werden. Sollten die Schüler den Wassergehalt bereits kennen, kann eine Transformation auf höherer Ebene angestrebt werden. In diesem Fall ist der Wassergehalt einer Kartoffel als Wissen im Faktenzustand anzusehen. Kondition sein könnte dann „Es liegen unterschiedliche Untersuchungsergebnisse vor, obwohl ein und dasselbe Messverfahren verwendet wurde“.

Gefordert wird, dass die Erweiterungen aktiv durch die Lernenden erfolgen. Neber schlägt vor, den Prozess in einer sog. präexperimentellen Phase anzustoßen. Dazu schreibt er: „In dieser Phase sind epistemische, d.h. auf Wissensziele ausgerichtete Fragen nach Konditionen und Funktionen anzuregen. Dieser Ansatz ist kompatibel zu Forderungen von Graesser, Baggett und Williams (1996), wonach bei allen Formen des „inquiry learning“ so genannte „tiefe“ Fragen zu stellen sind. Dies sind auf konditionales Wissen abzielende Fragen nach kausalen Antezedenzen (z. B.: Warum schrumpft die Kartoffel?) und auf funktionales Wissen ausgerichtete Fragen nach kausalen Konsequenzen (z. B.: Was wäre, wenn ich die Temperatur erhöhe?... die Kartoffel zerkleinere?). „Implizit wird dabei angenommen, dass „inquiry“ und damit auch das Experimentieren im Chemieunterricht in erster Linie zum generierenden Erwerb kausal-explanativen Wissens beitragen soll. Zudem werden so relevantes Vorwissen aktiviert und Antwortvermutungen generiert“ (Neber & Anton, 2008).

Folgende Bedingungen lassen sich für die Konzeption von Aufgabenstellungen aus dem Modell ableiten:

- a) Eine Aufgabenstellung muss überschaubar und so formuliert sein, dass Schüler möglichst ohne Hilfestellung einen Lösungsweg erkennen. Erfüllt ist dieses Kriterium, wenn Schüler/-innen eine Forschungsfrage formulieren können (Wie groß ist die Massenabnahme, wenn ich die Kartoffel trockne?). Eng damit verbunden ist das Vermögen, einen Versuchsverlauf vorausszusehen (= Antwortvermutung: „Bei erhöhter Temperatur trocknet die Kartoffel schneller“). Dadurch wird die Vermutung zum eigentlichen Untersuchungsgegenstand.
- b) Vorwissen muss vorhanden sein (Kartoffeln schrumpfen mit der Zeit, weil sie Wasser verlieren. Durch Wasserverlust wird die Kartoffel leichter, bzw. kleiner. Bei erhöhter Temperatur und beim Auspressen entweicht das Wasser schneller. Bei hoher Temperatur brennen Kartoffeln an. Der Wassergehalt bestimmt die elektrische Leitfähigkeit. Prozentrechnung usw.).
- c) Die Experimente müssen für Schüler ohne Anleitung und mit möglichst geringer Hilfestellung durchführbar sein.
- d) Alles erforderliche Experimentiermaterial muss in der Laborausrüstung vorhanden und von Schülern möglichst frei wählbar sein.

- e) Die Befunde müssen möglichst ohne Hilfe von Schülern interpretierbar sein (z.B. Schwarzfärbung kann kein Trocknungsvorgang sein.). Das ist häufig dann möglich, wenn Befunde anschaulich sind.
- f) Alternative Lösungswege sollen für Schüler/-innen erkenn- und planbar sein (Kartoffel durch Erwärmen im Reagenzglas, durch Auspressen oder mit saugfähigem Papier trocknen).
- g) Die Interpretation der Befunde sollte Denkprozesse, idealerweise über Fehlkonzepte, anstoßen (Kann man das Schwarzwerden beim Erhitzen durch Sauerstoffausschluss vermeiden? Bei welcher Temperatur sollte getrocknet werden? Mit welchem Druck sollte gepresst werden? Wann ist etwas trocken? Wie kann man das Trocknen beschleunigen (siehe 5.1.1.3).
- h) Die Befunde sollten Denkanstöße für weitere Untersuchungen liefern: Welcher Stoff verursacht die Schwarzfärbung bei zu starkem Erhitzen? Bei welcher Temperatur beginnt der Zersetzungsvorgang? Was außer Wasser und diesem „schwarzen Stoff“ enthalten Kartoffeln noch? Ist das analysierte Kartoffelstück repräsentativ für die ganze Kartoffel (alle Kartoffeln?) usw. Diese Befunde liefern die Anknüpfungspunkte für weitere Untersuchungen und können somit als Funktionen von Transformationen auf höheren Ebenen angesehen werden.

Die Punkte d) – h) dieser Rahmenbedingungen beinhalten die wesentlichen Kennzeichen konstruktivistischer Lernumgebungen, a) – c) beschreiben die von Neber (2008) geforderte präexperimentelle Phase in Form einer Sequenz kognitiver Aktivitäten: 1) Aufgabe erkennen (oder Beobachtung machen). 2) Vorwissen aktivieren. 3) Frage formulieren. 4) Antwort vermuten. 5) Vorgehen planen. Die Sequenz lässt sich auch mit den von Germann et al. (1996) vorgeschlagenen vier Teilfertigkeiten der präexperimentellen Phase in Verbindung bringen:

1. Forschungsfrage formulieren: Wie verändert sich die Kartoffel, wenn ich sie trockne?
2. manipulierbare Variablen bestimmen: Masse, Volumen, Leitfähigkeit, Farbe.
3. Hypothesen bilden: Beim Trocknen oder Pressen entweicht das Wasser vollständig. Der Wassergehalt aller Kartoffeln ist nahezu gleich. Ein kleines Stück ist repräsentativ für die ganze Kartoffel. Mehrere kleiner Stücke trocknen schneller, als ein großes. Mit einer kleineren Gesamtmenge wird die Messung ungenauer usw.
4. Weiteres Vorgehen planen: Kartoffeln zerschneiden oder mahlen, dann pressen oder Erwärmen bis zur Gewichtskonstanz oder bis die Leitfähigkeit den Wert Null annimmt.

Tiefe und Ebene der Funktion „Wassergehalt bestimmen“ liegen auf mittlerem Niveau. Ihre Tiefe nimmt ab, wenn Schüler/-innen beispielsweise die Frittierbarkeit zweier Kartoffeln vergleichen sollen, denn dafür reicht schon Durchschneiden und bloßes in Augenschein nehmen. Deutlich „tiefer“ dagegen wird die Bestimmung, wenn Wasser in den Zellvakuolen von

Wasser in quellfähigen Inhaltsstoffen zu unterscheiden wäre. Auf einer höheren Ebene liegt die Wassergehaltsbestimmung, wenn beispielsweise Wetterbedingungen im Anbaugebiet bestätigt, oder eine Verbindung zwischen Wassergehalt und einem möglichen Parasitenbefall der Pflanze hergestellt werden sollten.

Die Umsetzung der modellbasierten Konzeption eines außerschulischen Labors gelingt nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Die thematische Einbettung des Praktikums in den laufenden Unterricht, idealerweise ergänzt durch Kenntnisse und Erfahrungen aus der Lebenswelt, sorgt für Vorwissen, zum Teil in Form von Faktenwissen.
- Ein weitestgehend abgeschlossenes Lehrplanthema und die Rückmeldung des Lehrers über Wissensstand und Fähigkeiten der Schüler ermöglichen eine individuelle Versuchskonzeption.
- Die Gedankengänge des regulären Unterrichts werden im Praktikum fortgeführt und der lückenlos angeschlossene Folgeunterricht bildet die Nachbesprechung.
- Die Praktikumsversuche sind als Demonstrationsversuche oder Schülerübungen aus dem regulären Unterricht bekannt, nicht aus einer eigenständigen Praktikumsvorbereitung. Weiterführende Versuche müssen unmittelbar verständlich (z.B. Aussalzen mit Alkohol aus einer wässrigen Lösung.) oder in kurzer Zeit unmissverständlich erklärbar sein (Aufbau und Funktionsweise einer Apparatur zur Elektrolyse von wässrigen Salzlösungen). Voraussetzung dafür wiederum ist ein entsprechendes Faktenwissen: Salz, Lösung, Löslichkeit, Gehalt bzw. Stromkreis, Spannung, Stromstärke, Elektrode, Ladungsträger). Nur dann sind die vom Modell geforderten Vorhersagen von Befunden möglich.
- Die Aufgabenformulierung (Bestimme den Wassergehalt der Kartoffeln) fokussiert die Überlegungen der Schüler/-innen auf einen inhaltlich bekannten Bereich. Völlig offene Aufgaben (Untersuche die Kartoffeln) ermöglichen und fördern Fragen, die interessant und anspruchsvoll erscheinen (Enthält die Kartoffel Pestizidrückstände? Ist die Kartoffel genetisch manipuliert?), jedoch nicht den Modellbedingungen genügen.

4. Methoden

4.1 Entwicklung der Aufgabenstellungen und Aufbau des Labors

Die Basis der vorliegenden Studie bilden Aufgabenstellungen und ein Experimentierlabor, die in einer drei Jahre dauernden Entwicklungsarbeit entstanden sind. Während dieser Zeit wurden die Versuche und die Arbeitsplätze im Labor konzipiert und während zahlreicher Praktika anhand der Schülerreaktionen und der Rückmeldungen der begleitenden Lehrer ständig verbessert. Als Bewertungskriterium von Schülerseite diene zunächst der Anteil an Arbeitsgruppen, die ohne Hilfestellung Lösungsstrategien entwickeln und zielgerichtet mit Experimentieren beginnen konnten. Danach war die geschätzte Anzahl an Schüler/-innen relevant, die Schlüsse aus ihren Befunden ziehen und bei Bedarf selbstständig oder mit geringer Hilfestellung mindestens einen alternativen Lösungsweg nennen konnten. Lagen beide Anteile deutlich unter 50%, wurde die Aufgabenstellung verändert oder verworfen. Ermöglicht wurde diese Vorgehensweise durch die Erfahrungen des Autors aus langjähriger Lehrtätigkeit und die Unterstützung durch die begleitenden Fachlehrer. Sie waren eingebunden durch ihre Einschätzungen von Mitarbeit und Interesse der Schüler/-innen während der Praktika sowie Schilderungen über Rückmeldungen aus nachfolgenden Unterrichtsstunden. Zudem konnten sie die beabsichtigte Integration der Experimente in den laufenden Unterricht bewerten. Am Ende der dreijährigen Aufbauphase standen schließlich 14 Aufgabenstellungen (Tabelle 3, S. 51) und ein Labor zur Verfügung, die Schüler/-innen selbstständiges Arbeiten ermöglichten. Die Arbeit damit wird im Folgenden als „Forschendes Experimentieren“ bezeichnet.

Erst jetzt begann die systematische und dokumentierte Untersuchung mit dem Ziel, die Auswirkungen „Forschenden Experimentierens“ auf die Motivation und das naturwissenschaftliche Verständnis von Schüler/-innen festzustellen. Dazu dienten insgesamt fünf Evaluationsprojekte. An einem der Projekte war auch ein Teil der Schüler/-innen beteiligt, die das Labor bereits während der dreijährigen Vorarbeiten besucht hatten. Parallel zu den Evaluationsprojekten wurden laufend weitere Versuche entwickelt. Die Evaluationsinstrumente sind im folgenden Methodenteil beschrieben.

4.2 Evaluationsprojekte

Durch insgesamt fünf Evaluationsprojekte sollten die Auswirkungen einer regelmäßigen Teilnahme an Praktika im NanoBiolab auf Motivation, Interesse und naturwissenschaftliches Grundverständnisses der Besucher/innen ermittelt werden.

Projekt 1: Evaluation mit 19 Klassen der Klassenstufe 8 aus 7 verschiedenen Gymnasien, davon 10 Teilnehmer- und 6 Kontrollklassen, sowie den Teilnehmerinnen des sog. GirlsCamp (Steinmann & Glünder, 2004). Befragt wurden auch die Chemielehrer/-innen der Teilnehmer/-innen.

Projekt 2: Eine Fortsetzung des ersten Projektes mit 3 seiner Teilnehmerklassen in der Klassenstufe 9 und eine kombinierte Interview-Fragebogenstudie mit Kontrollgruppendesign am Schuljahresende.

Projekt 3: Eine Fortsetzung des zweiten Projektes. In Klassenstufe 10 nahmen die drei Teilnehmer- und die drei Kontrollklassen des zweiten Projektes an einer Ganztagsveranstaltung im Schülerlabor teil, in deren Verlauf eine weitere Befragung stattfand.

Projekt 4: Befragung einer Gruppe von Langzeitteilnehmern, die das Labor über einen Zeitraum von 5 Jahren regelmäßig besuchten.

Projekt 5: Versuch einer Evaluation mit sämtlichen 110 Schüler/-innen der Klassenstufe 8 eines Gymnasiums. Geplant waren 5 auf das ganze Schuljahr verteilte Laborbesuche und eine Fragebogenaktion mit Kontrollgruppendesign am Schuljahresende.

4.2.1 Projekt 1: Evaluation nach einjähriger Teilnahme

4.2.1.1 Beschreibung der Teilnehmer

Die Klassen wurden mit Hilfe von Lehrern ermittelt, die das Schülerlabor bereits von früheren Besuchen her kannten. Beteiligt waren 6 saarländische und ein rheinland-pfälzisches Gymnasium mit insgesamt 10 Teilnehmer- und 9 Kontrollklassen der Klassenstufe 8. Zusätzlich eingebunden waren die Teilnehmerinnen des sog. GirlsCamp (Steinmann & Glünder, 2004). Die saarländischen Praktikumsteilnehmer kamen aus mathematisch-naturwissenschaftlichen und aus sprachlichen Zweigen, die Kontrollklassen für die Befragungen ausschließlich aus dem sprachlichen Zweig. Diese Zweigbildung betrifft die Klassenstufen 8, 9 und 10 und bedeutet für die naturwissenschaftlichen (sprachlichen) Klassen in Chemie 3 (2) in Physik 4 (2) und in Mathematik 5 (4) Wochenstunden. Außerdem ist Physik im naturwissenschaftlichen Teil Hauptfach und die dritte Fremdsprache entfällt. Im Fach Chemie der Klassenstufe 8 bestehen nur geringfügige Unterschiede zwischen den Zweigen. Bedingt durch die Mehrstunde im naturwissenschaftlichen Zweig ist dort das Thema Säuren und Basen, das im sprachlichen Teil erst zu Beginn der Klassenstufe 9 behandelt wird, in die Klasse 8 vorgezogen. In den Klassenstufe 9 und 10 haben die naturwissenschaftlich orientierten Klassen dann einen erhöhten Anteil an Schülerpraktika, und sie behandeln Zusatzthemen, deren Inhalte in der

Oberstufe nicht mehr zur Sprache kommen. In Rheinland-Pfalz ist der Chemieunterricht am Gymnasium der Klasse 8 einstündig. Die Teilnehmergruppe von dort bestand aus jeweils der Hälfte zweier Parallelklassen, die beiden anderen Hälften dienten als Kontrollgruppe bei der Befragung am Schuljahresende. Beide Klassen wurden von derselben Lehrerin unterrichtet. Die Gruppeneinteilung war aufgrund der Laborkapazität erforderlich und durch Losen vorgenommen worden. GirlsCamp ist ein Projekt der Universität des Saarlandes, das seit Juli 2004 in den Sommerferien stattfindet. Beteiligt daran sind jeweils 40 interessierte Schülerinnen der Klassenstufe 8 aus dem ganzen Saarland. Sie werden aus einer Gruppe von etwa 80 Interessentinnen an dem saarlandweit ausgeschriebenen Projekt ausgelost. Hauptinhalte sind halbtägige Praktika in den Fachbereichen Mathematik, Informatik, Physik, Mechatronik, Elektrotechnik, Werkstoffwissenschaften und Chemie. Zusätzlich finden Besichtigungen und Vorträge statt, und allabendlich wird ein attraktives Rahmenprogramm geboten. Diese Schülerinnen besuchten, unterteilt in eine Vormittags- und eine Nachmittagsgruppe, das NanoBioLab am letzten Tag ihrer Veranstaltungswoche. Ihnen kommt eine besondere Bedeutung zu, denn sie lassen aufgrund des Auswahlverfahrens Homogenität erwarten im Hinblick auf:

- hohe Motivation für die Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Themen
- besonderes Interesse am naturwissenschaftlichen Unterricht
- besonderes Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen
- hohe Leistungsfähigkeit
- großes Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen in der Freizeit
- geringe Disziplinprobleme
- eine größere Ablehnung von Geschlechterstereotypen
- großes Interesse an Berufen aus dem Bereich der Naturwissenschaften.

Wegen dieser Besonderheiten wurden die Angaben der Teilnehmerinnen am GirlsCamp, obwohl sie das NanoBioLab nur einmal besucht hatten, als Standard für die Bewertung der restlichen Besuchergruppen verwendet. Besonders aussagekräftig ist ihre Beurteilung der NanoBioLab-Aufgabenstellungen, denn durch die Teilnahme an mehreren Veranstaltungen in anderen Laboren bestehen Vergleichsmöglichkeiten mit deren Aufgabenstellungen. Diese beinhalten viel versprechende Themen wie beispielsweise elektronenmikroskopische Untersuchungen, sind aber wegen ihres hohen wissenschaftlichen Anspruchs nur nach detaillierten Anleitungen in Verbindung mit intensiver Betreuung durch die Institutsmitarbeiter zu bearbeiten. Die Aufgaben im NanoBioLab dagegen sind leicht überschaubar, scheinbar trivial und durch ihren Bezug zu abgeschlossenen Unterrichtsthemen inhaltlich bekannt und bei offenem Ausgang mit einfachsten Mitteln in selbstständiger Arbeit lösbar.

4.2.1.2 Projektdurchführung

In einer Vorbesprechung mit den Fachlehrern wurde wegen der zu erwartenden zeitlichen Belastung der Schüler/-innen eine Obergrenze von 5 Besuchen pro Klasse und Schuljahr festgelegt. Folgende Teilnahmebedingungen waren zu erfüllen.

Es musste(n):

- die Lehrer dieser Klassen bereit sein, die Praktika in den laufenden Unterricht zu integrieren,
- mindestens eine Chemiestunde der Klasse an einem Donnerstag - nur dann waren aus organisatorischen Gründen Praktika möglich - als Randstunde in der 5. oder 6. Stunde liegen,
- die Klassen im laufenden Schuljahr in einem zeitlichen Abstand von etwa 6 bis 8 Unterrichtswochen 4 - 5 Mal nachmittags in der Zeit von 12 bis 16 Uhr an einem Praktikum im Schülerlabor an der Universität teilnehmen,
- die Klassen am Ende des Schuljahres an einer Ganztagsveranstaltung teilnehmen,
- am Jahresende eine Schulstunde für das Ausfüllen der Fragebögen zur Verfügung stehen,
- die Eltern der Teilnahme ihrer Kinder zustimmen.

Für den erhöhten Zeitaufwand durch die Besuche im Schülerlabor wurde den Teilnehmer/-innen die Chemierandstunde in der auf den Besuch folgenden Woche als Freistunde gewährt. Trotz dieses Ausgleichs brachte jeder Besuch eine Mehrbelastung von etwa zwei Stunden mit sich. Für die Teilnehmergruppe aus Rheinland-Pfalz ergab sich durch die weitere Anfahrt eine höhere Belastung; zudem wurde ihnen die zunächst versprochene Ausgleichsstunde mit dem Hinweis auf den einstündigen Chemieunterricht in Rheinland-Pfalz nicht gewährt.

Für alle Teilnehmenden waren die Laborbesuche kostenlos; auch die Fahrtkosten wurden übernommen. Die reine Experimentierzeit betrug etwa 2 Stunden pro Besuch. Die Abschlussveranstaltung am Schuljahresende war eine Ganztagsveranstaltung mit einer Experimentierzeit von rund 5 Stunden. An diesem Tag waren die Schüler/-innen auch zum Mittagessen in die Mensa eingeladen.

Wegen der Zeitabstände zwischen den Besuchen und einem Auswahlsschwerpunkt der Aufgabenstellungen auf der thematischen Integrierbarkeit in den laufenden Unterricht war es, bis auf die Abschlussveranstaltung, nicht immer möglich, allen Teilnehmer/-innen die gleichen Versuche anzubieten. Die zeitliche Verteilung der Praktika und Aufgabenstellungen sind in den folgenden Tabellen 2 und 3 zusammengefasst. Eine Zuordnung von Klassen und Schulen befindet sich im Anhang.

Tabelle 2: Praktikumstermine und Aufgabenstellungen im Verlauf der Klassenstufe 8

mn/spr = mathematisch-naturwissenschaftlich/sprachlich orientierte Klasse

*Gruppe aus Rheinland-Pfalz; keine Schwerpunktbildung

Klassen	K9	K15	K13/14	K16/17	K3	K12	K1	K4	K7	K10
Typ	mn	r	r	*	mn	r	r	mn	r	r
Schule	S4	S6	S5	S7	S2	S4	S1	S2	S3	S4
	Tag/Vers.									
Sept	9 V1	16. V2	21. V2	23. V2	23 V1	28. V1	30. V1			
Okt	5. V3							7. V2	28 V1	
Nov		11. V4	9. V3	18 V3			25. V2			4. V1
Dez					2. V5			9.	16. V4	
Jan			18. V4	27. V4						6. V3
Feb					10. V4	1. V4	24. V4	17. V4		
März									10. V3	17. V4
Apr		14. V5	19. V5		28. V3			21. V6		
Mai	12. V6									19. V6
Jun		2. V6		16. V6		23. V6			9. V5	
Juli	8. V7	19. V7	13. V7	21. V7	18. V7	12. V7	11. V7	14. V7	20. V7	7. V7

Tabelle 3: Aufgabenstellungen in den Klassenstufen 8, 9 und 10

Versuch	Versuchsthema	Klasse
V1	Untersuchung von Lebensmitteln	8
V2	Analyse von Metallen durch Dichtebestimmung	8
V3	Sublimation von Trockeneis	8
V4	Destillation	8
V5	Reaktionsverhältnis bei der Sulfidbildung	8
V6	Reaktionsverhältnis von Gasen	9
V7	Analyse von Coca Cola	8
V8	Verbrennung von Mg und C	9
V9	Analyse von Hydroxiden	9
V10	Ebullioskopie und Kryoskopie	9
V11	Analyse von Säuren	9
V12	Durchmesser von Kupferatomen	10
V13	Elektrolyse von KOH und Brennstoffzellen	10
V14	Analyse von Alkanen	10

Die Fragebogenaktion am Projektende fand in den Schulen und in Abhängigkeit von den dortigen Gegebenheiten spätestens 3 Tage nach dem letzten Praktikum statt und wurde von den Fachlehrern geleitet. Die Teilnehmerinnen am GirlsCamp füllten den Fragebogen noch am Abend des Praktikumsstages in ihrer Unterkunft an der Universität aus; beaufsichtigt wurden sie dabei von den Betreuern des GirlsCamp. Zahlreiche Probleme und Pannen in den Schulen führten dazu, dass der Fragebogenrücklauf unvollständig war und in einem Fall krankheitsbedingt, in einem anderen Fall wegen schulinterner Probleme ganz ausblieb. Als weiterer Grund wurde der Ausfall von Schulstunden durch nicht bedachte Veranstaltungen zum Schuljahresende wie Sport- und Sommerfeste genannt, denn dadurch bekamen die Lehrer nicht mehr alle Schüler/-innen zu Gesicht. Außerdem kam es zu Pannen bei der Ausgabe der Fragebögen durch die Lehrer/-innen. Dadurch verminderte sich die Datenmenge der Befragung erheblich (siehe 5.3.1).

4.2.1.3 Befragung der Fachlehrer

Die Lehrer/-innen der am Evaluationsprojekt beteiligten Klassen kannten das Labor bereits durch weiter zurückliegende Besuche mit anderen Klassen, hatten es zum Zeitpunkt der Befragung im Durchschnitt zehnmal besucht und waren im Verlauf ihrer langfristigen Teilnahme durch ihre laufenden Rückmeldungen auch in die Optimierung der Versuche eingebunden. Ihre schriftliche Befragung während des Abschlusspraktikums wurde durchgeführt, um den Zeitaufwand für die Praktikumsvor- und -nachbereitung, sowie die Auswirkungen der Praktikumsbesuche auf den Unterricht in Erfahrung bringen. Zudem sollte ihre Einschätzung der Wechselwirkung des Praktikums mit dem eigenen Unterrichten, seine Bedeutung für den naturwissenschaftlichen Unterricht allgemein und für die Lehrerfort- und -ausbildung ermittelt werden.

4.2.2 Projekt 2: Evaluation nach zweijähriger Teilnahme

4.2.2.1 Beschreibung der Teilnehmer

Die drei teilnehmenden Klassen hatten das Labor bereits während der Klassenstufe 8 besucht, an der Evaluation am Schuljahresende teilgenommen und waren bereit, das Labor weiterhin zu besuchen. Geplant waren je drei zweistündige Nachmittagspraktika pro Klasse im Verlauf der Klassenstufe 9 und eine kombinierte Interview-Fragebogenstudie zusammen mit drei Vergleichsklassen am Schuljahresende. Tatsächliche zustände kamen schließlich fünf, drei bzw. ein Besuch (siehe folgende Tabelle 4).

Tabelle 4: Praktikumstermine und -versuche in Klassenstufe 9

mn/spr = mathematisch-naturwissenschaftlich/sprachlich orientierte Klasse

	Teilnehmer			Vergleichsklassen		
Klasse	K9	K4	K7	K18	K19	K20
Typ	mn	mn	spr	mn	mn	mn
Schule	S4	S2	S3	S8	S9	S10
	Tag/Versuch					
Sept						
Okt	12. V8					
Nov						
Dez						
Jan		31. V9				
Feb	8. V11					
März	8. V10					
Apr						
Mai	31. V12	12. *V10				
Jun		23. V13				
Juli	4. V13		6. V13			
Interview	06.07.06	28.06.06	07.07.06	05.07.06	03.07.06	05.07.06

Eine der drei Klassen war sprachlich, die anderen beiden sowie die drei Vergleichsklassen mathematisch-naturwissenschaftlich orientiert. Die drei Vergleichsklassen wurden aus acht möglichen Kandidaten nach ihrer Integrierbarkeit in ein Zeitfenster von nur zehn Tagen ausgewählt. In der Klassenstufe zehn schließlich nahm jede dieser sechs Klassen an einem ganztägigen Praktikum teil. Angestrebt war eine zeitnahe Durchführung der Praktika mit identischen Aufgabenstellungen nach abschließender Behandlung des entsprechenden Themas im Unterricht. Tatsächlich verteilten sich die Veranstaltungen jedoch über einen Zeitraum von sieben Monaten, weil die erforderlichen Unterrichtsthemen in den Schulen in unterschiedlichen Reihenfolgen behandelt worden waren. Einer der Klassen musste ein anderes Thema gegeben werden, weil das geplante Praktikumsthema nicht rechtzeitig im Unterricht behandelt werden konnte (siehe folgende Tabelle 5).

Tabelle: 5 Abschlusspraktikum in Klassenstufe 10

	Tag/ Versuch					
Schule	S4	S2	S3	S8	S9	S10
Sep	22. /V14					
Okt				5. /V9		
Nov		2. /V14				
Dez						
Jan						
Feb					1. / V14	22. /V14
März						
April			26. / V14			

4.2.2.2 Interviewstudie

Die Veranstaltungen fanden vormittags während der Unterrichtszeit statt. Jeder der acht Interviewer war ohne Kenntnis der Zuordnung mit einem zeitlichen Abstand von höchstens einer Woche an einer Teilnehmer- und einer Kontrollschule eingesetzt und führte zwischen sieben und elf Gespräche pro Termin. Der Zeitplan der Interviews und die Verteilung der Interviewer auf die beteiligten Schulen ergeben sich aus der folgenden Tabelle 6. Die Interviewer sind mit großen Buchstaben benannt.

Tabelle 6: Verteilung der Interviewer auf die einzelnen Schulen

	Vergleichsklassen			Teilnehmer		
Datum	3.7.	5.7.	5.7.	28. 06.	06.07.	7.7.
Klasse	K19	K20	K18	K4	K9	K7
N	N = 23	N = 23	N = 18	N = 31	N = 30	N = 19
Zeitraum	1. - 4. h	1. + 2. h	1. + 2. h	1. + 2. h	1. + 2. h	1 - 4. h
Interviewer	L	H	N	O	G	M
	G	K	I	L	K	H
	M	O	/	N	I	/

N = Teilnehmerzahl

In jeder Schule standen ein Vorbereitungsraum sowie drei getrennte Räume für die Interviews zur Verfügung. Vorbereitungen und Interviews von jeweils drei Schüler/-innen verliefen parallel. Da sich Vorbereitungs- und Interviewzeiten teilweise überlappten, konnten drei Interviewer eine Klasse mit 30 Schüler/-innen innerhalb von zwei Stunden befragen. Ein Informationsaustausch zwischen interviewten Schüler/-innen und dem Rest der Klasse war im

laufenden Unterricht praktisch ausgeschlossen und wurde in den Pausen zwischen den Schulstunden durch einen Lehrer verhindert, der Aufsicht führte. Ein reibungsloser Verlauf der Veranstaltung war gewährleistet, weil die Schüler/-innen bereits am Vortag von ihren Fachlehrern mit dem geplanten Ablauf vertraut gemacht worden waren. Zusätzlich waren einige Tage vorher Bilder der Interviewer und zur Information die Nummern der verwendeten Räume sowie die Interviewzeiten der einzelnen Schüler/-innen in den Klassenräumen ausgehängt worden.

Im Aufsichtsraum bereiteten sich jeweils drei Schüler/-innen unter Aufsicht 10 Minuten lang auf ihr Interview vor. Dafür standen als Experimentiermaterial zwei Feuerzeuge verschiedener Hersteller, ein Kupferblechstreifen, eine schriftlich formulierte Aufgabenstellung, ein Protokollblatt, sowie eine kurze Zusammenfassung vorab besprochener Anweisungen für den weiteren Ablauf des Interviews (siehe Anhang) zur Verfügung. Die Schüler/-innen hatten die Aufgabe, zu diesen Gegenständen eine Fragestellung mit chemischer Bedeutung zu formulieren, die während eines zukünftigen Experimentiertages in einem gut ausgestatteten Labor selbstständig experimentell bearbeitet werden sollte. Fragestellung, Versuchsaufbau, geplante Vorgehensweise und das erwartete Versuchsergebnis waren während der zehnminütigen Vorbereitungszeit schriftlich zu formulieren. Im Interviewraum bereiteten sich die Interviewer dann anhand dieser Aufzeichnungen zwei Minuten lang auf das Gespräch vor. Währenddessen füllten die Schüler/-innen den Fragebogen „Was hat du dir bei der Formulierung deiner Frage und deines Experiments überlegt?“ (siehe Anhang) aus. Darauf folgte ein achtminütiges Gespräch nach einem vorgegebenen Schema auf Basis der Aufzeichnungen der Schüler/-innen.

4.2.2.3 Beschreibung der Interviewer

Die Interviews wurden von acht Studenten/Studentinnen im siebten Fachsemester für das höhere Lehramt Chemie an Gymnasien durchgeführt. Sie kannten das NanoBioLab durch ein ganztägiges Praktikum und zwei Seminartermine, in denen sie sich mit der Durchführung bzw. dem theoretischen Hintergrund von Schülerversuchen befasst hatten. Außerdem hatte jeder/jede von ihnen als Betreuer/-in an einem Schülerpraktikum mitgewirkt. Die Durchführung der Interviews wurde in einer zweistündigen Übung besprochen.

4.2.3 Projekt 3: Abschlusspraktikum und -befragung in Klasse 10

Beteiligt waren die Teilnehmer- und Kontrollklassen aus der Interviewstudie (siehe 4.2.2.1). Sie sollten experimentell das molare Volumen mithilfe von Kohlenstoffdioxid bestimmen, zwei gasförmige Alkane anhand ihrer molaren Masse identifizieren und schließlich das Ergebnis dieser Untersuchung durch eine quantitative Reaktion der Alkane mit Kupferoxid überprüfen. Schüler/-innen, die damit frühzeitig fertig wurden, konnten darüber hinaus noch ein flüssiges Alkan analysieren. Leider musste einer der Vergleichsklassen eine andere Aufgabenstellung gegeben werden (4.2.2.1, Tabelle 5), weil das erforderliche Thema nicht rechtzeitig im Unterricht behandelt worden war.

Die Praktika waren als Ganztagsveranstaltungen mit einer Experimentierzeit von etwa 5 Stunden konzipiert. Während der eineinhalbstündigen Mittagspause waren die Schüler/-innen zum Mittagessen in die Mensa eingeladen, und am Ende der Veranstaltung wurden sie mithilfe zweier Fragebögen befragt.

4.2.4 Projekt 4: Evaluation nach fünfjähriger Teilnahme

Beteiligt waren 26 Schüler/-innen, die von Klassenstufe acht an bis einschließlich Klassenstufe dreizehn das Labor regelmäßig besucht und dabei die Labor- und Aufgabenentwicklung von den ersten Anfängen an miterlebt hatten. Einzelne Schüler/-innen dieser Gruppe brachten es dabei auf 25 Besuche. Sie wurden im Verlauf der Klassenstufe dreizehn mit Hilfe eines Fragebogens (siehe 9.6) befragt, wobei der Rest der Jahrgangsstufe ($N = 56$) als Kontrollgruppe diente.

4.2.5 Projekt 5: Gescheiterte Evaluation in Klassenstufe 8

Beteiligt war die gesamte Jahrgangsstufe acht eines Gymnasiums, vier Klassen mit insgesamt 110 Schüler/-innen. Um den Einfluss aller schulischen Faktoren auf die Entwicklung der Schüler/-innen kontrollierbar zu machen, wurde jede der vier Klassen per Losentscheid in eine Teilnehmer- und eine Kontrollgruppe unterteilt. Die Teilnehmer sollten, zusammengefasst zu zwei Gruppen, das Labor im Abstand von etwa 6 – 8 Wochen das ganze Schuljahr über regelmäßig besuchen. Das Projekt scheiterte jedoch nach nur zwei Labortagen pro Gruppe am Widerstand der Schüler/-innen, Eltern und Lehrer. Schüler/-innen, die per Losentscheid von den Laborbesuchen an der Universität ausgeschlossen waren, beteiligten sich laut Angaben der Fachlehrer nur widerwillig am Unterricht, der parallel zu den Laborbesuchen stattfand, und ein großer Teil der Laborbesucher hatte, entgegen der Erfahrung mit anderen Besuchergruppen,

kein großes Interesse an der Arbeit im Labor. Die Fachlehrer wiederum sahen keine sinnvolle Gestaltungsmöglichkeiten für den Unterricht mit halben Klassen und die Eltern dieser Schüler schließlich befürchteten Nachteile für ihre Kinder. In dieser Situation war keine ernsthafte Beteiligung an einer Befragung zu erwarten und das Projekt wurde abgebrochen. Auffallend gering, sowohl in der restlichen Zeit des Schuljahres als auch im Verlauf der nachfolgenden Jahre, war das Interesse aller Beteiligten an weiteren Veranstaltungen im Schülerlabor. Während diese Quote in anderen Klassen auch nach 5 Besuchen noch über 80% beträgt (siehe 5.3.1.2), nahmen hier lediglich acht Prozent der Schüler/-innen der gesamten Klassenstufe an weiteren Besuchen teil.

4.3 Beschreibung der Evaluationsinstrumente

4.3.1 Fragebogen für die Klassenstufe acht (Projekt 1)

Der verwendete Fragebogen wurde von Alexander Brandt (2005) für die Evaluierung von Teutolab, dem Schülerlabor der Universität Bielefeld erstellt und durch einige Änderungen an die Situation im NanoBioLab angepasst: Zusätzliche Items wurden erforderlich durch die Mehrfachbesuche und die beabsichtigte konstruktivistische Arbeitsweise. Sie wurden selber erstellt: „Nach mehreren Besuchen ließ mein Interesse allmählich nach.“ „Nach einigen Besuchen ist mir alles leichter gefallen.“ bzw. „Mir ist es am liebsten, ich habe eine genaue Versuchsanleitung.“ „Ich möchte in der Schule mehr eigene Ideen einbringen.“ Andere Items wurden herausgenommen, weil sie nicht zur Situation in den Schulen der teilnehmenden Klassen passten, oder auf Charakteristika des Teutolab bezogen waren: „Ich hätte in der Schule auch gerne solche Schutzbrillen.“, „Ich hätte in der Schule auch gerne solche Arbeitskittel.“ bzw. „Ich konnte in meiner Gruppe nicht so viel experimentieren wie andere, die öfter drangekommen sind.“, „Die studentische Hilfskraft ist bei den Versuchen zu schnell vorgegangen.“, „Ich fand es in Ordnung, dass ich mir meine Gruppe nicht selber aussuchen konnte.“ Die Beantwortung der Items erfolgte durch Ankreuzen auf einer sechsstufigen Skala mit den Endpunkten „ja“ und „nein“.

Bei der statistischen Auswertung wurde eine geringfügige Optimierung des Fragebogens durch Streichung einzelner Items vorgenommen, sofern sich dadurch die Skalenreliabilitäten nennenswert erhöhten. Solche Items sind in den „Skalen“ (siehe 9.3) in Klammern gesetzt.

Die Reliabilitäten der meisten Skalen sind gut bis befriedigend (siehe folgende Tabelle 7) und stimmen mit denen der Untersuchung des Teutolab überein (Brandt, 2005). Lediglich für die Skalen „Kontextuelles Sachinteresse“ (0,547/0,67), „Tätigkeitsbezogenes Sachinteresse“ (0,583/0,76), „Disziplin im Lab“

0,701/0,81) und „Selbstständigkeit beim Arbeiten im Labor“ 0,521/0,61) findet man größere Abweichungen. Mit der Skala „Bewertung der Selbstständigkeit beim Arbeiten“ bewerten die Schüler/-innen auf einer sechsstufigen Skala „Mein Eindruck, gefiel mir ja/nein“ ihre eigenen Angaben zur Skala „Selbstständigkeit beim Arbeiten im Lab“. „Freude am Chemieunterricht“ beinhaltet eine allgemeine Bewertung: „Der Unterricht ist abwechslungsreich.“, „Ich freue mich auf den Unterricht.“, während sich die Skala „Bewertung der Vorgehensweise im Chemieunterricht“ auf das Unterrichtskonzept bezieht: „Ich finde es gut, wenn unser Lehrer möchte, dass wir die Aufgaben möglichst ohne seine Hilfe lösen.“, „Ich mag es, wenn wir Chemieaufgaben durch gemeinsames Nachdenken der ganzen Klasse lösen.“, „Ich finde es toll, wenn wir in unserem Unterricht auf Dinge stoßen, die unseren Erwartungen widersprechen und darüber weiter nachdenken.“ Zusätzlich zu diesen Skalen wurde die Bereitschaft für weitere Besuche des Labors im Klassenverband bzw. in klassenübergreifenden Gruppen erfragt. Als soziodemografische Variablen wurden Alter, Schule, Klassenstufe, Zweig (mathematisch-naturwissenschaftlich oder sprachlich) und das Geschlecht erfasst.

Die folgende Tabelle 7 bietet eine Übersicht über alle Skalen mit den Werten für Cronbach's α der Befragungen im NanoBioLab/Teutolab.

Tabelle 7: Skalenreliabilitäten; standardisiertes Cronbach's α für alle abhängigen Variablen.

Zum Vergleich die entsprechenden Werte aus der Untersuchung von Teutolab (Brandt, 2005).

	Cronbach's α	
Skalen: abhängige Variablen	NanoBioLab	Teutolab
motivationale Effekte		
Selbstkonzept der Begabung im Fach Chemie	,883	,83
Geschlechterstereotype	,841	,77
<u>Sachinteresse (attainment value)</u>		
Thematisches Sachinteresse	,745	,66
Kontextuelles Sachinteresse	,547	,67
Tätigkeitsbezogenes Sachinteresse	,583	,76
Lebensweltliche Relevanz (utility value)	,784	,76
emotional-affektive Aspekte des Gegenstands		
Faszination an naturwissenschaftlichen Phänomenen	,638	,67
Intrinsische Motivation am Fach Chemie	,775	,76
Extrinsische Motivation: Selbstintentionalität	,712	,73
Freude am Chemieunterricht	,865	,87
Bewertung der Vorgehensweise im Chemieunterricht	,702	/
resultierendes Verhalten		
Freizeitinteresse an Chemie	,847	,81
Interesse an naturwissenschaftlichen Berufen	Nur ein Item	
Änderungswünsche am Chemieunterricht	,683	/
Allgemeines Selbstkonzept der Begabung	,748	/
Beurteilung des Labors		
Gefallen am Lab, positive Affekte im Lab (Spaß, Flow)	,830	,88
Relevanz der Inhalte des Lab	,752	,81
Intrinsische Motivation im Lab	,761	,77
Extrinsische Motivation im Lab	,662	,70
Erklärungen der Betreuer im Lab	,701	,72
Kleingruppenarbeit im Lab	,758	,80
Disziplin im Lab	,701	,81
Lab-Selbstkonzept der Begabung	,883	,85
Selbstständigkeit beim Arbeiten im Lab	,521	,61
Bewertung der Selbstständigkeit beim Arbeiten	,633	/
Übertragung der Labbedingungen auf die Schule	,671	/

4.3.2 Fragebogen für die Fachlehrer (Projekt 1)

Dieser Fragebogen (siehe 4.2.1.3) wurde selber erstellt und diente dazu, die Bewertung des Praktikums durch die Fachlehrer in Erfahrung zu bringen. Im Einzelnen wurden Fragen gestellt zum Niveau der Versuche, dem Lernen durch Experimentieren, der Mitarbeit der Schüler/-innen, dem Einfluss des Praktikums auf das eigene Unterrichten, dem Bezug der Versuche zum und ihre Integrierbarkeit in den Unterricht, sowie zu einer möglichen Bedeutung des Schülerpraktikums für die Lehrerausbildung.

4.3.3 Interviewunterlagen (Projekt 2)

Das Gesamtkonzept des Interviews wurde in Zusammenarbeit mit Heinz Neber von der Ludwigs-Maximilians-Universität München entwickelt. Die schriftlichen Unterlagen der Schüler/-innen bestanden aus einem Formblatt, auf dem die Untersuchungsfrage und die gesamte Versuchsbeschreibung zu notieren waren sowie einem Fragebogen für die Protokollierung der Überlegungen beim Experimentieren und dem Formulieren der Untersuchungsfrage. Außerdem sollten die Zeugnisnoten des letzten Halbjahres in den Fächern Deutsch, Mathe, 1. und 2. Fremdsprache, Chemie, Biologie und Physik durch Ankreuzen angegeben werden. Für die Interviewer stand ein Formblatt zur Verfügung, auf dem sie Motivation, Interesse, Einfallsreichtum, Selbstvertrauen, Qualität der Ausführungen, Ideen, Umsetzbarkeit der Ideen und Fachkenntnisse jedes einzelnen Schülers durch Ankreuzen auf einer Notenskala von 1 = groß bis 5 = gering bewerten sollten (siehe 9.4). Auf dem gleichen Formblatt befinden sich vorformulierte Angaben zu möglichen Experimenten und Beobachtungen der Schüler/-innen im Vorbereitungsraum sowie zu Chemiekenntnissen, die bei der Interpretation der Beobachtungen hilfreich sein könnten. Dadurch war eine rasche Protokollierung der Gespräche durch Ankreuzen möglich. Die Überlegungen der Schüler/-innen während des Experimentierens wurden wiederum durch einen Fragebogen erfasst: „Zuerst habe ich mir vorgestellt, was man mit den Feuerzeugen und dem Blech alles machen kann.“, „Ich habe mir vorgestellt, was ich zu der Situation nicht genau weiß.“, „Es war mir wichtig eine Frage zu stellen, die sich durch einen Versuch eindeutig beantworten lässt.“. Diese Fragen wurden von Neber (2002) übernommen.

4.3.4 Fragebogen für die Klassenstufe 10 (Projekt 3)

Die schriftlichen Unterlagen bestanden aus zwei Tabellen mit Fragen, die von Neber (2002) übernommen wurden. Sie erfassen das Verständnis für die Lösungswege der drei Aufgabenstellungen auf einer Skala von 1 = nicht klar bis 6 = völlig klar bzw. den empfundenen Schwierigkeitsgrad, das Interesse an Aufgaben dieser Art sowie Überlegungen während der Bearbeitung der Aufgaben auf einer Skala von 1 = überhaupt nicht bis 6 = ja/sehr.

4.3.5 Fragebogen für Klassenstufe 13 (Projekt 4)

Gemessen wurde die naturwissenschaftsbezogene Lernmotivation als naturwissenschaftslernbezogene Selbstwirksamkeit und als naturwissenschaftsbezogener Wert. Der Fragebogen dazu wurde von Pintrich und DeGroot (1990) entwickelt, auch von Baumert eingesetzt und in leicht abgewandelter Form als Kieler Lernstrategieinventar veröffentlicht (Baumert et al., 1992), (siehe 9.6). Die naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeit ist zu verstehen als subjektive Erwartung, in den Naturwissenschaften gut/leicht lernen zu können. Der Wert bezieht sich auf das Lernen in den Naturwissenschaften und kann auch als intrinsischer Wert bezeichnet werden. Außerdem wurde die Präferenz gemessen, unter offenen, nicht völlig festgelegten bzw. unter strukturierten Bedingungen (was zu tun ist, ist genau vorgegeben) zu experimentieren. Beide Präferenzen wurden mit einem Fragebogen von Neber (2002) bestimmt, der wiederholt und auch auf Experimentieren in Chemie bezogen verwendet wurde (Neber & Anton, 2008). Die Items wurden bewusst auf Naturwissenschaften und nicht speziell auf Chemie bezogen, weil nach der Klassenstufe 11 Chemie zugunsten eines anderen naturwissenschaftlichen Faches ausgewählt werden kann (siehe 9.6).

4.4 Bewertungskriterien für die Interviewstudie

Die Bewertungskriterien wurden in Anlehnung an Befragungen Nebers (2002; 2008) konzipiert: die Untersuchungsqualität der Frage mit den drei Teilaspekten Beantwortbarkeitsgrad, Antwortvermutung und Art des Wissens, des weiteren die fachliche Tiefe, die Anzahl der gestellten Fragen, die vorgeschlagenen Geräte und Chemikalien, der Versuchsvorschlag und die Vorgehensweise sowie das erwartete Ergebnis. Daran schließt sich ein Expertenrating mit den vier Teilaspekten Fragenniveau, Versuchskonzeption, Bewertungskriterien und Untersuchungscharakter an, das als zusätzliche Gesamtbewertung der Angaben zu sehen ist.

4.4.1 Zusammenfassung aller Bewertungskriterien (Schülerarbeitsblatt)

4.4.1.1 Untersuchungsqualität der Frage

Die Bewertung erfolgt ohne Berücksichtigung weiterer Angaben auf dem Arbeitsblatt. Sind mehrere Fragen formuliert, wird diejenige mit der höchsten Punktzahl gewertet.

4.4.1.1.1 Beantwortbarkeitsgrad

Die höchste Wertung erhalten Fragen, die durch Experimente eindeutig beantwortbar sind. Kennzeichnend dafür sind zunehmende Spezifität von Antworterwartungen und der Tiefgang der Fragen im Hinblick auf geplante Analysen.

0 Punkte: Keine Angaben

1 Punkt: Fragen ohne Antworterwartung

Sie lassen keine Untersuchungsabsichten erkennen und ermöglichen deshalb auch keine konkrete Versuchsplanung. (Was passiert, wenn...?)

2 Punkte: Fragen mit nicht spezifizierter Antworterwartung

Sie lassen keine Untersuchungsabsichten erkennen, sind aber thematisch etwas eingeeengt, weil sie Stoffumwandlungen (Was entsteht? Welche Reaktionen laufen ab? Wie reagiert....? Warum verfärbt sich das Blech?), oder Stoffeigenschaften (Welche Eigenschaften hat...?) beinhalten und nicht nur unbestimmte Vorgänge (Was passiert; wenn...?).

3 Punkte: Fragen mit spezifizierter Antworterwartung

Sie beinhalten konkrete Untersuchungsabsichten, die durch mehrere unterschiedliche Experimente realisiert werden könnten (Handelt es sich um Kupfer? Wie oxidiert Kupfer?) oder sie zielen auf wenig charakteristische und damit nicht besonders aussagekräftige Einzelaspekte ab (Kann man Kupfer mit der Flamme schmelzen? Leitet Kupfer Wärme?).

4 Punkte: Komplexe Fragen mit und ohne Antworterwartung

Sie beinhalten Untersuchungsabsichten über Zusammenhänge oder Vorgänge, die im Sinne einer chemischen Analyse bedeutsam sind und durch konkrete Experimente eindeutig beantwortet werden können, weil es bestimmte Kriterien für die Auswertung gibt. (Wie viel Sauerstoff kann das Blech aufnehmen? Reagiert das Blech mit Luft oder der Flamme? Ist die wässrige Lösung des Verbrennungsproduktes eine Säure, oder eine Base?) oder Befunde werden hinterfragt (Verändern Verunreinigungen durch Hautfett das Ergebnis?).

4.4.1.1.2 Antwortvermutung

Antwortvermutungen sind gegeben, wenn Fragen eine Aussage über das Resultat enthalten; im Idealfall sind sie mit ja oder nein zu beantworten.

0 Punkte: keine Angaben

1 Punkt: Keine Antwortvermutung (z.B.: Was passiert, wenn man Kupfer erhitzt? Was kann man mit dem Oxid machen?)

2 Punkte: Mit Antwortvermutung (z.B.: Kann man aus dem Oxid ein Salz herstellen?)

4.4.1.1.3 Art des Wissens

Die Unterteilung erfolgt nach zwei Gesichtspunkten: Fragen nach Fakten (Woraus besteht der Inhalt der Feuerzeuge? Bei welcher Temperatur schmilzt Kupfer?) und Fragen nach kausalem Wissen, das Neber in seinem Wissensmodell weiter unterteilt in funktionales - es werden eine Aktion und deren Folgen erwähnt (Wird Sauerstoff frei, wenn man.....? Kann man durch Erhitzen Kupfer schmelzen? ...) - und konditionales Wissen, d.h. es sind Bedingungen für ein Ereignis genannt (Verfärbt sich Kupfer bei hoher Temperatur? Ist ... Voraussetzung für...?). Auf die

letztgenannte Unterteilung wurde in der vorliegenden Arbeit verzichtet, weil viele Fragen aufgrund sehr ähnlicher Formulierungen nicht eindeutig zugeordnet werden konnten.

0 Punkte: keine Angaben

1 Punkt: Faktenfragen, deskriptives Wissen

2 Punkte: kausales Wissen

4.4.1.1.4 Fachliche Tiefe

Hierbei wird hauptsächlich die Reichweite der Fragen im Hinblick auf eine chemische Analyse bewertet; nachfolgende Angaben auf dem Arbeitsblatt bleiben bei dieser Einteilung unberücksichtigt. Sind mehrere Fragen formuliert, wird diejenige mit der höchsten Punktzahl gewertet. Die Angaben reichen von trivial, d.h. ohne Fachkenntnisse beantwortbar, über chemische Aspekte ohne die Angabe von Messgrößen über stoffcharakteristische Eigenschaften bis hin zu komplexen Versuchen mit zum Teil quantitativen Aspekten. In der genannten Reihenfolge steigt der Fragenwert.

0 Punkte: keine Angaben

1 Punkt: Fachausdrücke und Messgrößen fehlen (Welche Eigenschaften hat das Kupfer? Was passiert, wenn man das Metall erhitzt? Wie kann man die Reaktion verbessern?) oder die Vorschläge sind trivial, bereits im Vorbereitungsraum leicht durchführbar oder in ihrem Verlauf auch ohne Fachkenntnisse leicht vorhersehbar (Kann man Kupfer mit der Flamme anzünden? Gelingt die Herstellung des Reaktionsproduktes mit der Flamme? Leitet Kupfer Wärme?). Oder sie beinhalten chemische Aspekte oder Versuchsvorschläge, die wohl aus Schülersicht interessant erscheinen, aber keine Erkenntnisse im Sinne der Gesamtsituation liefern (Reaktion von Kupfer mit Magnesium oder verschiedenen Säuren, oder: Reaktion zwischen flüssigem Kupfer und Gold) oder die Auswirkungen sind nicht direkt prüfbar (Veränderung des atomaren Aufbaus).

2 Punkte: Erwähnt werden chemische Aspekte, aber keine Messgrößen zu ihrer Bestimmung (Welche Zusammensetzung hat das Metall? Was für eine Flüssigkeit ist im Feuerzeug? Welche Stoffe entstehen bei der Verbrennung? Wie erreicht man eine vollständige Oxidation?) oder zu erwartende handwerkliche Schwierigkeiten (Wie kann man das Gas aus dem Feuerzeug

entnehmen?). Luft oder die Flamme, beides Stoffgemische und nicht Sauerstoff werden als mögliche Reaktionspartner für das Metall angesehen. Dadurch werden beispielsweise auch Stickstoff, bzw. Feuerzeuggas und seine Verbrennungsprodukte zum Analysegegenstand. Die Feuerzeuge werden nicht mehr nur als Heizquelle sondern als Untersuchungsgegenstand betrachtet (Welche Gase liegen vor?). Erwähnt werden typische Begleiterscheinungen chemischer Reaktionen wie Gasbildung, Lichterscheinungen, Verfärbungen oder Verformungen. Angaben zu den Feuerzeuggasen, die inhaltlich auf dem Einpunkteniveau liegen, werden mit zwei Punkten bewertet, weil „Flüssiggase“ im Unterschied zu Kupfer nicht Thema des Chemieunterrichts sind. Deshalb werden diese Angaben als Ergebnis konstruktiver Denkarbeit angesehen.

3 Punkte: Erwähnt werden Untersuchungskriterien in Form stoffcharakteristischer Größen, die leicht bestimmbar sind und deren Kenntnis eindeutige Aussagen ermöglicht (Schmelztemperatur, Reaktionswärme, Flammentemperatur, edler Charakter, elektrische Leitfähigkeit, spezifische Schmelzwärme, Oxidationstemperatur, spezifische Wärmeleitfähigkeit). Die Betrachtung der Feuerzeuggase erfolgt im Hinblick auf ihre Eigenschaften (Reagiert das Feuerzeuggas mit dem Blech?), nicht bloß auf ihre Art hin (Welches Gas ist in dem Feuerzeug?). Die Thematisierung des Gasverbrauchs (Reicht die Energiemenge im Feuerzeug für eine vollständige Herstellung des Reaktionsproduktes?) lässt erkennen, dass der Prozesscharakter chemischer Vorgänge berücksichtigt wird. Fragen zu komplexen Themen des Chemieunterrichts sind sehr allgemein formuliert (Ist Salzbildung mit Kupfer möglich?).

4 Punkte: Die Fragen beinhalten Versuchsbeschreibungen (Erhitzen im Vakuum, Erhitzen unter Sauerstoffausschluss) oder quantitative Aspekte (Wie viel Sauerstoff kann das Blech aufnehmen?). Außerdem werden mehrschrittige Untersuchungen (Reaktion des Oxidationsproduktes mit anderen Stoffen? Ist die Reaktion umkehrbar?) in Betracht gezogen. Versuchsvorschläge, die inhaltlich außerhalb des Schulstoffes liegen (Kann man die Gasbestandteile durch Elektrolyse trennen? Ist mit zwei Feuerzeugen ein Batteriebau möglich?), werden als authentische Untersuchungssituationen angesehen, weil sie in ihrem Verlauf für die Schüler nicht vorhersehbar sind.

4.4.1.2 Anzahl der Fragen

Die vergebene Punktzahl entspricht der Anzahl der gestellten Fragen.

4.4.1.3 Geräte und Chemikalien

Die Angaben reichen von einer Auflistung des Materials, das bereits im Vorbereitungsraum zur Verfügung stand, über zusätzliches einfaches Handwerkszeug bis hin zu komplexen Versuchsanordnungen. Einbezogen in die Wertung sind auch die Materialien, die nicht in der dafür vorgesehenen Rubrik des Schülerarbeitsblattes, sondern beispielsweise in der Versuchsbeschreibung erwähnt sind. Positiv gewertet werden auch Tätigkeiten, die eindeutig die Verwendung eines bestimmten Gerätes erkennen lassen, auch wenn dieses nicht explizit benannt wird: „Ich bestimme die Masse vor und nach dem Versuch“ oder „Ich wiege das Produkt“ oder „Ich bohre ein Loch in das Gehäuse des Feuerzeugs“ lassen eindeutig auf die Verwendung von Waage bzw. Bohrer schließen.

Die Bewertungen der Angaben ergeben sich aus der nachfolgenden Tabelle 8.

Tabelle 8: Bewertungskriterien für die Angabe von Geräten und Chemikalien

Punkte	Bewertungskriterien
0	keine Angaben oder: Material, das im Vorbereitungsraum zur Verfügung stand
1	Material aus dem Vorbereitungsraum und ein weiteres, nicht näher bestimmtes Gerät (z.B. ein Messgerät) und/oder Sauerstoff oder: das Gas aus dem Feuerzeug
2	Material aus dem Vorbereitungsraum und ein/e weiter/es/e, näher bestimmtes Gerät/Chemikalie (z.B. Bunsenbrenner/ Thermometer/ Salzsäure)
3	mehrere Einzelteile als Handwerkszeug für einen einfachen Versuch (z.B. Brenner und Tiegelzange oder: Brenner, Reagenzglas und Reagenzglasklammer)
4	komplexe Versuchsanordnung mit der Möglichkeit zur Durchführung eines Versuchs und einer Messung (z.B. Brenner und Wasser und Indikator) oder einer anderen mehrschrittigen Untersuchung. oder: Es ist die Verwendung einer Waage angegeben.

4.4.1.4 Versuchsvorschlag/ Vorgehen

Hierin sind die Punkte 2 und 3 des Aufgabenblattes (siehe 9.4) zusammengefasst. Durch die Bewertung soll beschrieben werden, wie weit sich die Schüler/-innen von den Möglichkeiten im Vorbereitungsraum lösen und Untersuchungen in Betracht ziehen, die über gängige Unterrichtsexperimente hinausgehen. Zusätzlicher Gerätebedarf und die Absicht für Folgeuntersuchungen dienen als Bewertungskriterien. Fachliche Fehler werden nicht beachtet, sofern sie von den Schüler/-innen aufgrund ihrer Vorkenntnisse nicht ohne weiteres erkennbar sind. Die Bewertungen der Angaben ergeben sich aus der nachfolgenden Tabelle 9.

Tabelle 9: Bewertungskriterien für Versuchsvorschläge und Vorgehensweisen

Punkte	Bewertungskriterien
0	keine Angaben
1	Die Versuche können bereits im Vorbereitungsraum durchgeführt werden. (Ich halte das Blech in die Flamme des Feuerzeugs und beobachte.)
2	Die Versuchsanordnungen gehen nur wenig über die Möglichkeiten im Vorbereitungsraum hinaus. Beispielsweise werden Bunsenbrenner anstelle von Feuerzeugen als Wärmequelle benutzt. (Ich verbrenne einen Kupferstreifen in der Flamme des Bunsenbrenners). oder: Temperaturmessung oder: Der Versuch ist ohne Untersuchungscharakter für die Gesamtsituation (z.B. Was geschieht, wenn man Mg mit Au vermischt und erwärmt?)
3	Die Versuchsanordnungen gehen nur wenig über die Möglichkeiten im Vorbereitungsraum hinaus, jedoch wird die Absicht für eine nicht näher beschriebene Folgeuntersuchung geäußert (z.B.dann untersuche ich das Produkt.)
4	Die vorgeschlagenen Untersuchungen sind detaillierter, gehen über Erwärmen und Temperaturmessungen hinaus, dürfen aber auch fachliche Fehler enthalten z.B. Ich prüfe mit der Knallgasprobe, ob das Gas Wasserstoff enthält.

4.4.1.5 Erwartetes Ergebnis

Bewertet werden der hypothetische Charakter der Angaben und die technischen Voraussetzungen, die für eine experimentelle Überprüfung der Vermutungen erforderlich sind. Die Bewertungen der Angaben ergeben sich aus der nachfolgenden Tabelle 10.

Tabelle 10: Bewertungskriterien für erwartete Ergebnisse

Punkte	Bewertungskriterien
0	keine Angaben oder: eine Antwort auf meine Frage.
1	triviale Vermutung (Blech wird warm; eine Reaktion) oder: reine Beobachtung (Blech verfärbt sich, ist ein guter Wärmeleiter)
2	falsche Vermutung, prüfbar im Vorbereitungsraum (beim Erwärmen von Cu mit dem Feuerzeug entsteht.....; beginnt das Blech zu schmelzen) oder; gängige Erklärung (das Cu oxidiert)
3	Vermutung über einfache Zusammenhänge, nicht prüfbar im Vorbereitungsraum (Beim Erhitzen mit dem Brenner entsteht.....) oder: Es entstehen verschiedene Stoffe, weiß noch nicht welche.)
4	Vermutung über komplexere Zusammenhänge, nicht prüfbar im Vorbereitungsraum (Manche Säuren werden den Blechstreifen wieder blank machen; unterschiedliche Gase, unterschiedliche Wirkungen; die Zusammensetzung der Flüssigkeiten ist unterschiedlich. Das Feuerzeuggas reagiert mit dem Blech)

4.4.1.6 Expertenrating

Das „Expertenrating“ bewertet unter Berücksichtigung der Chemiekenntnisse der Schüler/-innen die Gesamtheit der Angaben im Hinblick auf Plausibilität. Diese Art der Gesamtbeurteilung erfasst hauptsächlich Bedeutungsänderungen, die einige Fragen infolge der Einbeziehung aller Angaben auf dem Arbeitsblatt erfahren; zusätzlich wird eine Aufwertung unvollständiger Angaben möglich. Beispielsweise können auf oberflächlich erscheinende Fragestellungen gut durchdachte und komplexe Versuchsanordnungen folgen und umgekehrt hoch bewertete Fragen ihre Fortsetzung in wenig plausiblen Ausführungen finden. Im ersten Fall wird der Wert des Fragenniveaus angehoben, im zweiten Fall entsprechend abgesenkt. Die Aufwertung unvollständiger Angaben betrifft hauptsächlich Schüler/-innen, die insgesamt plausible Angaben machen, laut Interviewer und einiger Schülervermerke auf den Arbeitsblättern jedoch aus Zeitmangel die letzte Frage „Welches Ergebnis erwartest du?“ nicht beantworten konnten.

Unter Berücksichtigung des Kenntnisstandes der Schüler/-innen können schließlich auch Vorschläge mit voller Punktzahl gewertet werden, die experimentell nicht umsetzbar sind, beispielsweise wenn Schüler/-innen, die noch keine Redoxpotentiale kennen, die „Edelheit von Metallen“ bestimmen wollen, indem sie „die Zeit bis zur vollständigen Oxidation einer Metallportion stoppen.“

Die Bewertung erfolgt nach vier Kriterien mit je drei Stufen von 0 bis 2 Punkten: Fragenniveau, Versuchskonzeption und -durchführung, die Aussagekraft der Befunde und schließlich der Untersuchungscharakter des Experimentes. Das Fragenniveau drückt den Anteil weiterführender Ideen aus, Versuchskonzeption und -durchführung bewerten die Komplexität des Versuchs, die Aussagekraft gibt an, inwieweit die Befunde eine Antwort auf die gestellte Frage ermöglichen und der Untersuchungscharakter schließlich beschreibt, wie weit sich die Schüler/-innen von schulbekannten Vorstellungen und Erklärungen lösen und unterscheidet damit zwischen den Absichten, Bekanntes zu bestätigen oder Neues zu erfahren. Eine Zusammenfassung der Bewertungskriterien und -punkte enthält die nachfolgende Tabelle 11, Tabelle 12 fasst die Gesamtheit der Bewertungskriterien aller Schülerangaben zusammen.

Tabelle 11: Bewertungskriterien des Expertenratings

	Punktwerte	0	1	2
Nr	Kriterien			
	Fragenniveau	Trivial	gängiges Schulwissen	weiterführende Idee
	Versuchskonzeption /Vorgehen/ Verlauf	nicht beschrieben oder: nicht konkretisiert mit teilweiser Wiederholung der Frage oder: Beschreibung einfacher Handgriffe + Beobachtungsabsicht	konkreter Schritt, wenig komplex	konkrete Schritte, komplex
	Bewertungskriterien für Aussagekraft; Interpretation von Versuchsverlauf / -durchführung / -befunden	keine Angaben	Erwähnt sind: Erklärungen (z.B. Oxidbildung, Salzbildung) oder: Oberflächenveränderungen, Erwärmung, Erweichung oder nicht näher beschriebene Veränderungen oder Befunde, die aber nicht bewertet werden (z.B. grüne Flamme)	Die Versuche sind so konzipiert, dass sie interpretierbare Befunde liefern, oder liefern können.
	Untersuchungs- charakter der Vorgehensweise	gering: das geplante Vorgehen liefert bei objektiver Betrachtung keine Erkenntnisse	mittel: das Vorgehen erlaubt eine Bestätigung vorhandener Kenntnisse oder beinhaltet eine einfache Messung ohne größeren Kontext	hoch: Untersucht werden Zusammenhänge, die Raum für Vermutungen lassen

Tabelle 12 : Zusammenfassung aller Bewertungskriterien der Versuchsplanung

Nr	Bewertungsaspekte	Teilaspekte	Punktzahlen
4.4.1.1	Untersuchungsqualität	4.4.1.1.1 Beantwortbarkeitsgrad	0 - 4
		4.4.1.1.2 Antwortvermutung	0 - 2
		4.4.1.1.3 Art des Wissens	0 - 2
4.4.1.2	fachliche Tiefe		0 - 4
4.4.1.3	Anzahl der Fragen		0 - 3
4.4.1.4	Geräte und Chemikalien		0 - 4
4.4.1.5	Versuchsvorschlag/Vorgehen		0 - 4
4.4.1.6	erwartetes Ergebnis		0 - 4
4.4.1.7	Expertenrating	Fragenniveau	0 - 2
		Versuchskonzeption	0 - 2
		Bewertungskriterien	0 - 2
		Forschungscharakter	0 - 2

4.4.2 Interviews

Zunächst wurden die Schüler/-innen über ihre Experimente im Vorbereitungsraum befragt, ohne dass die Interviewer über deren Gruppenzugehörigkeiten informiert waren. Jedes Gespräch begann mit den Fragen: „Was hast du jetzt ausprobiert/untersucht? Was hast du dabei beobachtet? Welche Chemiekenntnisse ermöglichen dir eine Erklärung deiner Beobachtungen?“ Die Protokollierung erfolgte durch Ankreuzen in einer vorformulierten Liste (siehe 9.4: Protokollierung des Interviews). Danach wurde auf die schriftlich formulierte Frage und die Experimentiervorschläge dazu eingegangen. Dabei sollten die Schüler/-innen in erster Linie ihre Angaben bewerten, nicht Faktenwissen vortragen: „Welche Befunde liefern die vorgeschlagenen Experimente und wie sind sie zu interpretieren? Ermöglichen sie eine Beantwortung der gestellten Frage? Welche Fehler können beim Experimentieren gemacht werden und wie lassen sie sich minimieren? Gibt es alternative Versuche?“

Eine im Vorfeld mit den Interviewern erarbeitete Zusammenstellung (siehe 9.4: Protokollierung der Interviews) zu erwartender Schülerangaben und stichwortartiger Versuchsbeschreibungen mit typischen Problemen hinsichtlich Versuchsdurchführung und -interpretation ermöglichte eine gleich bleibende Strukturierung aller Gespräche. Fehlte eine Schülerfrage oder war die gestellte Frage trivial oder zu allgemein formuliert („Kann man das Blech mit dem Feuerzeug anzünden? Was passiert, wenn ich das Blech erhitze?“), wurden die Interviews fortgesetzt mit der Frage: „Handelt es sich bei dem Metall überhaupt um Kupfer?“ und bei weiterem Bedarf mit: „Sind denn die Gase in beiden Feuerzeugen identisch?“

Die Gesprächsergebnisse spiegeln sich in Einzel- und Gruppenbewertungen wider. Die Einzelbewertungen wurden unmittelbar nach jedem Interview durch Ankreuzen auf Notenskalen von 1 bis 5 vorgenommen und beziehen sich auf die Eigenschaften Motivation, Interesse an der Sache, Einfallsreichtum, Selbstvertrauen, Qualität der Ausführungen, Ideenreichtum, Umsetzbarkeit der Ideen und Fachkenntnisse. Die Gesamtbewertungen der Gruppen durch die Interviewer erfolgte nach Abschluss beider Interviewtage. Sie beinhalten eine Benotung jeder Gruppe auf einer Skala von 1 bis 6 in Verbindung mit kurzen Statements. Auf eine Dokumentation der Gespräche mithilfe von Recordern wurde, um keine Verhörstimmung entstehen zu lassen, verzichtet.

5. Ergebnisse

5.1 Lernumgebung NanoBioLab

Die beiden folgenden Abschnitte, 5.1.1 Aufgabenstellungen und Praktikumsverlauf und 5.1.2 Laborausrüstung, beschreiben die wichtigsten Ergebnisse der vorliegenden Arbeit: Den Aufbau der Arbeitsplätze und die Konzeption von Aufgabenstellungen, die in Verbindung miteinander die Voraussetzungen für die Durchführung eines selbstständigen Experimentierens durch Schüler/-innen schaffen. Eine ausführliche Beschreibung zweier Praktika erleichtert dabei das Verständnis des Konzepts, das im Verlauf einer dreijährigen Entwicklungsphase (siehe 4.1) entstanden ist. Daran schließt sich eine ausführliche Diskussion dieses Ergebnisteils an (5.3).

Das Kapitel 5.4 schließlich beinhaltet mehrere Evaluationsprojekte.

5.1.1 Aufgabenstellungen und Praktikumsverlauf

Aufgabenstellungen und Labor wurden mit dem Ziel entwickelt, Schüler/-innen forschendes Experimentieren zu ermöglichen, d.h. sie sollen individuelle praktische Lösungen zu gegebenen Aufgabenstellungen konzipieren. Im Verlauf der Entwicklungsphase (4.1) wurde deutlich, dass die Voraussetzungen dafür durch Aufgabenstellungen geschaffen werden, die vier Bedingungen erfüllen. Sie enthalten eine ergebnisoffene Fragestellung, sind von Schüler/-innen eigenständig lösbar, in die Schule übertragbar und mit einer Experimentierzeit von etwa 15 Minuten zu bearbeiten. Zudem lassen die Lösungen häufig Anknüpfungspunkte für weitere Untersuchungen erkennen. Eigenständig lösbar werden die Aufgaben durch ihre thematische Einbettung in den laufenden Unterricht. Dadurch kennen die Schüler/-innen neben der Theorie auch passende Versuche zu einem Themengebiet, die laut Angaben der begleitenden Fachlehrer in der Schule meistens als Demonstrationsexperimente durchgeführt wurden. Diejenigen unserer Besucher/-innen, die im Unterricht selber experimentiert hatten, waren ausnahmslos nach detaillierten Anleitungen (sog. Kochrezepten) vorgegangen.

Zu Beginn jedes Besuches werden in einer etwa zweiminütigen Einführung zunächst die Betreuer/-innen vorgestellt und einige Informationen zur Bedeutung und Entwicklung des Schülerlabors gegeben. Danach folgen Laboreinweisung und Sicherheitsbelehrung.

Anschließend werden die Aufgabenstellungen ausgegeben und bei Bedarf im Plenum diejenigen Geräte erklärt, deren Handhabung oder Aufbau sich Schüler/-innen nicht selber erarbeiten können. Dazu gehören beispielsweise Multimeter, Spannungsquellen oder Destillations-

apparaturen. Erst jetzt finden sich die Schüler/-innen zu zweit oder zu dritt zu Arbeitsgruppen zusammen, suchen sich ihre Arbeitsplätze, lesen die Aufgabenstellung und diskutieren Lösungsmöglichkeiten. Spätestens 5 Minuten nach Beginn der Lektüre der Aufgabenstellungen beginnen sie mit dem Experimentieren oder wenden sich mit Fragen an die Betreuer/-innen. Gruppen, die jetzt noch erkennbar passiv bleiben, werden nach ihren Lösungsstrategien befragt. Falls erforderlich, wird versucht, schrittweise Hilfestellung zu gewähren, ohne dabei den Spielraum für Überlegungen zu sehr einzuengen.

Es fällt auf, dass die Aufgabenstellungen häufig nicht vollständig gelesen werden. Wohl deshalb werden die Forschungsaufträge zunächst übersehen mit der Folge, dass die ersten Experimente nicht selten ohne bestimmte Strategie begonnen werden. Dabei handelt es sich meistens um Standardversuche aus der Schule. Der geringe Zeitbedarf für die einzelnen Arbeitsschritte schafft die Möglichkeit, Schüler/-innen so lange gewähren lassen, bis erwartete Befunde ausbleiben.

Echte Forschungsarbeit beginnt erst, wenn durch gezielte Experimente Befunde ermittelt werden, die im Widerspruch zu den Vorstellungen stehen. Denn dann werden hauptsächlich fehlendes Verständnis und Fehlvorstellungen angesprochen, obwohl vordergründig nach naturwissenschaftlichen Fakten gesucht wird. Voraussetzungen für diese Orientierung der Schüleraktivitäten sind die Auswahl geeigneter Themen und die Formulierung der Aufgabenstellungen,

Die Erfahrung aus den Praktika zeigt, dass fehlendes Verständnis für einfachste Zusammenhänge in Verbindung mit Fehlvorstellungen die Probleme der Schüler/-innen im Umgang mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen verursachen, nicht fehlendes Faktenwissen. Das erklärt auch die besondere Eignung von Aufgabenstellungen zu einfachen Sachverhalten, beispielsweise die Bestimmung des Wassergehalts von Lebensmitteln, für forschendes Experimentieren. Die Motivation der Schüler/-innen für eine intensive Beschäftigung mit solchen scheinbar trivialen Problemen beruht auf der Erkenntnis, die Aufgaben aus eigener Kraft lösen zu können. Wesentlich dabei ist, dass die Schüler/-innen auf der Basis ihrer selbstständig ermittelten Befunde auch eigene Schlüsse ziehen und die weitere Vorgehensweise planen können. Dafür muss auch der Schwierigkeitsgrad passen. Ist er zu hoch, sind sie frustriert, ein zu geringer Schwierigkeitsgrad dagegen führt zu Langeweile. Ein kognitiver Konflikt mittlerer Stärke (Neber, 2006a) jedoch initiiert konstruktivistisches Lernen, weil Denkprozesse in Gang gesetzt werden, die über das bloße Erinnern von Unterrichtsinhalten hinausgehen müssen, weil die bestehenden Probleme im Unterricht ja offensichtlich nicht erkannt und nicht angesprochen wurden.

Versuche mit einem Zeitbedarf von mehr als etwa 15 Minuten für einzelne Versuchsteile sind für forschendes Experimentieren weniger geeignet, weil man Schüler/-innen mit einer falschen Strategie aus Zeitgründen unterbrechen muss, bevor erste Befunde vorliegen. Andernfalls

werden langwierige Wiederholungen erforderlich, die nur widerwillig gemacht werden. Das gleiche gilt für das Aufnehmen längerer Messreihen; beides ist wohl langweilig aus Schülersicht. Auch für den gesamten Aufenthalt im Labor gibt es eine sinnvolle Obergrenze. Nachmittagsbesucher können spätestens nach 2 Stunden nicht mehr konzentriert arbeiten. An Vormittagen beträgt diese Zeit etwa 3 Stunden, eine Pause von etwa 20 Minuten eingerechnet. Auch nach einer längeren Mittagspause mit einem Mensabesuch wird nicht mehr sehr konzentriert weiter gearbeitet. Eine Ausnahme hierbei bilden Gruppen von Hochbegabten, die in der Regel über die genannten Zeiträume hinaus so lange weiterarbeiten, bis alle Aufgaben gelöst sind.

Erst allmählich erfassen die meisten Schüler/-innen die Komplexität der Aufgabenstellungen und erkennen schließlich, in Abhängigkeit von Kenntnisstand, Interesse und Fähigkeiten, auch tiefer gehende Probleme. Ohne Vorkenntnisse aus dem Unterricht, oder bei thematisch zu weit gefassten Grenzen, muss jeder einzelne Arbeitsschritt erklärt werden; von forschendem Experimentieren kann dann keine Rede mehr sein. Ohne ständige Anleitungen gerät die Arbeit dann schnell zu einem planlosen Herumhantieren. Häufig wird dann die Aufgabenstellung nicht weiter beachtet und es werden bestenfalls irgendwelche Unterrichtsversuche gemacht, die aufgrund ihrer einfachen Durchführbarkeit oder eines eindrucksvollen Verlaufs aus dem Schulunterricht in Erinnerung geblieben oder den Kindern aus ihrer Lebenswelt bekannt sind. Schüler/-innen der Klassenstufe acht beispielsweise verbrennen häufig Schwefel, Magnesium, Benzin oder Alkohol oder gießen Schwefelschmelzen in kaltes Wasser. Oft werden auch beliebige Substanzen planlos zusammengekippt. Anhand solcher Versuche können natürliche weder Schlüsse gezogen noch Hypothesen formuliert werden und es fehlt eine Grundlage für die Planung weiterer Versuche. Infolgedessen lässt das Interesse an der Arbeit rasch nach und es entsteht Unruhe.

Eine ausführliche Nachbereitung des Praktikums findet im Unterricht statt und bleibt dem jeweiligen Fachlehrer überlassen. Im Labor beschränkt sich dieser Teil aus Zeitgründen auf eine fünfminütige Nachbesprechung. Dabei erklären Schüler/-innen im Plenum noch einmal die Lösungswege der einzelnen Aufgaben. Gegebenenfalls werden auch Fragen beantwortet.

5.1.1.1 Untersuchung von Lebensmitteln: Aufgabenblatt

Aufgabe 1

1. Bestimme den Wassergehalt in den verschiedenen Lebensmitteln.

Lebensmittel

Feldsalat oder Löwenzahn

Toastbrot

Knäckebrot

Äpfel

Kartoffeln

Aufgabe 2

In den Lebensmitteln sind brennbare und nichtbrennbare Stoffe enthalten.

Bestimme ihren Massenanteil.

Aufgabe 3

Der Salat enthält Farbstoff.

- Extrahiere mit Aceton möglichst viel grünen Farbstoff aus Salat.
- Schüttele etwa 2 ml des filtrierten Extrakts aus a) mehrfach mit jeweils 2 ml Benzin aus.
- Betrachte deine Proben nach jedem Arbeitsschritt unter der UV - Lampe.
- Verwende frischen Extrakt aus 3a für eine Papierchromatographie und betrachte das getrocknete Chromatogramm im UV-Licht.

Chemikalien- und Geräteliste

- Lösemittel für Farbstoffe: Aceton und Benzin
- Waage, sehr empfindlich, vorsichtig belasten, Messbereich: 0,001 g – 100 g
- Trockenschrank, Arbeitstemperatur einstellbar.
- Verascher, Arbeitstemperatur 1100 °C. In diesem Gerät verbrennen alle brennbaren Stoffe.
- UV – Lampe
- gängiges Laborgerät: Reagenzgläser, Petrischalen, Bechergläser usw.

Sicherheitshinweise

Im Labor niemals essen oder trinken und immer eine Schutzbrille tragen

UV-Licht schädigt deine Augen. Deshalb beim Arbeiten mit der UV-Lampe immer eine Schutzbrille tragen und nicht direkt in die Lampe hineinschauen.

Benzin und Aceton verdunsten sehr rasch und sind leicht entzündlich. Deshalb darf mit diesen Stoffen nie in der Nähe von offenem Feuer gearbeitet werden; außerdem müssen die Vorratsflaschen nach jeder Entnahme sofort verschlossen werden.

Benzin- und Acetondämpfe dürfen nicht eingeatmet werden.

Benzin darf nicht in die Kanalisation gelangen; deshalb müssen alle Benzinreste in das Sammelgefäß geschüttet werden.

5.1.1.2 Untersuchung von Lebensmitteln: Musterlösung

Aufgabe 1

Kleine Stücke der Lebensmittel mit einer Masse von etwa 0,2 g fein zerteilen und im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz trocknen.

Aufgabe 2

Kleine Stücke mit einer Masse von etwa 2 g im Schnellverascher bei einer Temperatur von 900°C bis zur Gewichtskonstanz veraschen.

Aufgabe 3

- Einige Salatblättchen mit Quarzsand und Aceton so lange reiben, bis sich der größte Teil des Blattfarbstoffs im Aceton gelöst hat.

- *Einen Teil der Lösung mit Hilfe einer Glaskapillaren oder einer Pasteurpipette auf Chromatographiepapier zu einer dünnen Linie auftragen. Die Linie muss so hoch über dem unteren Rand des Papierstreifens aufgetragen werden, dass sie später nicht in das Fließmittel eintaucht. Durch mehrfaches Auftragen steigt die Farbintensität des Chromatogramms. Lässt man das Aceton vor jedem erneuten Auftragen verdunsten, erhält man eine sehr dünne Linie und die Trennschärfe der Chromatographie steigt.*
- *Den Papierstreifen in ein Reagenzglas stellen, dass 1cm hoch mit Fließmittel, $V(\text{Aceton})/V(\text{Benzin}) = 14/86$, gefüllt ist.*
- *Einen weiteren Teil des extrahierten Farbstoffs mit Benzin überschichten und ausschütteln.*
- *Chromatogramm und die ausgeschüttelte Lösung unter der UV-Lampe betrachten.*

5.1.1.3 Untersuchung von Lebensmitteln: Vorgehensweise und Lösungsstrategien

Die Untersuchung von Lebensmitteln wird Schüler/-innen der Klassenstufe 8 vorgelegt. Sie haben in der Regel erst wenige Chemiestunden besucht und ihre Chemiekenntnisse beschränken sich auf die Einteilung von Gemengen und die Durchführung einfacher Trennverfahren. Sie wurde aber auch mit Erfolg von Schüler/-innen bearbeitet, die lediglich die Namen der erforderlichen Gerätschaften kannten.

Mögliche Lösungen sind ohne intensive Beratungsgespräche erkennbar und es kann selbstständig ausgiebig experimentiert werden. Deshalb eignet sich diese Aufgabe in besonderem Maße, um mit dem Labor und der Laborarbeit vertraut zu machen und Interesse für chemische Fragestellungen zu wecken. Sie erfüllt aber auch, trotz der scheinbar trivialen Fragestellung, alle Voraussetzungen für forschendes Experimentieren (siehe 5.1.1.3 und 5.2).

Zunächst versuchen viele Teilnehmer/-innen eine direkte Bestimmung des Wassergehalts durch Auspressen oder durch Zerreiben und anschließendes Filtrieren. Wenn das scheitert, wird eine Gewichtsbestimmung vor und nach dem Trocknen in Erwägung gezogen. Aber bereits diese nahe liegende Möglichkeit wird nur noch von einem Teil der Schüler ohne Beratungsgespräch erkannt, obwohl in der Geräteliste ein Trockenschrank angegeben ist. Diese Art der Bestimmung wirft weitere Fragen auf: Bei welcher Temperatur muss getrocknet werden und wann ist der Trocknungsprozess eigentlich beendet? Trocknen über dem Bunsenbrenner scheitert, weil sich die Lebensmittel auch bei sorgfältigem Arbeiten rasch zersetzen. Die Schüler erkennen an der Schwarzfärbung selbst, dass dieses Verfahren kein reiner Trocknungsvorgang sein kann. Beim Trocknen im Trockenschrank wird schnell deutlich, dass große Brotstücke oder gar ganze Äpfel eine sehr lange Trocknungszeit erfordern. Die Trockenzeit kann zwar durch Zerkleinern der Stoffportion verkürzt werden, aber eine wesentliche Verbesserung bringt erst die Arbeit mit einem kleinen Anteil der Gesamtprobe. Dabei stellt sich dann die Frage, ob kleine Stücke repräsentativ für die gesamte Stoffprobe sind.

Durch die Auswahl kleinerer Stücke geraten die Schüler/-innen in ein Dilemma, das weitere Denkprozesse auslöst: Kleinere Stoffportionen verkürzen zwar den Trocknungsprozess,

vergrößern aber die Auswirkung von Wägefehlern. Eine bedeutsame Erkenntnis, denn Schüler/-innen halten Messungen mit guten Messgeräten für unendlich genau. Die eingangs gestellte Frage nach der erforderlichen Trocknungszeit kann schließlich niemand mehr spontan beantworten, obwohl Trocknen bis zur Gewichtskonstanz, einmal ausgesprochen, als triviale Vorgehensweise angesehen wird.

Aufgabe 2 erfordert ähnliche Überlegungen und wird von daher weitgehend selbstständig gelöst. So können auch Chemieanfänger völlig selbstständig arbeiten, was die gesamte Aufgabenstellung für forschendes Experimentieren besonders geeignet macht. Erklärt werden muss nur die Handhabung des Schnellveraschers. Trotz der Ähnlichkeit mit der ersten Aufgabe treten jedoch Probleme auf wenn es darum geht, das Ende des Veraschungsvorgangs zu bestimmen. Ohne die Erfahrungen aus der Bestimmung des Wassergehalts zu nutzen, d.h. bis zur Gewichtskonstanz zu warten, wird die Veraschung abgebrochen, sobald die Stoffe schwarz geworden sind. Dieser Entscheidung liegt eine typische Fehlvorstellung zu Grunde: „Schwarze Stoffe sind verbrannt“. Die Korrektur dieser Vorstellung wird zu einem konstruktivistischen Lernprozess, wenn Schüler/-innen die Notwendigkeit dieser Veränderung anhand ihrer Befunde möglichst selbst erkennen und darüber hinaus alle weiteren experimentellen Schritte in diesem Prozess ohne Hilfe selbst gestalten können. Seitens der Betreuer reicht dabei meistens ein Hinweis auf Proben, die wegen der Vielzahl parallel laufender Versuche in den Schnellveraschern vergessen wurden und deshalb vollständig verascht sind. Durch zeitlich versetzte Wägungen können die Schüler/-innen dann selbstständig ermitteln, dass schwarze Proben noch unverbrannte Stoffe enthalten. Diese Anschaulichkeit der Befunde liefert ein weiteres Argument für die Eignung dieser Aufgabenstellung für forschendes Experimentieren. Zudem veranschaulichen die geringen Mineralstoffgehalte noch die Fehlermöglichkeiten beim Wiegen.

Die Schüler/-innen sollen auch lernen, dass sich Arbeiten häufig vereinfachen lassen, wenn einzelne Arbeitsschritte ständig überdacht werden: Beispielsweise sind die zeitaufwändigen Zwischenwägungen bei der Bestimmung des Mineralstoffgehaltes überflüssig, weil eine vollständige Veraschung bereits am Aussehen der Probe erkennbar ist.

Aufgabe 3 wird parallel zum Trocken- bzw. Veraschungsprozess bearbeitet. Sie enthält ein hohes Maß an Anleitung, um die Schüler/-innen insgesamt nicht zu überfordern und sie bietet die Möglichkeit, anhand bekannter Stoffe nicht alltägliche Trennverfahren anzuwenden. Trotz der Anleitungen ist sie aber mehr als ein Füllsel, denn sie erfordert ein erhebliches Maß an Denkarbeit. Beispielsweise ist der Zusammenhang zwischen der Chromatographie und dem Extraktionsversuch, der durch die Beleuchtung mit UV-Licht ausgewertet wird, nicht leicht zu erkennen und zu interpretieren.

5.1.1.4 Destillation: Aufgabenblatt

Zur Verfügung stehen folgende Stoffe

- reines Ethanol (Trinkalkohol)
- reines 1- Propanol (ein Alkohol, der zur Hautdesinfektion benutzt wird)
- zwei Gemische unbekannter Konzentration aus 1- Propanol und Wasser
- ein Gemisch aus 1-Propanol und Wasser mit einem Alkoholgehalt von 4%
- Wein

Eigenschaften der Alkohole

- Beide Alkohole brennen, sind in jedem Verhältnis mit Wasser mischbar, und die Brennbarkeit der Gemische hängt von ihrer Zusammensetzung ab.
- Gemische aus 1-Propanol und Wasser lassen sich, im Gegensatz zu Gemischen aus Ethanol und Wasser, auch durch Aussalzen trennen.

Hinweise zum Aussalzen

- Gib fein zermörstertes Kochsalz zu dem Gemenge und löse es durch Schütteln. Mit zunehmender Salzkonzentration entmischen sich die Komponenten (=Bestandteile) immer weiter. In gesättigter Kochsalzlösung schließlich ist 1- Propanol unlöslich.

Aufgabe 1

Untersuche beide Alkohole auf die angegebenen Eigenschaften hin.

Aufgabe 2

Der Alkoholanteil im Wein beträgt etwa 10 %. Der Rest ist hauptsächlich Wasser.

- a) Zeige, dass durch Destillation der Alkoholgehalt steigt.
Verwende für die Destillation zwischen 60 und 80 ml Wein.
- b) Überlege dir einen Versuch, mit dem du den Alkoholgehalt im Destillat abschätzen kannst.

Aufgabe 3

Bestimme in den Lösungen 1 und 2 (1-Propanol-Wasser-Gemische unbekannter Konzentration) den Alkoholanteil durch Aussalzen.

Aufgabe 4

Untersuche durch Destillation der 4%igen 1-Propanol-Lösung den Einfluss der Rohrlänge eines Destillationsapparates auf seine Trennwirkung. Dafür stehen zwei Destillationsapparate unterschiedlicher Länge zur Verfügung.

5.1.1.5 Destillation: Musterlösung

Aufgabe 1

- Kleine Portionen der Alkohole auf einer Kachel verbrennen.
- Wässrige Lösungen beider Alkohole mit einem Volumenanteil von 50% ansetzen.
- Durch Verdünnen 3 weitere Lösungen mit einem Alkoholgehalt von 40%, 30% und 20% herstellen.
- Einen Teil dieser Lösungen verbrennen und dabei die Brennbarkeit vergleichen.

Aufgabe 2

- 60 ml Wein destillieren und dann die Brennbarkeit des Destillats überprüfen und mit der Brennbarkeit der Lösungen aus der Verdünnungsreihe aus Aufgabe 1 vergleichen. Dabei kann grob abgeschätzt werden, welchen Alkoholgehalt das Destillat hat.

Aufgabe 3

Zu den 1-Propanol-Wassergemischen soviel Kochsalz hinzugeben, dass eine gesättigte Lösung entsteht. Dabei entmischen sich die Komponenten.

Aufgabe 4

- *In zwei parallelen Versuchen Lösungen mit einem Volumenanteil von 4% 1-Propanol in der langen, bzw. der kurzen Kolonne destillieren. Dabei das Volumen des Destillats kleiner als die Gesamtmenge an Alkohol im Ansatz halten. Außerdem ist zu beachten, dass die zu destillierenden Ansätze und die daraus gewonnenen Destillate jeweils das gleiche Volumen haben.*
- *Die Destillate mit Kochsalz aussalzen und dann vergleichen. Das Destillat aus der längeren Kolonne enthält den meisten Alkohol.*

5.1.1.6 Destillation: Vorgehensweise und Lösungsstrategien

Destillation ist den Schüler/-innen aus dem Unterricht bekannt und wird in den meisten Schulen als Schülerversuch zum Abtrennen von Alkohol aus alkoholischen Getränken wie Rotwein durchgeführt. Von daher sind Apparatur, Versuchsdurchführung und auch die Alkoholgehalte verschiedener Getränke bereits bekannt. Trotzdem eignet sich diese Aufgabe für einen Forschungsauftrag, weil mit der Trennwirkung der Apparatur ein Aspekt einbezogen werden kann, der in den Schulen kaum Beachtung findet und von den meisten Schülern missverstanden wird. In einem Flüssigkeitsgemisch, so die häufig vertretene Meinung, siede stets die Komponente, deren Siedetemperatur am Heizgerät eingestellt ist. Folglich sei eine vollständige Abtrennung einzelner Komponenten aus einer Lösung zu erreichen, indem man das Gemisch auf diese Temperatur bringt. Zudem wird der Kühler für den Ort gehalten, an dem der Trennvorgang abläuft. Infolgedessen sollte eine Apparatur mit einem kurzen Abstand zwischen dem Destillierkolben und dem Kühleransatz besonders gut trennen. Diese Fehlvorstellungen werden durch die Aufgabenstellung aufgedeckt, weil die Schüler durch eigene Lösungsansätze Befunde ermitteln, die im Widerspruch zu diesen Vorstellungen stehen. Anschließend eröffnen sich Möglichkeiten, diese Vorstellungen mit weiteren eigenen Experimenten zu korrigieren.

Die erste Aufgabe ermöglicht Schüler/-innen aller Leistungsstufen umfangreiches selbstständiges Experimentieren, das Spaß macht, zum Nachdenken anregt und Denkanstöße für die Bearbeitung der nachfolgenden Aufgaben liefert. Zum Verbrennen werden die Stoffe auf eine Kachel gegossen, den Zusammenhang zwischen Konzentration und Brennbarkeit ermittelt man mit Hilfe einer Verdünnungsreihe.

Obwohl die Schüler/-innen Alkoholgehalt und Brennbarkeit einiger alkoholischer Getränke kennen, wollen sie in Fünfer- oder Zehnerschritten den gesamten Konzentrationsbereich von Null bis Hundert abdecken und zur Herstellung jeder einzelnen Lösung Alkoholportionen

abmessen, die jeweils mit Wasser auf 100 ml aufgefüllt werden können. Eine umständliche Vorgehensweise, die zeitaufwändig und mit einem enormen Alkoholverbrauch verbunden ist.

In dieser Situation beginnen die Beratungsgespräche: „In welchem Konzentrationsbereich sollten die hergestellten Lösungen am besten liegen? Welche Abstufung zwischen den einzelnen Konzentrationen ist sinnvoll? Wie begrenzt man den Stoffverbrauch? Wie berechnet man Verdünnungen?“

Der große Zeitaufwand - diese Überlegungen und die Herstellung einer fünfzigprozentigen Lösung und das anschließende Verdünnen von Teilen daraus auf z.B. 40%, 30% und 20% dauern zusammen etwa 20 Minuten - belegt, dass die Denkarbeit der Schüler/-innen über das bloße Erinnern von Fakten hinaus Kreativität erfordert und damit ein wesentliches Kriterium für konstruktivistisches Lernen erfüllt.

Aufgabe 1 liefert in Verbindung mit Aufgabe 2 den Schüler/-innen Hinweise auf Lösungswege für die letzte Aufgabe. Ein Vergleich der Brennbarkeiten der Gemische aus der Verdünnungsreihe und des Destillates (Aufgabe 2) soll bewusst machen, dass dieses Verfahren zur Bestimmung der Alkoholkonzentrationen sehr ungenau ist. Für eine genauere Bestimmung ist demnach ein anderes Verfahren erforderlich. Geringe Wasserreste bei der Verbrennung des Rotweindestillats lassen erkennen, dass die Destillationsapparatur entgegen der Vorstellung den Alkohol nicht vollständig aus der Lösung abtrennen kann. Um zu belegen, dass Wasser und Alkohol gleichzeitig aus einem siedenden Gemenge aufsteigen, muss schließlich das Destillatvolumen kleiner als das Volumen des Alkohols im Gemenge sein.

Diese Überlegungen sind während der Konzeption eines Lösungsweges für die Aufgabe 4 erforderlich. Aus Zeitgründen bearbeiten jeweils 2 Gruppen diese Aufgabe gemeinsam. Jede Gruppe verwendet eine der beiden Destillationsanlagen um nach dem Experiment die Befunde auszutauschen. Beratung dient jetzt hauptsächlich der Vermeidung zeitaufwändiger Versuchswiederholungen. Deshalb sollten alle Arbeitsschritte im Voraus bedacht werden: „Müssen Flüssigkeitsportionen mit gleichen Volumina destilliert werden? Was ist hinsichtlich der Destillate zu beachten? Ist ihr Volumen bedeutsam? Müssen die Volumina beider Destillate gleich sein?“. Da ursprünglich eine vollständige Abtrennung von reinem Alkohol angenommen wurde, wird durch dieses Experiment eine Fehlvorstellung widerlegt.

Die höhere Trennleistung der längeren Apparatur ergibt sich durch einen Vergleich der Alkoholanteile beider Destillate, die gleiche Volumina haben müssen. Dafür, das haben die Schüler/-innen in den Vorversuchen selbst ermittelt, eignet sich nur das Aussalzen. Trotzdem wird dieses Verfahren von den wenigsten angewendet. Die meisten wollen die Brennbarkeiten beider Destillate vergleichen, obwohl der vorhergehende Versuch gezeigt hat, dass dieses Kriterium bestenfalls Hinweise auf große Konzentrationsunterschiede liefert. Ein Beleg dafür, dass selbst in einer Kontextsituation träges Wissen entsteht.

5.1.1.7 Analyse von Hydroxiden: Aufgabenblatt

Hinweise:

- Feststoffmengen unter 0,2 g verwenden.
- Nie ein und dieselbe Pipette für unterschiedliche Stoffe benutzen.
- Ständig die Schutzbrille tragen.
- Wenn Chemikalien auf die Haut gelangen, sofort mit viel Wasser abwaschen.

Aufgabe 1

Gegeben sind drei Feststoffe A, B und C. Bestimme mithilfe ihrer wässrigen Lösungen, welcher dieser Stoffe Lithium-, Natrium- bzw. Kaliumhydroxid ist.
Zur Verfügung dafür stehen Salzsäure und Lackmusfarbstoff.

Aufgabe 2

Überprüfe deine Befunde anhand der Flammenfärbung der Feststoffe.

Aufgabe 3

Das Gas Kohlendioxid reagiert sehr gut mit den Hydroxidlösungen. Mit Hilfe dieser Reaktion kannst Du die 3 Stoffe ebenfalls unterscheiden. Du benötigst dann noch nicht einmal einen Indikator. Verwende für diese Reaktion Kohlendioxid aus der Druckflasche und zwei Einmalspritzen mit einem Verbindungsstück.

5.1.1.8 Analyse von Hydroxiden: Musterlösung

Aufgabe 1

Stoffportionen mit jeweils gleicher Masse an Feststoff abwiegen.

Stoffe in Wasser lösen.

Lösung mit etwas Lackmusfarbstoff versetzen zugeben und mit der Pasteurpipette Salzsäure zutropfen.

Das Volumen der Säureportion wird durch Abzählen der Tropfen bestimmt.

Der Säureverbrauch nimmt in der Reihenfolge LiOH, NaOH, KOH ab.

Aufgabe 2

Kleine Feststoffportionen mit einem Magnesiastäbchen in die Brennerflame halten.

Stoff	Flammenfärbung
LiOH	rot
NaOH	gelb
KOH	blau - violett

Aufgabe 3

Stoffportionen mit gleicher Masse an Feststoff abwiegen.

Feststoffportionen in Wasser lösen und abkühlen lassen.

Lösung in eine Einmalspritze füllen.

Eine zweite Spritze mit Kohlendioxid füllen.

Beide Spritzen mit Hilfe eines Verbindungsstücks zusammenstecken.

Flüssigkeit in den Gasraum drücken.

Spritzen so lange schütteln, bis das Gas vollständig verbraucht ist.

Bei Bedarf den Versuch nach weiterer Gaszugabe wiederholen.

Der Gasverbrauch nimmt mit steigender molarer Masse der Hydroxide ab.

5.1.1.9 Analyse von Hydroxiden: Vorgehensweise und Lösungsstrategien

Die Schüler verfügen bei dem Versuch Analyse von Hydroxiden über folgende Kenntnisse: die Oxidation der Alkali- und Erdalkalimetalle, die Herstellung ihrer Basen aus den Oxiden und Wasser bzw. aus den Metallen und Wasser, die Halogenwasserstoffsäuren und ihre Herstellung aus den Elementen, die Herstellung von Halogensalzen aus Halogenenwasserstoffsäuren und den erwähnten Metallen, Metalloxiden und Hydroxiden und die Herstellung der Salze durch die Reaktionen der Alkali- und Erdalkalimetalle und weiterer Metalle mit den Halogenen. Außerdem wurden einige Säure-Base-Indikatoren behandelt.

Die Analyse der Hydroxide erscheint also als reine Wiederholung bekannter Inhalte. Die Schüler/-innen beginnen zunächst damit, die Stoffe in Wasser zu lösen, um sie dann mit Hilfe des Indikators zu unterscheiden. Die geringfügigen Farbunterschiede des Indikators in den einzelnen Ansätzen führen zu ersten Bedenken hinsichtlich der gewählten Strategie. Endgültige Klarheit, das erkennen die Schüler/-innen schnell, kann nur eine Überprüfung von Konzentrationseinflüssen bringen. Geeignete Experimente dazu lassen sich ohne Hilfestellung leicht konzipieren und durchführen. Dadurch, auch dazu ist keine weitere Beratung erforderlich, wird die Hypothese zur Unterscheidbarkeit der Stoffe mittels eines Indikators widerlegt.

Die nächste Strategie zielt darauf ab, die drei Stoffe anhand des Reaktionsverlaufs bei ihrer Neutralisation mit Salzsäure zu unterscheiden. Dabei konzentrieren sich die Schüler/-innen auf die Veränderung der Indikatorfarbe während der Säurezugabe und auch auf die erwartete Salzbildung. Beratungsgespräche beinhalten jetzt im Wesentlichen die Mengenverhältnisse von Kochsalz, Säure und Base im Verlauf der schrittweisen Neutralisation, die erwartete Veränderung der Indikatorfarbe sowie die Löslichkeit der Alkali- und anderer Salze. Hierbei werden dann unterschiedliche Säureverbrauchswerte bemerkt. Dieser Befund lenkt schließlich die Aufmerksamkeit auf die Säureverbrauchswerte durch die Hydroxide.

Bis dahin und bei der Interpretation der experimentell ermittelten Befunde sind bei fast allen Schüler/-innen intensive Gespräche mit den Betreuern erforderlich. Die Säureverbrauchswerte werden schließlich mithilfe von Pasteurpipetten ermittelt. Als Messgröße dienen die Tropfenzahlen bis zur Neutralisation von Hydroxidlösungen gleicher Massenkonzentrationen.

Fragen nach der Bedeutung der Säurekonzentration oder der Wassermenge, in der die Hydroxide gelöst werden, können an dieser Stelle genutzt werden, um das Verständnis für die Zusammenhänge noch weiter zu vertiefen. Gespräche, die zu dieser Strategie hinführen sollen, konzentrieren sich auf das Stoffmengenverhältnis der Reaktionspartner, das sich aus den Reaktionsgleichungen zur Neutralisation der drei Hydroxide ergibt. Schüler/-innen interpretieren die Angaben in den Gleichungen in der Regel als absolute Teilchenzahlen und unterscheiden darüber hinaus auch nicht zwischen Reaktionsgleichungen und den zugehörigen Reaktionen. Folglich erkennen sie keine Möglichkeit, die drei Reaktionen, deren Stoffmengen-

verhältnisse ja identisch sind, zu unterscheiden. Deshalb werden von jetzt an die Größen Stoffmenge und molare Masse in die Gespräche einbezogen. Die Schüler/-innen kennen diese Begriffe zwar, verwenden aber anstelle der molaren Masse bevorzugt die Atommasse mit der zugehörigen Einheit u. Weil diese Größe eine Teilcheneigenschaft beschreibt, charakterisieren sie Unterschiede zwischen den Stoffen auch als Unterschiede zwischen einzelnen Teilchen und nicht als Unterschiede zwischen Stoffportionen, von denen in diesem Fall die Teilchenzahlen relevant sind. Aus dieser Betrachtungsweise resultieren die Schwierigkeiten der Schüler/-innen bei dieser Aufgabe: Sie suchen die Unterschiede zwischen den Säureverbrauchswerten auf der Ebene einzelner Teilchen die keine Ansatzmöglichkeiten für eine experimentelle Untersuchung bieten, weil sie nicht greifbar sind. Aus dem gleichen Grund scheitern auch alle Versuche, die Befunde schlüssig zu deuten, in vielen Fällen beispielsweise unter Verwendung des Schalenmodells der Atome.

Ein anderer Ansatz basiert auf der Vorstellung einer ansteigenden Basenstärke in der Reihenfolge LiOH, NaOH, KOH, die in einer nicht näher beschriebenen Art und Weise auf Unterschiede zwischen den Teilchen zurückgeführt wird. Demzufolge sollte nach dieser häufigen Fehlvorstellung, zunehmende Basenstärke verursache höheren Säureverbrauch, der Säureverbrauch in der gleichen Reihenfolge zunehmen. Folglich werden KOH und LiOH falsch bestimmt. Viele der Schüler/-innen, die diesen Fehler machen, können keine Begründung für ihre Vorgehensweise angeben. Vielleicht denken sie einfach: „größere Teilchen, schwerer zu neutralisieren, größerer Säureverbrauch.“

Die beiden letztgenannten Fehlvorstellungen betreffen das sog. Teilchenkonzept, das als eines der Basiskonzepte angesehen wird und in nahezu alle Bereiche der Chemie hineinreicht. Sie ist damit besonders schwerwiegend und behindert beispielsweise die Einführung des Säure-Base-Konzeptes von Brönsted.

Durch die Bestimmung der Flammenfärbung der drei Hydroxide (Aufgabe 2) können die Schüler/-innen ihre Ergebnisse selber überprüfen. So ist eine Bewertung ihrer Analyse ohne Zutun eines Betreuers möglich. Wird eine Diskrepanz zwischen Erwartung und tatsächlichen Befunden bemerkt, werden weitere Denkprozesse eingeleitet: „War die Versuchsstrategie fehlerhaft, wurden Fehler beim Experimentieren gemacht oder ist die Interpretation der Befunde fehlerhaft?“.

Hinterfragt werden die Ergebnisse der Maßanalyse aber auch dann, wenn sie durch die Flammenfärbung bestätigt werden, denn die Schüler/-innen fühlen sich für die Ergebnisse der eigenen Arbeit im Gegensatz zu Fakten, die im Unterricht vermittelt oder aus der Literatur beschafft wurden, verantwortlich. Deshalb beeinflusst der Umgang mit diesen Aufgabenstellungen auch nicht nur kognitive Fähigkeiten, sondern auch das Selbstkonzept der Schüler/-innen. Zu erwarten ist eine Erhöhung des Selbstvertrauens, wenn Aufgaben dieser Art regelmäßig gelöst werden und damit zunehmend die Bereitschaft, sich Situationen mit offenem

Ausgang zu stellen. Diese Vermutung wird auch durch die Befragung von Schülern der Klassenstufe 13, die über einen Zeitraum von fünf Jahren regelmäßig unser Labor besucht hatten, gestützt (siehe 5.3.4).

Für weitere Gespräche wird das Periodensystem zu Hilfe genommen, denn es bietet anschauliche Hilfe bei der Diskussion der Begriffe Masse, Stoffmenge, molare Masse und molare Teilchenzahl. Im Verlauf dieser Gespräche wird schließlich erkannt, dass die Unterscheidung der Stoffe gelingt, weil sich Stoffportionen gleicher Masse hinsichtlich der Teilchenzahlen unterscheiden, ohne dass dafür eine nähere Charakterisierung von Teilcheneigenschaften erforderlich ist.

Aufgabe 3 lässt zunächst keine Schwierigkeiten erkennen; ihre Lösungswege scheinen identisch zu sein mit denen von Aufgabe 1. Deshalb wird nicht bedacht, das Volumen der drei Hydroxidlösungen auf das Spritzenvolumen von 20 ml abzustimmen. Bei zu großen Lösungsvolumina können dann jeweils nur Teile der angesetzten Lösungen für die Neutralisation eingefüllt werden, sodass eine schrittweise Neutralisation erforderlich wird. Die Verbrauchswerte fallen dann zu hoch aus, weil sich Kohlendioxid über die Neutralisationsreaktion hinaus auch unter Bildung von Kohlensäure im Wasser löst. Diese Überlegung fällt den Schüler/-innen besonders schwer, weil bei der Neutralisation mit Salzsäure (Aufgabe 1) die Wassermengen in den Hydroxidlösungen die Salzsäureverbrauchswerte nicht beeinflussen. Die Löslichkeit von Kohlendioxid ist zudem temperaturabhängig, was in jedem Fall zu beachten ist, weil sich die drei Hydroxide mit unterschiedlicher Wärmeentwicklung lösen.

Probleme, die sich bei dieser Aufgabenstellung aus den unterschiedlichen pK_s - Werten von Salzsäure und Kohlensäure ergeben, werden von den Schüler/-innen der Klassenstufe 10 nicht erkannt, weil die entsprechenden Themen im Unterricht noch nicht behandelt wurden. Ebenfalls außer Acht gelassen wird die Wirkung einer zu großen Menge an Indikator.

Eine übersichtliche Darstellung der beschriebenen Lösungswege sowie mögliche Hilfestellungen durch die Betreuer enthält die folgende Tabelle 13. Zudem enthält die Tabelle Angaben darüber, an welchen Stellen die Schüler/-innen Versuche zur Überprüfung ihrer Hypothesen durchführen können.

Tabelle 13: Versuchsverlauf, Lösungswege und Hilfestellungen bei der Analyse der Hydroxide;

(V) = Schüler können Hypothesen durch eigene Experimente prüfen

Aktion der Schüler → Befund	Absicht	Schülervorstellung	Verhalten der Betreuer/ Gesprächsthemen	weiterführende Fragen/ Stichworte
--------------------------------	---------	--------------------	--	---

Aufgabe 1

Hydroxide in Wasser lösen, Indikatorzugabe → nur geringfügige Unterschiede	Unterscheidung der Basen anhand der Indikatorreaktionen	Basenfarbe des Indikators ist abhängig von der zugesetzten Base	gewähren lassen Basenfarbe des Indikators bei unterschiedlichen Hydroxidkonzentrationen? (V) Basenfarbe des Indikators bei unterschiedlichen Indikatorkonzentrationen? (V) Wie verhalten sich andere Indikatoren, z.B. Phenolphthalein? (V) Säurefarbe des Indikators? (V)	andere Indikatoren
Säure zu den 3 Lösungen geben → keine Unterschiede	Unterscheidung durch Reaktionsverlauf Unterscheidung anhand der gebildeten Salze	Unterschiedliche Basen ergeben unterschiedliche Reaktionen Die Salze sehen unterschiedlich aus	gewähren lassen Verhalten des Indikators im Umschlagsbereich? (V) Salze sind gelöst. (V) Neutralisation Welche Stoffe enthält das Reaktionsgemenge im Umschlagsbereich? (V) In welchen Mengen liegen diese Stoffe vor?	Löslichkeit von Kochsalz und anderer Alkalisalze Löslichkeit weiterer Salze Unterscheidung von Salzen
Hydroxidportionen gleicher Masse in Wasser lösen und neutralisieren → die Lösungen unterscheiden sich in den Verbrauchswerten	Unterscheidung der Lösungen anhand des Säureverbrauchs	Basenstärke nimmt in der Reihenfolge LiOH, NaOH, KOH zu Je stärker die Base, desto höher der Säureverbrauch größere Basenteilchen verbrauchen mehr Säure	gewähren lassen Reaktionsgleichungen zur Neutralisation Stoffmenge Masse Massenkonzentration Stoffmengenkonzentration	Wassermenge in Hydroxidlösungen bedeutsam? Ist die Säurekonzentration von Bedeutung? Zusammenhang zwischen Säurekonzentration und Genauigkeit der Analyse

Aufgabe 2

Feststoffportionen in die Brennerflamme halten → Hypothese aus Aufgabe 1 wird nicht bestätigt	Unterscheidung der Feststoffe anhand der Flammenfärbung der Alkalimetalle		gewähren lassen molare Masse, Teilchenmodell molare Teilchenzahl	PSE Stellung der Alkalimetalle im PSE
--	---	--	--	--

Aufgabe 3

Hydroxide in Wasser lösen, Lösung in eine Spritzen einfüllen und Kohlendioxid aus einer zweiten Spritze hinzu geben. → die Lösungen unterscheiden sich in den Verbrauchswerten	Unterscheidung der Lösungen anhand des Säureverbrauchs.	Wassermenge in den Lösungen ist ohne Einfluss auf den Säureverbrauch	gewähren lassen Löslichkeit von Gasen in Flüssigkeiten und deren Temperaturabhängigkeit	Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit, Lösungswärme von Feststoffen
---	---	--	--	--

5.1.1.10 Phasen der Schüleraktivitäten bei der Analyse der Hydroxide

Die Schüleraktivitäten beim selbstständigen Experimentieren lassen sich in Phasen unterteilen: Aufgabe erkennen, Vorwissen aktivieren, Frage stellen, Antwort vermuten, Versuch ausführen, Befunde analysieren und Befunde interpretieren (Theorieteil 3.5.2). Bis zur vollständigen Lösung einer Aufgabe werden diese Phasen häufig mehrfach durchlaufen (Tabelle 14).

Bei der Analyse der Hydroxide (5.1.1.7) unterhalten sich die Schüler/-innen zuerst über wässrige Lösungen und Indikatoren und fragen dann meistens: „Welche Farbe hat der Indikator in Lösungen der drei Hydroxide?“ Dieser Frage liegt eine falsche Vorstellung zugrunde, die an der Antwortvermutung erkennbar ist: Erwartet werden unterschiedliche Farben. Wesentlich ist jetzt, dass die Schüler/-innen ihre Vermutung durch einen möglichst selbstständig plan- und durchführbaren Versuch überprüfen können. Hierzu müssen sie die Hydroxide in Wasser lösen und Indikator hinzu fügen. Nach Vorbereitungsarbeiten wie geeignetes Material zusammenstellen und Lösungen ansetzen finden sie schließlich unterschiedliche Farbintensitäten, manche sprechen auch von Farbtönen oder von unterschiedlichen Farben. Wesentlich ist jetzt, dass diese Befunde selbstständig interpretiert werden können. Wird also die Vermutung bestätigt oder gibt es andere Ursachen für die Farbunterschiede.

Tabelle 14: Phasen der Schüleraktivitäten beim Experimentieren; Erläuterungen siehe Text.

Phasen	Ergebnisse
Aufgabe erkennen	Analyse von Hydroxiden.
↓	
Vorwissen aktivieren	Lösungen, Indikatoren.
↓	
Frage stellen	Welche Farbe hat der Indikator in Lösungen der drei Hydroxide?
↓	
Antwort vermuten	Die Farben sind unterschiedlich.
↓	
Vorgehen planen	Hydroxid in Wasser lösen und Indikator hinzufügen.
↓	
Versuch ausführen	Material zusammenstellen.....
↓	
Befunde analysieren	Unterschiedliche Farbintensitäten/- töne/ Farben?
↓	
Befunde interpretieren	- Basenfarbe des Indikators hängt vom Hydroxid ab. - Farbunterschiede kommen anders zustande.
Phasen	Ergebnisse zweiter Durchgang
→ Aufgabe erkennen	Faktoren bestimmen mit Einfluss auf Indikatorfarbe.
↓	
Vorwissen aktivieren	Massen – und Stoffmengenkonzentration.
↓	
Frage stellen	Besteht ein Zusammenhang zwischen der Indikatorfarbe und den Konzentrationen der Stoffe?
↓	
Antwort vermuten	Vier Möglichkeiten.
↓	
Vorgehen planen	Vergleich der Farben mit bestimmten Konzentrationen der Stoffe.
↓	
Versuch ausführen	Stoffe einwiegen.....
↓	
Befunde analysieren	Indikator hat in den drei Lösungen die gleiche Farbe.
↓	
Befunde interpretieren	Unterscheidung anhand der Indikatorfarbe ist nicht möglich.

Fortsetzung siehe folgende Seite

Tabelle 14: Fortsetzung

Phasen	Ergebnisse dritter Durchgang
Aufgabe erkennen	Stoffe bestimmen, die mit/aus Hydroxiden reagieren/entstehen.
Vorwissen aktivieren	HX, Neutralisation, Salze.
Frage stellen	Verbrauchen die Hydroxide unterschiedliche Säuremengen?
Antwort vermuten	KOH verbraucht die meiste Säure.
Vorgehen planen	Neutralisation mit bestimmten Wasser- Feststoff- und Indikatormengen.
Versuch ausführen	Lösungen herstellen, Säureverbrauch bestimmen.
Befunde analysieren	Säureverbrauch steigt in der Reihenfolge A, B, C.
Befunde interpretieren	A = LiOH, B = NaOH, C = KOH
	Erklärungen: unterschiedliche - Teilchengrößen, - Anzahl an Elektronenschalen. - Basenstärken.
	usw.

Unterschiedliche Interpretationsmöglichkeiten spezifizieren die Aufgabenstellung, regen zum Fragen an und leiten einen weiteren Durchlauf der Phasen ein. Angetrieben und strukturiert wird der nachfolgende Prozess durch Faktenwissen in Form von Kenntnissen über Konzentrationen. Ohne dieses Faktenwissen gerät selbstständiges Arbeiten ins Stocken, weil die nächste Frage kein ausreichendes Niveau aufweist. Beispielsweise fehlt einer Frage mit der Struktur „Was passiert wenn ...?“ eine epistemische Qualität mit der Folge, dass eine Vielzahl möglicher Antwortvermutungen einer zielgerichteten Versuchsplanung entgegenstehen. Forschungsfragen jedoch wie: „Besteht ein Zusammenhang zwischen der Indikatorfarbe und den Konzentrationen der Stoffe?“ reduzieren die Anzahl möglicher Antwortvermutungen und machen dadurch das Fragestellen zur wichtigsten Phase der Sequenz. Hier **verbleiben** vier Möglichkeiten: keine, beide oder je eine der Stoffkonzentrationen beeinflussen die Indikatorfarbe. Damit sind Antwortvermutungen zum eigentlichen Untersuchungsgegenstand geworden mit der Folge, dass sich die Forschungsfrage durch einen einfachen Vergleich der Indikatorfarben bei bestimmten Stoffkonzentrationen eindeutig beantworten lässt.

Damit ist ein wesentlicher Teil der Arbeit getan, denn die Schüler verfügen nun über ein Konzept für das weitere Vorgehen. Das erklärt die Bedeutung der ersten fünf Phasen, die zunächst

zusammengenommen als präexperimentelle Aktivität bezeichnet worden waren. Ihre Unterteilung (3.5.2) wurde von Neber und Anton (2008) zur Strukturierung von Hilfen vorgeschlagen, die Schülern während des Experimentierens gewährt werden können. Erfolgreiches selbstständiges Bearbeiten der NanoBioLab - Aufgaben findet hauptsächlich dann statt, wenn die Unterstützung durch Betreuer auf Hilfen zum Erinnern von Faktenwissen begrenzt bleiben kann.

Der Versuch liefert schließlich einen eindeutig interpretierbaren Befund: Eine Unterscheidung der Hydroxide mithilfe von Lackmusfarbstoff ist nicht möglich.

Für einen weiteren Durchlauf der Phasen fehlt jetzt die anregende Wirkung unterschiedlicher Interpretationsmöglichkeiten von Befunden. Umso bedeutsamer ist weiteres Faktenwissen. Kenntnisse über Halogenwasserstoffsäuren, Neutralisation und Salze lenken die Überlegungen auf bekannte Reaktionen und führen zu Fragen wie: „Entstehen unterscheidbare Salze?“, oder: „Unterscheiden sich die Hydroxide hinsichtlich des Säureverbrauchs?“ Auf die zweite Frage hin wird der höchste Säureverbrauch für KOH erwartet und ein Vergleich der Neutralisationsreaktionen mit bestimmten Wasser-, Feststoff- und Indikatormengen geplant.

Nach Herstellung der Lösungen wird die Säure mithilfe von Pasteurpipetten zugegeben und der Säureverbrauch durch Abzählen von Tropfen bestimmt. Ein Anstieg des Säureverbrauchs beispielsweise in der Reihenfolge A, B, C bedeutet entsprechend der Antwortvermutung C ist KOH und demnach sind A = LiOH bzw. B = NaOH. Zur Erklärung führen die Schüler/-innen die Teilchengrößen der Alkalimetalle, die Anzahl ihrer Elektronenschalen sowie unterschiedliche Basestärken der drei Hydroxide an.

Der weitere Erfolg des Experimentierens hängt jetzt im Wesentlichen von einer möglichst selbstständigen Korrektur dieser Fehlvorstellungen ab. Angeregt wird dieser Prozess durch die Bestimmung der Flammenfärbungen, deren Ergebnis im Widerspruch zur Erwartung steht und die Schüler/-innen zu Versuchswiederholungen veranlasst. Ziel dabei ist es, mögliche Experimentierfehler zu finden. Entsprechende Untersuchungen werden sehr sorgfältig und zielgerichtet durchgeführt, sodass erst jetzt wichtige Zusammenhänge erkannt werden: Die Indikatorfarbe ändert sich schließlich durch Zugabe eines einzigen Säuretropfens, die Wassermenge, in der das Hydroxid gelöst wird, beeinflusst den Säureverbrauch bei der Neutralisation nicht, und die Konzentration der Salzsäure bestimmt die Genauigkeit der Analyse.

Letztlich ermöglicht Wissen über die Größen Stoffmenge, molare Masse und molare Teilchenzahl eine plausible Interpretation der Befunde: Lithiumhydroxid, der Stoff mit der geringsten molaren Masse, verbraucht bei gleicher Massenkonzentration der drei Stoffe die meiste Säure.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Mehrzahl der Schüler/-innen zu selbstständigen Lernleistungen der beschriebenen Art erst nach mehreren Besuchen im Labor in der Lage sind.

Diese Art der Wissensentwicklung durch selbstständiges Arbeiten lässt sich durch ein Wissensmodell beschreiben, das von Heinz Neber (1994, siehe 3.6) entwickelt wurde. Wissen, das wie

im vorliegenden Fall für höhere Lernleistungen nicht nutzbar ist, wird dort als Wissen im Faktenzustand bezeichnet und durch einen sogenannten Transformationsprozess in nutzbares Objektwissen überführt.

Unterschiedliche Schwierigkeitsgrade, wie hier bei den drei Teilaufgaben der Hydroxidanalyse, werden durch die Begriffe Tiefe und Ebene beschrieben. Eine größere Tiefe als bei der Analyse mit Salzsäure erreicht man wegen zusätzlich erforderlicher Kenntnisse bei Verwendung von Kohlendioxid, So reagiert Kohlendioxid nicht nur mit den Hydroxiden, sondern löst sich auch im Wasser. Dadurch ist der Säureverbrauch, anders als bei der Analyse mit Salzsäure, auch von der Wassermenge abhängig, in der ein Hydroxid gelöst ist. Noch tiefer gehende Kenntnisse sind erforderlich, wenn Lithiumhydroxid als Monohydrat erkannt werden soll. Eine geringere Tiefe weist dagegen die Bestimmung der Hydroxide anhand der Flammenfärbung auf.

Auf eine höhere Ebene gelangte man beispielsweise mit der Bestimmung der molaren Masse eines der Metalle. Eine niedrigere Ebene kennzeichnet die Konzentrationsbestimmung einer Lösung, noch niedriger läge die Bestimmung der Säure- und Basenfarben von Indikatoren.

Kennzeichnend für die Aufgaben im NanoBioLab ist eine einheitliche Ebene aller Teilaufgaben.

5.1.1.11 Anknüpfungspunkte

Darunter versteht man inhaltliche oder prozedurale Aspekte, die auch bei anderen Themen bedeutsam sind und das Experiment dadurch in einen größeren Kontext einbetten. Mangelndes Verständnis, Missverständnisse oder gar Misskonzepte im Zusammenhang mit diesen Aspekten erschweren deshalb das Verständnis weiterer Zusammenhänge. Das Experiment „Analyse der Hydroxide“ bietet die Anknüpfungspunkte molare Masse, molares Volumen, Stoffmenge, Konzentration, Neutralisation, Maßanalyse, Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit von Gasen und Feststoffen in Flüssigkeiten, Messfehler, Minimierung von Fehlern, Reaktionsgleichungen.

5.1.1.12 Analyse von Säuren: Aufgabenblatt

Gegeben sind die Säuren A und B

- Jede der Säuren hat die Stoffmengenkonzentration 0,5 mol/l.
- Die Säuren sind stark.
- Die Säuren haben die chemischen Formeln: HCl und H₂SO₄

Aufg. 1

Identifiziere die Säuren A und B durch 3 unterschiedliche Messungen.

Dafür stehen zur Verfügung:

- Natriumhydroxidlösung; $c = 0,5 \text{ mol/l}$
- Phenolphthalein
- Magnesiumpulver

Bekannt ist, dass

- sich Säuren neutralisieren lassen.
- die Neutralisationsreaktionen exotherm verlaufen.
- Säuren mit Magnesium unter Bildung von Wasserstoff reagieren.

Aufg. 2

Essigsäure (HAc) ist eine schwache Säure.

Wiederhole deine Experimente mit Essigsäure und vergleiche mit den Befunden aus Aufgabe 1.

Geräte, die zusätzlich zur normalen Laborausrüstung zur Verfügung stehen

Gerät	Anwendung
Bürette	sehr genaues Abmessen beliebiger Flüssigkeitsmengen
Messkolben	sehr genaues Abmessen einer bestimmten Flüssigkeitsmenge (z.B. 50 ml)
elektrisches Thermometer	Temperaturmessung mit einer Genauigkeit von 0,1°C

Ein Tipp für effektiveres Arbeiten

Optimiere deine Protokollführung. Im Protokoll zu dieser Aufgabenstellung erübrigt sich Text. Eine einzige eindeutig beschriftete Tabelle genügt.

5.1.1.13 Analyse von Säuren: Musterlösungen

Aufgabe 1

- *Beide Säuren werden mit Natronlauge titriert. Die Schwefelsäure verbraucht doppelt so viel Base wie die Salzsäure.*
- *Magnesiumpulver wird in einen Erlenmeyerkolben mit seitlichem Ansatz, an den ein Kolbenprober angeschlossen ist, eingefüllt. Die Säuren werden mit Hilfe einer Einmalspritze durch einen Gummistopfen mit Bohrung in den Kolben gedrückt, das sich bildende Wasserstoffgas aufgefangen. Bei Verwendung gleicher Säurevolumina wird aus der Schwefelsäure die doppelte Gasmenge freigesetzt.*
- *Beide Säuren werden jeweils in einem Dewargefäß vollständig neutralisiert. Dabei wird der Temperaturanstieg gemessen. Die Neutralisation der Schwefelsäure verursacht den größeren Temperaturanstieg.*

Aufgabe 2

Alle Versuche werden mit Essigsäure wiederholt.

5.1.1.14 Analyse von Säuren: Vorgehensweise und Lösungsstrategien

Die Schüler verfügen bei dem Versuch Analyse von Säuren über die gleichen Vorkenntnisse wie bei der Analyse der Hydroxide (Beispiel 3). Zusätzlich kennen sie den Zusammenhang zwischen der Neutralisationswärme und der freigesetzten Wassermenge bei der Neutralisation von starken Säuren mit starken Basen, den Ionenbegriff und Dissoziationsgleichungen.

Anhand der beiden Säureformeln erkennen die Schüler schnell, dass sich Salzsäure und Schwefelsäure hinsichtlich der Basenverbrauchswerte bei der Neutralisation bzw. der freigesetzten Wasserstoffmengen bei der Reaktion mit Magnesium unterscheiden müssen.

Die experimentelle Bestimmung des Wasserstoffvolumens bereitet keine Schwierigkeiten. Der große Volumenunterschied zwischen den erwarteten Gasportionen erlaubt eine Unterscheidung der Säuren auch dann, wenn nicht besonders sorgfältig gearbeitet wird. Weiterführende Fragen beziehen sich auf die erforderliche Menge an Magnesiumpulver, auf die eventuelle Notwendigkeit, für jede Reaktion neues Magnesiumpulver einfüllen zu müssen und auf die Auswirkungen eines Magnesiumüber- bzw. -unterschusses.

Auch die experimentelle Bestimmung der Basenverbrauchswerte bereitet zunächst keine Schwierigkeiten, obwohl die Schüler/-innen auch bei diesem Experimente keinen großen Wert auf Genauigkeit legen. Überrascht vom Verhalten des Indikators während der Säurezugabe, erwartet wird eine allmähliche Veränderung der Farbe, verlieren die Schüler/-innen schnell die Geduld, „weil ja nichts passiert“, und geben größere Basenmengen auf einmal hinzu. Dabei wird in der Regel bis zu 10% übertitriert. Niemand stört sich in diesem Fall an den großen Abweichungen von den erwarteten Werten, obwohl Schüler/-innen ansonsten von Messungen

in den Naturwissenschaften unendliche Genauigkeit erwarten. Das liegt wohl daran, dass die Unterscheidung beider Stoffe auch bei größeren Messfehlern gelingt. Deshalb wird bis hierher noch nichts Neues gelernt, denn die Denkarbeit besteht hauptsächlich darin, Schulwissen zu erinnern. Geringe Schwierigkeiten treten nur dann auf, wenn der Einfluss unterschiedlicher Magnesiummengen auf den Reaktionsverlauf einzuschätzen oder deren exakter Bedarf zu berechnen ist.

Tiefergehende Denkprozesse werden erst eingeleitet, wenn die Schüler/-innen bei einem Vergleich der Basenverbrauchswerte beider Säuren feststellen, dass die Werte nicht genau zusammenpassen; einer der Verbrauchswerte muss ja genau doppelt so hoch sein, wie der andere. Fehlerursachen kann eigentlich nur eine Versuchswiederholung aufdecken. Dabei wird dann wesentlich genauer beobachtet als beim ersten Durchgang: kurzzeitige Farbänderungen an der Eintropfstelle, die mit fortschreitender Neutralisation erst durch Schütteln verschwinden, und schließlich der endgültige Farbumschlag mit nur einen einzigen Säuretropfen.

Weil sich diese Phänomene bei der Neutralisation der schwachen Säure wiederholen, werden so nicht nur die Vorgänge in der Lösung veranschaulicht, sondern auch Denkprozesse über Fehlvorstellungen zur Funktionssweise von Indikatoren und die Kriterien für starke und schwache Säuren in Gang gesetzt. Besonders bedeutsam ist die Erkenntnis, dass bei Versuchswiederholungen die ermittelten Verbrauchswerte auch bei größter Sorgfalt nicht exakt übereinstimmen. Die dadurch eingeleiteten Denkprozesse gehen über das Erinnern von Wissen hinaus. Beispielsweise ist abzuwägen, wie das Analyseergebnis vom eigenen Sehvermögen abhängt und wie groß dadurch verursachte Fehler sein könnten. Abwägen und Einschätzen von Ergebnissen sind jedoch Tätigkeiten, die die wenigsten Besucher/-innen des Labors für erforderlich halten und sich dann auch zutrauen.

Bei der Bestimmung der Neutralisationswärme gehen die Schüler/-innen nach zwei unterschiedlichen Strategien vor. Ein Teil verwendet für beide Reaktionen jeweils gleiche Volumina der äquimolaren Lösungen, wobei in beiden Fällen der gleiche Temperaturanstieg erfolgt. Ein anderer Teil verwendet für die Schwefelsäure die doppelte Basenmenge und erhält nur zwei Drittel des erwarteten Anstiegs. In beiden Fällen wurde jedoch für die Schwefelsäure der doppelte Temperaturanstieg erwartet. Deshalb werden jetzt alle Hypothesen noch einmal überdacht, alle Befunde, auch die aus den vorangegangenen Versuchen, noch einmal überprüft. Durch ihre Vorkenntnisse aus dem Unterricht können alle in Frage kommenden Möglichkeiten selbstständig erkannt, bewertet und wenn erforderlich, auch experimentell überprüft werden: die erwartungsgemäß verlaufenen Titrationen bzw. Reaktionen mit Magnesiumpulver mit ihren gut zusammenpassenden Messwerten lassen Fehler z. B. durch vorab falsch eingestellte Lösungskonzentrationen eher unwahrscheinlich erscheinen. Aus dem gleichen Grund können auch Fehler bei der Bestimmung des Wasserstoffvolumens, beispielsweise durch Fehler beim Einwiegen des Magnesiumpulvers oder eine Undichtigkeiten der Apparatur beim Auffangen des

Wasserstoffs, ausgeschlossen werden. Es bleiben noch fehlerhaftes Abmessen der Lösungen oder Wärmeabgabe an das Dewargefäß oder an die Luft.

Der Wärmeaustausch lässt sich mit Hilfe von warmem Wasser leicht quantitativ erfassen und so als Ursache für den unerwarteten Versuchsverlauf ausschließen, und durch Wiederholung der Neutralisation mit sehr sorgfältig abgemessenen Lösungsportionen, die nur wenige Minuten dauert, werden die ersten Werte ebenfalls bestätigt. Die scheinbar fehlende Wärmeportion bei der Reaktion der Schwefelsäure muss also an anderer Stelle gesucht werden. Der Wärmeverlust aus dem Dewargefäß führt schließlich zu dem Begriff spezifische Wärmekapazität der Stoffe und damit auf den richtigen Lösungsweg; eine besonders schwierige Überlegung, weil hierbei ein Phänomen einbezogen werden muss, das nur im Physikunterricht behandelt wird.

Anhand der Reaktionsgleichungen für die Neutralisationsreaktionen wird schließlich deutlich, dass bei Verwendung gleicher Säure- und Basenmengen nur die Hälfte der Schwefelsäure neutralisiert wird, mit der doppelten Basenmenge die Säure zwar vollständig neutralisiert ist, die freigesetzte Wärme sich dafür aber auf eine größere Wasserportion verteilt hat. Schüler/-innen, die diesen Zusammenhang durchschauen, können auch die zu erwartenden Temperaturänderungen in dem Ansatz mit der zur Hälfte neutralisierten Schwefelsäure bzw. dem Ansatz mit der vollständig neutralisierten Salzsäure für den Fall einer weiteren Säurezugabe voraussagen, begründen und experimentell überprüfen.

Für die Reaktionen der Essigsäure erwarten die Schüler/-innen im Vergleich zur Salzsäure kleinere Werte für den Basenverbrauch, die Wasserstoffbildung und den Wärmeumsatz. Diese Situation wird genutzt, um den Begriff Säurestärke zu charakterisieren. Das ist möglich, weil die Fehlvorstellungen über den Zusammenhang zwischen Säurestärke und Basenverbrauch bzw. Säurestärke und Säureformel durch die Diskrepanz zwischen Erwartungen und Befunden auffallen. Erwartet werden beispielsweise ein Anstieg der Säurestärke mit der Anzahl an Wasserstoffatomen in der Säureformel und des freigesetzten Wasserstoffs mit der Säurestärke. Auf pK_s -Werte wird in dieser Klassenstufe noch nicht eingegangen.

Die folgende Tabelle 15 beschreibt Anknüpfungspunkte des Experiments und in Tabelle 16 sind die Lösungswege der Schüler/-innen zusammengefasst.

Tabelle 15: Anknüpfungspunkte, die das Experiment Analyse der Säuren in einen größeren Kontext einbetten

Wärmeaustausch	Redoxreaktionen	Redoxreihe	molare Masse
molares Volumen	molare Teilchenzahl	Stoffmenge	Konzentration
Neutralisation	Maßanalyse	Wärmeenergie	Reaktionsgleichungen
Mischtemperatur	Messfehler	Fehlerminimierung	
Löslichkeit von Gasen in Flüssigkeiten	spezifische Wärmekapazität		

Tabelle 16: Versuchsverlauf, Lösungswege und Hilfestellungen bei der Analyse der Säuren

Aktion der Schüler → Befund	Absicht	Schülervorstellung	Verhalten der Betreuer/ Gesprächsthe- men	weiterführende Fragen/ Stichworte
Mg im Erlenmeyerkolben + angeschlossenem Kolbenprober mit Säure versetzen → doppeltes Wasserstoffvolumen mit Schwefelsäure	Volumen des Was- serstoffs bestimmen	Die Säurestärke ist an der chemischen Formel einer Säure erkennbar. Säurestärke beeinflusst die aus einem Metall freigesetzte Wasserstoff- menge	gewähren lassen Wie kann man Gase auffangen Kolbenprober pneumatische Wanne Wie viel Magnesium ist erforderlich Kriterien für die Säurestärke? Messgrößen bei den Reaktionen (Reaktionsdauer, Temperaturan- stieg)	Auswirkung von Magnesiumüber- bzw. - unterschuss Muss das Reaktiongefäß vor jeder Reaktion gereinigt werden? Fehlerquellen: Undichtigkeiten Kolben klemmt ☐ Druckaufbau Magnesium- unterschuss
Säuren titrieren → doppelter Basenverbrauch bei Schwefelsäure	Basenver- brauch bestimmen	Der Basenverbrauch für die Neutralisation steigt mit Säurestärke. Die Säurestärke ist an der chemischen Formel der Säure erkennbar. Messungen sind mit absoluter Genauigkeit möglich	wie oben	wie oben
Schwefelsäure bzw. Salzsäure vollständig mit Natronlauge neutralisieren → Temperaturanstieg in beiden Fällen kleiner als erwartet	Neutralisa- tionswärme bestimmen	Temperatur = Wärme	wie oben	Wärme und Temperatur Kalorimeter
alle Experimente mit Essigsäure wiederholen → Basenverbrauch und Wasserstoff- menge sind wie bei Salzsäure → Temperaturan- stieg ist geringer als bei Salzsäure	wie oben	Säurestärke beeinflusst die aus einem Metall freigesetzte Wasserstoffmenge Der Basenverbrauch für die Neutralisation steigt mit Säurestärke.	wie oben	Wärme und Temperatur Kalorimeter

5.1.2 Laborausrüstung

Im Verlauf der Entwicklungsphase des Laborkonzepts (4.1) wurde deutlich, dass selbstständige Schülerexperimente eine bestimmte Ausstattung der Arbeitsplätze erfordern. Wesentlich ist die freie Wahlmöglichkeit aller Geräte und Chemikalien und die damit verbundene Vielzahl von unterschiedlichen Experimentiermöglichkeiten. NanoBioLab verfügt über 12 solcher Arbeitsplätze mit jeweils umfangreicher Ausstattung an Chemikalien und Glasgefäßen in einem Regal auf Augenhöhe und weiteren Geräten in zwei Schubladen und einem Unterschrank (siehe folgende Abbildungen 1 – 4). Versuchsapparaturen, deren Aufbau keinen Spielraum für eigene Entscheidungen lässt - dazu gehören beispielsweise Destillations- und Elektrolyseapparaturen oder Gasentwickler - sind zu Kits zusammengestellt, die gesondert aufbewahrt und nur bei Bedarf ausgegeben werden. Gleiches gilt auch für besonders empfindliche Glasgeräte wie Büretten und Messkolben oder elektrische Messgeräte wie Leitfähigkeitsprüfer, Multimeter und Thermometer. Jeder Arbeitsplatz verfügt zudem über fließendes Wasser, einen Gasbrenner, sowie Stickstoff- Sauerstoff- und Argonanschluss. Zur allgemeinen Verfügung stehen sechs Laborwaagen, zwei Abzüge und ein Trockenschrank. An jedem Platz können bis zu vier Personen arbeiten; in der Regel bilden sich Zweier- oder Dreiergruppen.

Die Arbeitsplätze müssen am Ende einer Veranstaltung von den Schüler/-innen vollständig aufgeräumt und gesäubert werden, ansonsten wird sehr zeitaufwändige Nacharbeit erforderlich. Diese Arbeiten wurden erst zufriedenstellend bewältigt, als an jedem Platz in Klarsichtfolie eingeschweißte Fotos der gesamten Ausstattung auslagen und zusätzlich zu Praktikumsbeginn ein Zeitraum für Säuberungs- und Aufräumarbeiten festgelegt wurde. Davor lag bereits nach wenigen Praktikumstagen kaum mehr etwas an seinem Platz und fehlende Teile fanden sich häufig an den Nachbarplätzen wieder. Trotzdem wurde auf vollständige Gerätesets von Schulbedarfsherstellern, die sich durch passende Vertiefungen für alle Einzelteile leicht ordnen lassen, verzichtet. Sie lassen einen unübersehbaren Bezug zur Schule erkennen und könnten dadurch die Authentizität und den motivierende Charakter eines Forschungslabors beeinträchtigen.



Abbildung 1: Glasgeräte und Chemikalien an einem Arbeitsplatz



Abbildung 2: Arbeitsgeräte in einer Schublade



Abbildung 3: Arbeitsgeräte in einem Unterschrank



Abbildung 4: Set aus Kleinteilen für die Analyse von Coca Cola

5.2 Überblick und Diskussion zur Lernumgebung NanoBioLab

Dieses Kapitel beinhaltet eine Diskussion der wesentlichen Aufgabenkriterien: ergebnisoffene Fragestellung, Lösbarkeit in selbstständiger Arbeit, Übertragbarkeit in die Schule und eine Experimentierzeit von etwa 15 Minuten. Der geringe Zeitaufwand für die einzelnen Arbeitsschritte schafft die Möglichkeit, Schüler/-innen auch dann gewähren zu lassen, wenn sie keine oder eine ungeeignete Strategie verfolgen. Stehen Befunde im Widerspruch zu den Schülervorstellungen oder bleiben sie ganz aus, werden Denkprozesse angeregt, die über das bloße Erinnern von Unterrichtsinhalten hinausgehen.

Durch den Unterrichtsbezug stehen eine Wissensstruktur und Bausteine in Form von Fakten aus dem Chemieunterricht zur Verfügung, die selbstständiges Schlussfolgern und das Planen der weiteren Vorgehensweise ermöglichen. Probleme bei der Bearbeitung der Aufgabenstellungen entstehen durch einen Mangel an Verständnis für einfache Zusammenhänge und offenbaren Schwächen der Wissensstruktur.

Die Motivation der Schüler/-innen, scheinbar triviale Aufgabenstellungen intensiv zu bearbeiten, basiert auf der Kombination eines gut lösbaren mit einem erkennbar komplexer werdenden Aufgabenteil. Eine erfolgreiche Bearbeitung der Aufgaben erzeugt deshalb ein Gefühl von Kompetenz auch dann, wenn noch Fragen offen bleiben. Diese wiederum bieten die Möglichkeit, sich weiter zu bewähren, lassen aber auch das Prinzip naturwissenschaftlicher Forschung erkennen. Beispielsweise führt die zunächst trivial erscheinende Bestimmung des Wassergehalts einer Kartoffel rasch zu zahlreichen Fragen, die auch einen fortgeschrittenen Chemiker zu intensivem Nachdenken anregen.

Authentisch ist die Laborsituation durch die Unterbringung des Labors an der Universität, durch die Ausstattung und durch zeitgleiches Arbeiten an offenen Aufgabenstellungen mit Chemiker/-innen, die im gleichen Raum mit ihren Forschungsprojekten beschäftigt sind. In diesem Umfeld entwickelt sich Motivation zu Interesse, wenn bei regelmäßigen Laborbesuchen Lösungswege zunehmend selbstständig gefunden werden. Voraussetzung für selbstständiges Arbeiten, das zeichnet sich bei der Evaluation mehrerer Schülerlabore ab (siehe 3.1), ist die Einbindung der Praktika in den laufenden Unterricht. Bedeutsam ist zudem, das zeigen die Befunde der vorliegenden Arbeit, der offene Charakter der Aufgabenstellungen.

Nach Bruners Vorstellung ist Wissen in der kognitiven Struktur entweder enaktiv (handelnd), ikonisch (bildhaft) oder symbolisch mit einer Zunahme seiner Anwendbarkeit in der genannten Reihenfolge enthalten. Für das Experimentieren im Chemielabor muss diese Vorstellung dahingehend erweitert werden, dass Wissen in seiner enaktiven Form zunächst geschaffen werden muss. Erst dann sind die Schüler/-innen zu selbstständigem Handeln in der Lage. Denn anders als physikalische Experimente, die sich beispielsweise in der Mechanik, aber auch in

Optik und zum Teil auch in der Wärmelehre durch Ausprobieren erschließen lassen, sind die meisten Chemieexperimente dafür zu unanschaulich. Beispielsweise befasst sich die Chemie der wässrigen Lösungen bis auf wenige Ausnahmen ausschließlich mit Stoffen, die wie Wasser aussehen. Selbst interessierte und leistungsfähige Schüler/-innen sind deshalb häufig nicht in der Lage, in einer offenen Aufgabensituation Befunde zu interpretieren. Infolgedessen bleibt auch die von Neber und Anton (2008) für forschendes Experimentieren geforderte präexperimentelle Aktivität (für ein weiteres Experiment) aus. In dieser Phase soll nämlich das nächste Experiment durch Fragen und Vermutungen über ein Ergebnis vorstrukturiert werden.

Zusätzlich erschwert wird die Situation, weil viele Schüler/-innen bereits über umfangreiches Wissen in symbolischer Form verfügen und deshalb auf der Ebene der experimentell nicht zugänglichen Teilchen argumentieren und planen.

Vorkenntnisse verstellen auch häufig den Schülerblick auf den notwendigen Forschungsbedarf. Wohl deshalb werden auch die Arbeitsaufträge von vielen Schüler/-innen zunächst nicht gelesen, sondern es wird sofort und ohne bestimmte Absicht mit Experimenten begonnen. In dieses Bild passen auch die Beobachtungen von Aufschaiter et al. (2007) aus dem TechLab der Universität Hannover, wo an gängigen technischen Geräten (z.B. CD-Player) gearbeitet wird. Dort fällt auf, dass die Schüler/-innen die Versuche in ihrer Komplexität häufig nicht angemessen erfassen (siehe 3.1). Vermutlich beschränken sich ihre Aktivitäten deshalb auf die bekannte Bedienung dieser Geräte.

Wesentlich für den Erfolg der Arbeit ist auch die Einstellung des Lernenden zu geistiger Tätigkeit (Bereitschaft, Alternativen zu erkunden und Ungewissheit zu ertragen sowie Neugier und Risikobereitschaft, Intuition und intelligentes Vermuten), eine intrinsische Motivstruktur, eine Wissensstruktur aus allgemeinen umfassenden Prinzipien als Gerüst (generalisierende Grundorganisation), eine Wissensmenge, die gerade ausreicht um Verständnis zu erreichen (Ökonomie des Wissens) und seine Verwendbarkeit in zukünftigen Problemsituationen (Wirksamkeit des Wissens), (Bruner, 1964). Diese Einstellung erwerben die Schüler/-innen im Verlauf selbstständiger Arbeit (siehe 5.2).

Das Labor enthält sechs Labortische; vier davon stehen den Schülern zur Verfügung, die beiden anderen werden parallel zu den Schülerpraktika für studentische Praktika bzw. für Forschungsarbeiten genutzt. Die Laborausrüstung aus Gerätschaften und Chemikalien kann von den Schüler/-innenn wahlfrei für die Versuchskonzeption genutzt werden. Sie arbeiten dabei in Zweier- oder Dreigruppen und werden bei Bedarf von Studenten des Lehramts an Gymnasien beraten. Diese Charakteristika schaffen einen nahtlosen Übergang zwischen Schule und Forschungsbetrieb und bilden einen Teil der Ursachen für die motivierende Wirkung des Labors. Vor- und Nachbesprechung sind durch die Einbettung der Praktika in den Unterricht Unterrichtsbestandteile, sodass Besprechungen im Labor auf Begrüßung, Sicherheitsbelehrungen und

kurze Zusammenfassungen des Versuchstages durch einzelne Schülergruppen beschränkt bleiben können.

5.3 Ergebnisse der Evaluationsprojekte

Im Folgenden werden die Ergebnisse von 4 Studien (Projekte 1 – 4) dargestellt. Mithilfe dieser Studien sollte die Wirkung der Aufgabenstellungen, die im Verlauf der Entwicklungsphase konzipiert worden waren, nachgewiesen werden. Die erste Studie umfasst die Befragung von acht Klassen der Klassenstufe acht im Anschluss an je fünf Besuche im Verlauf des Schuljahres. Zusammen mit diesen Besuchern wurden drei Vergleichsklassen und eine Gruppe von 38 ausgewählten Schülerinnen befragt. Eingeschlossen in diese Studie ist auch eine Befragung der Fachlehrer der Besucherklassen.

Drei der Besucherklassen besuchten das Labor im Verlauf der Klassenstufe 9 weiterhin und wurden am Ende dieser Klassenstufe zusammen mit drei Vergleichsklassen interviewt und dabei auch mithilfe eines Fragebogens befragt (Projekt 2).

Diese sechs Klassen nahmen schließlich im Verlauf der Klassenstufe acht an Abschlusspraktika mit integrierter Fragebogenstudie teil (Projekt 3).

Das vierte Projekt ist unabhängig von den drei genannten Projekten. Es beinhaltet die Befragung von Schüler/-innen einer Klassenstufe 13, von denen ein Teil seit Beginn ihrer Klassenstufe 8 regelmäßig an Praktika teilgenommen hatten.

5.3.1 Ergebnisse der ersten Teilstudie (Projekt 1)

Ziel dieser Teilstudie war der Nachweis der motivierenden Wirkung der Praktika im NanoBio-Lab und damit auch eine Bestätigung des gesamten Konzepts mit Aufgabenstruktur, Aufbau der Arbeitsplätze und thematisch in den laufenden Unterricht integrierter Mehrfachbesuche. Art und Struktur der ermittelten Daten sind im folgenden Abschnitt 5.3.1.1 dargestellt.

Das Ausfüllen der Fragebögen fand in den Schulen statt und wurde von Lehrern beaufsichtigt. Durch zahlreiche Pannen und Missverständnisse (siehe 4.2.1.2) dort ist der Rücklauf der Fragebögen unvollständig. Die folgende Tabelle 17 zeigt eine Zusammenfassung des gesamten Rücklaufs aus den einzelnen Klassen nach Geschlechtern geordnet. Die teilnehmenden Schulen und Klassen sind darin mit Buchstaben bezeichnet, eine Zuordnung der Schulen ermöglicht Tabelle 39 (siehe 9.2). Unter dem Stichwort Typ sind die Klassen als Teilnehmer (T) oder als Kontrollklasse (K) gekennzeichnet. Die Indizes spr und mn identifizieren die Klassen als sprachlich bzw. mathematisch-naturwissenschaftlich orientiert.

Bei der statistischen Auswertung der Fragebögen wurden die Daten der Schüler/-innen aus der Schule S7 (siehe folgende Tabelle 17) nur im Hinblick auf die Schülerwünsche nach wiederholter Teilnahme an dem Praktikum ausgewertet. Grund dafür ist die vorab nicht bedachte schlechte Vergleichbarkeit dieser Schüler/-innen aus Rheinland-Pfalz mit denen aus dem Saarland. In Rheinland-Pfalz wird Chemie mit nur einer Wochenstunde unterrichtet und die Inhalte unterscheiden sich erheblich von denen im Saarland (siehe 4.2.1.1). Deshalb unterscheidet sich die Zahl der eingegangenen Fragebögen (Tabelle 17) von der Zahl der ausgewerteten Datensätze (Tabelle 18).

Tabelle 17: Fragebogenrücklauf am Ende der Klassenstufe 8

* einstündiger Unterricht ** Schülerinnen aus 30 verschiedenen Gymnasien

N_T = Praktikumsteilnehmer N_K = Kontrollklasse spr/mn = sprachliche/mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Schule	Klasse/Typ	Schülerzahl		Fragebogenrücklauf					
						männlich		weiblich	
		N _T	N _K	N _T	N _K	N _T	N _K	N _T	N _K
S1	K1/spr	30		22		9		13	
S1	K2/spr		23		23		10		13
S2	K3/mn	28		14		9		5	
S2	K4/mn	26		29		24		5	
S2	K5/spr		25		/		/		/
S2	K6/mn		27		/		/		/
S3	K7/spr	23		13		7		6	
S3	K8/spr		23		23		11		12
S4	K9/mn	31		29		22		7	
S4	K10/spr	21		21		4		17	
S4	K11/spr		23		30		5		25
S4	K12/spr	23		21		4		17	
S5	K13/spr	/		/		/		/	
S5	K14/spr		/		/		/		/
S6	K15/mn	32		24		16		8	
S7	K16*		15		15		6		9
S7	K16*	16		11		4		7	
S7	K17*		17		11		6		5
S7	K17*	12		11		4		7	
GirlsCamp	**	40		38		/		38	
Summen		282	153	233	102	103	38	130	64

Tabelle 18: Fragebogenrücklauf nach Geschlechtern.

Klassentypen ohne Berücksichtigung der Schüler/-innen aus Rheinland-Pfalz (Schule S7)

T = Praktikumssteilnehmer K = Kontrollklasse spr/mn = sprachliche/mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

	männl.	weibl.	Summe
T mn	71	25	96
K mn	/	/	/
T spr	24	53	77
K spr.	26	50	76
GirlsCamp	/	38	38

5.3.1.1 Die Lernsituation im NanoBioLab aus Sicht der Schüler/-innen

Bietet das NanoBioLab eine besonders motivierende Lernsituation? Eine Antwort auf diese Frage ermöglichen die nach Aufgaben- und Lernkontextbezug geordneten Variablen der Lernsituation des NanoBioLab. Die einzeln aufgeführten Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen ermöglichen eine Bestimmung der Gruppenunterschiede. Zudem wurden Korrelationen zwischen den Skalen geprüft und ein Vergleich aller Befunde mit denen aus der Evaluation des Teutolab (Brandt, 2005) vorgenommen, ein Labor, in dem die Besucher bei ihren Experimenten in hohem Maße angeleitet werden (Theorieteil). Der Vergleich, der durch die Verwendung des gleichen Fragebogens für die Evaluation beider Labore besonders aussagekräftig ist, zeigt, dass die nanobiolabtypischen Mehrfachbesuche und die Charakteristika seiner Aufgabenstellungen - sie sind leicht überschaubar, scheinbar trivial und durch ihren Bezug zu abgeschlossenen Unterrichtsthemen inhaltlich bekannt und bei offenem Ausgang mit einfachsten Mitteln eigenständig lösbar - die unverzichtbare Voraussetzung für den Erfolg des Labors bilden. Deshalb enthält die folgende Tabelle 19 zum Vergleich neben den eigenen nach Aufgabenbezug und Laborgestaltung geordneten Befragungsergebnissen auch die entsprechenden Daten der Gymnasialschüler/-innen aus dem Teutolab.

Alle Berechnungen wurden mit SPSS 13, einem Programm zur statistischen Datenauswertung, durchgeführt.

In der folgenden Auswertung bedeuten zunehmende Werte auf der sechsstufigen Skala mit den Endpunkten ja und nein steigende Zustimmung, obwohl die Bewertung auf den Schülerfragebögen (siehe 9.3), umgekehrt war. Diese Veränderung wurde vorgenommen, um die Darstellung der Befunde aller Evaluationsprojekte zu vereinheitlichen, Bei Items mit Negativaussage: „Ich habe mich gelangweilt.“, drückt zunehmende Ablehnung eine positive Haltung aus, was den Vergleich mit positiven Items „Besuch war interessant.“ erschwert. Deshalb wurden solche Items umcodiert, d.h. ihre Antwortwerte umgedreht.

Tabelle 19: NanoBioLab-Variablen, geordnet nach abnehmenden Mittelwerten (Skala: 6 = Zustimmung bis 1 = Ablehnung) der Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp.

Vergleiche: GirlsCamp vs. mathematisch-naturwissenschaftlich, mathematisch-naturwissenschaftlich vs. sprachlich und sprachlich vs. sprachlich.

Skala: von 6 = Zustimmung bis 1 = Ablehnung ; zum Vergleich die Ergebnisse aus dem Teutolab

Variablen	Teilnehmer	N	M	SD	F	p	F	P
mit Aufgabenbezug								
					GirlsCamp vs mathnat			
							mathnat vs sprachlich	
Intrinsische Motivation im Labor	GirlsCamp	37	5,32	,66	5,38			
	mathnat	93	4,89	1,03				
	sprachlich	76	4,22	1,34			13,74	,00
	Teutolab	98	4,67	1,06				
Gefallen am Labor	GirlsCamp	37	5,01	1,12	,09			
	mathnat	93	4,95	,98				
	sprachlich	73	4,39	1,21			10,72	,00
	Teutolab	98	5,10	0,84				
Relevanz der Inhalte des Labors	GirlsCamp	36	4,50	1,05	,41			
	mathnat	94	4,62	,94				
	sprachlich	76	3,90	1,23			18,54	,00
	Teutolab	98	4,24	1,01				
Labor -Selbstkonzept	GirlsCamp	36	4,30	1,27	,23			
	mathnat	95	4,41	1,18				
	sprachlich	74	3,71	1,38			12,38	,00
	Teutolab	98	5,21	0,80				
Extrinsische Motivation im Labor	GirlsCamp	37	2,69	1,29	9,43			
	mathnat	95	3,44	1,24				
	sprachlich	76	3,19	1,44			1,48	,22
	Teutolab	98	2,62	1,29				

mit Lernkontextbezug								
Hilfestellung durch die Betreuer	GirlsCamp	37	5,40	,85	8,13	,00		
	mathnat	92	4,69	1,40				
	sprachlich	76	4,68	1,34			,00	,94
	Teutolab	98	5,09	1,04				
Disziplin im Labor	GirlsCamp	35	5,13	1,26	9,74	,00		
	mathnat	92	4,30	1,37				
	sprachlich	74	4,62	1,33			2,30	,13
	Teutolab	98	4,98	1,08				
Bewertung der Selbstständigkeit	GirlsCamp	34	4,94	,91	4,04	,04		
	mathnat	89	4,59	,86				
	sprachlich	70	4,54	,81			,13	,71
	Teutolab	98	4,32	1,00				
Selbstständigkeit beim Arbeiten im Labor	GirlsCamp	33	4,67	,79	1,33	,25		
	mathnat	86	4,47	,86				
	sprachlich	70	4,56	,82			,45	,50
	Teutolab	98	3,75	0,95				
Kleingruppenarbeit	GirlsCamp	35	4,65	1,24	,00	,95		
	mathnat	91	4,66	1,00				
	sprachlich	72	4,70	,94			,08	,77
	Teutolab	98	4,71	0,86				

Auswertung: Varianzanalyse mit SPSS

Anmerkungen:dunkelgrau: hochsignifikanter Unterschied; Niveau $p < 0,01$ hellgrau: signifikanter Unterschied; Niveau $p < 0,05$

N=Schülerzahl, M=Mittelwert, SD=Standardabweichung

T_G = Teilnehmer am GirlsCamp,T_{mn} = Teilnehmer aus mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen,T_{spr} = Teilnehmer aus sprachlichen KlassenT_{Te} = Teilnehmer aus Teutolab

5.3.1.1.1 Variablen mit Aufgabenbezug

Übersicht

Verglichen wurden die Schüler/-innen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen mit den Schülerinnen aus dem GirlsCamp und den Schüler/-innen aus den sprachlichen Klassen.

Die Skalen mit Aufgabenbezug (intrinsische Motivation im Labor, Gefallen am Labor, Relevanz der Inhalte und Labor-Selbstkonzept) messen mit abnehmender Tendenz in der genannten Reihenfolge eine hohe Zustimmung durch die Teilnehmerinnen am GirlsCamp. Deutlich unter dem Skalenmittel liegen dagegen die Angaben dieser Schülerinnen zur extrinsischen Motivation im Labor. Unterschiede zu den Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen bestehen für beide Skalen zur Motivation; sie erfahren eine höhere Zustimmung durch die Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen. Für die Aspekte Gefallen am Labor, Relevanz der Inhalte und Labor-Selbstkonzept stimmen die Angaben beider Schülergruppen überein.

Sprachliche Klassen dagegen äußern im Vergleich zu den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen eine signifikant geringere Zustimmung zu den diesen Skalen. Eine Ausnahme bildet hier die Skala extrinsische Motivation, die von beiden Gruppen gleichermaßen bewertet wird.

Sämtliche Skalen mit Lernkontextbezug (Hilfestellung durch die Betreuer, Disziplin im Labor, Bewertung der Selbstständigkeit, Selbstständiges Arbeiten im Labor und Kleingruppenarbeit) erfahren mit abnehmender Tendenz in der genannten Reihenfolge ebenfalls eine hohe Zustimmung durch die Teilnehmerinnen am GirlsCamp. Für die ersten drei der genannten Skalen ist ihre Zustimmung signifikant höher als in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen, für die übrigen Skalen bestehen keine Unterschiede.

Keinerlei Unterschiede bestehen zwischen den sprachlichen und mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen.

Relevanz der Inhalte des NanoBioLab

Der Lebensweltbezug der Themen wird von den Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp mit $M = 4,50$ ($SD = 1,05$) angegeben, wobei kein Unterschied zu der Teilnehmer/-innen aus dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweig ($M = 4,62$; $SD = ,94$) besteht. Die Schüler/-innen des sprachlichen Zweiges messen den Themen aber eine signifikant geringere Bedeutung zu ($M_r = 3,90$; $SD = 1,23$). Im Vergleich dazu beträgt der Wert der Teutolab-Besucher/-innen: $M = 4,24$; $SD = 1,01$.

Intrinsische und extrinsische Motivation

Die intrinsische Motivation ist als Maß für die Selbstintentionalität der Aufgaben anzusehen und liegt erwartungsgemäß bei den Teilnehmerinnen am GirlsCamp ($M = 5,32$; $SD = 0,66$) höher als bei Schüler/-innen des mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweiges ($M = 4,89$; $SD = 1,03$). Diese wiederum sind höher motiviert als die Schüler/-innen aus dem sprachlichen Zweig ($M = 4,22$; $SD = 1,34$). Der Wert für die Teutolab-Besucher/-innen beträgt $M = 4,67$.

Die extrinsische Motivation, die Werte wurden nicht umgepolt, ist bei den Teilnehmerinnen am GirlsCamp ($M = 2,69$; $SD = 1,29$) geringer, als bei den mathematisch-naturwissenschaftlichen Teilnehmer/-innen ($M = 3,44$; $SD = 1,29$). Kein Unterschied dagegen besteht zwischen den mathematisch-naturwissenschaftlichen und den sprachlichen Teilnehmer/-innen ($M = 3,19$; $SD = 1,44$). Die entsprechenden Werte der Teutolab-Besucher/-innen betragen $M = 2,62$ und $SD = 1,29$.

Gefallen am NanoBioLab

Das NanoBioLab wird sowohl von den Schülerinnen des GirlsCamp ($M = 5,01$; $SD = 1,12$) als auch von den mathematisch-naturwissenschaftlichen Teilnehmer/-innen ($M = 4,95$; $SD = 0,98$) sehr positiv bewertet. Die Wertungen sind mit denen von Einmalbesucher/-innen des Teutolab ($M = 5,10$; $SD = 0,84$) vergleichbar. Die Bewertung durch die sprachlichen Teilnehmer/-innen ($M = 4,39$, $SD = 1,21$) ist signifikant niedriger, zeigt aber insgesamt ein hohes Maß an Zustimmung und erhält im Vergleich zu den Bewertungen der anderen Skalen zur Aufgabenstellung durch diese Schüler/-innen die beste Note.

NanoBioLab-Selbstkonzept

Hierbei geht es letztlich um die Frage, ob sich die Teilnehmer/-innen in der Lage sehen, die gestellten Aufgaben zu lösen. Tendenziell ist das Kompetenzgefühl bei den mathematisch-naturwissenschaftlichen Teilnehmer/-innen ($M = 4,41$; $SD = 1,18$) zwar etwas höher als bei den Teilnehmerinnen am GirlsCamp ($M = 4,30$; $SD = 1,27$), aber der Unterschied wird nicht signifikant.

Deutlich niedriger schätzen die Teilnehmer/-innen aus den sprachlichen Klassen ($M = 3,71$; $SD = 1,38$) ihre Fähigkeiten zur Lösung der Aufgaben ein. Im Vergleich dazu halten sich die Teutolab-Teilnehmer/-innen ($M = 5,21$; $SD = 0,80$) für deutlich kompetenter als alle Teilnehmer/-innen am NanoBioLab.

Zu den Teilnehmer/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen beträgt dieser Abstand 0,8 Punkte und zu den Teilnehmer/-innen aus dem sprachlichen Zweig gar 1,6 Punkte.

5.3.1.1.2 Variablen mit Lernkontextbezug

Kleingruppenarbeit

Die Arbeit in Gruppen wird von allen Teilnehmer/-innen sehr positiv bewertet und es finden sich keine Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen.

Im Einzelnen betrugen die Werte bei den Teilnehmerinnen des GirlsCamp ($M = 4,65$; $SD = 1,24$), den mathematisch-naturwissenschaftlichen Teilnehmer/-innen ($M = 4,66$; $SD = 1,00$) und den Teilnehmer/-innen aus den sprachlichen Klassen ($M = 4,70$; $SD = 0,94$). Der Vergleichswert aus dem Teutolab beträgt $M = 4,71$ bei einer Standardabweichung von $SD = 0,86$.

Hilfestellung durch die Betreuer

Diese Skala erreicht von den Skalen zum Lernkontext die höchste Bewertung. Auffällig ist die besonders gute Beurteilung durch die Teilnehmerinnen am GirlsCamp ($M = 5,40$; $SD = 0,85$), die sich darin signifikant von den mathematisch-naturwissenschaftlichen ($M = 4,69$; $SD = 1,4$) und den sprachlichen Klassen ($M = 4,68$; $SD = 1,34$) unterscheiden. Der Wert fällt auch besser aus als der Vergleichswert aus dem Teutolab ($M = 5,09$; $SD = 1,29$).

Disziplin

Erwartungsgemäß geben die Teilnehmerinnen am GirlsCamp ($M = 5,13$; $SD = 1,26$) die beste Bewertung und unterscheiden sich darin signifikant von den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen ($M = 4,30$; $SD = 1,37$).

Kein Unterschied besteht zwischen den naturwissenschaftlichen und den sprachlichen Klassen ($M = 4,62$; $SD = 1,33$). Der Vergleichswert aus dem Teutolab ($M = 4,98$; $SD = 1,08$) ist etwas besser.

Selbstständigkeit und deren Bewertung

Diese Skala besteht aus zwei Unterskalen. Mit der ersten Skala „Selbstständigkeit beim Arbeiten“ beurteilen die Schüler/-innen das didaktische Konzept des Labors im Hinblick auf eigenständiges Arbeiten. Die zweite Skala „Bewertung der Selbstständigkeit“ erfasst die persönliche Wertschätzung der einzelnen Items der Skala „Selbstständigkeit beim Arbeiten im Labor“. Alle Besucher/-innen des NanoBioLab sehen in der Arbeit im NanoBioLab einen hohen Anteil an eigenen Beiträgen: GirlsCamp ($M = 4,67$; $SD = 0,79$), mathematisch-naturwissenschaftliche Klassen ($M = 4,47$; $SD = 0,86$), sprachliche Klassen ($M = 4,54$; $SD = 0,82$). Der Vergleichswert aus dem Teutolab ($M = 3,75$; $SD = 0,95$) unterscheidet sich deutlich von diesen Werten und fällt wesentlich geringer aus. Brandt (2005, S. 166) kommentiert diese Werte folgendermaßen: „Die Frage nach der Lernform im Teutolab zeigt, dass die Schüler/-innen recht einhellig meinen, dass

sie nicht sehr eigenständig arbeiten.“ Die Zustimmung zur eigenständigen Arbeit ist in der Gruppe der GirlsCamp-Teilnehmerinnen ($M = 4,94$; $SD = 0,91$) signifikant höher als in den übrigen Gruppen: mathematisch-naturwissenschaftliche ($M = 4,59$; $SD = 0,86$) und sprachliche Klassen ($M = 4,54$; $SD = 0,81$). Der Vergleichswert aus dem Teutolab ($M = 4,32$, $SD = 1,00$) zeigt, dass die Teilnehmer/-innen dort der angeleiteten Arbeit eher zustimmen.

Einfluss des Geschlechts

Aufgrund der uneinheitlichen Zusammensetzung der Klassen (hoher/geringer Mädchenanteil in den sprachlichen/naturwissenschaftlichen Klassen) wurde eine Varianzanalyse mit dem Geschlecht als Kovariate gerechnet. Dabei zeigte sich, dass die Gruppenunterschiede nicht durch den Faktor Geschlecht moderiert werden.

5.3.1.2 Interesse an Folgebesuchen

Das Interesse an Folgebesuchen wurde mithilfe der beiden Items: „Würde auch im kommenden Jahr 1 bis 2 mal teilnehmen.“ bzw. „Würde auch im kommenden Jahr in meiner Freizeit teilnehmen, wenn sich dafür Gruppen besonderer Interessierter treffen würden“ ermittelt. Geantwortet wurde durch ankreuzen von „ja“ oder „nein“. Insgesamt 88% der Mädchen und 85% der Jungen wollen das Labor weiterhin im Klassenverband besuchen. Von den sprachlichen Klassen sind das 87%, von den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen 95% und von den Teilnehmerinnen am GirlsCamp 73% der Schüler/-innen. Mit 43% bzw. 38% deutlich geringer ist das Interesse an Folgebesuchen bei den Schüler/-innen aus Rheinland-Pfalz, die das Labor in einer Gruppe aus je einer Hälfte zweier Parallelklassen (siehe folgende Tabelle 18, RP) besuchten. Auffällig ist, dass acht der neun Interessenten aus einer der beiden Klassen stammen. Das geringe Interesse der Schüler/-innen aus der Parallelklasse war bereits beim zweiten Laborbesuch erkennbar und bestand nach Auskunft der Fachlehrerin beider Klassen auch im Chemieunterricht. Bei der Bewertung der Befunde sind die Unterschiede in den Rahmenbedingungen dieser Schüler/-innen gegenüber den Besucher/-innen aus dem Saarland zu berücksichtigen: einstündiger Chemieunterricht, ein besonders langer Anfahrtsweg und das Fehlen eines Ausgleichs für den erhöhten Zeitaufwand infolge der Laborbesuche.

Das Interesse an Folgebesuchen in klassenübergreifenden Gruppen war erwartungsgemäß geringer. Insgesamt 36% Prozent der Mädchen und 41% der Jungen wollten das Labor weiterhin auch in klassenübergreifenden Gruppen besuchen. Von den sprachlichen Klassen sind das 32%, von den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen 59% der Schüler/-innen und von den Teilnehmerinnen am GirlsCamp 70%. Der Anteil an Schüler/-innen aus Rheinland-Pfalz mit Interesse an Folgebesuchen in klassenübergreifenden Gruppen beträgt 36%. Unterteilt nach Mädchen und Jungen beträgt der Anteil an Interessierten innerhalb der sprachlichen Klassen 26%, bzw. 45%, in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen 68% bzw. 56% und bei den Schüler/-innen aus Rheinland-Pfalz 14% bzw. 25%.

Folgende Tabellen 20 und 21 zeigen die Ergebnisse für die einzelnen Teilnehmergruppen im Überblick. Die Benennungen der einzelnen Klassen ermöglicht einen Vergleich der ausgewerteten Klassen mit der Gesamtmenge der an dem Projekt beteiligten Klassen (siehe 5.3.1, Tabelle 17). Diagramm 1 enthält eine zusammenfassende Veranschaulichung der Angaben der vier unterschiedlichen Schülergruppen: Schülerinnen aus dem GirlsCamp, Schüler/-innen aus sprachlichen und naturwissenschaftlichen Klassen sowie den Teilnehmer/-innen aus Rheinland-Pfalz.

Tabelle 20: Interesse an Folgebesuchen im Klassenverband

S = Schule, spr: sprachliche Klassen, mn: mathematisch-naturwissenschaftliche Klassen

GC = GirlsCamp, Schülerinnen aus 30 verschiedenen Schulen

RP = Schüler/innen aus Rheinland-Pfalz; keine Unterteilung in spr. und mn;

Schule	Gruppe/Typ	Schülerzahl		Interesse an Folgebesuche			
		Jungen	Mädchen	Jungen	Mädchen	Jungen/%	Mädchen/%
/	GC/	/	33	/	24	/	73
S1	K1/spr1	9	13	6	10	67	77
S2	K3/mn4	9	5	9	5	100	100
S2	K4/mn3	23	5	23	5	100	100
S3	K7/spr2	7	5	6	5	86	100
S4	K9/mn1	20	7	20	7	100	100
S4	K10/spr4	3	18	3	16	100	89
S4	K12/spr3	3	17	3	16	100	94
S6	K15/mn2	16	8	13	8	69	100
S7	K16/RP	4	7	3	5	75	71
S7	K17/RP	4	7	1	0	25	0

Tabelle 21: Interesse an Folgebesuchen in klassenübergreifenden Gruppen

S = Schule, spr: sprachliche Klassen, mn: mathematisch-naturwissenschaftliche Klassen

GC = GirlsCamp, Schülerinnen aus 30 verschiedenen Schulen

RP = Schüler/innen aus Rheinland-Pfalz; keine Unterteilung in spr. und mn;

Schule	Gruppe/Typ	Schülerzahl		Interesse an Folgebesuche			
		Jungen	Mädchen	Jungen	Mädchen	Jungen/%	Mädchen/%
/	GC/	/	33	/	23	/	70
S1	K1/spr1	9	13	2	3	22	23
S2	K3/mn4	9	5	4	3	44	60
S2	K4/mn3	23	5	16	2	70	40
S3	K7/spr2	7	5	4	1	57	20
S4	K9/mn1	20	7	12	7	60	100
S4	K10/spr4	3	18	2	7	67	39
S4	K12/spr3	3	17	2	3	67	18
S6	K15/mn2	16	8	6	5	38	63
S7	K16/RP	4	7	2	2	50	28
S7	K17/RP	4	7	0	0	0	0

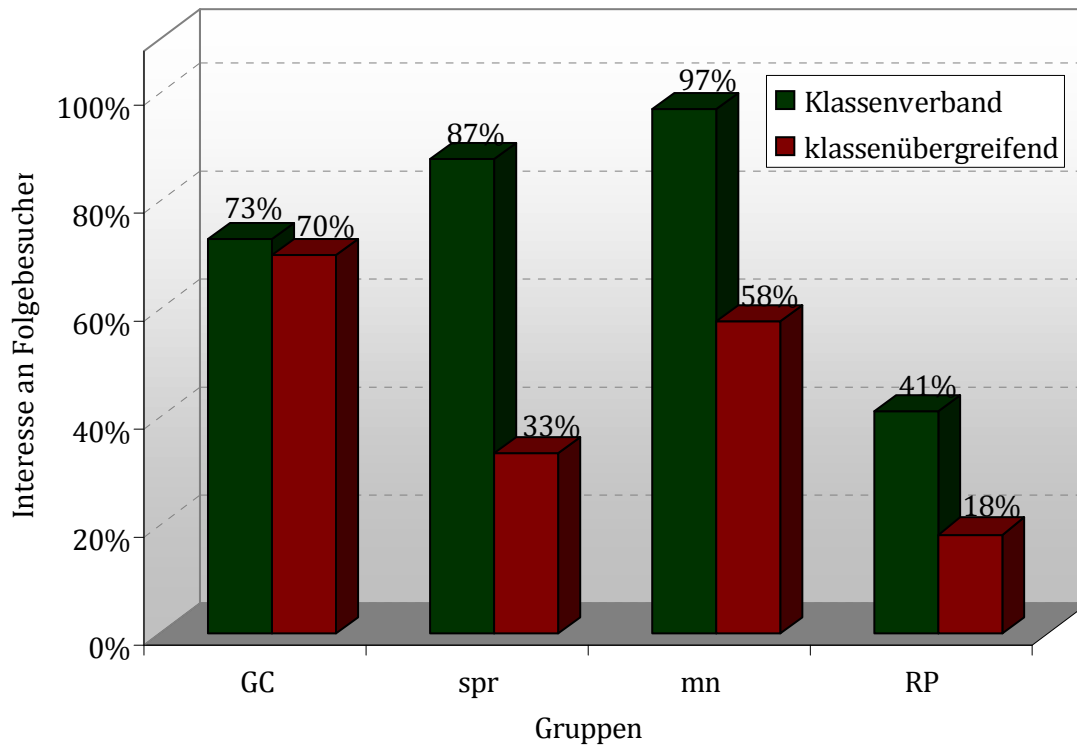


Diagramm 1: Interesse an Folgebesuchen im Klassenverband und in klassenübergreifenden Gruppen.

GC = Girlcamp, spr = sprachliche Klassen, mn = naturwissenschaftliche Klassen, Klassen aus Rheinland-Pfalz

5.3.1.3 Korrelationen der NanoBioLab-Skalen

Die folgenden Angaben beziehen sich auf den Fragebogen für die Klassenstufe 8 (siehe 9.3). Die Skalenrelationen nach Pearson sind in der folgenden Tabelle 22 nach abnehmenden Werten für den Korrelationskoeffizienten r geordnet und werden auch in dieser Reihenfolge besprochen. Der größte Zusammenhang besteht zwischen der intrinsischen Motivation der Schüler/-innen und der Relevanz der Inhalte ($r = 0,676$). In gleichem Maße hängt die intrinsische Motivation auch mit der Skala Gefallen am Lab ($r = 0,621$) und die wiederum mit dem Zutrauen der Schüler/-innen in ihre eigenen Fähigkeiten (Skala Selbstkonzept der Begabung; $r = 0,580$) zusammen. Das Selbstkonzept der Begabung wiederum korreliert in hohem Maße mit der intrinsischen Motivation $r = 0,544$). Auch das Gefühl von Autonomie (Skala Bewertung der Selbstständigkeit) ist bedeutsam, denn es korreliert sowohl mit der persönlichen Bedeutung der Tätigkeit im Lab (Relevanz der Inhalte; $r = 0,50$) als auch mit dem Gefallen am Labor ($r = 0,50$). Deutlich geringer sind Korrelationen mit den Skalen Kleingruppenarbeit und Verstehen der Lehrkraft.

Tabelle 22: Korrelationen nach Pearson der NanoBioLab-Skalen nach absteigenden Korrelationskoeffizienten

Zum Vergleich die entsprechenden Werte aus dem Teutolab.

		N	r(NanoBioLab)	r(Teutolab)	p
Intrinsische Motivation	Relevanz der Inhalte	225	0,67	0,62	0,00
Intrinsische Motivation	Gefallen	223	0,62	0,56	0,00
Selbstkonzept der Begabung	Gefallen	219	0,58	0,36	0,00
Selbstkonzept der Begabung	Intrinsische Motivation	219	0,54	0,41	0,00
Relevanz der Inhalte	Gefallen	222	0,54	0,62	0,00
Bewertung der Selbstständigkeit	Relevanz der Inhalte	210	0,50	0,37	0,00
Bewertung der Selbstständigkeit	Gefallen	206	0,50	0,32	0,00
Gefallen	Kleingruppenarbeit	221	0,38	0,61	0,00
Gefallen	Hilfe durch Betreuer	221	0,17	0,44	0,00
Intrinsische Motivation	Kleingruppenarbeit	217	0,27	0,52	0,00
Intrinsische Motivation	Hilfe durch Betreuer	224	0,11	0,27	0,08

5.3.1.4 Vergleiche zwischen Teilgruppen

Im Folgenden werden zunächst die Mittelwerte aller an der Untersuchung beteiligten Gruppen betrachtet: Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp, Teilnehmer/-innen aus mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen, Teilnehmer/-innen aus sprachlichen Klassen und die sprachlichen Kontrollklassen (siehe 4.2.1.1). Verglichen werden die Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp mit den mathematisch-naturwissenschaftlichen Teilnehmer/-innen, letztgenannte mit den sprachlichen Teilnehmer/innen und die sprachlichen Teilnehmer/-innen mit den sprachlichen Kontrollklassen. Die Bewertungsskala reicht von 6 = Zustimmung bis 1 = Ablehnung. Negativ formulierte Items wurden für die Auswertung umgepolt. Die verwendeten Abkürzungen bedeuten M_G = Mittelwerte der GirlsCamp-Teilnehmerinnen, M_{mn} = Mittelwerte der Teilnehmer/-innen der mathematisch-naturwissenschaftlicher Klassen, M_{Tspr} = Mittelwerte der Teilnehmer/-innen aus sprachlichen Klassen, M_{Vspr} Mittelwerte der Schüler/-innen sprachlicher Kontrollklassen und T_T gymnasiale Teilnehmer/-innen am Teutolab. Geordnet sind die Skalen jeweils nach abnehmendem Interesse der Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp (siehe folgende Tabelle 23). Im Anschluss an die Tabelle werden ihre wesentlichen Aussagen noch einmal zusammengefasst.

Tabelle 23: Abhängige Variablen nach abnehmenden Mittelwerten der Teilnehmerinnen am GirlsCamp. **Vergleiche:** GirlsCamp vs. mathematisch-naturwissenschaftlich, mathematisch-naturwissenschaftlich vs. sprachlich und sprachlich vs. sprachlich. Skala: von 6 = Zustimmung bis 1 = Ablehnung
Zum Vergleich die Ergebnisse aus dem Teutolab (T_{Te})

		N	M	SD	F	p	F	p
					GirlsCamp vs math-nat		math-nat vs sprachl	
					sprachl vs sprachl			
Motivationale Effekte								
Thematisches Sachinteresse	T _G	35	5,00	,81	1,27,26		19,47,00	
	T _{mn}	90	4,80	,91				
	T _{spr}	73	4,12	1,05	1,43,23			
	V _{spr}	74	3,90	1,17				
	T _{Te}	99	3,88	0,89				
Kontextuelles Sachinteresse	T _G	35	4,86	,86	3,11,08		3,90,05	
	T _{mn}	92	4,57	,82				
	T _{spr}	72	4,31	,83	,23,62			
	V _{spr}	72	4,25	,80				
	T _{Te}	99	3,99	0,91				
Fachbezogenes Selbstkonzept in Chemie	T _G	37	4,83	1,14	,78,37		7,80,00	
	T _{mn}	94	4,63	1,22				
	T _{spr}	73	4,04	1,49	1,17,28			
	V _{spr}	74	3,81	1,01				
	T _{Te}	96	4,62	1,08				
Lebensweltliche Relevanz	T _G	35	4,71	1,11	,86,35		27,09,00	
	T _{mn}	92	4,50	1,12				
	T _{spr}	74	3,50	1,35	,06,80			
	V _{spr}	74	3,45	1,09				
	T _{Te}	96	3,93	1,09				

Tätigkeitsbezogenes Sachinteresse	T _G	35	3,65	,87	,94,33			
	T _{mn}	92	3,46	1,01			13,69,00	
	T _{spr}	72	2,84	1,14	1,75,188			
	V _{spr}	72	3,07	,96				
	T _{Te}	99	3,69	0,67				
Geschlechterstereotype	T _G	37	1,89	1,15	24,38,00			
	T _{mn}	91	3,29	1,55			9,01,00	
	T _{spr}	71	2,56	1,47	,53,46			
	V _{spr}	73	2,73	1,23				
	T _{Te}	96	1,94	1,36				
Emotional-affektive Aspekte des Gegenstands								
Intrinsische Motivation in Chemie	T _G	36	5,17	,94	4,35,03			
	T _{mn}	95	4,71	1,19			13,32,00	
	T _{spr}	75	3,96	1,48	1,39,24			
	V _{spr}	74	3,70	1,15				
	T _{Te}	232	4,08	1,38				
Bewertung der Vorgehensweise im Chemieunterricht	T _G	36	4,64	,80	8,37,00			
	T _{mn}	91	4,18	,81			3,14,07	
	T _{spr}	70	3,93	,97	,40,52			
	V _{spr}	72	3,83	,85				
	T _{Te}							
Faszination für die Naturwissenschaften	T _G	36	4,30	,93	,40,52			
	T _{mn}	93	4,18	,96			,28,59	
	T _{spr}	73	4,10	,92	3,0808			
	V _{spr}	73	3,82	1,01				
	T _{Te}	98	3,39	1,09				

Freude am Chemieunterricht	T _G	35	4,25	1,20	1,70 ,19			
	T _{mn}	94	3,95	1,16			21,39 ,00	
	T _{spr}	73	3,04	1,35				
	V _{spr}	71	2,89	1,13	,55 ,45			
	T _{Te}	266	3,16	1,15				
Extrinsische Motivation in Chemie	T _G	37	3,48	1,34				
	T _{mn}	94	3,65	1,32	,46 ,497			
	T _{spr}	75	3,83	1,42			,72 ,39	
	V _{spr}	74	3,90	,98	,10 ,745			
	T _{Te}	119	3,82	1.36				
Variablen des resultierenden Verhaltens								
Interesse an naturwissenschaftlichen Berufen	T _G	37	5,00	1,11	12,68 ,00			
	T _{mn}	94	3,90	1,71			11,29 ,00	
	T _{spr}	75	3,00	1,76	5,54 ,02			
	V _{spr}	75	2,35	1,63				
	T _{Te}		2,70	1,46				
Änderungswünsche am Chemieunterricht	T _G	36	4,95	,76	16,25 ,00			
	T _{mn}	94	4,21	,99			,26 ,60	
	T _{spr}	74	4,29	,98				
	V _{spr}	73	4,04	,95	2,34 ,12			
	T _{Te}							
Allgemeines Selbstkonzept der Begabung	T _G	35	4,63	,91	1,34 ,24			
	T _{mn}	94	4,40	1,02			,00 ,94	
	T _{spr}	73	4,42	1,16	2,02 ,15			
	V _{spr}	74	4,15	1,07				
	T _{Te}							

Freizeitinteresse an Chemie	T _G	37	3,85	1,03	4,08 ,04			
	T _{mn}	93	3,44	1,07			11,98 ,00	
	T _{spr}	73	2,84	1,13	2,34 ,12			
	V _{spr}	72	2,54	1,21				
	T _{Te}	99	2,41	1,03				

Auswertung: Varianzanalyse mit SPSS

Anmerkungen

dunkelgrau: hochsignifikanter Unterschied; Niveau $p < 0,01$

hellgrau: signifikanter Unterschied; Niveau $p < 0,05$

N=Schülerzahl, M=Mittelwert, SD=Standardabweichung

T_G = Teilnehmer am GirlsCamp,

T_{mn} = Teilnehmer aus mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen,

T_{spr} = Teilnehmer aus sprachlichen Klassen

V_{spr} = sprachliche Vergleichsklassen

T_{Te} = Teilnehmer aus Teutolab

5.3.1.4.1 Motivationale Effekte

Übersicht

Die Skalen thematisches und kontextuelles Sachinteresse, chemiebezogenes Selbstkonzept, intrinsische Motivation für Chemie und die lebensweltliche Relevanz der Chemie messen mit abnehmender Tendenz in der genannten Reihenfolge eine hohe Zustimmung durch die Teilnehmerinnen am GirlsCamp. Nahe am Skalenmittel dagegen liegen ihre Angaben zum tätigkeitsbezogenen Sachinteresse. Im Vergleich mit den anderen Schülergruppen sinkt die Zustimmung zu den meisten Skalen in der Reihenfolge Teilnehmerinnen am GirlsCamp, mathematisch-naturwissenschaftliche Klassen, sprachliche Teilnehmer/-innen und sprachliche Vergleichsgruppen. Eine Ausnahme bildet hierbei die Bewertung der Geschlechterstereotype, denen die mathematisch-naturwissenschaftlichen Teilnehmer/-innen hochsignifikant stärker zustimmen als die Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp.

Für alle anderen Aspekte stimmen die Angaben der Schülerinnen aus dem GirlsCamp mit denen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen überein. Die Unterschiede zwischen den Angaben der Schüler/-innen der sprachlichen und mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen sind dagegen für alle Aspekte signifikant. Zwischen den Teilnehmer- und Kontrollklassen aus dem sprachlichen Bereich finden sich keine signifikanten Unterschiede.

Werte aus der Evaluation des Teutolab liegen für das thematische und das kontextuelle Sachinteresse sowie für die lebensweltliche Relevanz am nächsten an den Werten der Schüler/-innen aus den sprachlichen Klassen. Für das Selbstkonzept im Fach Chemie und das tätigkeitsbezogene Sachinteresse liegen diese Werte am nächsten an den Angaben der Schüler/-

innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen, im Bezug auf die Geschlechterstereotype am nächsten an den Angaben der Schülerinnen aus dem GirlsCamp.

Im Folgenden sind die Ergebnisse einzeln beschrieben.

Thematisches Sachinteresse

Die Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp ($M_G = 5,00$) und die Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen ($M_{mn} = 4,80$) zeigen einheitlich großes Interesse an den Themen des Chemieunterrichts. Hochsignifikant geringer als bei letztgenannten ist das Interesse der sprachlich orientierten Teilnehmer/-innen ($M_{Tspr} = 4,12$). Keinen Unterschied dagegen findet man zwischen Teilnehmer/-innen und Kontrollklassen ($M_{Vspr} = 3,90$) aus dem sprachlichen Bereich.

Kontextuelles Sachinteresse

Diese Skala erfasst die Schülermeinung über Zusammenhänge und Anwendungen, in denen die Themen der Chemie im Unterricht behandelt werden sollten. Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp und Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen haben gleichermaßen großes Interesse an den Kontexten ($M_G = 4,86$; $M_{mn} = 4,57$). Letztgenannte interessieren sich jedoch signifikant mehr für die Kontexte als die Teilnehmer/-innen aus den sprachlichen Klassen ($M_{Tspr} = 4,31$); die wiederum weisen keinen Unterschied zu den Kontrollklassen aus dem sprachlichen Bereich auf ($M_{Vspr} = 4,25$).

Fachbezogenes Selbstkonzept der Begabung im Fach Chemie

Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp und Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen haben großes Zutrauen in die eigenen Fähigkeiten im Unterrichtsfach Chemie ($M_G = 4,83$; $M_{mn} = 4,63$). Hochsignifikant geringer ist dieses Zutrauen bei den Schüler/-innen aus dem sprachlichen Bereich ($M_{Tspr} = 4,04$ bzw. $M_{Vspr} = 3,81$). Zwischen den beiden sprachlichen Gruppen besteht kein Unterschied.

Lebensweltliche Relevanz

Diese Skala beinhaltet die persönliche Bedeutung der Chemie und des Chemieunterrichts. Zwischen den Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp ($M_G = 4,71$) und den Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen ($M_{mn} = 4,50$) findet sich kein Unterschied. Im Vergleich zu den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen hochsignifikant geringer ist die Bedeutung der Chemie für die Schüler/-innen aus den sprachlichen Teilnehmerklassen ($M_{Tspr} = 3,50$), die wiederum keinen Unterschied zu den sprachlichen Vergleichsklassen aufweisen ($M_{Vspr} = 3,45$).

Tätigkeitsbezogenes Sachinteresse

Diese Skala beinhaltet gängige Tätigkeiten im Chemieunterricht: „Den Lehrer bei einem Versuch beobachten“, „Filme zur Chemie anschauen“ usw. Die Mittelwerte der Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp ($M_G = 3,65$) und der Teilnehmer/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen ($M_{mn} = 3,46$) liegen deutlich unter den Bewertungen der vorangegangenen Skalen. Die Unterschiede zur Skala lebensweltliche Relevanz z.B. beträgt 1,06 für die Teilnehmerinnen am GirlsCamp bzw. 1,04 für die mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen. Die Unterschiede zwischen beiden Gruppen sind nicht signifikant. Hochsignifikant geringer als die mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen interessieren sich die Teilnehmer- und Vergleichsklassen aus dem sprachlichen Bereich für die Tätigkeiten im Chemieunterricht ($M_{Tspr} = 2,82$; $M_{Vspr} = 3,07$); kein Unterschied besteht jedoch zwischen den beiden sprachlichen Gruppen.

Geschlechterstereotype

Eine deutliche Ablehnung erfahren die Geschlechterstereotype. Der Mittelwert liegt bei den Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp mit 1,89 fast am Ende der bis 6 reichenden Skala und unterscheidet diese Schülerinnen hochsignifikant von den Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen, die den Stereotype mit einem Mittelwert von 3,29 in deutlich höherem Maße zustimmen. Auch die Schüler/-innen der sprachlich orientierten Klassen ($M = 2,56$) lehnen die Stereotype hochsignifikant stärker ab als die Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen. Kein Unterschied jedoch besteht zwischen den Schüler/-innen aus den sprachlichen Klassen, wobei der Mittelwert der Vergleichsklassen $M_{Vspr} = 2,73$ beträgt.

5.3.1.4.2 Emotional-affektive Aspekte des Gegenstands

Übersicht

Die Skalen intrinsische Motivation, Bewertung der Vorgehensweise im Chemieunterricht, Faszination an den Naturwissenschaften und Freude am Chemieunterricht messen mit abnehmender Tendenz in der genannten Reihenfolge eine hohe Zustimmung durch die Teilnehmerinnen am GirlsCamp. Nahe am Skalenmittel liegen ihre Angaben zur extrinsischen Motivation. Im Vergleich mit den anderen Schülergruppen sinkt die Zustimmung tendenziell jeweils in der Reihenfolge Teilnehmerinnen am GirlsCamp, mathematisch-naturwissenschaftliche Klassen, sprachliche Teilnehmer/-innen und sprachliche Vergleichsgruppen. Werte aus der Evaluation des Teutolab liegen gegebenenfalls am nächsten an den Werten der Schüler/-innen aus den sprachlichen Klassen. Im Vergleich zu den Schülerinnen aus dem GirlsCamp ist die

intrinsische Motivation für das Fach Chemie und die Bewertung der Vorgehensweise im Chemieunterricht bei den Schüler/-innen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen signifikant geringer. Im Vergleich mit den Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen sind in den sprachlichen Klassen intrinsische Motivation für das Fach Chemie und die Freude am Chemieunterricht signifikant kleiner. Zwischen den Teilnehmer/-innen und Kontrollklassen aus dem sprachlichen Bereich bestehen signifikante Unterschiede hinsichtlich des Berufswunschs: Schüler/-innen aus den Experimentalgruppen zeigen gegenüber den sprachliche orientierten Klassen signifikant größeres Interesse an naturwissenschaftlichen Berufen. Weitere Unterschiede zwischen beiden Klassen zeigt eine Analyse einzelner Items (siehe 5.3.1.5.). Im Folgenden sind die Ergebnisse einzeln beschrieben.

Intrinsische Motivation

Sowohl für die Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp ($M_G = 5,17$) als auch für die Teilnehmer/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen ($M_{mn} = 4,71$) hat die Bearbeitung kniffliger Probleme und der Wunsch nach Verstehen einen besonders hohen Stellenwert, wobei die Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp signifikant höher motiviert sind. Hochsignifikant größer im Vergleich zu den Teilnehmer/-innen aus den sprachlichen Klassen ($M_{Tspr} = 3,96$) ist die Motivation der Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen. Keinen Unterschied findet man zwischen den sprachlichen Teilnehmer/-innen und den sprachlichen Vergleichsklassen ($M_{Vspr} = 3,70$).

Bewertung der Vorgehensweise im Chemieunterricht

Hierbei geht es um die eigenständige Unterrichtsarbeit an offenen Fragestellungen. Der Wunsch danach ist bei den Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp ($M_G = 4,64$) signifikant größer als bei den Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen ($M_{mn} = 4,18$). Hochsignifikant geringer gegenüber letztgenannten ist das Interesse an solchen Aufgabenstellungen bei den Teilnehmer/-innen aus den sprachlichen Klassen ($M_{spr} = 3,93$). Kein Unterschied dagegen besteht zwischen den Teilnehmer/-innen und den Vergleichsgruppen aus dem sprachlichen Bereich ($M_{Vspr} = 3,83$).

Faszination von Naturwissenschaften

Hierbei geht es um nicht näher beschriebene Vorgänge im menschlichen Körper, Angaben zum atomaren Aufbau der Welt und Vorgänge aus der Lebenswelt der Schüler/-innen wie beispielsweise Kochen, Grillen und Backen, Haare bleichen, Kraftstoff in Fahrzeugen usw. Gleichermäßen fasziniert von diesen Themen sind die Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp ($M_G = 4,30$) und die Schüler/-innen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen ($M_{mn} = 4,18$) sowie im Vergleich zu letztgenannten auch die Teilnehmer/-innen ($M_{Tspr} = 4,10$) aus dem sprachlichen

Bereich. Zwischen den sprachlichen Teilnehmer/-innen und den sprachlichen Vergleichsklassen ($M_{V_{spr}} = 3,82$) findet man ebenfalls keinen Unterschied.

Freude am Chemieunterricht

Inhalt dieser Skala ist die Wertschätzung von Chemieunterricht allgemein. Kein Unterschied besteht zwischen den Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp ($M_G = 4,25$) und den Schüler/-innen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen ($M_{mn} = 3,95$). Die Schüler/-innen der sprachlichen Teilnehmerklassen ($M_{T_{spr}} = 3,04$) haben im Vergleich zu den mathematisch-naturwissenschaftlichen Schüler/-innen ein hochsignifikant geringeres Interesse am Chemieunterricht, wobei der Unterschied zwischen diesen Gruppen mit 0,91 recht groß ist. Keinen Unterschied findet man zwischen den sprachlichen Teilnehmer/-innen und den Vergleichsklassen aus dem sprachlichen Bereich ($M_{V_{spr}} = 2,89$).

Extrinsische Motivation

Hier findet man keine signifikanten Unterschiede zwischen den Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp ($M_G = 3,48$) und den Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Gruppen ($M_{mn} = 3,65$), den mathematisch-naturwissenschaftlichen Schüler/-innen und den sprachlichen Teilnehmer/-innen ($M_{T_{spr}} = 3,83$) bzw. den sprachlichen Teilnehmer/-innen und sprachlichen Vergleichsklassen ($M_{V_{spr}} = 3,90$).

5.3.1.4.3 Variablen des resultierenden Verhaltens

Übersicht

Die Skalen Berufsinteresse, selbstständiges Experimentieren in der Schule und allgemeines Selbstkonzept der Begabung messen mit abnehmender Tendenz in der genannten Reihenfolge eine hohe Zustimmung durch die Teilnehmerinnen am GirlsCamp. Nahe am Skalenmittel liegen ihre Angaben zur extrinsischen Motivation. Im Vergleich der Schülergruppen sinkt die Zustimmung zu den meisten Skalen in der Reihenfolge Teilnehmerinnen am GirlsCamp, mathematisch-naturwissenschaftliche Klassen, sprachliche Teilnehmer und sprachliche Vergleichsgruppen. Werte aus der Evaluation des Teutolab liegen gegebenenfalls am nächsten an den Werten der Schüler/-innen aus den sprachlichen Klassen. Im Vergleich zu den Schülerinnen aus dem GirlsCamp ist das Interesse an Berufen mit Bezug zur Chemie und am selbstständigen Experimenten in der Schule bei den Schüler/-innen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen hochsignifikant und dem Freizeitinteresse an Chemie signifikant geringer. Im Vergleich mit den Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen sind in den sprachlichen Klassen das Interesse an Berufen mit Bezug zur Chemie und an chemischen

Themen in der Freizeit hochsignifikant kleiner. Zwischen den Teilnehmer/-innen und Kontrollklassen aus dem sprachlichen Bereich bestehen hochsignifikante Unterschiede hinsichtlich des Interesses an Berufen mit einem Bezug zur Chemie. Im Folgenden sind die Ergebnisse einzeln beschrieben.

Interesse an naturwissenschaftlichen Berufen

Das größte Interesse an naturwissenschaftlichen Berufen äußern die Schülerinnen aus dem GirlsCamp ($M_G = 5,0$). Es wurde mit dem Item „Mein zukünftiger Beruf sollte schon etwas mit Naturwissenschaften zu tun haben.“ ermittelt und unterscheidet sich hochsignifikant und mit einer auffallend großen Differenz von 1,1 vom Berufsinteresse der Schüler/-innen aus mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen ($M_{mn} = 3,9$). Wiederum hochsignifikant geringer als bei den Schüler/-innen aus dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich ist das Berufsinteresse der Teilnehmer/-innen aus dem sprachlichen Bereich ($M_{Tspr} = 3,0$). Im Vergleich zu dieser Gruppe ist das Interesse der Schüler/-innen aus den sprachlichen Vergleichsklassen ($M_{Vspr} = 3,35$) wiederum hochsignifikant geringer, der einzige durch Vergleiche von Skalenmittelwerten nachweisbare Unterschied zwischen sprachlichen Teilnehmern und sprachlichen Vergleichsgruppen.

Änderungswünsche am Chemieunterricht

Die Skala Experimentieren in der Schule, schulischer Alltag beinhaltet Veränderungsvorschläge für den Chemieunterricht. Angesprochen sind die experimentellen Möglichkeiten sowie der Umfang an eigenständiger und kreativer Arbeit. Die größte Zustimmung zu den Vorschlägen findet man bei den Teilnehmerinnen am GirlsCamp ($M_G = 4,95$), d.h. bei ihnen herrscht die größte Unzufriedenheit mit den Verhältnissen in der Schule. Hochsignifikant zufriedener mit dem Unterricht sind die Schüler/-innen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen ($M_{mn} = 4,21$). Zwischen ihnen und den Teilnehmer/-innen ($M_{Tspr} = 4,29$) sowie Nichtteilnehmer/-innen ($V_{spr} = 4,04$) aus den sprachlichen Klassen finden sich keine Unterschiede.

Allgemeines Selbstkonzept der Begabung.

Es geht hierbei um eine Einschätzung der Begabung über den Chemieunterricht hinaus. Unterschiede findet man weder zwischen den Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp ($M_G = 4,63$) und den Teilnehmer/-innen aus den naturwissenschaftlichen Klassen ($M_{mn} = 4,40$) noch zwischen den naturwissenschaftlichen Klassen und den Teilnehmer/-innen aus den sprachlichen Klassen ($M_{Tspr} = 4,42$). Die sprachlichen Teilnehmer/-innen unterscheiden sich auch nicht von den sprachlichen Vergleichsklassen ($M_{Vspr} = 4,15$).

Freizeitinteresse an Chemie

Inhalt ist die Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen in der Freizeit der Schüler/-innen, die mit Items ermittelt wurden wie „Ich sehe mir Fernsehsendungen an, die mit Chemie zu tun haben.“, „Ich denke über chemische Prozesse nach, z.B. darüber, wie der sortierte Müll weiterbehandelt wird.“, „Ich spreche mit Freunden/Freundinnen über Themen aus dem Bereich der Chemie.“ usw. Das größte Interesse an solchen Tätigkeiten findet man bei den Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp ($M_G = 3,85$), die sich in ihrer Freizeit damit signifikant häufiger beschäftigen als die Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen ($M_{mn} = 3,44$). Deren Interesse ist wiederum hochsignifikant größer als das der Teilnehmer/-innen aus den sprachlichen Klassen ($M_{Tspr} = 2,84$). Kein signifikanter Unterschied besteht zwischen letztgenannten und den sprachlichen Vergleichsklassen ($M_{Vspr} = 2,54$). Sie setzen sich in ihrer Freizeit kaum mit solchen Themen auseinander.

5.3.1.5 Analyse von Einzelitems

Übersicht

Für die drei Skalen des „Sachinteresses am Chemieunterricht (= Aufgabenwichtigkeit)“ sowie für die Skala „Faszination an naturwissenschaftlichen Phänomenen“ wurden auch die Mittelwerte aller Einzelitems untersucht. Die Skalenauswahl ist begründet durch ihre besondere Bedeutung sowie die vergleichsweise geringen Skalenreliabilitäten (siehe 4.3.1, Tabelle 7). Bei der Analyse wurden Unterschiede zwischen Teilnehmer- und Kontrollklassen aus dem sprachlichen Bereich aufgedeckt, die beim Vergleich ganzer Skalen verborgen blieben.

Die Analyse zeigt zunächst, dass sich die Items dieser Skalen jeweils zu zwei Gruppen ordnen und durch Kriterien eindeutig beschreiben lassen. Zwischen diesen Itemgruppen bestehen signifikante Unterschiede in der Zustimmung durch alle Schüler/-innen, d.h. es gibt „beliebte“ und „unbeliebte“ Items. In den folgenden Tabellen 22, 23, 24 und 25 sind sie mit dem Begriff „Signifikanzgrenze für die sprachlichen Klassen“ gegeneinander abgetrennt.

Unterschiede zwischen den Teilnehmer- und Vergleichsgruppen aus dem sprachlichen Zweig betreffen hauptsächlich die beliebteren Items. In der Skala des thematischen Sachinteresses betrifft die signifikant höhere Zustimmung die Items „Säuren“ und „Wasser“. Die hohe Zustimmung zum Item Säuren lässt sich durch die häufig anzutreffende Schülervorstellung erklären, Säuren seien besonders gefährlich und Versuche mit ihnen spektakulär. In der Skala zum kontextuellen Sachinteresse beziehen sich die Items mit hoher Zustimmung eher auf allgemeine Themen (Nutzanwendungen, z.B. Umwelt, bzw. Naturerscheinungen), zu denen auch das Thema Wasser gezählt werden kann, während die unbeliebteren Themen exakt

beschriebene Alltagsanwendungen eines eng umgrenzten Gegenstandsbereiches beinhalten (z.B.: Reinigung, Kosmetik, Verkehr Haushalt bzw. unbeliebte Aspekte des Chemieunterrichts).

Nach den gleichen Kriterien lassen sich auch die Items der Skala „Faszination für die Naturwissenschaften“ klassifizieren: größere Zustimmung für eher allgemeine Sachverhalte (Welt aus Atomen, chemische Prozesse im Körper), geringere Zustimmung für bekannte Anwendungen aus dem Alltag (Haare und Wäsche, Benzinverbrauch, Kochen, Braten und Grillen). Von dieser Regel findet sich nur eine Abweichung: In der Skala „Faszination für die Naturwissenschaften“ stehen die Items „Noch nicht nachgedacht“ und „Haare und Wäsche“ mit nicht signifikanten Mittelwertsunterschieden in den „falschen“ Gruppen (siehe 5.3.1.5 Tabelle 27, Werte schraffiert).

In den folgenden Abschnitten werden die Items unter Verwendung der Abkürzungen aus den Tabellen 24 bis 27 einzeln berichtet: M_G : Mittelwerte der Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp, M_{mn} : Mittelwerte der Teilnehmer/-innen aus mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen, M_{Tspr} / M_{Vspr} : Mittelwerte der sprachlichen Teilnehmer-/Vergleichsklassen.

In Diagramm 2 sind alle Items mit signifikanten Unterschieden der Angaben von Schüler/-innen aus den sprachlichen Teilnehmer- und Kontrollklassen zusammengefasst. Das Diagramm enthält zudem die Angaben zu den Berufsabsichten dieser Schüler/-innen (siehe Tabelle 23).

Items des thematischen Sachinteresses

Mit dieser Skala wurde das Interesse der Schüler/-innen an den Themen Luft, Wasser, Metalle, Säuren und Kunststoffe ermittelt. Der Mittelwert des Items Säuren unterscheidet sich signifikant von den Mittelwerten der restlichen Items. Tendenziell über alle Gruppen hinweg am größten ist das Interesse am Thema Säuren ($M_G = 5,38$; $M_{Tmn} = 5,24$; $M_{Tspr} = 4,84$; $M_{Vspr} = 4,21$). Für die sprachlichen Gruppen findet man bei den Teilnehmern ein signifikant höheres Interesse an diesem Thema als bei den Kontrollklassen ($M_{Tspr} = 4,84$; $M_{Vspr} = 4,21$). Vergleichbare Interessensunterschiede zwischen beiden Schülergruppen bestehen auch für das Thema Wasser ($M_{Tspr} = 4,38$; $M_{Vspr} = 3,84$). Auffällig geringes Interesse zeigen diese Schüler/-innen für Kunststoffe ($M_{Tspr} = 3,7$; $M_{Vspr} = 3,55$) und Metalle ($M_{Tspr} = 3,62$; $M_{Vspr} = 3,76$). Einen Überblick über alle Itemmittelwerte zeigt die folgende Tabelle 24. Werte mit signifikanten Unterschieden zwischen den sprachlichen Gruppen sind grau unterlegt. „Rang“ bezeichnet die Reihenfolge der Items nach fallenden Mittelwerten. Unterschiede zwischen den übrigen Schülergruppen werden bei dieser Untersuchung außer Acht gelassen.

Tabelle 24: Items der Skala thematisches Sachinteresse im Chemieunterricht

grau hinterlegt: signifikante Unterschiede

„Rang“ bezeichnet die Reihenfolge der Items nach fallenden Mittelwerten

p_{spr} : Signifikanzniveau für die sprachlichen Klassen

Items zum Interesse an Unterrichtsthemen	Rang	M_G	Rang	M_{Tmn}	Rang	M_{Tspr}	Rang	M_{Vspr}	p_{spr}
Säuren: Wozu man überall Säuren benutzt oder wie man ihre Stärke messen und ihre Wirkung auf andere Stoffe prüfen kann.	1	5,38	1	5,24	1	4,84	1	4,21	0,01

Signifikanzgrenze für die sprachlichen Klassen

Luft: Welche Bedeutung hat die Luft für Lebensvorgänge und Verbrennungen?	5	4,59	3	4,78	3	4,01	2	4,13	0,67
Wasser: Wie der Wasserkreislauf auf der Erde funktioniert, oder wie sich aus bestimmten Stoffen Wasser chemisch bilden und wieder in diese Stoffe aufspalten kann.	4	4,94	5	4,55	2	4,38	3	3,84	0,03
Luft: Welche Bedeutung hat die Luft für Lebensvorgänge und Verbrennungen?	5	4,59	3	4,78	3	4,01	2	4,13	0,67
Metalle: Warum und wo man z.B. Aluminium oder Gold einsetzt und wie man sie aus Erzen gewinnt oder, wie sie mit anderen Stoffen reagieren.	3	4,95	2	4,87	5	3,62	4	3,76	0,61
Kunststoffe: Warum wo welcher Kunststoff verwendet wird, oder wie man sie aus einfachen Chemikalien so herstellt, dass sie ganz bestimmte Eigenschaften haben.	2	5,08	4	4,56	4	3,70	5	3,55	0,58

Auswertung: Varianzanalyse mit SPSS

Items des kontextuellen Sachinteresses

Mit dieser Skala wurden die Zusammenhänge ermittelt, in denen Schüler die Themen des Chemieunterrichts behandelt sehen möchten. Die Mittelwerte der Items „Nutzanwendungen, z.B. Umwelt“ bzw. „Naturerscheinungen“, unterscheiden sich signifikant von den Mittelwerten der restlichen Items. Tendenziell über alle Gruppen hinweg am größten ist das Interesse an den nicht näher spezifizierten Kontexten „Anwendungen im Bereich Umwelt“ ($M_G = 5,22$; $M_{Tmn} = 4,72$; $M_{Tspr} = 5,04$; $V_{spr} = 4,72$) und „Naturerscheinungen“ ($M_G = 5,03$; $M_{Tmn} = 4,69$; $M_{Tspr} = 5,14$; $V_{spr} = 4,51$). Zudem ist das Interesse an Naturerscheinungen bei den sprachlichen Teilnehmer/-innen signifikant größer als bei den sprachlichen Nichtteilnehmer/-innen; für das Item Naturerscheinungen, z.B. Umwelt“, wird die Signifikanzgrenze von 0,05 mit einem Wert von 0,09 nur knapp verfehlt. Die restlichen Items beziehen sich auf näher spezifizierte Anwendungen: Reinigung, Kosmetik, Ernährung, Haushalt, Verkehr, Chemiegeschichte und die Beschreibung und Erklärung chemischer Experimente sowie Reaktionsbedingungen für chemische Vorgänge. Werte mit signifikanten Unterschieden zwischen den sprachlichen Gruppen sind in der Tabelle 25 grau unterlegt.

Tabelle 25: Items der Skala kontextuelles Sachinteresse im Chemieunterricht

grau hinterlegt: signifikante Unterschiede

„Rang“ bezeichnet die Reihenfolge der Items nach fallenden Mittelwerten

p_{spr} : Signifikanzniveau für die sprachlichen Klassen

Items zu Kontexten, in denen Unterrichtsthemen behandelt werden sollten	Rang	M_G	Rang	M_{Tmn}	Rang	M_{Tspr}	Rang	M_{Vspr}	p_{spr}
Anwendungen der Chemie, die jetzt und in Zukunft für uns mit großem Nutzen oder mit großen Gefahren (z.B. für die Umwelt) verbunden sein können.	1	5,22	1	4,72	2	5,04	1	4,72	0,09
Vorgänge und Erscheinungen, die man in der Natur beobachten kann.	2	5,03	2	4,69	1	5,14	2	4,51	0,00

Signifikanzgrenze für die sprachlichen Klassen

Anwendungen der Chemie im Haushalt (Reinigung, Kosmetik, Ernährung).	4	4,86	3	4,41	3	4,58	3	4,48	0,65
Anwendungen der Chemie in der Technik (Verkehr, Haushalt).	5	4,81	4	4,19	4	4,05	4	4,19	0,59
Die Beschreibung und Erklärung chemischer Experimente: wie und unter welchen Bedingungen aus einem Stoff ein anderer entsteht.	3	4,92	6	3,82	6	3,87	6	3,82	0,83
Wie in früheren Jahrhunderten die neuen chemischen Erkenntnisse das Leben der Menschen verändert haben.	6	4,36	5	4,04	5	4,0	5	4,04	0,87

Auswertung: Varianzanalyse mit SPSS

Items des tätigkeitsbezogenen Sachinteresses

Mit dieser Skala wurde das Interesse an Tätigkeiten ermittelt, die für Chemieunterricht typisch sind. Die Mittelwerte der ersten vier Items „Eigenes Experiment“, „Zuschauen beim Experimentieren“, „Film anschauen“ und „Modell bauen“ unterscheiden sich signifikant von den Mittelwerten der restlichen Items.

Über alle Gruppen hinweg am geringsten ist das Interesse „Schülervorträge zu hören“ ($M_G = 3,92$; $M_{Tmn} = 3,60$; $M_{Tspr} = 3,58$; $M_{Vspr} = 3,32$), „Versuche abzuzeichnen“ ($M_G = 3,89$; $M_{Tmn} = 3,63$; $M_{Tspr} = 3,11$; $M_{Vspr} = 3,34$) und „Lehrervorträge zu hören“ ($M_G = 3,51$; $M_{Tmn} = 3,20$; $M_{Tspr} = 2,63$; $M_{Vspr} = 2,49$). Die größte Zustimmung erfahren die Tätigkeiten mit Bezug zum Experimentieren: „Eigenes Experimentieren“ ($M_G = 5,22$; $M_{Tmn} = 5,10$; $M_{Tspr} = 4,92$; $M_{Vspr} = 4,83$) und „Zuschauen beim Experimentieren“ ($M_G = 4,73$; $M_{Tmn} = 4,66$; $M_{Tspr} = 4,07$; $M_{Vspr} = 4,57$). Vergleicht man die sprachlichen Gruppen untereinander, findet man bei den Teilnehmer/-innen ein signifikant geringeres Interesse an Filmen zur Chemie ($M_{Tspr} = 3,76$; $M_{Vspr} = 4,69$) und am Zuschauen beim Experimentieren ($M_{Tspr} = 4,07$; $M_{Vspr} = 4,53$). Werte mit signifikanten Unterschieden zwischen den sprachlichen Gruppen sind in der Tabelle 26 grau unterlegt.

Tabelle 26: Items der Skala tätigkeitsbezogenes Sachinteresse im Chemieunterricht

grau hinterlegt: signifikante Unterschiede

„Rang“ bezeichnet die Reihenfolge der Items nach fallenden Mittelwerten

p_{spr}: Signifikanzniveau für die sprachlichen Klassen

Items zu Interessen an Tätigkeiten im Unterricht	Rang	M _G	Rang	M _{Tmn}	Rang	M _{Tspr}	Rang	M _{Vspr}	p _{spr}
Einen chemischen Versuch selbst durchzuführen	1	5,22	1	5,10	1	4,92	1	4,83	0,69
Zu beobachten, wie der Lehrer oder andere Schüler einen chemischen Versuch durchführen.	2	4,73	3	4,66	2	4,07	3	4,57	0,04
Filme zur Chemie anzusehen.	4	4,53	2	4,86	4	3,76	2	4,69	0,00
Mit Hilfe von Kugeln oder Ähnlichem Modelle zu bauen (z.B. von Molekülen).	3	4,54	4	4,31	3	4,01	4	4,03	0,96

Signifikanzgrenze für die sprachlichen Klassen

Einem Schülervortrag über ein chemisches Thema zuzuhören.	5	3,92	6	3,60	5	3,58	6	3,32	0,31
Einen Versuchsaufbau zu zeichnen.	6	3,89	5	3,63	6	3,11	5	3,34	0,33
Einem Lehrervortrag über ein chemisches Thema zuzuhören.	7	3,51	7	3,20	7	2,63	7	2,49	0,55

Auswertung: Varianzanalyse mit SPSS

Items der Skala Faszination für die Naturwissenschaften

Mit dieser Skala wurden Vorgänge aus der Lebenswelt der Schüler/-innen ermittelt, von denen sie am meisten beeindruckt sind. Für die sprachlichen Gruppen unterscheiden sich die Mittelwerte der ersten drei Items „Welt aus Atomen“, „Chemische Prozesse im Körper“ und „Darüber habe ich noch nicht nachgedacht“ signifikant von den Mittelwerten der restlichen Items. Die größte Faszination geht vom atomaren Aufbau der Stoffe aus (M_G = 4,92; M_{Tmn} = 4,66; M_{Tspr} = 4,97 und M_{Vspr} = 4,24). Danach werden chemische Prozesse im Körper von drei Gruppen an zweiter und von den Schüler/-innen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen an dritter Stelle genannt (M_G = 4,86; M_{Tmn} = 4,33; M_{Tspr} = 4,50 und M_{Vspr} = 4,23).

Alle Items der zweiten Hälfte betreffen konkrete Vorgänge aus der unmittelbaren Erfahrungswelt der Schüler/-innen: Haare und Wäsche (M_G = 4,14; M_{Tmn} = 3,60; M_{Tspr} = 3,91; M_{Vspr} = 3,68). „Benzinverbrauch“ (M_G = 3,84; M_{Tmn} = 4,07; M_{Tspr} = 3,55; M_{Vspr} = 3,65) und „Kochen, Braten und Grillen.“ (M_G = 4,03; M_{Tmn} = 3,82; M_{Tspr} = 3,24; M_{Vspr} = 3,27). Signifikant sind die Unterschiede zwischen den Mittelwerten der sprachlichen Teilnehmer/-innen und Kontrollklassen für die Items „Welt aus Atomen“ (M_{Tspr} = 4,97 und M_{Vspr} = 4,24) und „Darüber habe ich noch nicht nachgedacht“ (M_{Tspr} = 4,40 und M_{Vspr} = 3,84); die Werte sind in der Tabelle grau unterlegt. Auffällig ist auch die Übereinstimmung der Themenabfolge bei den sprachlichen Teilnehmern

und Kontrollklassen: 1. Welt aus Atomen, 2. Chemische Prozesse im Körper, 3. Noch nicht nachgedacht, 4. Haare und Wäsche, 5. Benzinverbrauch und 6. Kochen, Braten, Grillen.

Die Angaben der Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp zu den Items „Darüber habe ich noch nicht nachgedacht“ und „Haare und Wäsche waschen“ sind in der Tabelle 27 schraffiert dargestellt, weil sie die Gruppenkriterien nicht erfüllen (siehe 5.3.1.5, Übersicht); der Unterschied zwischen den Itemmittelwerten für einen Tausch in die jeweils andere Gruppe ist jedoch nicht signifikant.

Tabelle 27: Items der Skala Faszination an naturwissenschaftlichen Phänomenen.

hellgrau/dunkelgrau hinterlegt: signifikante/hochsignifikante Unterschiede.

schraffiert: Items erfüllen nicht die Gruppenkriterien (siehe Text)

„Rang“ bezeichnet die Reihenfolge der Items nach fallenden Mittelwerten

p_{spr}: Signifikanzniveau für die sprachlichen Klassen

Items zu Sachverhalten, die Schüler beeindrucken	Rang	M _G	Rang	M _{Tmn}	Rang	M _{Tspr}	Rang	M _{Vspr}	p _{spr}
Es beeindruckt mich, dass									
die ganze Welt aus kleinsten (atomaren) Teilchen aufgebaut ist.	1	4,92	1	4,66	1	4,97	1	4,24	0,01
in meinem Körper chemische Prozessen ablaufen.	2	4,86	3	4,33	2	4,50	2	4,23	0,28
Über solche Fragen habe ich eigentlich noch nie nachgedacht	3	3,95	2	4,57	3	4,40	3	3,84	0,06

Signifikanzgrenze für die sprachlichen Klassen

Haare bleichen und färben, oder Wäsche waschen chemische Vorgänge sind.	3	4,14	6	3,60	4	3,91	4	3,68	0,40
schwerste Fahrzeuge nur wenige Liter Benzin zur Fortbewegung benötigen.	6	3,84	4	4,07	5	3,55	5	3,65	0,75
Kochen, Braten, Grillen und Backen vielfältige chemische Reaktionen sind.	4	4,03	5	3,82	6	3,24	6	3,27	0,92

Auswertung: Varianzanalyse mit SPSS

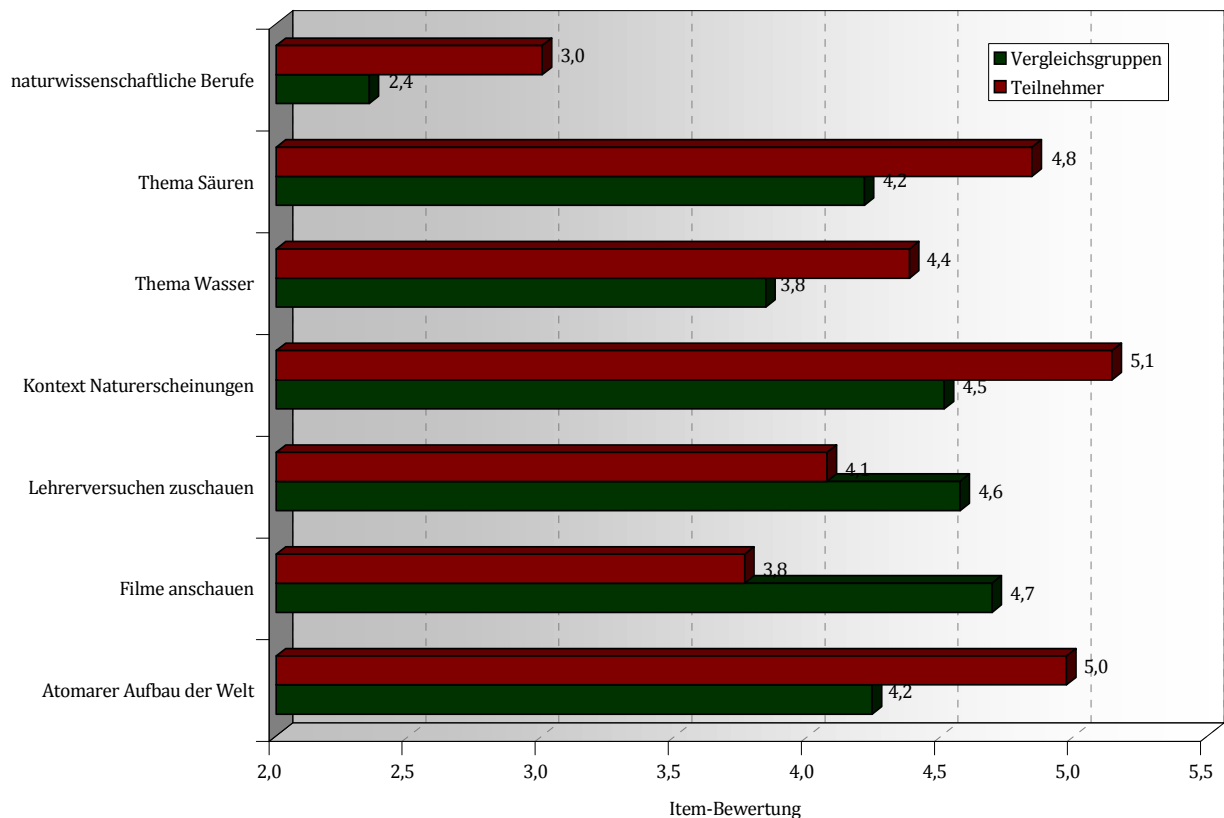


Diagramm 2: Signifikante Interesseunterschiede zwischen sprachlichen Teilnehmer- und Kontrollgruppen; Ergebnisse einer Einzelitemanalyse.

5.3.1.6 Das NanoBioLab aus Sicht der Lehrer/-innen

Allgemeines

Die Chemielehrer der Besucherklassen aus Klassenstufe 8 (Projekt 2) haben die Fragen durch Ankreuzen auf einer Skala von eins bis sechs beantwortet. Auf dem ursprünglichen Fragebogen waren die Wertungen mit 1 = ja bis 6 = nein kodiert. Im Sinne einer einheitlichen Darstellung aller Befragungen dieser Arbeit wurde die Kodierung für die Darstellung der Werte in der folgenden Tabelle 26 umgedreht (6 = ja bis 1 = nein). Einige der Fragen, beispielsweise nach der erforderlichen Vorbereitungszeit, wurden durch Eintragen von Zahlenwerten beantwortet. Alle beteiligten Lehrkräfte hatten zum Zeitpunkt der Befragung das Labor im Rahmen der vorliegenden Evaluation 5 Mal besucht, kannten es aber schon von früheren Besuchen her. In der folgenden Tabelle 28 sind die Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der Varianzanalyse der Befragungsdaten zusammengefasst. Grau hinterlegt sind besonders eindeutige

Aussagen, die zudem als Bestätigung des Laborkonzepts gewertet werden können. Die im nachfolgenden Text angegebenen Fragennummern aus der Tabelle 28 sollen die Zuordnungen zu den Tabelleninhalten erleichtern.

Tabelle 28: Beurteilungen der Items zum NanoBioLab durch die Chemielehrer der Klassen 8.

N = Zahl der Lehrer; M = Mittelwert auf der Skala von 1 = nein bis 6 = ja; SD = Standardabweichung

Grau hinterlegt: besonders eindeutige Aussagen mit unmittelbarem Bezug zum Laborkonzept.

Nr		N	M	SD
1	Versuchsniveau			
1.1	Sollten wir Versuche auf höherem wissenschaftlichen Niveau anbieten, auch wenn sie nur mit ständiger Hilfe durch Betreuer machbar sind?	10	2,10	1,66
2	Lernen durch Experimente			
2.1	Sind Sie der Meinung, dass Schüler effektiver lernen, wenn sie eigene Experimente durchführen?	10	5,90	,31
2.2	Ist das von uns praktizierte problemorientierte Experimentieren effektiver, als Experimentieren nach einer detaillierten Anleitung?	10	5,70	,48
2.3	Haben Sie den Eindruck, dass unsere Form des Experimentierens Schüler mehr anspricht, als Experimentieren nach einer detaillierten Anleitung?	10	5,20	,91
3	Mitarbeit der Schüler			
3.1	Welcher Anteil der Klasse in Prozent hat nach Ihrer Einschätzung ernsthaft mitgearbeitet.	10	78,50	13,75
3.2	Welcher Anteil der Klasse in Prozent war interessiert?	8	78,13	23,59
3.3	Die Motivation der Schüler während des Praktikums war größer als erwartet?	10	4,90	1,52
3.4	Einige Schüler haben intensiver gearbeitet als erwartet.	10	5,50	,70
3.5	Einige Schüler haben die Aufgaben besser gelöst als erwartet.	10	5,20	,78
3.6	Interesse der Schüler hat nach einigen Besuchen nachgelassen.	9	2,44	1,87
3.7	Prozentualer Anteil der Schüler mit nachlassendem Interesse.	8	12,63	18,22
4	Einfluss auf die Lehrer			
4.1	Durch die Besuche hinterfragt man auch seinen eigenen Unterricht.	10	5,30	,82

5	Bezug zum Unterricht			
5.1	Sind unsere Versuche grundsätzlich inhaltlich in den Unterricht integrierbar?	10	5,90	,31
5.2	War die Abstimmung der Versuche mit Ihrem Unterrichtsstand geglückt?	10	5,10	,87
5.3	Ihr Eindruck: Hat sich die Teilnahme am Praktikum an der Uni im Unterricht positiv bemerkbar gemacht?	10	4,80	1,54
5.4	Könnten Sie hin und wieder eigene Versuchsvorschläge einbringen?	10	4,90	1,52
5.5	Könnten Sie Themen vorschlagen, zu denen ein Praktikumsversuch wünschenswert ist?	10	5,20	,78
5.6	Würden Sie regelmäßig teilnehmen, wenn die Veranstaltungen in die Unterrichtszeit integriert wären?	10	4,90	1,59
6	Übertragung der Labinhalte in die Schule			
6.1	Würden Sie bei gegebenen Möglichkeiten diese Form des Experimentierens in Ihrem Unterricht praktizieren?	10	5,20	,91
6.2	Sind die räumlichen Voraussetzungen für diese Arbeitsform in Ihrer Schule vorhanden?	10	3,20	2,39
6.3	Sind die Gerätschaften für diese Arbeitsform in Ihrer Schule vorhanden?	10	3,10	1,96
6.4	Bei Durchführung dieser Experimentierform in der Schule mit einer Klassenstufe 8 bei optimalen Voraussetzungen: "Wie viele herkömmliche Unterrichtsstunden sollten zwischen solchen Praktikumseinheiten liegen?" (bitte eine Zahl angeben)	8	7,83	2,34
6.5	Von dieser Form des Praktikums würden in der Schule nur besonders interessierte Schüler profitieren	10	2,60	1,50
6.6	Wie viele Unterrichtsstunden sind für eine ausreichende Vorbereitung eines Praktikums notwendig?	9	1,56	,52
6.7	Wie viele Unterrichtsstunden haben Sie durchschnittlich für die Vorbereitung verwendet?	9	1,03	,56
6.8	Wie viele Unterrichtsstunden sind für eine ausreichende Nachbereitung eines Praktikums notwendig?	9	1,22	,36
6.9	Wie viele Unterrichtsstunden haben Sie durchschnittlich für eine Nachbereitung verwendet?	9	,86	,37

7	Das Schülerlabor als Einrichtung an der Universität			
7.1	Ist NanoBioLab aus Ihrer Sicht als Dauereinrichtung an der Universität wünschenswert?	10	5,90	,31
7.2	Wäre NanoBioLab ein sinnvoller Bestandteil der Lehrerausbildung?	10	5,70	,67
7.3	Als Bestandteil der Lehrerausbildung sollte das Praktikum eher am Ende des Studiums liegen.	10	4,20	2,09

Übersicht über die Ergebnisse

Einhellige Zustimmung finden das Niveau und der offene Charakter der Experimente sowie die Integration der Praktika in den laufenden Unterricht. Qualität und Quantität der Schülerarbeit übertreffen die Erwartungen und im Unterricht machen sich positive Rückwirkungen der Praktika bemerkbar. Darüber hinaus beginnen die Lehrer/-innen, deren Schüler/-innen das Praktikum wiederholt besucht haben, ihren eigenen Unterricht zu überdenken. Und sie halten eine Integration der Praktika in die universitäre Lehrerausbildung für sinnvoll.

Im Folgenden sind die Angaben einzeln dargestellt.

Versuchsniveau und Lernen mit offenen Experimenten

Die Lehrkräfte vertreten die Meinung, dass Lernen effektiver wird, wenn Schülerexperimente in den Lernprozess integriert sind (Nr. 2.1: M = 5,9). Offene und problemorientierte Aufgabenstellungen sprechen die Schüler/-innen am ehesten an (Nr. 2.3: M = 5,2) und sind für den Lernprozess am effektivsten (Nr. 2.2: M = 5,7). Abgelehnt wird eine Erhöhung des wissenschaftlichen Anspruchs der Aufgabenstellungen, wenn damit eine Erhöhung der Betreuungsintensität verbunden ist (Nr. 1.1: M = 2,1).

Mitarbeit der Schüler/-innen

Über 78% der Schüler/-innen (Nr. 3.2 und 3.7) zeigten nach Einschätzung der Lehrkräfte während der 5 Praktikumstage gleich bleibend hohes Interesse an der Arbeit und haben ernsthaft mitgearbeitet (Nr. 3.1, 3.2 und 3.7). Insgesamt war die Motivation der Schüler höher, (Nr. 3.3: M = 4,9), ihre Mitarbeit intensiver (Nr. 3.4: M = 5,5) und die Lösungen der Aufgabenstellungen besser (Nr. 3.5: 5,2) als von den Lehrkräften erwartet.

Bezug zum Unterricht und Wirkung bei den Lehrer/-innen

Die NanoBioLab-Aufgabenstellungen sind nach einhelliger Lehrermeinung grundsätzlich in den Unterricht integrierbar (Nr. 5.1: M = 5,9) und die Integration der 5 Praktika während des Evaluationsprojektes ist gelungen (Nr. 5.2: M = 5,1). Die Besuche haben sich positiv auf den Unterricht ausgewirkt (Nr. 5.3: M = 4,8) und haben auch die Lehrkräfte selbst zum Nachdenken über den eigenen Unterricht angeregt (Nr. 4.1: M = 5,3). Sie würden das Labor weiterhin während der Unterrichtszeit regelmäßig mit ihren Klassen besuchen (Nr. 5.6: M = 4,9), könnten eigene Versuchsvorschläge einbringen (Nr. 5.4: M = 4,9) oder zumindest Themen benennen, zu denen Versuche wünschenswert sind (Nr. 5.5: M = 5,2).

Übertragung des Schülerlaborkonzepts in die Schule

Als Vor- bzw. Nachbereitungszeit werden 1,5 bzw. 1,22 Stunden für sinnvoll gehalten und diese Zeiten wurden auch tatsächlich für die einzelnen Besuche aufgewendet (Nr. 6.6 – 6.9).

In einer Klassenstufe 8 sollten Praktika wie im NanoBioLab nach jeweils 8 Unterrichtsstunden durchgeführt werden (Nr. 6.4). Das würde sich nach Einschätzung der Lehrer positiv auf Schüler/-innen aller Leistungsstufen auswirken (Nr. 6.5: M = 2,6). Für eine Übertragung der Versuche vom Schülerlabor der Universität in die Schulen müssten die räumlichen (Nr. 6.2: M = 3,2) und apparativen (Nr. 6.3: M = 3,1) Voraussetzungen dort wohl verbessert werden.

Das Schülerlabor als Einrichtung an der Universität

Alle Lehrkräfte befürworten einhellig die dauerhafte Integration des Praktikums als Bestandteil der universitären Lehrerausbildung (Nr. 7.1: M = 5,9 und Nr. 7.2: M = 5,7) und sehen seine sinnvolle Integration eher am Ende der Ausbildungszeit (Nr. 7.3: M = 4,2).

5.3.1.7 Diskussion der Ergebnisse der ersten Teilstudie (Projekt 1: Klasse 8)

Durch die vorliegende Untersuchung sollen zwei Fragen beantwortet werden. „Bleibt die hohe Motivation, die Schüler/-innen im naturwissenschaftlichen Eingangsunterricht und bei Einmalbesuchen in Schülerlaboren (z.B. Brandt, 2005; Engeln, 2004) zeigen, auch bei regelmäßigen Besuchen im NanoBioLab erhalten, obwohl sie im regulären Unterricht rasch abnimmt?“ und „Welches sind dafür die charakteristischen Labormerkmale?“

Um diese Fragen zu beantworten, wurden Schüler/-innen, die nach ihren Voraussetzungen in drei Gruppen unterteilt werden können, nach fünf Besuchen im Verlauf eines Schuljahres mithilfe eines Fragebogens befragt. An dem Praktikum beteiligt waren die Schülerinnen aus dem GirlsCamp, einer nach motivationalen Gesichtspunkten ausgewählten Gruppe von Schülerinnen

sowie Schüler/-innen aus mathematisch-naturwissenschaftlichen und aus sprachlichen Klassen (siehe 4.2.2.1).

Als Vergleichsgrößen zur Bewertung der Schülerangaben zur Lernsituation dienen die Skalennittelwerte, die Angaben der Schülerinnen aus dem GirlsCamp sowie Ergebnisse aus der Evaluation von Teutolab (Brandt, 2005). Die Motivation der Schüler/-innen aus dem sprachlichen Zweig wurde zusätzlich durch einen Vergleich mit den Angaben einer Kontrollgruppe aus dem sprachlichen Zweig bewertet. Zudem wurden die Fachlehrer befragt, die ihre Klassen bei den Besuchen begleitet hatten.

5.3.1.7.1 Diskussion laborbezogener Effekte und Interesse an Folgebesuchen

Die Mittelwerte für den überwiegenden Teil der laborbezogenen Skalen liegen für alle Teilnehmer/-innen deutlich oberhalb des Skalendurchschnitts, d.h. die Labormerkmale werden positiv bewertet. Dabei ist die Zustimmung zu den Laborvariablen tendenziell am höchsten bei den Teilnehmerinnen am GirlsCamp. Darauf folgen die Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen und schließlich diejenigen aus den sprachlichen Klassen. Die Angaben der Schüler/-innen aus dem Teutolab sind in Abhängigkeit von einzelnen Skalen am ehesten vergleichbar mit den Werten der GirlsCamp-Teilnehmerinnen bzw. der Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen.

Das Interesse an Folgebesuchen wurde im Anschluss an 5 Laborbesuche im Verlauf der Klassenstufe 8 am Schuljahresende ermittelt. Zu diesem Zeitpunkt waren noch 88% der Mädchen und 85% der Jungen an Folgebesuchen im Klassenverband interessiert. In klassenübergreifenden Gruppen wollten noch 45% der Mädchen und 51% der Jungen das Labor weiterhin besuchen. Diese Werte fallen noch etwas höher aus, wenn man die Schüler/-innen aus Rheinland-Pfalz (Schule S7) unberücksichtigt lässt, eine Korrektur, die wegen der Sonderstellung dieser Schüler/-innen (siehe 4.2.2.1) die Homogenität der Teilnehmergruppe erhöht und von daher als zulässig angesehen werden kann.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich Mädchen und Jungen hinsichtlich ihres Interesses am Arbeiten an naturwissenschaftlichen Fragestellungen in einem Schülerlabor nicht unterscheiden. Ein Befund, der durch die Evaluation anderer Schülerlabore (Brandt, 2005; Engeln, 2004) bestätigt wird. Der Wunsch nach weiteren Laborbesuchen wird als der aussagekräftigste Beleg für die motivationssteigernde Wirkung des NanoBioLab angesehen. Gestützt wird diese Interpretation durch die geringe Wertschätzung, die das Fach Chemie ansonsten durch Schüler/-innen dieser Altersgruppe erfährt (z.B.: Engeln, 2004; Whitfield, 1980; Zwick & Renn, 2000; Barke & Hilbig, 2000).

Für die vorliegende Untersuchung muss hervorgehoben werden, dass die Schüler/-innen ihre Angaben im Anschluss an 5 Laborbesuche im Verlauf eines ganzen Schuljahres gemacht haben. Ihnen war damit die zusätzliche Belastung durch die Praktikumsteilnahmen, die wenig spektakulären Inhalte und deren Verknüpfung mit den Themen des Chemieunterrichts bei der Entscheidungsfindung bewusst. Die Einmalbesuche in den von Engeln (2004) untersuchten Laboren dagegen haben einen gewissen Ausflugscharakter, der die Bewertung nach positiven Werten hin verschieben könnte. Trotzdem ist dort die Zahl der Schüler/-innen mit Interesse an Folgebesuchen deutlich kleiner als im NanoBioLab (siehe 3.1). Die Einmalbesuche haben noch weitere Auswirkungen. Dazu schreibt Brandt (2005, S. 191) in seiner Evaluation des Teutolab: „Es ist anzunehmen, dass für die Kurzfristigkeit der Effekte der geringe zeitliche Rahmen des Experimentierlabors, die Einmaligkeit der Besuche und seine mangelnde Verzahnung mit dem Unterricht mit verantwortlich sind. ... Dem kommt erschwerend hinzu, dass der Laborbesuch weder vor- noch nachbereitet wird. Er steht unverbunden neben dem Unterricht und hat auf diesen praktisch keine Auswirkungen. Damit ist wahrscheinlich, dass er von den Schüler/-innen nicht als eine besondere, unterrichtsergänzende Lerneinheit wahrgenommen wird, sondern als Ausflug“ (Brandt, 2005). Dieses Problem betrifft auch die von Engeln (2004) untersuchten Mitmachlabors.

Die positiven Bewertungen des NanoBioLab im Anschluss an Mehrfachbesuche deuten deshalb auch auf eine gelungene Laborkonzeption hin. Bezieht man hierzu wiederum die Daten aus der Evaluierung der genannten Schülerlabors (Engeln, 2004; Brandt, 2005) in die Betrachtungen ein, werden auch Gründe für die motivierende Wirkung des NanoBioLab erkennbar: Die Aufgabenstellungen erfordern bei offenem Ausgang eigenständige Arbeit, Kriterien, die von den Schüler/-innen positiv bewertet werden. Teutolab-Besucher/-innen dagegen „meinen recht einhellig, dass sie nicht sehr eigenständig arbeiten“ (Brandt, 2005, S.166), und auch die Besucher der von Engeln (2004) untersuchten vier weiteren Labore haben hauptsächlich so genannte Kochbuchanleitungen bearbeitet (siehe 3.1). Die Akzeptanz dieser Ausrichtung von Schülerlabors wird an Engeln's Empfehlung erkennbar, den offenen Charakter der Aufgabenstellungen gegebenenfalls zugunsten ihrer Authentizität zu reduzieren (Engeln, 2004, S. 116).

Auch die auffallend hohe intrinsische Motivation der GirlsCamp-Teilnehmerinnen für die Arbeit im NanoBioLab kann als Zustimmung zu offenen Aufgaben interpretiert werden. Denn sie wurde im Anschluss an mehrere Praktika in anderen Laboren der Universität des Saarlandes ermittelt, deren Versuche sich auf interessant erscheinende Themenbereiche mit hohem wissenschaftlichem Anspruch beziehen, aber im Vergleich zu den einfachen Aufgabenstellungen im NanoBioLab ein hohes Maß an Anleitung erfordern. Aufgabenstellungen dieser Art könnten auch die auffällig positive Bewertung ($M = 1,6$) der Betreuung im NanoBioLab (Skala: „Verstehen der Betreuer“) durch die GirlsCamp-Teilnehmerinnen hervorgerufen haben. Sie kann dahingehend gedeutet werden, dass die Aufgaben anderswo trotz guter Erklärungen aufgrund ihres Schwie-

rigkeitsgrades von Schüler/-innen dieser Altersgruppe nicht wirklich verstanden werden können. Die deutlich niedrigere Bewertung des Aspektes Betreuung durch die Teilnehmer/-innen sowohl aus den sprachlichen wie auch den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen wäre dann als Beleg für die eigenständige Arbeit dieser Schüler/-innen anzusehen. Betreuung hat für sie eine geringere Bedeutung, weil sie an eigenständiges Arbeiten gewöhnt sind. Eine Befragung der Teilnehmerinnen von GirlsCamp durch die Veranstalter (Steinmann & Glünder, 2004) stützt diese Deutung. Darin vergeben 85% der Schülerinnen Höchstnoten für den Praxisteil von NanoBioLab und seine Verständlichkeit. Damit erreicht das Labor mit großem Abstand zu den Nächstplazierten den zweiten Platz unter den sieben Teilnehmern. Nur die Material-/Werkstoffwissenschaften werden für diesen Aspekt mit 95iger Zustimmung besser bewertet.

Eigenständiges kreatives Arbeiten ist nur bei Aufgabenstellungen auf mittlerem kognitiven Niveau möglich (Neber, 2006). Die hohe Einschätzung des Selbstkonzepts der Begabung kann deshalb als Beleg für einen angemessenen Schwierigkeitsgrad der Aufgabenstellungen gewertet werden. Zusätzlich wird damit auch ihr offener Charakter als wesentliches Kennzeichen bestätigt. Dafür spricht auch die Wertung von Schüler/-innen der Klassenstufe 13, die das Labor über einen Zeitraum von fünf Jahren regelmäßig besucht hatten (siehe 5.3.4). Auch sie bevorzugen Aufgaben dieses Typs. Dagegen vermisst ein hoher Anteil der Besucher/-innen von Laboren, die nach detaillierten Anleitungen oder mit hohem Aufwand an Betreuung gearbeitet haben, offene Aufgabenstellungen. So findet beispielsweise Engeln (2004) in den fünf von ihr untersuchten Laboren Anteile dieser Schüler bis zu 18%, obwohl die Schüler/-innen dort Aufgaben dieses Typs von der Schule her gar nicht kennen.

Die auffallend positiven Angaben der Teutolab-Besucher/-innen über ihr Selbstkonzept der Begabung könnte nach diesen Vorstellungen dahingehend interpretiert werden, dass angeleitete Arbeiten eine realistische Selbsteinschätzung erschwert. Die Unterschiede zwischen den Teilnehmer/-innen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen und den Schülerinnen des GirlsCamp lassen sich mit Ausnahme des Faktors Disziplin auf Teilnahmekriterien zur Veranstaltung GirlsCamp zurückführen. Die einheitlichen Bewertungen der übrigen Faktoren durch diese beiden Gruppen können somit auf die Laborbesuche zurückgeführt werden. Demnach wäre der Anstieg der Motivation in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen auf das Niveau der Teilnehmerinnen am GirlsCamp, von Schülerinnen also, die sich aufgrund eines besonderen Interesses an naturwissenschaftlichen Fragestellungen zusammengefunden haben, als eine Folge der Laborbesuche anzusehen. Der tatsächliche Umfang dieses Motivationsanstiegs wird noch deutlicher, wenn man das Wahlverhalten der Schüler/-innen naturwissenschaftlicher Zweige in den Schulen in die Überlegungen einbezieht: ein Teil der Zweigwahlen erfolgt nicht interessehalber, sondern mit der Absicht, eine dritte Fremdsprache zu vermeiden.

Die schlechtere Disziplin der Schüler/-innen aus dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich ist ebenfalls als direkte Folge der Mehrfachbesuche zu sehen; zunehmender Wagemut pubertierender Schüler/-innen infolge einer Vertrautheit mit dem Umfeld ist auch aus den Schulen hinreichend bekannt und tritt vorwiegend in Klassen mit einem vergleichbar hohen Anteil an Jungen auf, wie in den beteiligten mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen.

Die Bewertung des Labors durch die Schüler/-innen des sprachlichen Zweigs lässt eine Untergliederung in zwei Hälften erkennen. Keinen Unterschied zu den Schüler/-innen des mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweiges findet man in der Bewertung des Lernkontextes; signifikante Unterschiede bestehen dagegen bei den Items mit Aufgabenbezug. Die gleichermaßen positive Bewertung des Lernkontextes spricht für die richtige Grundkonzeption eines Labors, das Schüler/-innen aller Leistungsstufen ansprechen will. Auch das gute „Verstehen der Betreuer“ durch beide Schülergruppen belegt, dass einfache Aufgabenstellungen die Voraussetzungen für eigenständiges Arbeiten der meisten Schüler/-innen schaffen.

Die Bedeutung eigenständiger Arbeit schließlich wird durch die einheitlich positive Bewertung der Skalen „Selbstständigkeit beim Arbeiten im Labor“ und „Bewertung der Selbstständigkeit“ belegt. Die vergleichsweise schlechte Wertung der Eigenständigkeit der Arbeit (Skala „Selbstständigkeit beim Arbeiten im Labor“) durch die Besucher/-innen des Teutolab wiederum zeigt, dass die Arbeit dort in hohem Maße angeleitet war. Von daher verdeutlicht diese Skala zur Didaktik auch den grundlegenden Unterschied zwischen beiden Laboren und identifiziert den Faktor eigenständiges Arbeiten als wichtiges Merkmal des NanoBioLab.

Die Items mit Aufgabenbezug werden von den Schüler/-innen des sprachlichen Zweiges weniger positiv bewertet als von denen des mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweiges, d.h. sie schätzen den Lernkontext an sich, nicht aber seine Inhalte. Das lässt auf eine grundsätzliche Akzeptanz des Laborkonzepts schließen und zeigt, dass Schüler/-innen aus dem sprachlichen Zweig von den naturwissenschaftlichen Inhalten, unabhängig von der Art ihrer Präsentation, weniger angesprochen werden als naturwissenschaftlich orientierte Schüler/-innen. Von daher sind die Zweigwahlen zumindest der sprachlich Interessierten in den Schulen als fundierte Entscheidungen anzusehen. Darauf deutet auch der höchste Stellenwert der Skala „Gefallen am Labor“ in dieser Schülergruppe hin, denn diese Skala beinhaltet lediglich eine Situationsbeschreibung, eine Darstellung des Laborkonzepts und eine grundsätzliche Vorgehensweise, die auch auf andere Fächer übertragen werden könnte. Dagegen beinhalten die übrigen Skalen mit Aufgabenbezug (Relevanz der Inhalte Lab und Selbstkonzept Begabung Lab) konkrete chemische Aspekte und deren persönliche Bedeutung („Mit chemischen Experimenten, wie wir sie an der Uni gemacht haben, kann man viele Vorgänge aus Natur und Alltag erklären.“ „Ich habe etwas gelernt, was für mich persönlich wichtig ist.“ und „Für solche Experimente fehlt mir die Begabung.“ „Obwohl ich mir Mühe gebe, fällt mir solches Experimentieren schwer.“). Zu

solchen Fragen fällt die Zustimmung deutlich geringer aus, weil ein eindeutiger Chemiebezug gegeben und erkennbar ist.

Von den Schüler/-innen aus Rheinland-Pfalz (Schule S7) wurden, wegen der Besonderheiten bezüglich der Stundentafeln (siehe 4.2.1.1) und Unterrichtsinhalte sowie der besonderen Umstände bei Laborbesuchen, nur die Wünsche nach weiteren Laborbesuchen ausgewertet.

5.3.1.7.2 Diskussion laborunabhängiger Effekte

GirlsCamp und mathematisch-naturwissenschaftliche Klassen.

Die Teilnehmerinnen am GirlsCamp haben großes Interesse an den Themen und Inhalten des Chemieunterrichts, verfügen über ein hohes chemiebezogenes Selbstkonzept und sind intrinsisch motiviert im Chemieunterricht eigenständig zu arbeiten und zu experimentieren. Zudem verfügen sie über ein hohes allgemeines Selbstkonzept, beabsichtigen einen Beruf im Bereich Naturwissenschaften zu ergreifen und lehnen die Geschlechterstereotype ab. Über die restlichen Schülergruppen hinweg nimmt die Zustimmung der Schüler/-innen zu den entsprechenden Skalen in der Reihenfolge mathematisch-naturwissenschaftliche Teilnehmer/-innen, sprachliche Teilnehmer/-innen und sprachliche Vergleichsklassen ab.

Abweichend davon ist die Zustimmung zu den Geschlechterstereotypen am größten bei den Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen.

Unterschiede zwischen den Teilnehmer/-innen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen und den Schülerinnen des GirlsCamp lassen sich mit Ausnahme der Aspekte Geschlechterstereotype, Berufsinteresse und Interesse am selbstständigen Experimentieren in der Schule auf das Anmeldeverfahren zur Veranstaltung GirlsCamp zurückführen. Denn bei Schülerinnen, die sich in den Sommerferien eine Woche lang ganztags an naturwissenschaftlichen Praktika an der Universität beteiligen, kann hohes Freizeitinteresse an entsprechenden Themen, intrinsische Motivation und Freude am Chemieunterricht und an selbstständigem Experimentieren vorausgesetzt werden; zudem ist ein erhöhtes Interesse an Berufen mit einem Bezug zu den Naturwissenschaften zu erwarten. Unterschiede in der Meinung zu den Geschlechterstereotype zwischen den Teilnehmerinnen am GirlsCamp und den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen mit ihrem Jungenanteil von 74% sind vermutlich einerseits auf die Zusammensetzung nach Geschlechtern zurückzuführen, aber auch zu erklären durch das Bewerbungsverfahren zur Veranstaltung GirlsCamp. Die Mädchen müssen sich in der Regel selber um eine Teilnahme bemühen und von daher ist von ihnen zu erwarten, dass sie sich aktiv und interessiert im Bezug auf Naturwissenschaften einstufen.

Das Interesse an einem Beruf aus dem Bereich Naturwissenschaften ist bei den Teilnehmerinnen am GirlsCamp deutlich größer als bei den Schüler/-innen aus den mathematisch-natur-

wissenschaftlichen Klassen. Auch dieser Befund war bei Schülerinnen zu erwarten, die nach ihrem Interesse an Naturwissenschaften ausgesucht wurden. Die Berufswahl wird zudem als verlässlicher Prädiktor für ein Interesse an Naturwissenschaften angesehen (Eccles, 1994).

Eine Wertung des Berufsinteresses der Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen wurde deshalb auch im Vergleich mit den Befunden aus Pisa '06, vorgenommen. Danach beträgt der Anteil der Schüler/-innen in Deutschland, die glauben, im Alter von 30 Jahren einen naturwissenschaftlichen Beruf zu haben, 18,4 %, wobei eine recht breite Naturwissenschaftsdefinition verwendet wurde. Neben technologischen Berufen wurden auch pflegerische und medizinische Fachberufe als naturwissenschaftsbezogen klassifiziert. Insgesamt deuten die Autoren, trotz der uneinheitlichen Klassifizierung der naturwissenschaftlichen Berufe, die Befunde als auffallend geringes Interesse: „Dennoch ist hervorzuheben, dass die Schülerinnen und Schüler in Deutschland im internationalen Vergleich auffällig selten Berufe angeben, in denen naturwissenschaftliche Kompetenzen eine Rolle spielen.“ (Schütte, K., et al, 2007 S. 136-138).

In Anbetracht dieser Ergebnisse lassen die Angaben der Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen ein höheres Interesse an naturwissenschaftlichen Berufen vermuten als beim Durchschnitt der deutschen Schüler/-innen. In dieses Bild passen auch die Angaben aus den sprachlichen Klassen. Hier ist das Berufsinteresse der Teilnehmer/-innen am Praktikum hochsignifikant geringer als in den naturwissenschaftlichen Klassen und hochsignifikant größer als bei den sprachlichen Vergleichsklassen. Insgesamt deuten die Befunde also darauf hin, dass die Laborbesuche bei allen Teilnehmer/-innen das Interesse an naturwissenschaftlichen Berufen und damit das Interesse an Naturwissenschaften erhöhen. Aufgrund der Mittelwerte (siehe 5.3.1.4, Tabelle 23) erscheint es jedoch sinnvoller, bei Schüler/-innen aus dem sprachlichen Teil von einem Rückgang an Desinteresse zu sprechen.

Die Angaben der Schülerinnen und Schüler aus dem Teutolab entsprechen etwa denen aus den sprachlichen Klassen und belegen damit ebenfalls die Bedeutung der nanobiolabtypischen Mehrfachbesuche. Der Mittelwert der Skala „Selbstständiges Experimentieren in der Schule“ ist bei den Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen entgegen der Erwartung signifikant kleiner als bei den Schülerinnen aus dem GirlsCamp. Betrachtet man jedoch die einzelnen Items dieser Skala, wird deutlich, dass sie unterschiedlich aufgefasst werden können und von daher keine verlässliche Interpretation ermöglichen: Die Items „Ich hätte in der Schule auch gerne ein solches Labor“, „Ich würde beim Experimentieren in der Schule auch gerne selbstständiger arbeiten“, „Ich möchte in der Schule mehr eigene Ideen einbringen“, „Ich bin zufrieden mit dem Experimentieren in meinem Chemieunterricht“ lassen den Teilnehmer/-innen aus dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen und dem größten Teil der übrigen Schüler/-innen keine Wahlmöglichkeit, denn in deren Schulen stehen sehr gut ausgerüstete Experimentierräume zur Verfügung, die auch regelmäßig genutzt werden.

Die Teilnehmerinnen am GirlsCamp, die aus etwa dreißig verschiedenen Schulen kommen, haben dagegen im Landesdurchschnitt schlechtere Bedingungen in ihren Schulen.

Zusätzlich berücksichtigt werden müssen Auswirkungen der regelmäßigen Praktikumsteilnahmen im NanoBioLab auf den Unterricht. Vor- und Nachbereitung der Praktika waren durch die häufigen Teilnahmen reguläre Unterrichtsbestandteile und beeinflussten auch die Schülerexperimente in der Schule (siehe 5.3,1.6, Tabelle 28: Befragung der Lehrer). Gestützt wird diese Vermutung durch die Angaben der sprachlichen Teilnehmer- und Vergleichsklassen zu der Skala „Eigenständiges Arbeiten im Unterricht“, denn sie stimmen mit denen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen überein. Übereinstimmende und hohe Mittelwerte zeigen, dass thematisches und kontextuelles Sachinteresse, chemiebezogenes Selbstkonzept, Faszination für die Naturwissenschaften und das allgemeine Selbstkonzept der Begabung bei den Schüler/-innen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen gleichermaßen hoch ausgebildet sind wie bei den Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp. Zudem haben chemiebezogene Themen (Skala lebensweltliche Relevanz) für beide Gruppen eine große Bedeutung.

Die Interpretation dieser Befunde folgt der Deutung der Angaben zu den Laborvariablen (siehe 5.1.1): Durch die Teilnahme an den Praktika im NanoBioLab sind Motivation und Interesse der Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen auf das Niveau der Teilnehmerinnen am GirlsCamp angestiegen, einer Gruppe, die nach ihrem besonderen Interesse an den Naturwissenschaften ausgewählt wurde. Diese Interpretation erscheint plausibel, weil zahlreiche Untersuchungen (darunter auch Längsschnittstudien) einen kontinuierlichen Rückgang des Interesses an den Naturwissenschaften in der Sekundarstufe belegen (z.B. Gardner, 1998, Hoffmann, Häussler & Lobemeier, 2003; nach Prenzel, Schütte & Walter, 2007, S. 108).

Sprachliche Klassen, GirlsCamp und mathematisch-naturwissenschaftliche Klassen

Schüler/-innen aus den sprachlichen Klassen haben im Vergleich zu den Teilnehmerinnen aus dem GirlsCamp ein ähnliches allgemeines Selbstkonzept der Begabung und sind in gleichem Maße von den Naturwissenschaften fasziniert.

Im Vergleich mit den mathematisch-naturwissenschaftlichen Teilnehmerklassen besteht zusätzlich ein gleichermaßen hohes Interesse am selbstständigen Experimentieren und Arbeiten im Unterricht und eine extrinsische Motivation auf demselben Niveau. Unterschiede zwischen beiden Schülergruppen betreffen Aspekte, die sich insgesamt auf eher allgemeine Aussagen beziehen, d.h. losgelöst vom Chemieunterricht betrachtet werden können. Die Items der Skala „Allgemeines Selbstkonzept der Begabung“ beispielsweise können auch auf andere Fächer und damit auf den Unterricht allgemein übertragen werden; die Begriffe Chemie und Chemieunterricht kommen in dieser Skala nicht vor. Auch die Skala „Faszination an naturwissenschaftlichen Phänomenen“ bezieht sich auf die Erfahrungswelt der Schüler/-innen, nicht auf den Chemie-

unterricht. Ebenso können die Items der Skala „Selbstständiges Arbeiten im Unterricht“, z.B. „Ich finde es gut, wenn unser Lehrer möchte, dass wir die Aufgaben möglichst ohne seine Hilfe lösen“, losgelöst von dem Fach Chemie gesehen werden. Dagegen stehen die Skalen, die von beiden Schülergruppen signifikant unterschiedlich bewertet werden, in einem direkten Bezug zur Chemie und/oder zum Chemieunterricht.

Eine ähnliche Tendenz war auch bei den Angaben zu den Laborvariablen zu beobachten (siehe 5.3.1.1). Interpretiert wurden die Angaben dort als Zustimmung der Schüler/-innen aus dem sprachlichen Bereich zur Grundkonzeption des Labors, aber einem eher geringen Interesse an chemischen Inhalten. Insgesamt greift diese Begründung auch bei den Angaben zu den motivationalen Effekten. Wie dort können die eingangs dieses Abschnitts genannten hohen Werte für das allgemeine Selbstkonzept der Begabung bzw. die Faszination für die Naturwissenschaften ebenfalls in Verbindung mit den Laborbesuchen gesehen werden.

Die deutlichen Unterschiede zwischen den Schüler/-innen des sprachlichen und des mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweigs bei den restlichen Aspekten lassen sich durch Rahmenbedingungen erklären: die sprachlichen Klassen haben mit zwei Chemiewochenstunden eine Stunde weniger als die mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen und ihr Mädchenanteil ist höher. Da die Unterrichtszeit mit der naturwissenschaftlichen Kompetenz korreliert (Seidel et al., 2007a, S. 150) könnte sie auch die Motivation positiv beeinflussen. Denkbar ist auch ein Einfluss bereits vorhandenen Interesses an den Naturwissenschaften auf die Zweigwahl; dafür sprechen die Angaben zu den Laborvariablen (siehe 5.3.1.1).

Auch der Mädchenanteil kann bedeutsam sein, denn Mädchen haben in der Schule eine deutlich geringere Motivation für die Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Inhalten als Jungen (Schütte et al., 2007, S. 136). Die Schülerinnen und Schüler in den sprachlich orientierten Klassen haben demnach Chemie abgewählt, weil sie ein größeres Interesse an Sprachen haben. Wenn sie dennoch eine den naturwissenschaftlich orientierten Schülern vergleichbare Motivation für die Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Inhalten erreichen, könnte dafür die regelmäßige Teilnahme an den Praktika im NanoBioLab bedeutsam sein.

Sprachliche Teilnehmer- und Vergleichsklassen

In den sprachlichen Teilnehmerklassen findet man gegenüber den Vergleichsklassen aus diesem Zweig höheres thematisches, kontextuelles und tätigkeitsbezogenes Sachinteresse und eine größere Faszination für die Naturwissenschaften. Außerdem stellt man ein größeres Interesse an Berufen aus dem Bereich Naturwissenschaften fest. Diese Unterschiede sind besonders aussagekräftig, weil die genannten Klassen homogen sind im Hinblick auf ihre Voraussetzungen aus dem Unterricht und die Zusammensetzung nach Geschlechtern, d.h. Unterschiede in der Motivation sind am ehesten auf die Teilnahme an den Praktika im NanoBioLab zurückzuführen.

Die Unterschiede im Sachinteresse und der Faszination für die Naturwissenschaften wurden durch eine Analyse der Einzelitems dieser Skalen gefunden. Sie liefert auch die Kriterien für die Unterteilung der Items der einzelnen Skalen in jeweils zwei Gruppen. Die „beliebteren Items“ der Skalen kontextuelles Sachinteresse bzw. Faszination für die Naturwissenschaften beziehen sich eher auf grundlegende, die „unbeliebteren“ auf anwendungsbezogene Aspekte der Chemie. Die Skala tätigkeitsbezogenes Sachinteresse deckt für alle Schüler/-innen ein ausgeprägtes Interesse am eigenen Experimentieren auf und für die Kontrollklassen gegenüber den Teilnehmern am Praktikum eine Vorliebe für eher passive Tätigkeiten wie Zuschauen beim Experimentieren bzw. Filme ansehen. Dieser Itemhierarchie wird eine besondere Bedeutung beigemessen, weil sie vermutlich den Wert der zugehörigen Themen für die Schüler/-innen widerspiegelt. Sie kommt zustande, weil beim Ankreuzen in den unmittelbar untereinander stehenden Wertungszeilen Angaben, vielleicht nur unbewusst, gegeneinander abgewogen und nach persönlichen Vorlieben geordnet werden. Da Unterschiede zwischen den beiden Schülergruppen ausschließlich bei den beliebteren Items auftreten, sind sie besonders aussagekräftig. Vergleichbare Zusammenhänge kennzeichnen auch die Unterschiede zwischen den sprachlichen Teilnehmern und den Schüler/-innen aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Klassen bzw. den Schülerinnen aus dem GirlsCamp.

5.3.1.7.3 Diskussion der Korrelationen

Die hohen Korrelationen der Skalen Selbstkonzept der Begabung/intrinsische Motivation bzw. Selbstkonzept der Begabung/Gefallen am Lab lassen sich als Wirkung regelmäßiger Labor-tätigkeit und damit über oberflächliche Effekte hinausgehend interpretieren, eine Deutung, die auf den Zusammenhang Bewertung der Selbstständigkeit/Gefallen am Lab übertragbar ist. Gestützt wird diese Interpretation durch die kleinen Korrelationswerte der Teutolab-Skalen Selbstkonzept/Gefallen an Lab und Bewertung der Selbstständigkeit/Gefallen am Lab.

Ebenfalls bedeutsam und gleichermaßen zu interpretieren ist die hohe Korrelation zwischen intrinsischer Motivation und der Relevanz der Inhalte für beide Labore. Seine Bedeutung erhält dieser Vergleich durch die unterschiedlichen Versuchsinhalte beider Labore. Während im NanoBiolab in selbstständiger Arbeit sehr einfache Versuche zu Themen aus dem Unterricht gemacht werden (siehe 5.1.1), experimentieren die Schüler/-innen im Teutolab nach Schritt-für-Schritt-Anweisungen zu anspruchsvollen Themen ohne Lehrplanbezug (Herstellung von Stärkefolien, Orangeölextraktion, Biodieselsynthese, Brennstoffzellen). Themen also, die im Rahmen eines Einmalbesuchs leichter Begeisterung wecken als regelmäßige einfache Aufgabenstellungen aus dem laufenden Unterricht. Deshalb bestätigen die Befunde das Aufgabenkonzept im NanoBioLab.

Gestützt wird diese Interpretation auch durch die geringen Korrelationswerte für die Skalen Selbstkonzept der Begabung/ Gefallen am Laborkonzept im Teutolab, denn durch das hohe Maß an Anleitung ist keine Wirkung auf das Selbstkonzept zu erwarten (siehe 5.3.1.4, Tabelle 23). Gestützt wird diese Interpretation durch die Korrelationswerte für die Skalen Bewertung der Selbstständigkeit/Gefallen am Lab bzw. Bewertung der Selbstständigkeit/Relevanz der Inhalte. Beide Vergleiche ergeben deutlich höhere Korrelationswerte für das NanoBioLab. Auch die Korrelationswerte zwischen den Skalen Gefallen Lab/Kleingruppenarbeit und Gefallen Lab/Verstehen der Lehrkraft passen in dieses Bild. In beiden Fällen sind die Korrelationswerte bei den Teutolab-Skalen deutlich höher und deuten darauf hin, dass Unterstützung für Schülerinnen und Schüler im Teutolab eine größere Bedeutung hat als für die selbstständig arbeitenden NanoBioLab-Besucher/-innen, die durch Gewöhnung an eigenständiges Arbeiten nicht so sehr auf Unterstützung angewiesen sind.

5.3.2 Ergebnisse der zweiten Teilstudie (Projekt 2: Interviews)

Ziel dieser Studie war es, eine Verbesserung des Naturwissenschaftsverständnisses durch die Teilnahme an den Praktika im NanoBioLab nachzuweisen und damit zusätzlich einen weiteren Beleg für das richtige Grundkonzeption des Labors zu erbringen. Dazu diente eine Interviewstudie mit integrierter Fragebogenaktion, in dessen Verlauf die Schüler experimentieren mussten. Überprüft wurden im Anschluss an die Experimente die Fähigkeit eine experimentell zu beantwortende Frage zu formulieren, ein Experimente zu planen, dessen Verlauf vorherzusagen und die erwarteten Befunde zu beschreiben und zu interpretieren. Die Angaben dazu befinden sich auf den so genannten Aufgabenblättern der Schüler/-innen. Durch Gespräche mit den Interviewern wurde diese Befragungsergebnisse abgesichert. Mithilfe eines Fragebogens wurden zudem retrospektiv kognitive Aktivitäten der Schüler/-innen bei ihrer Planungsarbeit erfasst. Die genaue Struktur der Untersuchung und der ermittelten Daten ist in 5.3.2.1 beschrieben.

5.3.2.1 Auswertung der Schülerarbeitsblätter

In einem Vorbereitungsraum standen jedem Schüler/jeder Schülerin zwei Feuerzeuge unterschiedlicher Hersteller und ein Stück Kupferblech für Experimente zur Verfügung. Die Schüler/-innen waren aufgefordert, dazu eine Frage mit chemischer Bedeutung zu formulieren und einen geeigneten Versuch zur Beantwortung der Frage zu konzipieren. Der Versuch sollte dann während eines zukünftigen Experimentiertages in einem gut ausgestatteten Labor selbstständig durchgeführt werden (siehe 4.2.2.2).

Die Auswertung der Schülerangaben beinhaltet die Anzahl der Fragen, ihre Untersuchungsqualität und fachliche Tiefe, den vorgeschlagenen Versuch im Hinblick auf Aussagekraft, Materialbedarf und Qualität der geplanten Ausführung sowie die Versuchsergebnisse. Schließlich wurde die Gesamtheit der Angaben im Hinblick auf Plausibilität in einem vierteiligen Expertenrating bewertet. Die folgende Tabelle 29 zeigt einige ausgewählte Beispiele für Forschungsfragen der Schüler/-innen in Verbindung mit der Bewertung der Fragenqualität nach vier Gesichtspunkten: Wie groß ist der Beantwortbarkeitsgrad (maximale Punktzahl = 4), enthält die Frage eine Antwortvermutung ($P_{\max} = 2$), welche Wissensart wird erfragt ($P_{\max} = 2$), und wie groß ist die fachliche Tiefe der Fragen ($P_{\max} = 4$). Eine detaillierte Definition dieser Kriterien befindet sich im Kapitel 4.4. Die folgende Tabelle 29 enthält ausgewählte Fragenbeispiele und ihre Bewertung nach den Gesichtspunkten Beantwortbarkeitsgrad, Antwortvermutung, Art des Wissens und fachliche Tiefe. Die Wertungen erfolgten auf Skalen mit unterschiedlichen Höchstwerten (siehe Methoden, Tabelle 12).

Tabelle 29: Beispiele für Untersuchungsfragen und die Bewertung ihrer Qualität

B = Beantwortbarkeitsgrad; V = Antwortvermutung; A = Art des Wissens
 F = Fachliche Tiefe

Wertungskriterien	B	V	A	F
Maximale Punktzahlen	4	2	2	4
Fragenbeispiele	Wertung/Punktzahl			
Keine Angaben	0	0	0	0
Was passiert, wenn....?	1	1	1	1
Was entsteht...?	2	1	2	1
Welche Reaktionen laufen ab?	2	1	1	1
Warum verfärbt sich das Blech?	2	1	2	2
Welche Eigenschaften hat...?	2	1	1	1
Handelt es sich um Kupfer?	3	2	1	2
Wie oxidiert Kupfer?	3	1	1	1
Kann man Kupfer mit der Flamme schmelzen?	3	2	1	1
Leitet Kupfer Wärme	3	2	1	1
Wie viel Sauerstoff kann das Blech aufnehmen?	4	2	1	4
Reagiert das Blech mit Luft oder der Flamme?	4	2	1	3
Ist die wässrige Lösung des Verbrennungsproduktes eine Säure, oder eine Base?	4	2	1	3
Verändern Verunreinigungen durch Hautfett das Ergebnis?	4	2	1	1

Tabelle 30 auf der folgenden Seite zeigt eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Fragenbewertungen. Dabei bedeuten zunehmende Punktwerte zunehmenden Wert der Angaben.

In den Diagrammen 3 und 4 sind die Schülerangaben mit signifikanten Unterschieden zusammengefasst.

Tabelle 30: Ergebnisse der Fragenbewertungen (Schülerarbeitsblatt)hellgrau: signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)dunkelgrau: hochsignifikante Unterschiede ($p < 0,01$)N = Zahl der Schüler; $P_{\max}$ = maximal erreichbare Punktzahl; M = Mittelwert; SD = Standardabweichung.

Kriterien zur Bewertung der Angaben	GRUPPE	N	P _{max}	M	SD	F-Wert	p-Wert
Qualität der Fragen							
Beantwortbarkeit	Teilnehmer	69	4	2,97	1,05	22,37	,00
	Kontrollgruppe	59		2,10	1,01		
Antwortvermutung	Teilnehmer	69	2	1,46	,58	3,31	,07
	Kontrollgruppe	59		1,29	,49		
Art des erfragten Wissens	Teilnehmer	69	2	1,36	,61	3,05	,08
	Kontrollgruppe	59		1,54	,53		
Fachliche Tiefe	Teilnehmer	69	4	2,70	1,04	24,58	,00
	Kontrollgruppe	59		1,78	1,03		
Anzahl der Fragen	Teilnehmer	70		1,39	,78	4,58	,03
	Kontrollgruppe	59		1,14	,47		
Geplanter Versuch							
Materialbedarf	Teilnehmer	70	4	3,01	1,48	26,21	,00
	Kontrollgruppe	59		1,59	1,66		
Beschreibung	Teilnehmer	70	4	3,03	1,41	22,45	,00
	Kontrollgruppe	59		1,90	1,26		
Erwartetes Ergebnis	Teilnehmer	70	4	1,99	1,69	,82	,36
	Kontrollgruppe	58		1,74	1,25		
Expertenrating							
Fragenniveau	Teilnehmer	67	2	1,57	,65	53,28	,00
	Kontrollgruppe	57		,65	,74		
Versuchskonzeption	Teilnehmer	66	2	1,50	,74	43,40	,00
	Kontrollgruppe	56		,57	,80		
Aussagekraft des Versuchs	Teilnehmer	66	2	1,59	,63	21,28	,00
	Kontrollgruppe	57		1,12	,46		
Untersuchungscharakter des Versuchs	Teilnehmer	65	2	1,34	,71	46,05	,00
	Kontrollgruppe	57		,49	,65		

Auswertung: Varianzanalyse mit SPSS

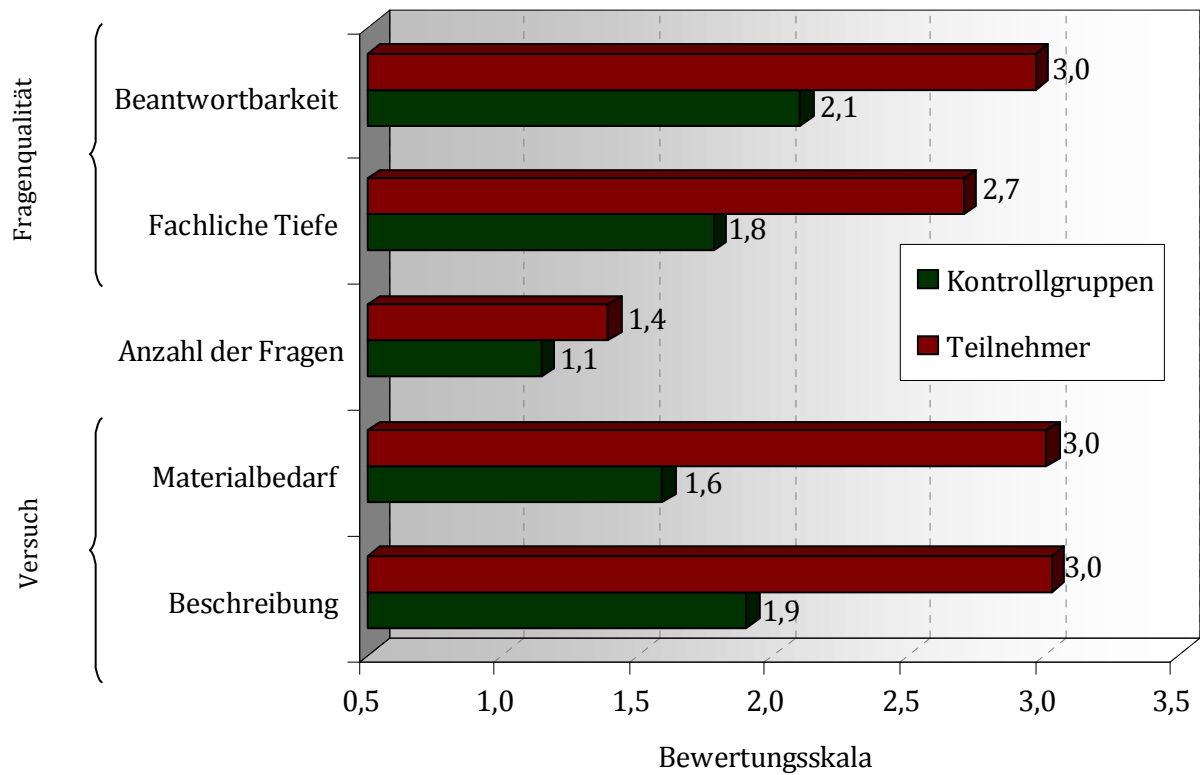


Diagramm 3: Bewertungen von Schülerangaben mit signifikanten Unterschieden

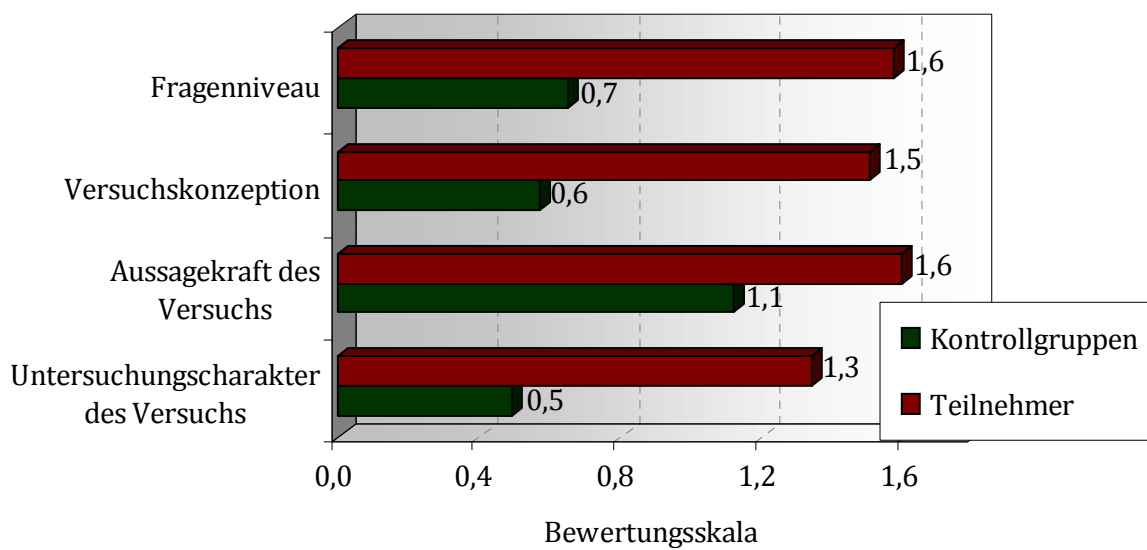


Diagramm 4: Zusammenfassende Bewertung von Schülerangaben (=Expertenrating) mit signifikanten Unterschieden

5.3.2.1.1 Untersuchungsqualität der Fragen

Die Untersuchungsqualität der Fragen beinhaltet drei Aspekte: Beantwortbarkeitsgrad, Antwortvermutungen und Art des Wissens (Methodenteil). Der Beantwortbarkeitsgrad der Teilnehmerfragen liegt auf einer Skala von 0 - 4 Punkten mit einem Durchschnittswert von $M_T = 2.97$ hochsignifikant über dem Durchschnitt der Fragen aus der Kontrollgruppe $M_K = 2,10$. Nicht signifikant sind die Unterschiede zwischen Teilnehmer- und Kontrollklassen für die Anteile an Antwortvermutungen in den Fragen ($M_T = 1,46$ und $M_K = 1,29$) bzw. die Art des Wissens ($M_T = 1,36$ und $M_K = 1,54$). Fragen mit/ohne Antwortvermutung wurden dabei mit zwei/einem Punkt gewertet, Faktenwissen ist einen, kausales Wissen zwei Punkte wert.

Fachliche Tiefe der Fragen

Die fachliche Tiefe der Fragen drückt sich in ihrer Reichweite im Hinblick auf ihren Analysecharakter aus und wird auf einer Skala von 0 – 4 bewertet. Von den Teilnehmer/-innen werden signifikant häufiger ($M_T = 2,7$) Fragen gestellt, die komplexe Versuche erfordern, sich dazu oft auf quantitative Aspekte beziehen (Wie viel Sauerstoff kann ein solches Stück Kupferblech aufnehmen?) oder zumindest Messgrößen zu stoffcharakteristische Eigenschaften enthalten (Welche Dichte hat der Stoff, aus dem das Blech besteht?). In der Kontrollgruppe sind diese Fragen hochsignifikant seltener ($M_K = 1,78$) zugunsten von Fragen, die ohne Fachkenntnisse direkt (Kann man das Kupferblech mit dem Feuerzeug anzünden?) oder durch simple Versuche, wie beispielsweise einfaches Erhitzen mit einem Feuerzeug, beantwortet werden können (Leitet das Kupferblech Wärme?).

Anzahl der Fragen

Die Aufgabenstellung bestand darin, eine Untersuchungsfrage von chemischer Bedeutung zu stellen. Manche Schüler/-innen haben jedoch mehrere Fragen formuliert und ihre Anzahl ist in der Gruppe der Teilnehmer mit $M_T = 1,39$ Fragen pro Schüler/-in signifikant höher als in der Kontrollgruppe mit durchschnittlich $M_K = 1,14$ Fragen pro Schüler.

Materialbedarf für den Versuch

Gewertet werden Anzahl und Art der verwendeten Geräte auf einer Skala von 0 = keine Angaben, bis 4 = Gerätschaften, die mehrschrittige Untersuchungen oder Messungen ermöglichen. Die Teilnehmer/-innen erreichen hier mit durchschnittlich $M_T = 3,01$ eine hochsignifikant bessere Bewertung als die Schüler/-innen der Kontrollgruppe ($M_K = 1,59$).

Beschreibung des Versuchs

Gewertet wird auf einer Skala von 0 – 4 wie weit sich die Schüler/-innen von experimentellen Möglichkeiten lösen, die im Vorbereitungsraum gegeben waren und Untersuchungen in Betracht ziehen, die über gängige Unterrichtsexperimente hinausgehen. Die Teilnehmer/-innen erreichen mit einfallsreicheren Experimenten eine hochsignifikant höhere Punktzahl $M_T = 3,03$ als die Schüler aus der Kontrollgruppe ($M_K = 1,90$).

Erwartete Versuchsergebnisse

Die Angaben werden auf einer Skala von 0 bis 4 hinsichtlich ihres hypothetischen Charakters sowie des erforderlichen technischen Aufwands für die experimentelle Überprüfung der Vermutungen bewertet. Die Durchschnittswerte von Teilnehmer/-innen ($M_T = 1,99$) und Nichtteilnehmer/-innen ($M_K = 1,74$) weisen keine signifikanten Unterschiede auf. Viele Schüler/-innen machen zu diesem Punkt nur lückenhafte oder überhaupt keine Angaben. Auf einigen Arbeitsblättern war als Grund dafür Zeitmangel angeführt und wurde auch mehrfach gegenüber den Interviewern so begründet.

5.3.2.1.2 Expertenrating

Das Expertenrating ist eine Bewertung der Gesamtheit der Schülerangaben im Hinblick auf Plausibilität und untergliedert sich in die Aspekte Fragenniveau, Versuchskonzeption und -durchführung, Bewertungskriterien bei der Versuchsauswertung, sowie den Untersuchungscharakter der Fragestellung. Für jeden der auf einer Skala von 0 – 2 Punkten bewerteten Aspekte erreichen die Teilnehmer/-innen an dem Praktikum im NanoBioLab eine signifikant höhere Punktzahl als die Schüler/-innen der Kontrollgruppe.

Fragenniveau

Eine inhaltliche Bewertung der Frage. Die Fragestellungen der Teilnehmer/-innen ($M_T = 1,57$) enthalten häufiger weiterführende Ideen (Wie reagiert der Blechstreifen mit der Flüssigkeit im Feuerzeug?). Aus der Kontrollgruppe ($M_K = 0,65$) dagegen kommen hochsignifikant häufiger Fragen mit trivialen Inhalten, die bereits im Vorbereitungsraum zu beantworten waren (Schmilzt das Blech, wenn ich es in die Flamme des Feuerzeugs halte?) oder nach gängigem Schulwissen (Reagiert das Blech, wenn man es erhitzt, mit der Luft?).

Versuchskonzeption und Durchführung

Hierbei handelt es sich um eine Bewertung der Versuchsplanung und -durchführung. Die Praktikumssteilnehmer/-innen ($M_T = 1,50$) planen hochsignifikant häufiger komplexe Versuche (Ich vergleiche die Gase aus beiden Feuerzeugen, indem ich ihre molaren Massen bestimme.), wohingegen in der Kontrollgruppe häufiger ($M_K = 0,57$) einfache Handgriffe (Ich halte das Kupfer in die Feuerzeugflamme) oder gängige Messungen (Ich messe die Temperatur) erwähnt werden.

Bewertungskriterien

Es geht um die Auswertung der Versuche und die Interpretation der Befunde. Die Praktikumssteilnehmer/-innen ($M_T = 1,59$) erwähnen hochsignifikant häufiger objektive Messgrößen für die Versuchsauswertung, wie beispielsweise die Reaktion eines Indikators oder die Anzeige eines Thermometers. In der Kontrollgruppe ($M_K = 1,12$) dagegen finden sich häufiger reine Tätigkeitsbeschreibungen, ohne dass Messgrößen erwähnt werden (Ich halte einen Kupferstreifen über die Flamme). Auch einfache Beschreibungen erwarteter Abläufe sind dort häufiger (Ich halte die Flamme des Feuerzeugs an den Blechstreifen, den ich in der Hand halte und warte, ob sich der Streifen erhitzt).

Untersuchungscharakter

Liefert der vorgeschlagene Versuch neue Erkenntnisse? Gibt es einen Spielraum für Vermutungen oder ermöglicht die Versuchskonzeption lediglich die Bestätigung von bekannten Sachverhalten? Die Praktikumssteilnehmer ($M_T = 1,34$) experimentieren hochsignifikant häufiger mit der Absicht, neues zu erfahren (Mit einem am Blech befestigten Thermometer soll die Temperatur ermittelt werden, bei der die Oxidation des Kupfers einsetzt). In der Kontrollgruppe dagegen ($M_K = 0,49$) wird häufiger mit dem Ziel experimentiert, bekannte Sachverhalte zu bestätigen (Metalloxid in Wasser geben und Lackmusfarbstoff hinzufügen).

5.3.2.2 Auswertung der Gespräche mit den Interviewern

Experimente im Vorbereitungsraum

Die Experimente bestanden im Wesentlichen darin, die Metallbleche mithilfe der Feuerzeugflamme zu erhitzen (Teilnehmer/-innen: 74% / Kontrollgruppe: 78%), die Feuerzeuge zu betätigen (T: 13% / K: 22%) bzw. das Blech zu biegen. Es treten keine signifikanten Häufigkeitsunterschiede zwischen den Tätigkeiten von Teilnehmer/-innen und Nichtteilnehmer(innen) auf. Auffällig ist der hohe Anteil derjenigen, die nicht experimentiert haben (T:21% / K:14%). Er reduziert sich bei den Teilnehmer/-innen jedoch etwas, wenn man die 4% der Teilnehmer/-innen berücksichtigt, die Gedankenexperimente angeben. Mit nur sechs Schülern (5%) klein ist dagegen die Gruppe der Schüler/-innen, die in den Feuerzeugen mehr als nur eine Wärmequelle sehen (Gas riechen, Gerüche vergleichen, Feuerzeuge vergleichen, Blech in das ausströmende Gas halten); fünf dieser Schüler/-innen stammen aus der Gruppe der Teilnehmer/-innen, jedoch nur einer aus der Kontrollgruppe. Einen Überblick über alle durchgeführten Experimente enthält die folgende Tabelle 31.

Tabelle 31: Interviewergebnisse zum Experimentieren im Vorbereitungsraum. Vergleich von ehemaligen Praktikumsteilnehmern und Nichtteilnehmern.

	Teilnehmer N = 72	Kontrollgruppe N = 59	Signifikanz der Unterschiede
Welche Experimente hast du im Vorbereitungsraum gemacht?	N/%	N/%	
Metallblech erhitzen	74	78	n.s.
keine	21	14	n.s.
Flamme an	14	22	n.s.
Metallblech biegen	14	8	n.s.
Stück vom Blech abreißen	4	3	n.s.
Gedankenexperiment	4	0	n.s.
Blech in ausströmendes Gas	3	0	n.s.
Gas riechen	1	1	n.s.
Gerüche vergleichen	1	0	n.s.
Metallblech zusammenfalten und erhitzen	0	1	n.s.
Feuerzeuge vergleichen	1	0	n.s.

Auswertung: Chiquadrattest mit SPSS

Beobachtungen der Schüler/-innen beim Experimentieren im Vorbereitungsraum

Im Vorbereitungsraum standen den Schüler/-innen ein Stück Kupferblech und zwei Feuerzeuge verschiedener Hersteller zur Verfügung und sie waren aufgefordert, damit zu experimentieren. Anschließend sollte eine Untersuchungsfrage mit chemischer Bedeutung formuliert werden.

Am häufigsten beobachtet beim Experimentieren wird die Schwarzfärbung des Metalls infolge Erwärmens (Teilnehmer/-innen: 67%, Kontrollgruppe: 69%) sowie seine gute Wärmeleitfähigkeit (T: 31%, K: 22%). Dann die Ablagerung von Ruß (T: 19%, K: 27%), der sich leicht abreiben lässt (T: 17%, K: 15%). Beobachtet werden auch die Rotfärbung des Metalls infolge des Erwärmens (T: 14%, K: 8%) sowie die Beständigkeit der farblichen Veränderungen (T: 14%, K: 15%). Bei einem Vergleich der Häufigkeiten einzelner Beobachtungen von Teilnehmer/-innen und Nichtteilnehmer/-innen ergeben sich keine signifikanten Unterschiede. Eine Zusammenfassung aller Beobachtungen enthält die folgende Tabelle 32.

Tabelle 32: Schülerbeobachtungen beim Experimentieren im Vorbereitungsraum.

	Häufigkeiten/%		Signifikanz
	Teilnehmer N = 72	Kontrollgruppe N = 59	
Was hast du dabei beobachtet?			
Schwarzfärbung beim Erhitzen	67	69	n.s.
gute Wärmeleitfähigkeit	31	22	n.s.
Rußbildung	19	27	n.s.
Ruß lässt sich abwischen	17	15	n.s.
keine	14	7	n.s.
Dunkelrotfärbung beim Erhitzen	14	8	n.s.
Verfärbung lässt sich nicht abwischen	14	15	n.s.
Metall bröckelt	4	2	n.s.
grüne Flamme	3	2	n.s.
Silberfärbung	1	2	n.s.
wird weich	1	2	n.s.

Auswertung: Chiquadrattest mit SPSS

Hilfreiche Chemiekennntnisse zur Interpretation der Beobachtungen

Zur Interpretation der Befunde werden am häufigsten der Sauerstoffgehalt der Luft (Teilnehmer/-innen: 43%, Kontrollgruppe: 37%), die rote Farbe des metallischen Kupfers (T: 42%, K: 20 %), schwarzes Kupferoxid (T: 38 %, K: 51 %), Luftbestandteile über den Sauerstoff hinaus (T: 15%, K: 5%) sowie Schmelztemperatur, Siedetemperatur, Leitfähigkeit und Dichte als charakteristische Eigenschaften des Kupfers (T: 14%, K: 10%) genannt. Signifikant sind die Unterschiede zwischen Teilnehmern und Nichtteilnehmern nur bei den Angaben zur Kupferfarbe und bei Luftbestandteilen über den Sauerstoff hinaus (siehe folgende Tabelle 33).

Tabelle 33: Chemiekennntnisse zur Interpretation von Beobachtungen

	Häufigkeiten/%		Signifikanz
	Teilnehmer N = 72	Kontrollgruppe N = 59	
Welche Chemiekennntnisse waren hilfreich?			
Luft enthält Sauerstoff	43	37	n.s.
Kupfer ist rot	42	20	P = 0,00
es gibt schwarzes Kupferoxid	38	51	n.s.
weitere Luftbestandteile als Sauerstoff	15	5	p = 0,03
Smt, Sdt, Leitfähigkeit, Dichte sind für einen Stoff charakteristisch	14	10	n.s.
Feuerzeuge enthalten Propan/Butan	8	2	n.s.
es gib rotes Kupferoxid	7	2	n.s.
molare Masse	7	0	n.s.
keine	6	8	n.s.
Oxidation oder/und Reduktion	6	7	n.s.
molares Volumen	3	0	n.s.
bei vielen Verbrennungen bildet sich CO ₂	1	0	n.s.
bei machen Verbrennungen bildet sich H ₂ O	1	0	n.s.
molare Teilchenzahl	1	0	n.s.
Elektrolyse	1	0	n.s.
Eigenschaften der Reaktion	1	0	n.s.
Schmelztemperatur	1	0	n.s.
Salzbildung	1	2	n.s.
Säuren	1	2	n.s.
Metalle können Legierungen bilden	0	2	n.s.

Auswertung: Chiquadratstest mit SPSS

5.3.2.3 Retrospektive Aussagen zu kognitiven Prozessen während der Vorbereitung eines Experiments.

Die Überlegungen der Schüler/-innen bei der Vorbereitung ihrer Experimente mit dem Kupferblechstreifen und den Feuerzeugen wurden mithilfe eines Fragebogens ermittelt, der ausgefüllt wurde, während sich die Interviewer anhand der Schüleraufgabenblätter auf die Interviews vorbereiteten. Entwickelt wurde der Fragebogen von Heinz Neber (siehe 4.3.3).

Die ersten beiden Items des Fragebogens beschreiben Überlegungen zu experimentellen Möglichkeiten. Die Items 4, 6, 7 und 8 enthalten Beweggründe und Ziele des geplanten Experimentierens, 3 und 5 beinhalten eine Analyse des eigenen Kenntnisstands und mit 9, 10, 11 und 12 beschreiben und bewerten die Schüler/-innen ihr eigenes Tun. Geantwortet wurde durch Ankreuzen auf einer Skala von „1 = gar nicht“ bis „5 = ganz genau.“ Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 34 zusammengefasst.

Tabelle 34: Retrospektive Aussagen zu kognitiven Prozessen bei der Versuchsvorbereitung

Skala: 1 = gar nicht bis 5 = ganz genau, N = Schülerzahl, M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Hellgrau hinterlegt: signifikanter Unterschied, Dunkelgrau hinterlegt: hochsignifikanter Unterschied

Nr	Item	GRUPPE	N	M	SD	F-Wert	p-Wert
1	Zuerst habe ich mir vorgestellt, was ich mit den Feuerzeugen und dem Blech machen kann.	Teilnehmer	71	4,2	,70	,49	,48
		Kontrollgruppe	58	4,12	,99		
2	Dann habe ich mir genau vorgestellt, was man bei den Feuerzeugen und dem Blech beobachten kann.	Teilnehmer	71	3,62	,94	1,38	,24
		Kontrollgruppe	59	3,41	1,11		
3	Ich habe mir überlegt, was ich zu der Situation nicht genau weiß	Teilnehmer	71	3,08	1,10	3,18	,07
		Kontrollgruppe	59	2,71	1,27		
4	Ich wollte ganz gezielt eine Frage nach einer Ursache stellen	Teilnehmer	70	3,01	1,11	,14	,70
		Kontrollgruppe	59	2,93	1,37		
5	Ich habe mir überlegt, welche Chemiekennnisse ich zur Formulierung meiner Frage verwenden kann.	Teilnehmer	71	3,52	1,16	3,28	,07
		Kontrollgruppe	59	3,14	1,25		
6	Es war mir wichtig eine Frage zu stellen, die sich durch einen Versuch (ein Experiment) eindeutig beantworten lässt	Teilnehmer	71	3,92	1,06	,24	,62
		Kontrollgruppe	59	3,81	1,30		
7	Mit Frage meiner Frage will ich ganz gezielt etwas über Auswirkungen wissen	Teilnehmer	71	3,45	1,05	1,11	,29
		Kontrollgruppe	59	3,24	1,25		
8	Mit meiner Frage will ich etwas herausfinden, was ich noch nicht weiß.	Teilnehmer	71	3,65	1,20	12,59	,00
		Kontrollgruppe	59	2,88	1,24		
9	Bei der Formulierung meiner Frage habe ich nicht viel nachgedacht.	Teilnehmer	71	2,63	1,08	,01	,90
		Kontrollgruppe	59	2,61	1,05		
10	Ich denke, ich habe eine gute Frage gestellt	Teilnehmer	71	2,77	1,11	,65	,42
		Kontrollgruppe	59	2,93	1,09		
11	Es ist mir schwer gefallen, eine passende Frage zu überlegen	Teilnehmer	71	3,21	1,14	5,83	,01
		Kontrollgruppe	59	2,69	1,29		
12	Mir sind mehrere Fragen eingefallen	Teilnehmer	69	2,88	1,45	7,50	,00
		Kontrollgruppe	58	2,21	1,30		

Auswertung: Varianzanalyse mit SPSS

Hochsignifikant mehr Teilnehmer/-innen als Schüler/-innen aus der Kontrollgruppe ($M_T = 3,65$, $M_K = 2,88$) experimentieren mit der Absicht, durch ihre Untersuchungen neues zu erfahren (Item 8). Ihnen fallen auch hochsignifikant mehr Fragen ($M_T = 2,88$, $M_K = 2,21$) zu der gestellten Situation ein (Item 12), es fällt ihnen dabei jedoch signifikant schwerer (Item 11), eine passende Frage zu überlegen ($M_T = 3,21$; $M_V = 2,69$). Etwas oberhalb des Signifikanzniveaus von 0,05 liegen die Unterschiede hinsichtlich der Überlegungen zum eigenen Kenntnisstand (Items 3: $M_T = 3,08$ und $M_K = 2,71$; $p = 0,076$ und Item 5: $M_T = 3,52$ und $M_K = 3,14$; $p = 0,072$). Für die übrigen Items unterscheiden sich die Angaben von Teilnehmer- und Kontrollgruppen nicht.

Die größte Zustimmung erfahren die Items 1, 2, 5, 6, 7 und 8 der Tabelle 31. Eins und zwei beziehen sich auf die Planung der Experimente: ($M_T = 4,23$; $M_K = 4,12$) bzw. ($M_T = 3,62$; $M_K = 3,41$), fünf auf Überlegungen über Chemiekenntnisse ($M_T = 3,52$; $M_K = 3,14$) und sechs ($M_T = 3,92$; $M_K = 3,81$), sieben ($M_T = 3,45$; $M_K = 3,24$) und acht ($M_T = 3,65$; $M_K = 2,88$) auf das Experimentierziel, zu dem die Zustimmung der Kontrollgruppe signifikant geringer ist.

5.3.2.4 Leistungsniveau der Schüler/-innen in Chemie

Leistungskriterien sind die Noten auf den Halbjahreszeugnissen der Klassenstufe neun und die Bewertungen durch die Interviewer. Die Zeugnisnoten wurden während der Interviews mithilfe eines Fragebogens (siehe 9.4) ermittelt. Ihre Bewertungen vermerkten die Interviewer unmittelbar im Anschluss an die Interviews durch Ankreuzen (siehe Tabelle 35). Zusätzlich vergaben sie eine Gesamtnote für jede der beiden von ihnen interviewten Gruppen. Diese zusätzliche Bewertung wurde nach Abschluss aller Interviews vorgenommen (siehe unten: Gruppenbewertungen durch die Interviewer).

Zeugnisnoten der Schüler

Hochsignifikant besser sind die Zeugnisnoten der Teilnehmer in den Fächern Chemie ($M_T = 2,15$; $M_K = 2,79$) und Biologie ($M_T = 1,96$; $M_K = 2,68$). In den Fächern Deutsch, Mathematik, 1. und 2. Fremdsprache sowie in Physik unterscheiden sich beide Gruppen nicht (siehe Tabelle 35).

Tabelle 35: Zeugnisnoten der Schüler auf dem Halbjahreszeugnis der Klassenstufe 9.

grau hinterlegt: hochsignifikante Unterschiede zwischen Teilnehmer- und Kontrollgruppe

Zeugnisnoten	GRUPPE	N	M	SD	F-Wert	p-Wert
Deutsch	Teilnehmer	71	2,82	,85	,83	,36
	Kontrollgruppe	57	2,95	,74		
Mathe	Teilnehmer	71	2,54	,95	1,64	,20
	Kontrollgruppe	57	2,74	,79		
1.Fremdsprache	Teilnehmer	71	2,90	,91	,41	,52
	Kontrollgruppe	57	3,00	,80		
2. Fremdsprache	Teilnehmer	70	3,17	1,09	2,21	,13
	Kontrollgruppe	56	2,91	,81		
Chemie	Teilnehmer	71	2,15	,99	10,33	,00
	Kontrollgruppe	56	2,79	1,21		
Biologie	Teilnehmer	71	1,97	,82	18,33	,00
	Kontrollgruppe	57	2,68	1,05		
Physik	Teilnehmer	70	2,66	,94	,76	,38
	Kontrollgruppe	57	2,82	1,21		

Auswertung: Varianzanalyse mit SPSS

Einzelbewertungen durch die Interviewer

Jeder der 8 Interviewer führte, ohne dabei die Gruppenzugehörigkeiten zu kennen, Gespräche mit bis zu 11 Teilnehmer/-innen und an einem weiteren Tag mit einer Gruppe von 7 – 8 Schüler/-innen einer Kontrollklasse. Die Bewertungen der Befragten wurden nach Abschluss der einzelnen Interviews vorgenommen und spiegeln die Eindrücke der Interviewer von den einzelnen Schüler/-innen wieder. Gewertet wurden Motivation, Interesse, Einfallsreichtum, Selbstvertrauen, Qualität der Ausführung, Ideen, Umsetzbarkeit der Ideen und Fachkenntnisse der Schüler/-innen auf einer Skala von 1 = gering bis 5 = groß. Die Werte für Einfallsreichtum und Selbstvertrauen sind in der Gruppe der Teilnehmer/-innen mit durchschnittlich 3,33 bzw. 3,43 hochsignifikant höher als in der Kontrollgruppe mit Durchschnittsnoten von 2,8 bzw. 2,9. Signifikant besser bewertet mit 3,58 bzw. 3,20 wurden zudem das Interesse der Teilnehmer/-innen, sowie ihre Ideen bei der Konzeption von Experimenten. Hinsichtlich Motivation, Qualität der Ausführungen, Umsetzbarkeit der Ideen und Fachkenntnisse finden sich keine signifikanten Unterschiede; erkennbar ist jedoch eine Tendenz zur Höherbewertung der Teilnehmer/-innen. Eine Zusammenfassung der Befunde zeigt die folgende Tabelle 36. Diagramm 5 zeigt eine Zusammenfassung der Faktoren mit signifikanten Unterschieden zwischen den Gruppen.

Tabelle 36: Bewertung einzelner Schüler/-innen durch die Interviewer

Bewertungsskala: 1 = gering bis 5 = groß, dunkelgrau hinterlegt: hochsignifikante Unterschiede ($p \leq 0,01$)

hellgrau hinterlegt: signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$),

Zahl der Interviewer = Zahl Teilnehmergruppen = Zahl der Kontrollgruppen = 8

	GRUPPE	N	M	SD	F-Wert	p-Wert
Motivation	Teilnehmer	69	3,57	1,19	1,91	,16
	Kontrollgruppe	59	3,29	1,05		
Interesse	Teilnehmer	69	3,58	1,13	3,82	,05
	Kontrollgruppe	59	3,20	1,03		
Einfallsreichtum	Teilnehmer	69	3,33	1,17	6,83	,01
	Kontrollgruppe	59	2,80	1,14		
Selbstvertrauen	Teilnehmer	69	3,43	1,10	7,88	,00
	Kontrollgruppe	59	2,90	1,04		
Qualität der Ausführungen	Teilnehmer	69	3,12	1,06	2,27	,13
	Kontrollgruppe	59	2,83	1,06		
Ideen	Teilnehmer	69	3,20	1,10	5,89	,01
	Kontrollgruppe	58	2,74	1,01		
Umsetzbarkeit der Ideen	Teilnehmer	68	3,69	1,01	,127	,72
	Kontrollgruppe	56	3,62	1,05		
Fachkenntnisse	Teilnehmer	69	3,42	1,09	2,82	,09
	Kontrollgruppe	59	3,10	1,04		

Auswertung: Varianzanalyse mit SPSS

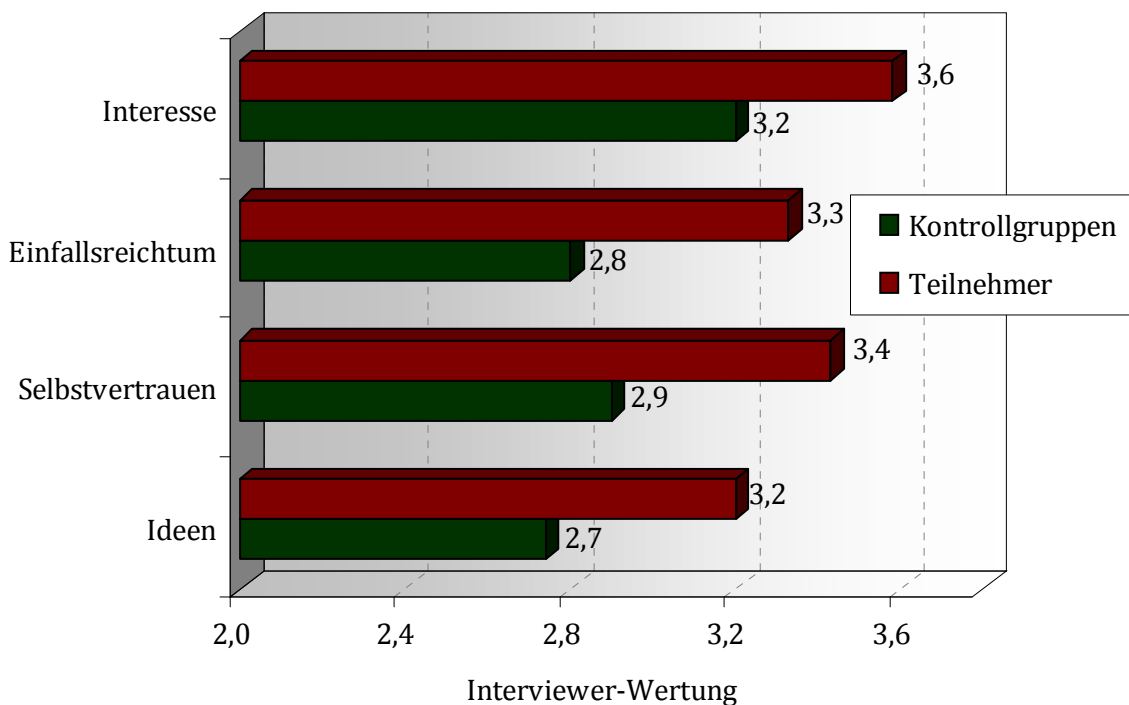


Diagramm 5: Signifikante Bewertungsunterschiede zwischen den Gruppen

Gruppenbewertungen durch die Interviewer

Die Gesamtbewertungen der Gruppen durch die acht Interviewer erfolgte ohne Kenntnis der Gruppenzugehörigkeit der Schüler/-innen nach Abschluss aller Gespräche beider Interviewtage. Sie waren aufgefordert, die Qualität der Angaben beider interviewten Gruppen durch je eine Gesamtnote auf einer Notenskala von 1 = sehr gut bis 6 = ungenügend zu bewerten und ihre Wertungen durch kurze Statements zu erläutern. So liegen von jedem der acht Interviewer neben den Einzelwertungen je zwei Gruppenwertungen vor, eine für eine Teilnehmer- und eine für eine Kontrollgruppe. Das Wissen um die Leistungsfähigkeiten aller interviewten Schüler ermöglichte es den Interviewern, ihre ursprünglichen Angaben noch einmal zu relativieren.

Sieben der acht Interviewer geben den Teilnehmergruppen (Durchschnittsnoten: Teilnehmer 2,0 und Nichtteilnehmer 3,6) die besseren Noten und begründen ihre Entscheidungen mit höherem Schülerinteresse und der Vielfalt guter Ideen bei der Konzeption und Durchführung der Experimente. Nur Interviewer M bewertet seine Teilnehmergruppe mit der Note ausreichend (4) schlechter als die von ihm interviewte Kontrollgruppe (Note 2). Bei seinen Wertungen ist zu bedenken, dass die von ihm interviewte Teilnehmergruppe aus einer sprachlichen Klasse (Klasse F) stammt, die noch dazu im Verlauf der Klassenstufe neun das Schülerlabor nur einmal besuchen konnte, während es die beiden mathematisch-naturwissen-

schaftlichen Klassen auf drei bzw. fünf Besuche brachten (siehe 4.2.2.1, Tabelle 4). Eine Zusammenfassung der Befunde zeigt die folgende Tabelle 37.

Die Feststellungen der Interviewer zeigen die gleiche Tendenz wie die Einzel- und Gruppenbewertungen. Die Teilnehmer sind im Vergleich zu den Kontrollgruppen motivierter, interessierter und kreativer (siehe Tabelle 38).

Tabelle 37: Benotungen der interviewten Gruppen durch die Interviewer

Notenskala; 1 = sehr gut bis 6 = ungenügend.

G bis O = Interviewer ; mn = mathematisch-naturwissenschaftlich; spr=sprachlich

	Teilnehmer			Kontrollklassen		
Klasse	K4	K9	K7	K20	K19	K18
Klassentyp	mn	mn	spr	mn	mn	mn
Zahl d. Besuche in Klasse 8/9	5/3	5/5	5/1	0/0	0/0	0/0
Interviewer						
G		1,5			4,5	
H			2			5
I		1,5		4,5		
K		1		3,5		
L	2				4	
M			4		2	
N	1					3
O	2			2		
Durchschnitt	1,66	1,33	3	3,33	3,5	4
Gesamtschnitt	2,0			3,6		

Tabelle 38: Feststellungen der Interviewer

(T) = Praktikumssteilnehmer; (NT) = Nichtsteilnehmer; G bis O = Interviewer

Interviewer	Klasse	Feststellungen
G	K19(NT)	Die Schüler wiesen nur geringes Grundwissen auf. Es fehlte Kreativität bei der Ausarbeitung von Experimenten.
M	K19(NT)	Gute Ideen, gute chemische Kenntnisse.
L	K19(NT)	Wenige gute, ansonsten unmotivierte Schüler mit wenig chemischem Wissen.
G	K9(T)	Schüler haben solides Grundwissen Man merkte an den einfallsreichen Experimenten, dass die Schüler im NanoBioLab waren.
I	K9(T)	Ideenreich, interessiert und motiviert. Gutes Grundwissen
K	K9(T)	Gutes Hintergrundwissen Sehr arbeitsbereit Gute, auch von anderen Schülern unterschiedliche Ideen Hohes Niveau
M	K7(T)	Teilweise unmotiviert, schlechte Chemiekenntnisse Im Vorbereitungsraum lagen weitere Materialien und wurden z.T. auch verwendet.
H	K7(T)	Motivation und Ideenreichtum der Schüler wesentlich besser; bessere Organisation (der Veranstaltung) insgesamt.
L	K4(T)	Kompetente, motivierte Schüler
N	K4(T)	Die Schüler waren zum größten Teil motiviert und interessierter als in der Klasse K18 und hatten mehr Wissen. Das Interesse der Lehrer war größer und die Organisation besser.
O	K4(T)	Viele durchschnittlich; einige die überdurchschnittlich gut waren
H	K18(NT)	Schüler insgesamt überfordert und ohne eigene Ideen Schüler aufgrund von schlechter Organisation* nicht vorbereitet und recht unmotiviert.
N	K18(NT)	Schüler nicht so motiviert und interessiert. Weniger Wissen Organisation schlecht und Interesse der Lehrer gering
O	K20(NT)	Geringe Motivation der Schüler (im Durchschnitt)
I	K20(NT)	Schüler relativ ideenlos und wenig chemisches Wissen
K	K20(NT)	Schüler eher einheitlich die gleichen Experimente zu einem Thema, das vorher im Unterricht behandeltet worden war. Mittelmäßiges Niveau Viele Schüler hatten keine Lust

5.3.3 Ergebnisse der dritten Teilstudie (Projekt 3: Praktika in Klasse 10)

Diese Praktika bildeten die Abschlussveranstaltung der am Ende der Klassenstufe neun interviewten Schüler/-innen und fanden im Verlauf der Klassenstufe 10 statt (siehe 4.2.3.. Die Ergebnisse dieser Teilstudie sind am Ende dieses Abschnitts und im Abschnitt 6.2.2 zusammengefasst.

Ziel der Studie war es, den in der zweiten Teilstudie geführten Nachweis einer Verbesserung des Naturwissenschaftsverständnisses durch die Teilnahme an den Praktika im NanoBioLab weiter zu festigen. Dazu diente eine Fragebogenstudie im Anschluss an die Praktika, in dessen Verlauf die Schüler/-innen eine Aufgabenstellung zu bearbeiten hatten, die in Anlehnung an die Experimentalsituation in der zweiten Teilstudie (4.2.3) konzipiert war.

Beteiligt waren die ehemaligen Teilnehmer der Interviewstudie (Projekt 2): drei Klassen, die das NanoBioLab im Verlauf der Klassenstufe 9 besucht hatten und auch schon an der Studie in Klassenstufe 8 (Projekt 1) beteiligt waren sowie die drei Kontrollgruppen aus der Interviewstudie (siehe 4.2.2). Untersuchungsgegenstand war das Verständnis der Schüler/-innen für die Aufgabenstellungen, ihr Interesse an Aufgabenstellungen dieser Art und der dabei empfundene Schwierigkeitsgrad.

Um gleiche Voraussetzungen zu schaffen, fanden die Praktika für alle Klassen im Anschluss an die Unterrichtseinheit Alkane statt. Diese Maßgabe führte jedoch dazu, dass größere Zeiträume zwischen den einzelnen Praktikumsterminen lagen, denn die Lehrplanthemen waren in den einzelnen Schulen in unterschiedlichen Reihenfolgen behandelt worden. Für eine der Kontrollklassen scheiterte eine Abstimmung des Praktikumstermins mit den Unterrichtsthemen aus schulinternen Gründen. Deshalb musste dieser Klasse eine andere Aufgabenstellung gegeben werden (siehe 4.2.3). Die Schüler/-innen der übrigen fünf Klassen sollten im Praktikum zunächst den aktuellen Wert für das molare Volumen mithilfe von Kohlenstoffdioxid bestimmen, anschließend zwei gasförmige Alkane anhand ihrer molaren Masse identifizieren und schließlich das Ergebnis der Alkananalyse durch eine quantitative Reaktion der Alkane mit Kupferoxid bestätigen. Die zusätzlich angebotene Analyse eines flüssigen Alkans wurde nicht ausgewertet, weil sie aus Zeitgründen nur von wenigen Gruppen bearbeitet worden war.

Die Auswertung der Praktika liegt in Form der Itemmittelwerte der Befragungen vor: M_T = Mittelwerte der Teilnehmer und M_K = Mittelwerte der Kontrollgruppe und ist in den beiden folgenden Tabellen 37 und 38 zusammengefasst. Sie beinhalten das Schülerinteresse an der Aufgabenstellung, deren Einfluss auf Denkprozesse während der Aufgabenbearbeitung und das Interesse an weiteren Aufgabenstellungen dieser Art. Außerdem liegen von den fünf Klassen Daten zum Verständnis der Lösungswege der Alkananalyse und dem empfundenen Schwierigkeitsgrad der Aufgabenstellungen vor. Angekreuzt wurde auf Skalen von 1 = nicht klar bis 6 = völlig klar bzw. 1 = überhaupt nicht bis 6 = ja sehr (siehe 9.5). Praktikums Teilnehmer/-innen und

Schüler/-innen der Kontrollgruppen äußern gleichermaßen großes Interesse an Aufgabenstellungen dieser Art ($M_T = 4,47$; $M_K = 4,18$). Sie empfinden zudem eine Anregung zum Nachdenken ($M_T = 4,39$; $M_K = 4,50$) und zum Erinnern ihres chemischen Vorwissens ($M_T = 4,23$; $M_K = 4,52$) und eine deutliche Förderung ihrer Chemiekenntnisse ($M_T = 4,74$; $M_K = 4,74$). Viele von ihnen ($M_T = 4,15$; $M_K = 4,03$) würden sich gerne weiterhin mit Aufgaben dieser Art, die von Schüler/-innen aller Gruppen gut verstanden wurden (M_T und M_K zwischen 4,88 und 4,27, siehe Tabelle 39), beschäftigen. Unterschiede zwischen Teilnehmern am Praktikum und den Kontrollklassen findet man für den Schwierigkeitsgrad bei der Bestimmung des molaren Volumens von Kohlenstoffdioxid. Sie wird von den Schüler/-innen der Kontrollgruppe als signifikant schwieriger empfunden (Tabelle 40, $M_T = 2,45$; $M_K = 2,94$).

Tabelle 39: Retrospektive Bewertung der Aufgabenstellungen und Lösungswege durch die Schüler/-innen

Skala: 1 = nicht klar bis 6 = völlig klar

	GRUPPE	N	M	SD	F-Wert	p-Wert
Wert für molares Volumen mithilfe von CO ₂ bestimmen	Teilnehmer	59	4,78	1,13	,04	,82
	Kontrollgruppe	41	4,83	1,07		
Alkan durch Bestimmung der molaren Masse identifizieren	Teilnehmer	59	4,88	1,05	,19	,65
	Kontrollgruppe	41	4,78	1,19		
Alkan durch Reaktion mit Kupferoxid identifizieren	Teilnehmer	59	4,59	1,27	1,43	,23
	Kontrollgruppe	41	4,27	1,41		

Auswertung: Varianzanalyse mit SPSS

Tabelle 40: Einschätzung von Aufgabenwirkungen und des Schwierigkeitsgrades durch die Schüler/-innen

hellgrau hinterlegt: signifikante Unterschiede zwischen Teilnehmern und Kontrollgruppe

Skala: 1 = überhaupt nicht bis 6 = ja sehr

	GRUPPE	N	M	SD	F-Wert	p-Wert
Solche Aufgaben wecken mein Interesse	Teilnehmer	57	4,47	1,07	1,46	,22
	Kontrollgruppe	56	4,18	1,49		
Aufgabe 1 war für mich schwierig	Teilnehmer	60	2,45	1,28	4,28	,04
	Kontrollgruppe	54	2,94	1,26		
Aufgabe 2 war für mich schwierig	Teilnehmer	60	2,42	1,25	1,04	,30
	Kontrollgruppe	52	2,65	1,18		
Aufgabe 3 war für mich schwierig	Teilnehmer	60	2,75	1,25	1,70	,19
	Kontrollgruppe	52	3,06	1,22		
Diese Aufgaben haben zum Nachdenken über mein Vorwissen angeregt	Teilnehmer	61	4,39	1,39	,20	,65
	Kontrollgruppe	58	4,50	1,14		
Über diese Aufgaben habe ich intensiv nachgedacht	Teilnehmer	61	4,23	1,32	1,52	,22
	Kontrollgruppe	58	4,52	1,21		
Diese Aufgaben haben meine Kenntnisse über chemische Zusammenhänge gefördert.	Teilnehmer	61	4,74	1,01	,00	,98
	Kontrollgruppe	58	4,74	1,13		
Ich würde mich gerne mit weiteren ähnlichen Aufgaben beschäftigen	Teilnehmer	61	4,15	1,31	,16	,68
	Kontrollgruppe	58	4,03	1,68		

Auswertung: Varianzanalyse mit SPSS

5.3.4 Ergebnisse der vierten Studie (Projekt 4: fünfjährige Teilnahme)

Ziel dieser Studie war es, Langzeitwirkungen der Laborbesuche bei Schüler/-innen in Erfahrung zu bringen. Erwartet wurden verlässlichere Angaben aufgrund der häufigen Besuchswiederholungen und des höheren Alters der Befragten. Auswertbar waren die Daten von 51 Schüler/-innen und 21 Schülern der insgesamt 108 Schüler/-innen umfassenden Jahrgangsstufe; 26 davon hatten das Labor über einen Zeitraum von fünf Jahren besucht, die Kontrollgruppe umfasste demnach 46 Schüler/-innen. Die Befragungsergebnisse sind in der folgenden Tabelle 41 zusammen gefasst und im nachfolgenden Text näher erläutert.

Tabelle 41: Befragung in Klassenstufe 13

Skala: 1 = stimmt gar nicht bis 6 = stimmt genau

MT = Mittelwert der Teilnehmer; MN = Mittelwert der Nichtteilnehmer;

SD = Standardabweichung; grau markiert: hochsignifikante Unterschiede

	M _T	SD	M _{NT}	SD	F	p
Selbstwirksamkeit	4,32	1,31	4,10	1,00	0,13	0,71
Intrinsischer Wert	4,61	1,09	4,06	1,07	5,52	0,02
Präferenz für offenes Experimentieren	3,39	0,78	2,70	0,76	9,90	0,00
Präferenz für strukturiertes Experimentieren	2,65	0,76	3,42	0,85	6,29	0,02

Auswertung: Varianzanalyse mit SPSS

Selbstwirksamkeit

Die naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeit ist zu verstehen als die subjektive Erwartung, in den Naturwissenschaften gut/leicht lernen zu können. Erfragt wurde, wie die Schüler/-innen beim Lernen in den naturwissenschaftlichen Fächern vorgehen: „Wenn ich beim Lernen nicht alles verstehe versuche ich, die Lücken festzuhalten und den Stoff daraufhin nochmals durchzugehen.“, „Wenn ich ein schwieriges Thema vor mir habe, passe ich mein Lernen daran an (beispielsweise durch langsames Lernen).“ usw. (siehe 9.6). Die Durchschnittswerte von Teilnehmer/-innen ($M_T = 4,32$) und Nichtteilnehmer/-innen ($M_{NT} = 4,10$) weisen keine signifikanten Unterschiede auf (siehe Tabelle 41).

Intrinsischer Wert

Der intrinsische Wert bezieht sich auf das Lernen in den Naturwissenschaften und beschreibt den chemiebezogenen Wert des Lernens auf diesem Gebiet. Mit ihren Angaben zeigen die Schüler/-innen zum einen ihr Leistungsvermögen in den naturwissenschaftlichen Fächern („Ich

bin mir sicher, dass ich die Inhalte des Faches verstehe.“), vergleichen sich aber auch mit ihren Mitschülern („Verglichen mit anderen sind meine Lernfertigkeiten in diesem Fach ausgezeichnet.“) usw. (siehe 9.6). Die ehemaligen Teilnehmer/-innen ($M_T = 4,61$) am Praktikum im NanoBioLab schätzen sich hochsignifikant besser ein als die Nichtteilnehmer/-innen ($M_{NT} = 4,06$) (siehe Tabelle 41).

Präferenz für offenes Experimentieren unter strukturierten Bedingungen

Anzugeben ist der Anteil an selbstständigen Beiträgen, der beim Experimentieren in den Naturwissenschaften gewünscht wird. Dabei wurden beide Itemtypen, „Ich bevorzuge Experimente, bei denen ich meine eigenen Fragestellungen entwickeln kann.“ oder „....bei denen ich mir die einzelnen Schritte selbst überlegen muss.“ bzw. „.... bei denen ich das Ergebnis von vornherein kenne.“ oder „....bei denen genau vorgeschrieben ist, welche Beobachtungen oder Messungen gemacht werden sollen.“ (siehe 9.6), getrennt ausgewertet. Die ehemaligen Teilnehmer/-innen an den Schülerpraktika präferieren gegenüber den Nichtteilnehmer/-innen hochsignifikant Experimente ohne Schritt für Schritt Vorgaben ($N_T = 3,39$; $N_{NT} = 2,70$) und bestätigen diese Einstellung durch eine hochsignifikant größere Ablehnung von strukturierten Experimenten ($N_T = 2,65$; $N_{NT} = 3,42$) (siehe Tabelle 41).

5.4 Zusammenfassende Diskussion der Auswirkungen mehrjähriger Praktikumsteilnahmen

Der Überblick umfasst die Interviewstudie in der Klassenstufe 9, das Abschlusspraktikum in Klassenstufe 10 und die Befragung der Schüler/-innen in der Klassenstufe 13.

Durch diesen Teil der vorliegenden Untersuchung sollten zwei Fragen beantwortet werden: „Steigt das naturwissenschaftliche Grundverständnis von Schüler/-innen durch regelmäßige Besuche im NanoBioLab?“ und „Welche Labormerkmale initiieren entsprechende Lernprozesse?“.

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden drei Klassen aus verschiedenen Gymnasien, die im Verlauf der Klassenstufen 8 und 9 regelmäßig an den Praktika im NanoBioLab teilgenommen haben, zusammen mit drei Kontrollklassen von drei weiteren Gymnasien in einer kombinierten Interview-Fragebogenstudie befragt. Die drei Kontrollklassen und zwei der Teilnehmerklassen kommen aus dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich, eine der Teilnehmerklassen

war sprachlich orientiert. Diese sechs Klassen nahmen dann im Verlauf der Klassenstufe 10 an einem weiteren Praktikum teil und wurden im Anschluss daran erneut befragt (siehe 4.3.3).

Vor dem Interview standen jedem Schüler/jeder Schülerin als Untersuchungsgegenstände zwei Feuerzeuge unterschiedlicher Hersteller und ein Stück Kupferblech zur Verfügung (siehe 4.2.2.2). Kennzeichnend für diese Situation ist eine ausgewogene Kombination aus bekannten und neuen Fakten. Kupfer ist aus dem Unterricht als halbedles Metall mit zahlreichen Verwendungsmöglichkeiten bekannt: seine Oxidation als Reaktion mit Sauerstoff, seine Reaktionen mit Schwefel und Chlor; das Massenverhältnis bei diesen Reaktionen und Eigenschaften der Elemente sowie der genannten Verbindungen sind zentrale Inhalte in den Klassenstufen acht und neun.

Feuerzeuge dagegen kennen die Schüler/-innen nur als Zündquellen; die enthaltenen Brennstoffe werden in diesen Klassenstufen nicht behandelt. Damit besteht die Möglichkeit, Untersuchungsfragen mit Hilfe bekannten Faktenwissens zu formulieren, Zusammenhänge zwischen den Fakten anzusprechen oder über Eigenschaften und Reaktionen der unbekannten Substanz „Brennstoff im Feuerzeug“ zu spekulieren.

5.4.1 Diskussion präexperimenteller kognitiver Prozesse (Projekt 2)

Die Überlegungen zu experimentellen Möglichkeiten mit dem gegebenen Material sind in beiden Schülergruppen gleich. Ehemalige Praktikumsteilnehmer wie Schüler/-innen aus der Kontrollgruppe führen auch die gleichen Untersuchungen mit den Feuerzeugen und dem Kupferblech durch, beobachten dabei die gleichen Phänomene und erklären sie mit nahezu dem gleichen gängigen Schulwissen. Die Schüler/-innen beider Gruppen wollen auch eine Untersuchungsfrage stellen, die durch ein Experiment eindeutig beantwortbar ist. Diese übereinstimmenden Herangehensweisen belegen einen einheitlichen Wissenstand. Unterschiede bei weiteren Aktivitäten können deshalb als Ergebnis der Tätigkeit im NanoBioLab gesehen werden.

Geringe Unterschiede betreffen Erklärung von Versuchsbeobachtungen. Die rote Kupferfarbe und die Luftbestandteile über den Sauerstoff hinaus werden signifikant häufiger von den ehemaligen Teilnehmern an den Praktika im NanoBioLab erwähnt. Dadurch sind Sachverhalte angesprochen, die als selbstverständliche Alltagserfahrungen von den wenigsten Schüler/-innen hinterfragt werden.

Ausschließlich aus dieser Gruppe stammen die zehn Schüler/-innen, die das molare Volumen oder die molare Masse erwähnen, Begriffe, die komplexe Zusammenhänge beschreiben und deshalb tiefer gehendes Nachdenken erfordern. Weitere Unterschiede zwischen beiden Schülergruppen bestehen hinsichtlich der Experimentierabsichten. Ehemalige Teilnehmer/-innen am

Praktikum im NanoBioLab wollen im Vergleich zu den Schüler/-innen der Kontrollgruppen signifikant häufiger Unbekanntes in Erfahrung und sie fühlen sich imstande, mehrere passende Fragen zu dem Thema zu formulieren. Gleichzeitig erwähnen sie größere Schwierigkeiten beim Auffinden einer passenden Untersuchungsfrage. In Verbindung mit den besseren Zeugnisnoten, die eher geringere Schwierigkeiten erwarten lassen, wird auch dadurch ein tieferes Nachdenken über Zusammenhänge angedeutet.

5.4.2 Diskussion der Forschungsfragen (Projekt 2)

Die Forschungsfragen der ehemaligen Teilnehmer/-innen an den Praktika im NanoBioLab weisen eine größere fachliche Tiefe und einen höheren Beantwortbarkeitsgrad auf und ihre experimentelle Bearbeitung erfordert häufiger eine umfangreichere Laborausstattung.

Der erhöhte Bedarf an Experimentiermaterial deutet auf vorausschauendes, über die Gegebenheiten im Vorbereitungsraum hinausgehendes Planen hin, und die Art des erwähnten Experimentiermaterials lässt erkennen, dass häufiger beobacht- und messbare Größen in Betracht gezogen werden. Letzteres ermöglicht eine Vorhersage vermuteter Ergebnisse, die dann zum eigentlichen Gegenstand des Experiments werden (Neber & Anton, 2008). Beispielsweise liefert die Frage: „Was passiert, wenn ich das Kupfer erhitze?“ keine Hinweise auf die Struktur eines Experimentes, während „Wie viel Sauerstoff kann dieses Blech aufnehmen?“ die Verwendung einer Waage oder eines Kolbenprobers erforderlich macht. Des Weiteren beziehen die ehemaligen Teilnehmer/-innen am Praktikum häufiger die Feuerzeuginhalte als mögliche Partner für chemische Reaktionen in ihre Überlegungen ein und zeigen damit ein tiefergehendes Nachdenken über die Situation, denn die Alkane wurden noch nicht im Unterricht behandelt. Einen weiteren Beleg für vorausschauendes Planen und damit für die von Neber geforderten experiment-strukturierenden präexperimentellen Aktivitäten liefert der höhere Grad an Beantwortbarkeit ihrer Forschungsfragen. Neber und Anton (2008) stufen solche Vorstrukturierungsphasen als unverzichtbar ein, weil sie intentionales Lernen ermöglichen.

In einer eigenen Studie können sie Effekte einer präexperimentellen Förderung nach einem ausgedehnten informellen Training darüber und in Verbindung mit der Verwendung vorgegebener Fragenstämme induzieren. Eine Erhöhung der chemiebezogenen experimentier-spezifischen Selbstwirksamkeit gelingt jedoch trotz des intensiven Trainings nicht (siehe 3.5.2). Die regelmäßigen Teilnehmer am NanoBioLab dagegen stellen epistemische Fragen spontan und lassen zudem hohe Werte für das chemiespezifische Selbstkonzept erkennen. Beides kann als Auswirkung des selbstständigen Arbeitens im Labor angesehen werden.

Nach dem Modell vollständigen Wissens sollen die Lernenden ihr Faktenwissen aktiv in so bezeichnetes Objektwissen transformieren, indem sie Fragen nach Konditionen und Funktionen

stellen (Neber & Anton, 2008). Implizit wird dabei angenommen, dass „inquiry“ und damit auch das Experimentieren im Unterricht in erster Linie zum generierenden Erwerb kausal-explanativen Wissens beitragen soll (Neber & Anton, 2008). Die ehemaligen Teilnehmer am Praktikum im NanoBioLab sollten demnach entsprechende Fragen (z.B.: Führt....dazu, dass...?) häufiger stellen. Tatsächlich kommt diese Häufung aber in keiner der beiden Gruppen vor, d.h., alle Schüler/-innen fragen gleich oft nach Fakten. Erkennbar ist sogar eine Tendenz zu mehr kausalen Fragen in der Kontrollgruppe, ohne dass die Unterschiede signifikant ($p = 0,83$) werden. Deshalb wurde in der vorliegenden Arbeit hauptsächlich inhaltliche Kriterien zur Bewertung herangezogen. Beispielsweise ist die Faktenfrage „Bei welcher Temperatur schmilzt Kupfer?“ höher einzustufen als die Funktionsfrage „Kann man Kupfer mit dem Feuerzeug schmelzen?“, denn die Schmelztemperatur ermöglicht als charakteristische Stoffeigenschaft eine eindeutige Identifizierung von Kupfer.

Häufig wurden auch, trotz der ausdrücklichen Aufforderung, keine Fragen gestellt, sondern Situationsbeschreibungen vorgenommen (z.B.: Das Kupfer mit dem Feuerzeug erhitzen). Dieses Problem ist bekannt und wird beispielsweise von Neber und Anton (2008) durch Vorgabe unvollständiger Fragestämme angegangen, deren Gebrauch jedoch geübt werden muss.

In der vorliegenden Arbeit sollten die Schüler/-innen ihre Frage frei formulieren, was die Klassifizierung der Fragen zusätzlich erschwerte.

Deshalb wurden alle „Forschungsfragen“ auch in Verbindung mit den restlichen Angaben der Schüler/-innen auf Plausibilität hin untersucht (siehe 5.3.2.1). Dadurch wird berücksichtigt, dass nicht alle Formulierung die tatsächlichen Experimentierabsichten der Schüler/-innen erkennen lassen. Beispielsweise setzen sich manchmal hoch bepunktete Fragen in einer eher oberflächlichen Versuchsbeschreibung fort, und umgekehrt folgen auf banal erscheinende Fragen nicht selten tiefgehende Fortsetzungen. Diese Bewertung (Expertenrating) liefert gegenüber der eigenständigen Fragenanalyse noch größere Unterschiede zwischen den ehemaligen Teilnehmer/-innen und den Kontrollgruppen.

Insgesamt erfolgte die Bewertung der Schülerangaben nach einem umfangreichen Kriterienkatalog, der mehrere, voneinander unabhängige Bewertungen der Fragen ermöglichte (siehe 4.4).

5.4.3 Diskussion des Leistungsvermögens der Schüler/-innen (Projekt 2)

Die ehemaligen Praktikumsteilnehmer/-innen werden auch von den Interviewern durchweg am besten bewertet: Selbstvertrauen, Interesse und Einfallsreichtum sind bei ihnen ausgeprägter und sie haben die besseren Ideen. Diese Unterschiede zwischen beiden Schülergruppen lassen sich ebenfalls durch die regelmäßige Teilnahme an den Praktika im NanoBioLab deuten, zumal Abweichungen von diesem Befund durch äußere Umstände erklärbar sind. Einmal stehen sie in

Zusammenhang mit der unterschiedlichen Zahl an Laborbesuchen im Verlauf der Klassenstufe 9, d.h. Schüler/-innen mit fünf Besuchen werden besser bewertet als die mit drei bzw. einem Besuch. Oder sie weisen eine Verbindung mit den Möglichkeiten zur Zweigwahl derjenigen auf, die das Labor im Verlauf der Klassenstufe neun nur einmal besucht hatten. Durch das Fehlen eines mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweiges in der entsprechenden Schule finden sich dort Schüler/-innen aller Interessenslagen in den einzelnen Klassen zusammen. Denkbar ist von daher eine Häufung von Schüler/-innen mit vorwiegend sprachlichen Interessen in der Gruppe, die von einem der beiden Interviewer auffallend schlecht bewertet wurde, während die Wertungen des zweiten Interviewers ähnlich wie in den übrigen Teilnehmerklassen ausfallen.

Auch die Gruppenbewertungen, die nach Abschluss aller Gespräche noch einmal die Möglichkeit zur Relativierung der Einzelwertungen bieten, fallen zugunsten der ehemaligen Teilnehmer an den Praktika im NanoBioLab aus und decken sich inhaltlich mit den Einzelbewertungen. Größerer Einfallsreichtum und bessere Ideen deuten ein tieferes Verständnis naturwissenschaftlicher Zusammenhänge an.

Das gesteigerte Interesse muss als individuelles Interesse angesehen werden, denn es ist wegen der Mehrfachbesuche das Ergebnis eines längeren Entwicklungsprozesses, ein Vorgang, der von Krapp beschrieben wird (Krapp, 2002, S. 395f und 1992a, S. 14). Das thematische Sachinteresse steht für die Fächer Mathematik, Physik und Chemie auch in Verbindung mit erfolgreichem akademischen Lernen, d.h. es trägt in den genannten Fächern vermutlich zum Lernerfolg bei (Hasselhorn & Gold, 2006, S. 104). Auch von daher ist das tiefergehende naturwissenschaftliche Verständnis der NanoBioLab-Besucher/-innen in Verbindung mit den Mehrfachbesuchen zu sehen.

Sachinteresse bewirkt vermutlich eine Verbesserung der Qualität von Strategienutzung, wenn größere Spielräume bei der Auswahl und Bearbeitung eines Lerngegenstands geboten werden (Wild, 2000). Nach dieser Vorstellung sind die offenen Aufgabenstellungen im NanoBioLab als Auslöser von Planungsaktivitäten zu sehen, die nach dem Wissensmodell von Neber als Konditionen für einen Transformationsprozess von Faktenwissen zu bezeichnen sind. Gesehen wird auch ein Zusammenhang zwischen thematischem Sachinteresse und intrinsischer Motivation: Vertreter kognitivistischer Ansätze nehmen an, dass intrinsisch motivierte Lerner tieferes Verständnis erreichen, weil sie sich auf einem höheren Niveau mit dem Lernstoff auseinander setzen. (Renkl, 2005, S. 593).

Nach der Selbstbestimmungstheorie von Deci & Ryan wird Lernen durch den Wunsch nach Autonomie, nach Kompetenz und nach sozialem Eingebundensein angetrieben (Krapp, 2005a). Demnach schafft das NanoBioLab Bedingungen, unter denen Schüler/-innen ihre Handlungen als selbst bestimmt erleben.

5.4.4 Diskussion zur Transformation von Wissen (Projekt 3)

Auch die Ergebnisse des Abschlusspraktikums belegen eine Zunahme von Interesse und naturwissenschaftlichem Verständnis und bieten zudem die Möglichkeit, Denkprozesse der Schüler/-innen zu analysieren. Zu Praktikumsbeginn interessieren sich zunächst alle Teilnehmer/-innen gleichermaßen für die im Anschluss an die Bearbeitung als leicht eingestuften Aufgaben und empfinden eine deutliche Anregung von Denkprozessen über ihr Vorwissen und mehr noch eine Förderung ihres Kenntnisstands über chemische Zusammenhänge. Dieser Befund lässt sich mit dem Konstrukt „träges Wissen“ in Verbindung bringen, denn die Schüler/-innen stufen die zunächst als schwierig empfundenen Aufgaben erst im Anschluss an den selbstständigen experimentellen Lösungsprozess als leicht ein. Das nachträglich und plötzlich eintretende Verständnis der Zusammenhänge sollte aufgrund ihres Umfangs und ihrer Komplexität als das Ergebnis von Erinnern angesehen werden. Der Lernprozess ist demnach kein Erwerb von Faktenwissen sondern ein Transformationsprozess. Und die Aufgabensituation ist als Kondition für die Transformation vorhandenen Faktenwissens in den Objektzustand zu verstehen. Transformation kann somit als Ursache für die Beseitigung von Wissensträgheit angesehen werden. Die gleiche Deutung erlauben auch die unterschiedlichen Angaben aus beiden Schülergruppen zum Schwierigkeitsgrad der Bestimmung eines Wertes für das molare Volumen mithilfe von Kohlendioxid. Sie fällt den Schüler/-innen der Kontrollgruppe schwerer, weil ihr Wissen noch im Faktenzustand vorliegt, das sich noch dazu durch die Einbindung der Volumenbestimmung in den Kontext einer Alkanalanalyse auf unterschiedlichen Ebenen befindet. Bei den ehemaligen Teilnehmern an den Praktika im NanoBioLab dagegen ist dieser Wissensbereich bereits in den Objektzustand transformiert und ermöglicht somit eher, auch in diesem komplexen Gegenstandsbereich, eine Vielzahl unterschiedlicher Denkprozesse:

- Einsicht in die Notwendigkeit zur Bestimmung einer Konstanten, die durch regelmäßige Verwendung bei Rechnungen aus dem Unterricht schon bekannt ist.
- Erinnern von mehreren, zum Teil fächerübergreifenden Zusammenhängen aus zwei Klassenstufen.
- Beachten von Druck- und Temperaturabhängigkeit mit ihren Beziehungen zu Wetter, geografischer Lage und der Raumtemperatur.
- Berücksichtigung des Auftriebs in der Luft bei der Gaswägung.
- Notwendigkeit von Versuchswiederholungen bei größeren Abweichungen des Messwertes vom Literaturwert.

Beispielsweise erhält man, ohne Berücksichtigung des Auftriebs, für das molare Volumen den doppelten Literaturwert. Die Größenordnung dieser Abweichung muss als Hinweis auf einen methodischen Fehler gedeutet werden und regt damit ebenfalls weitere Denkprozesse an.

Die Notwendigkeit offener Aufgabenstellungen wird bei Übertragung des mit Hilfe von Kohlendioxid ermittelten Wertes für das molare Volumen auf die zu untersuchenden Alkane erkennbar. Obwohl alle Schüler/-innen die Bedeutung des Begriffs Konstante angeben können, Werte für das molare Volumen für unterschiedliche Bedingungen auswendig wissen und dazu das Gesetz von Avogadro wörtlich aufsagen können, wird die situational bedingte Notwendigkeit der Volumenbestimmung hier nicht erkannt. Experimentieren die Schüler/-innen in dieser Situation nach einem Kochrezept, fällt die Trägheit des Wissens nicht auf, weil die Versuchsdurchführung nur wenige einfache Handgriffe erfordert, die keinerlei Probleme erkennen und damit auch keine Denkprozesse erforderlich werden lassen. Lernen, das hier als Transformation bestehenden Faktenwissens in den Objektzustand verstanden werden muss (Neber 1994) unterbleibt dann, weil keine Notwendigkeit zur Erinnerung dieser Fakten besteht. Praktikumssteilnehmer/-innen dagegen empfinden diese Aufgabe als leichter, weil ihr Faktenwissen im Verlauf zurückliegender Praktika durch häufige Aktivierung bereits transformiert wurde. Vertiefung von Wissen wäre somit ebenfalls als Transformation von Faktenwissen in den Objektzustand während seiner Anwendung in geeigneten Situationen zu sehen. Diese müssen so gestaltet sein, dass erkennbare Unstimmigkeiten in den Befunden dem Lerner verständliche Erklärungen abverlangen, bevor er seine Arbeit weitgehend selbstständig fortsetzen kann. Ein Schwierigkeitsgrad, der von Neber (2006) als mittleres kognitives Niveau bezeichnet wird.

5.4.5 Diskussion von Langzeitwirkungen (Projekt 4)

Für die ehemaligen Teilnehmer/-innen an den Schülerpraktika hat Chemielernen einen höheren intrinsischen Wert und sie präferieren gegenüber den Nichtteilnehmern Experimente ohne Schritt-für-Schritt-Vorgaben, d.h. sie sind besser auf selbstständiges Experimentieren vorbereitet. Dieser Befund ist durch den Zeitraum von über fünf Jahren, über den sich die Praktika dieser Schüler/-innen erstreckten, als besonders aussagekräftig einzustufen. Zudem lässt auch das Alter der Schüler/-innen und der Befragungszeitpunkt wenige Wochen vor der Abiturprüfung eine im Vergleich mit Schüler/-innen der Klasse 8 realistischere Einschätzung der eigenen Fähigkeiten vermuten.

5.4.6 Diskussion der Ergebnisse im Zusammenhang mit Pisa '06

Die Befunde der vorliegenden Untersuchung lassen sich auch in Zusammenhang mit den Untersuchungsergebnissen von Pisa '06 interpretieren. Einer der dort untersuchten Aspekte ist der „typische Zugang zum naturwissenschaftlichen Forschen und Experimentieren im

Unterricht“. Gefunden wurden drei typische Muster: 13% des Unterrichts bietet Schüler/-innen häufig die Möglichkeit, Experimente zu planen und durchzuführen, Schlussfolgerungen zu ziehen, eigene Ideen zu entwickeln und Alltagsbezüge herzustellen. Ansonsten treten Merkmale des Forschens und Experimentierens entweder relativ selten auf (33%), oder es werden vorwiegend Schlussfolgerungen aus Experimenten gezogen, die nicht selber geplant oder durchgeführt wurden (54%).

Die Studie verdeutlicht aber auch, dass selbstständiges Planen und Durchführen von Experimenten sich offenbar positiv auf das Interesse der Schüler/-innen auswirkt. Und sie zeigt, dass sich naturwissenschaftliche Kompetenz und Interesse gleichermaßen eher in einem Unterricht bilden, der weniger die Möglichkeit zum eigenen Experimentieren bietet, sondern häufiger das Schlussfolgern aus Experimenten, Entwickeln von eigenen Erklärungsansätzen und die Übertragung naturwissenschaftlicher Konzepte in den Alltag ermöglicht (Seidel, T. et al., 2007a, S. 177), (siehe 3.2).

Diese Befunde spiegeln auch den von den Fachlehrern der Praktikumsteilnehmer für sinnvoll gehaltenen Experimentalanteil in deren eigenem Unterricht wieder: jeweils zehn herkömmliche Unterrichtsstunden im Wechsel mit einer Praktikumseinheit werden für optimal gehalten. Zwischen den NanoBioLab-Praktika lagen jeweils rund zwölf Unterrichtsstunden. Dieser Anteil an eigenverantwortlichem Experimentieren, der aufgrund der beschriebenen Zusammenhänge ebenfalls zu den bedeutsamen Laborkennzeichen gezählt werden muss, wird in seiner Wirkung von den Fachlehrern folgendermaßen beschrieben:

- Anhaltendes Interesse bei achtzig Prozent der Schüler/-innen,
- Eine über die Erwartungen hinausgehende Qualität der Mitarbeit,
- Eine Zunahme des naturwissenschaftlichen Verständnisses bei Schüler/-innen aller Leistungsstufen
- Eine positive Beeinflussung des gesamten Unterrichtsgeschehens.

Der Bezug der Aufgabenstellungen zu abgeschlossenen Unterrichtsthemen lässt vermuten, dass während der Laborarbeit eher Verständnis für Zusammenhänge zwischen bekannten Fakten erzeugt und weniger neues Faktenwissen geschaffen wird. Konstruktion von Wissen ist demnach als Prozess anzusehen, der im Unterricht einen bestimmten Entwicklungsstand erreicht und dann im Praktikum durch die selbstständige Laborarbeit einen vorläufigen Abschluss auf einem höheren Niveau findet.

Der vorangegangene Unterricht, laut Pisa '06 eignet sich dafür in besonderem Maße eine fragend-entwickelnde Form, muss deshalb mindestens gutes Faktenwissen in Verbindung mit Problembewusstsein schaffen. Aufgabenstellungen, die eine Fortsetzung des Prozesses durch Laborarbeit anregen können, müssen unterrichtsbezogen, ergebnisoffen, eigenständig lösbar und problemorientiert sein und zudem in enger Beziehung zum Unterricht stehen. Dieser Unterrichtsbezug wurde auf der Lela-Jahrestagung 2008 in Berlin während der Workshops

sogar von denjenigen Teilnehmern als besonders bedeutsam eingestuft, die in ihren Schülerlaboren eher unterrichtsferne Themen behandeln.

6. Zusammenfassung der Arbeit

Diese Arbeit beschreibt das Konzept und die Evaluation des Chemielabors NanoBioLab, in dem Schüler/-innen offene, thematisch in den Unterricht integrierte Aufgabenstellungen selbstständig bearbeiten können. Labor- und Aufgabenentwicklung orientierten sich an den Anregungen der Besucher/-innen und ihrer Fachlehrer und dauerten drei Jahre. Während einer nachfolgenden dreijährigen Evaluationsphase wurden die Wirkungen regelmäßigen forschenden Experimentierens in diesem Labor bei Schüler/-innen nach Mehrfachbesuchen und unterschiedlichen Besuchszeiträumen nachgewiesen.

Die größte Bedeutung kommt den Aufgabenstellungen und der Integration der Praktika in den laufenden Unterricht zu, denn beide Faktoren bestimmen zusammen den möglichen Grad der Aufgabenoffenheit. Durch die vorliegende Arbeit wurden auch die Rahmenbedingungen für dieses Zusammenwirken ermittelt und durch Evaluationsprojekte bestätigt.

Im Folgenden sind zunächst Aufgabenstellungen und Laborausrüstung beschrieben (6.1), danach folgt eine Darstellung der einzelnen Evaluationsprojekte (6.2). Ausführlichere Darstellungen der Ergebnisse und Diskussionen befinden sich jeweils im Anschluss an die vier Evaluationsprojekte in diesem Kapitel.

6.1 Aufgabenstellungen und Laborausrüstung

Die Aufgabenentwicklung lieferte ergebnisoffene Fragestellungen zu Themen aus dem laufenden Chemieunterricht, die in eigenständiger Arbeit mit einer Experimentierzeit von etwa 15 Minuten von den Schüler/-innen bearbeitet werden können und zudem Anknüpfungspunkte für weitere Untersuchungen bieten. Aufgabenstellungen dieser Art schaffen Bedingungen, unter denen Faktenwissen in Objektwissen transformiert wird. Dazu muss den Schüler/-innen die Anwendung ihres Wissens beim selbstständigen Experimentieren abverlangt werden, nicht die Ermittlung ihnen unbekannter Fakten mit der Absicht, dadurch bestehendes Faktenwissen zu erweitern oder interessante Effekte zu demonstrieren.

Die thematische Einbettung der Praktika in den laufenden Unterricht begrenzt die Schüleraktivitäten auf ein überschaubares Wissensgebiet und schafft damit Voraussetzungen für selbstständiges Experimentieren. Die Vorkenntnisse aus dem Unterricht ermöglichen zudem das von Bruner beschriebene enaktive (handelnde) Vorgehen und damit die Verwendung offener Aufgabenstellungen als Voraussetzung für selbstständiges, kreatives Arbeiten. Die Unterrichtsnähe versetzt die Schüler/-innen darüber hinaus in die Lage, experimentell ermittelte Befunde selbstständig zu bewerten und damit präexperimentell (für ein weiteres Experiment) zu

handeln. Erst dadurch wird fortlaufendes selbstständiges Arbeiten möglich. Experimentell ermittelte Befunde, die der Erwartung entgegenstehen und Faktenwissen, das allmählich erinnert wird, regen in besonderem Maße zum Forschen an. Damit verbundene Lernprozesse sind effektiv, weil die Schüler/-innen selbstständig arbeiten, oder mit möglichst wenig und dann schrittweise gewährter Unterstützung auskommen. Mehrfache Wiederholungen der Praktika führen schließlich zu nachweisbaren motivationalen und kognitiven Effekten.

Die Einbettung der Praktika in den Unterricht wird auch von Autoren anderer Untersuchungen außerschulischer Schülerlabore gefordert und mit Verständnisproblemen der Schüler/-innen im Hinblick auf Praktikumsinhalte begründet. Vorgeschlagen wird dort aber auch die Verwendung angeleiteter Versuche.

Die Konzeption der Arbeitsplätze fördert eigenständiges Arbeiten, weil der wahlfreie Zugang zu einem umfangreichen Sortiment an Geräten und Chemikalien keine Standardlösungen der Aufgabenstellungen erkennen lässt. Apparaturen für bestimmte Zwecke werden gesondert aufbewahrt und nur bei Bedarf ausgegeben. Ansonsten vertun Schüler/-innen ihre Zeit mit Untersuchungen, deren fehlende Erfolgsaussichten sie nicht einschätzen können. Vor- und Nachbereitung der Experimente finden als reguläre Unterrichtsbestandteile in der Schule statt. Dadurch kann die Besuchszeit im Labor, deren sinnvolle Obergrenze etwa 2 Stunden beträgt, bis auf eine kurze Einführung mit Sicherheitsbelehrung vollständig für das Experimentieren genutzt werden. Fotos der Arbeitsplätze erleichtern es den Schüler/-innen, Ordnung zu halten.

6.2 Evaluationsprojekte

Durch die Projekte wurden die Auswirkungen wiederholter thematisch in den Chemieunterricht integrierter Praktika auf Selbstvertrauen, Interesse, Kreativität und naturwissenschaftliches Grundverständnis der Schüler/-innen beim eigenständigen Bearbeiten offener Experimentalaufgaben und deren Rückwirkungen in den Chemieunterricht nachgewiesen. Der Nachweis dieser Wirkungen wird zudem als Bestätigung des Laborkonzeptes gewertet.

Die Evaluationsprojekte mit Kontrollgruppendesign umfassen im Einzelnen eine Fragebogenstudie nach fünf Laborbesuchen im Verlauf des achten Schuljahres, eine Interviewstudie mit einem Teil dieser Schüler/-innen nach weiteren Laborbesuchen in der Klassenstufe neun und ein Abschlusspraktikum mit integrierter Fragebogenstudie aller Interviewteilnehmer in der Klassenstufe 10. Zudem wurden die Fachlehrer des achten Schuljahres zum Schülerverhalten während des Praktikums und im nachfolgenden Unterricht befragt. In einer weiteren Fragebogenstudie wurden Schüler/-innen befragt, die das Labor von seinen Anfängen über einen

Zeitraum von fünf Jahren regelmäßig besucht hatten. Dabei diente der Rest der gesamten Jahrgangsstufe als Kontrollgruppe.

Die erwiesenen Wechselwirkungen zwischen den Praktika und dem Unterricht machten es erforderlich, die Teilnehmer während aller Projektphasen im Klassenverband zu belassen. Das erschwerte die Studien aufgrund ihres Kontrollgruppendesigns, denn selbst zwischen Parallelklassen, die in mehreren Fächern von den gleichen Lehrern unterrichtet werden, bestehen meistens große Leistungs- und Motivationsunterschiede. Um dem Rechnung zu tragen, wurde ein Evaluationsprojekt mit den vier Klassen einer vollständigen Klassenstufe acht eines Gymnasiums gestartet. Im Hinblick auf die statistische Auswertung einer geplanten Befragung waren sie jeweils per Los in eine Teilnehmer- und eine Kontrollgruppe unterteilt. Dieses Projekt scheiterte schließlich hauptsächlich an der fehlenden Möglichkeit einer Verflechtung zwischen dem Unterricht und den Praktika (siehe 4.2.5).

Deshalb waren, mit Ausnahme der Schülerinnen aus dem Girlscamp, an weiteren Projekten alle Schüler/-innen im Klassenverband beteiligt. Erschwerend wirkten sich dabei Unterschiede zwischen der Gruppen aus. Ein Teil der Klassen war mathematisch-naturwissenschaftlich, die übrigen sprachlich orientiert. Die klassenübergreifende Gruppe GirlsCamp (siehe 4.2.1.1) bestand zudem aus Schülerinnen zahlreicher Schulen. Zudem waren keine Prätests möglich, weil der Chemieunterricht aller Beteiligten erst mit Beginn der Laborbesuche einsetzte. Trotz dieser Schwierigkeiten sind aufgrund der Vielzahl der beteiligten Klassen und unterschiedlichen Teilprojekte gesicherte Aussagen möglich (siehe 6.2).

Als Arbeitsgrundlage der Evaluationsprojekte wurden die Kennzeichen und Wirkungen der Praktika durch folgende Hypothesen zusammengefasst (siehe Kapitel 2).

Hypothesen zu den Kennzeichen: Nachhaltig wirkende Schülerpraktika erfordern -

1. - Mehrfachbesuche im Verlauf eines Schuljahres.
2. - Einbindung in den laufenden Unterricht.
3. - unterrichtsrelevante Aufgabenstellungen.
4. - wahlfreien Zugriff auf alle Chemikalien und Geräte.
5. - offene Fragestellungen mit der Möglichkeit zu kreativem Arbeiten.

Hypothesen zu Wirkungen: Schülerpraktika mit den genannten Kennzeichen bewirken die -

1. - Entwicklung von persönlichem Interesse bei Jungen und Mädchen gleichermaßen.
2. - Förderung der experimentierspezifischen Leistungsmotivation (Selbstwirksamkeit, intrinsischer Wert).
3. - Bevorzugung offener Experimentalaufgaben.

4. - Förderung des Naturwissenschaftsverständnisses, erkennbar in einer Experimentalsituation an der Zunahme von Untersuchungsfragen -
 - 4.1. - nach kausalen (konditionalen und funktionalen) Zusammenhängen.
 - 4.2. - nach messbaren Größen.
 - 4.3. - höherer epistemischer Qualität.

6.2.1 Kennzeichen nachhaltig wirkender Praktika (Projekt 1)

Die Hypothesen zu den Kennzeichen nachhaltig wirkender Praktika (siehe 6.2) werden durch die Angaben der Schüler/-innen der Klassenstufe acht zu den Laborkennzeichen und durch ihren Wunsch nach weiteren Laborbesuchen im Anschluss an fünf Laborbesuche im Verlauf eines Schuljahres bestätigt. Diese Angaben werden gleichzeitig als Zustimmung zu den Laborkennzeichen gewertet.

Am aussagekräftigsten ist der Wunsch von nahezu neunzig Prozent der Besucher/-innen nach weiteren Laborbesuchen. Dabei sind zu berücksichtigen:

- Die Mehrfachbesuche
- Die zusätzliche zeitliche Belastung durch die Praktikumsteilnahmen
- Die geringe Wertschätzung, die das Fach Chemie ansonsten durch Schüler/-innen dieser Altersgruppe erfährt (z.B.: Engeln, 2004; Whitfield, 1980; Zwick & Renn, 2000; Barke & Hilbig, 2000).
- Die wenig spektakulären Inhalte der Aufgabenstellungen und deren Verknüpfung mit den Themen des Chemieunterrichts.
- Ein geringeres Interesse an Folgebesuchen in Laboren, in denen Besuche als einmalige Veranstaltungen eher als Ausflug denn als anstrengende Laborarbeit empfunden werden können.
- Ein geringeres Interesse an Folgebesuchen in Laboren, die beeindruckendere Experimente ohne Unterrichtsbezug einsetzen.

Bedeutsam ist auch die hohe Zustimmung der Schüler/-innen aus der Klassenstufe acht zu den Laborvariablen, die als Mischung aus Interesse, Flow und Spaß angesehen werden können bzw. der Zeitpunkt dieser Zustimmung. Denn erst nach mehreren Besuchswiederholungen geht der Ausflugs- und Eventcharakter der Veranstaltung verloren mit der Folge, dass den Schüler/-innen zunehmend der Unterrichtsbezug und damit der Arbeitscharakter der Besuche bewusst wird.

Bedeutsam sind die Angaben der Teilnehmer/-innen aus dem GirlsCamp, weil sie aufgrund definierter Auswahlkriterien bei der Zusammenstellung eine standardisierte Vergleichsgruppe bilden. Besonders aussagekräftig ist ihre Zustimmung zur Laborkonzeption und den NanoBioLab-Aufgabenstellungen, weil sie im Anschluss an mehrere Veranstaltungen in anderen Laboren geäußert wurde. Denn dort wurden Aufgabenstellungen zu viel versprechenden Themen wie beispielsweise elektronenmikroskopische Untersuchungen bearbeitet, die wegen ihres hohen wissenschaftlichen Anspruchs nur mithilfe detaillierter Anleitungen in Verbindung mit einer intensiven Betreuung bearbeitet werden können. Die Teilnehmerinnen am GirlsCamp verfügen damit über Vergleichsmöglichkeiten, die ihre positive Bewertung der Laborvariablen auch zu einer Bestätigung der Aufgabenoffenheit werden lässt. Belegt wird die Bedeutung eigenständiger Arbeit auch durch die positiven Bewertungen der Skalen „Selbstständigkeit beim Arbeiten im Labor“ und „Bewertung der Selbstständigkeit“ durch alle Teilnehmer/-innen.

Hoch bewertet durch die Praktikumsteilnehmer/-innen wird auch die Skala thematisches Sachinteresse (siehe 5.3.1.4). Berücksichtigt man die Ergebnisse einer Metaanalyse von Schiefele, Krapp und Schreyer (1993), die einen Zusammenhang zwischen dem thematischen Sachinteresse und akademischem Lernen aufzeigt, kann diese Wertung als eine Verbesserung des Naturwissenschaftsverständnisses und damit als eine über motivationale Faktoren hinausgehende Wirkung angesehen werden.

Ein Vergleich mit Daten aus der Evaluation des Teutolab bestätigt das Laborkonzept ebenfalls: Mehrfachbesucher des NanoBioLab bewerten die Laborvariablen gleichermaßen positiv wie die Einmalbesucher des Teutolab. Wegen der Schritt-für-Schritt-Anweisungen und der Einmalbesuche dort (Brandt, 2005) bestätigt diese Gegenüberstellung auch die Bedeutung der Mehrfachbesuche und die konstruktivistische Laborarbeit im NanoBioLab und damit die offenen, in den laufenden Unterricht eingebeteten Aufgabenstellungen.

Besonders aussagekräftig aufgrund identischer Voraussetzungen aus dem Unterricht ist der Vergleich von Teilnehmer- und Kontrollklassen aus dem sprachlichen Bereich. Unterschiede zwischen beiden Gruppen werden durch die Analyse von Einzelitems sichtbar. Ehemalige Teilnehmer/-innen am Praktikum haben demnach größeres Interesse an naturwissenschaftlichen Berufen, größeres Sachinteresse am Chemieunterricht und eine größere Faszination für chemische Phänomene.

Die Angaben der Fachlehrer/-innen schließlich bestätigen das Laborkonzept und die Verknüpfung der Praktika mit dem laufenden Unterricht ebenfalls. Berichtet werden ein anhaltendes Interesse während der Praktika bei achtzig Prozent der Schüler/-innen und eine über die Erwartungen hinausgehende Qualität der Mitarbeit. Im Unterricht wird ein verbessertes Verständnis naturwissenschaftlicher Zusammenhänge bei Schüler/-innen aller Leistungsstufen und eine positive Beeinflussung des gesamten Unterrichtsgeschehens festgestellt. Die Angaben der Lehrer/-innen beinhalten auch Entwicklungsmöglichkeiten des

Labors. Für wünschenswert wird eine Übernahme solcher Praktika in den Unterricht und ein Wechsel zwischen je zehn herkömmlichen Unterrichtsstunden und einer Praktikumseinheit gehalten.

6.2.2 Interviewstudie in Klasse neun (Projekt 2), Abschlusspraktikum in Klasse zehn (Projekt 3) und Befragung in Klasse 13 (Projekt 4)

Die Hypothesen zu den Wirkungen der Praktika bei den Schüler/-innen (siehe 6.2) wurden mit Ausnahme eines Anstiegs von Untersuchungsfragen nach kausalen Zusammenhängen (Hypothese 4.1) bestätigt. Dazu dienten die drei genannten Projekte.

An der Interviewstudie waren drei Klassen beteiligt, die das Labor bereits im Verlauf der Klassenstufen acht und neun je zehn, acht bzw. sechs Mal besucht hatten sowie drei Kontrollgruppen. Jede dieser sechs Klassen nahm dann im Verlauf der Klassenstufe 10 an einem Abschlusspraktikum mit anschließender Befragung teil. Nachgewiesen wurden eine Verbesserung des naturwissenschaftlichen Grundverständnisses durch regelmäßige Besuche im NanoBioLab, größeres Selbstvertrauen, größeres Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen sowie größerer Einfallsreichtum und die besseren Ideen bei der Konzeption von Experimenten.

Die Entwicklung von persönlichem Interesse (Wirkung, Hypothese 1) ist ein länger andauernder Prozess und kann von situationalem Interesse ausgehen. Neue Interessen bauen in der Regel auf bestehenden auf und werden dann als Person-Gegenstandsbeziehung dauerhafter Bestandteil der Persönlichkeitsstruktur (Krapp, 1992; 2002). Von daher ist ein stabiler Zusammenhang mit dem Selbstkonzept und eine wechselseitige Beeinflussung zu erwarten. (Hannover, 1998; Hoffmann, 2002; Köller et al., 2000b; Krapp, 2002). Der Korrelationswert nach Pearson ($r = 0,544$; $p = 0,00$) für die Korrelation zwischen dem Selbstkonzept der Begabung und intrinsischer Motivation deutet diese Entwicklung an (siehe 5.3.1.3). Belegt wird die Entwicklung auch durch den Wunsch nach Folgebesuchen (siehe 5.3.1.2), der im Anschluss an regelmäßige Teilnahmen in der Freizeit und den wenig spektakulären Praktikumsinhalten aus dem laufenden Unterricht nicht mehr durch situationales Interesse erklärbar ist (siehe 5.4.4). Deshalb greift hier auch die Argumentation zur Bestätigung der Hypothesen bezüglich der Kennzeichen nachhaltig wirkender Praktika (siehe 6.2.1). Zusätzlich gestützt wird diese Interpretation durch die Aussagen der Lehrer, die positive Auswirkungen auf den laufenden Unterricht sehen (siehe 5.4.3).

Die Förderung experimenteller Leistungsmotivation, die Bevorzugung offener Experimentalaufgaben und die Förderung des Naturwissenschaftsverständnisses (Hypothesen zu den Wirkungen 2, 3 und 4, siehe 6.2) werden ebenfalls durch Befunde aus der Interviewstudie, der Befragung nach dem Abschlusspraktikum und der Befragung nach fünf Jahren Praktikumsbeteiligung belegt.

Zu Beginn der Interviews waren die Schüler/-innen aufgefordert, mit zwei Feuerzeugen verschiedener Hersteller und einem Kupferblechstreifen selbstständig zu experimentieren um zu einer Untersuchungsfrage mit chemischer Bedeutung zu gelangen. Die experimentelle Beantwortung dieser Frage sollte dann zu einem späteren Zeitpunkt in einem gut ausgestatteten Chemielabor erfolgen. Die Untersuchungsfrage, eine Beschreibung des Versuchsaufbaus sowie die geplante Vorgehensweise und das erwartete Versuchsergebnis bildeten die Grundlage der anschließenden Interviews. Die Interviewauswertung umfasst eine detaillierte Analyse der Untersuchungsfragen sowie die Auswertungen der Gesprächsprotokolle und eines Fragebogens. Die Abschlusspraktika schließlich, die etwa sechs Monate nach den Interviews stattfanden, wurden für eine weitere Befragung mithilfe eines Fragebogens genutzt. Während des Praktikums untersuchten die Schüler/-innen Feuerzeuggas und weitere Alkane.

Die Auswertung der Interviewstudie ergab gleiche präexperimentelle kognitiven Aktivitäten der Praktikumssteilnehmer/-innen und der Schüler/-innen aus den Kontrollgruppen. Auch die Experimente im Vorbereitungsraum mit den Feuerzeugen und dem Kupferblech verliefen in beiden Gruppen gleich. Zur Beschreibung ihrer Beobachtungen und für deren Erklärungen wurden gängige Kenntnisse aus dem Alltag oder Schulwissen verwendet. Ehemalige Laborbesucher/-innen erwähnten jedoch bei ihren Erklärungen häufiger die rote Farbe des Kupfers sowie Luftbestandteile über den Sauerstoff hinaus. Ausschließlich von ehemaligen Laborbesucher/-innen genannt wurden die Begriffe molares Volumen und molare Masse. Zusammengekommen deuten diese Befunde auf übereinstimmende Vorkenntnisse in beiden Schülergruppen hin, zeigen aber auch, dass Praktikumssteilnehmer/-innen eher über scheinbare Selbstverständlichkeiten wie die Zusammensetzung der Luft und die rote Kupferfarbe nachdenken. Ebenfalls auf tiefergehendes Nachdenken deutet die Verwendung der Begriffe molares Volumen und molare Masse, die komplexe Sachverhalte beschreiben.

Weitere Unterschiede zwischen beiden Schülergruppen betreffen die Experimentierabsichten für zukünftige Experimente in einem Chemielabor. Ehemalige Teilnehmer/-innen am Praktikum im NanoBioLab wollen signifikant häufiger Unbekanntes in Erfahrung bringen, Ihnen fallen mehrere Forschungsfragen ein und sie erwähnen größere Schwierigkeiten beim Auffinden von Untersuchungsfragen. Zudem weisen ihre Fragen eine größere fachliche Tiefe und einen höheren Beantwortbarkeitsgrad auf und ihre geplanten Untersuchungen machen eine umfangreichere Laborausstattung erforderlich. Zusammengekommen belegen auch diese Befunde ein tiefergehendes Nachdenken in der Versuchssituation.

Eine Analyse der Gesamtheit der Schülerangaben auf Plausibilität (Expertenrating, 5.3.2.1) fällt ebenfalls zugunsten ehemaliger Teilnehmer/-innen an den Praktika im NanoBioLab aus und belegt eine höhere epistemische Qualität der Forschungsfragen. Beispielsweise zielen die geplanten Experimente eher auf die Bestimmung stoffcharakteristischer Messgrößen wie Schmelztemperatur, Veränderung der Masse usw. Schließlich ergaben die Gespräche mit den

Interviewern in dieser Schülergruppe größeres Selbstvertrauen, bessere Ideen und einfallsreichere Experimente.

Im Abschlusspraktikum wurden Feuerzeuggas und weitere Alkane untersucht. Dabei interessierten sich alle Teilnehmer/-innen gleichermaßen für die rückblickend als leicht eingestuften Experimentalaufgaben und empfanden eine deutliche Anregung von Denkprozessen über ihr Vorwissen sowie eine Förderung ihres Kenntnisstands über chemische Zusammenhänge. Im Vergleich mit den ehemaligen Teilnehmer/-innen stuften die Schüler/-innen der Kontrollgruppen eine komplexe Aufgabenstellung als schwieriger ein. Gleiches Verständnis für die Aufgabenstellungen in allen Schülergruppen kann als Folge der thematischen Kopplung der Praktika mit dem Unterricht angesehen werden. Das höhere Verständnis der komplexeren Aufgabe in der Gruppe ehemaliger Laborbesucher/-innen ist demnach auf die Besuche im NanoBioLab zurückzuführen. Für ein tiefergehendes Verständnis naturwissenschaftlicher Zusammenhänge spricht auch das Empfinden größerer Schwierigkeiten bei der Formulierung von Forschungsfragen in einer Experimentalsituation von ehemaligen Praktikumsteilnehmer/-innen trotz besserer Zeugnisnoten in den Fächern Chemie und Biologie.

Bei Praktikumsteilnehmern, die das Labor über einen Zeitraum von fünf Jahren regelmäßig besucht hatten, ließen sich schließlich ein höherer intrinsischer Wert des Chemielernens und eine Präferenz für Experimente ohne Schritt für Schritt Vorgaben nachweisen. Diese Befunde bestätigen das Laborkonzept in besonderem Maße, weil den Schüler/-innen aufgrund der langjährigen Teilnahme und ihres altersbedingten Entwicklungsstands ein größeres Urteilsvermögen zugebilligt werden kann, als Schüler/-innen der Klassenstufe acht.

Nicht bestätigt werden konnte die Annahme über eine Zunahme kausaler Fragen in der Experimentalgruppe. Tatsächlich werden überwiegend Faktenfragen gestellt. Erklären lässt sich dieser Befund durch die Experimentalsituation. Zwei Feuerzeuge und ein Kupferblechstreifen, mit denen zu experimentieren war, sind als Analysesituation zu verstehen. Analytisch vorgehen bedeutet messen, d.h. Daten aufnehmen und diese Daten mit Literaturwerten vergleichen. Von daher ist eine Häufung kausaler Fragen eher zu erwarten, wenn es um grundlegendere Fragen geht (z.B. Volumenzunahme beim Erwärmen eines Gases?).

7. Ausblick

Erkenntnisse zu Bildungsfragen aus den Schülerlaboren der Universitäten sind besonders aussagekräftig, weil sich dort alle Teilnehmer am Bildungssystem einbringen. Schülerinnen und Schüler als Hauptakteure, Referendare, Lehrer, Fachleiter, Studenten und Wissenschaftler der Hochschulen. Die Beteiligung der Experten verspricht den größtmöglichen Fortschritt in einem Prozess kontinuierlicher Verbesserung schulischer und universitärer Ausbildung, die zentrale Stellung der Einrichtung eine breite Wirkung. Eine besondere Bedeutung kommt den Schüler/-innen zu, denn sie stehen als Zielpersonen im Mittelpunkt aller Bemühungen und bilden damit als Output die wichtigste Stelle für eine Bewertung aller Maßnahmen. Aufschaiter et al. (2007), die TechLab, das Schülerlabor der Universität Hannover untersucht haben, schreiben dazu: „Eine angebotene Konzeption kann aus Sicht von Experten (Lehrkräfte, Fachwissenschaftler) noch so gut gelungen sein; wenn sie nicht die erhoffte Wirkung auf Seiten der Schüler entfaltet, ist sie für ein Schülerlabor in der vorliegenden Form nicht geeignet.“

Die vorliegende Arbeit belegt positive Wirkungen regelmäßiger Laborarbeit bei Schüler/-innen der Klassenstufen acht bis dreizehn: Anhaltendes Interesse an der eigenständigen Bearbeitung curriculum-bezogener, naturwissenschaftlicher Fragestellungen unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten und ein Gefühl von Kompetenz und Autonomie, infolge dessen anschlussfähiges Wissen entsteht, das auch im schulischen Unterricht nutzbar ist.

Zukünftig sollten Aufgabenstellungen für diejenigen Mehrfachbesucher konzipiert werden, die das Schülerlabor weiterhin besuchen möchten. Ihre Erwartungshaltung infolge wiederholter Besuche macht eine Erhöhung des Schwierigkeitsgrades und infolgedessen die Verwendung von Themen erforderlich, die nicht aus der Schule bekannt sind. Diese wiederum erfordern einen zunehmenden Anteil angeleiteter Versuchsteile. Bei der Versuchskonzeption stellen sich von daher zwei Fragen: Welche Inhalte eignen sich um Schüler/-innen mit dem Wunsch nach kreativer Arbeit weiterhin für Laborbesuche zu gewinnen, und wie müssen die Aufgabenstellungen dafür formuliert sein?

Ein weiterer Aufgabenbereich ist die Weiterentwicklung des Schülerlabors als Bestandteil der Lehrerbildung. Diese Orientierung wird zunehmend auch in Konferenzen über außerschulische Lernorte und im Zusammenhang mit Evaluationsprojekten in anderen Schülerlaboren gefordert (z.B. Engeln, 2004) und im NanoBioLab zur Zeit erprobt. Diese Entwicklung vergrößert durch die zu erwartende Verbesserung der Lehrerbildung die Zahl erreichbarer Schüler/-innen. Ein Anstieg der Ausbildungsqualität resultiert dabei beispielsweise aus dem fehlenden Leistungsdruck für die Schüler/-innen. Bedingungen, unter denen sie offen über ihre Verständnisprobleme sprechen und damit für die Studierenden die Voraussetzung schaffen, ein Bewusstsein für das Leistungsvermögen von Schüler/-innen und ein Gefühl für schüler-

gerechten Unterricht und Kompetenz zur Beurteilung von Unterrichtsmethoden zu entwickeln. Zudem ist bereits eine sinnvolle Fortsetzung dieser Form von Ausbildung zu beobachten, denn im zweiten Studienabschnitt besuchen die ehemaligen Studierenden das Schülerlabor zusammen mit ihren Klassen und Fachleitern. In der Lehrerfortbildung wächst seine Bedeutung, weil die jungen Lehrer das Labor auch im Anschluss an ihre Ausbildung weiterhin mit ihren Klassen besuchen. Diese gesamte Entwicklung sollte mit dem Ziel vorangetrieben werden, das Schülerlabor auszubauen zu einer Plattform für eine kontinuierliche Zusammenarbeit zwischen der Universität und den Schulen.

Eine solche Plattform eröffnete zahlreiche weitere weitreichende Möglichkeiten zur empirischen Bildungsforschung. Beispielsweise sind detailliertere Untersuchungen zu den Rückwirkungen der Laborarbeit in den Unterricht von Interesse. Wesentlich ist dabei die Frage nach der Wirkung der Laborversuche als reguläre Unterrichtsbestandteile und damit nach der Bedeutung der Authentizität der Lernumgebung Schülerlabor.

Untersuchungsmöglichkeiten bieten auch die aktuellen Veränderungen in der saarländischen Bildungslandschaft. Von besonderem Interesse ist hierbei die grundsätzliche Frage nach der Erreichbarkeit der Schüler/-innen durch den naturwissenschaftlichen Unterricht: Eignet sich dafür eher eine Wissenschaftsorientierung, oder sind Verfahren zur Vermittlung allgemeiner Kompetenzkonstrukte, wie sie durch die Kultusministerkonferenz (2004) gefordert werden, vorzuziehen? Dabei fokussiert werden sollten Schüler/-innen, die in Naturwissenschaftsfragen kompetent, aber an Naturwissenschaften nicht sonderlich interessiert sind (siehe 3.2: Pisa '06). Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit jedenfalls deuten auf großes Interesse an fundamentalen naturwissenschaftlichen Sachverhalten bei Schüler/-innen.

8. Literaturverzeichnis

Achtenhagen, F. (1991). Development of problem-solving skills in natural settings. In M. Carretero, M. Pope, R. Simons & J.I. Pozo (Eds.), *Learning and instruction*. 3, (S. 49-66). Oxford: Pergamon Press.

Atkinson, J.W. (1957). Motivational determinants of risk taking behavior. *Psychological Review*, 64, 359-372.

Anton, M. A. (2000). Experimentiereinsatz – Ausweg aus einem Dilemma oder bloße „Lernstörung“. *Chemie in der Schule*, 47, 48-51.

Aufschaiter, C. V., Dudzinska, M., Hauenschild, S. & Rode, H. (2007). Lernprozesse im Schülerlabor anregen und evaluieren. Eine Untersuchung zum TechLab der Universität Hannover. *MNU*, 60, 132-139.

Barke, H.-D. & Hilbig. (2000). Image von Chemie und Chemieunterricht. *Chemie in unserer Zeit*, 34 (1), 17-23.

Baumert, J. & et al. (1997a). Gutachten zur Vorbereitung des Programms "Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts".

Materialien Heft 60, Bonn: Bund- Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung.

Baumert, J., R. Lehmann, M. Lehrke, B. Schmitz, M. Clausen, I. Hosenfeld, O. Köller & J. Neubrand (Hrsg.) (1997b). TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Opladen: Leske + Budrich.

Baumert, J. & Köller, O. (2000). Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Hrsg.), *TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie. Mathematisch und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn*. 2, (S. 271-315). Opladen: Leske + Budrich.

Baumert, J., E. Klieme, M. Neubrand, M. Prenzel, U. Schiefele, W. Schneider, P. Stanat, K.-J. Tillmann & M. Weiß (Hrsg.) (2001). *PISA 2000 - Basiskompetenzen*

Von Schülerinnen und Schülern im internationalen Bereich. Opladen:
Leske + Budrich.

Becker, H-J. & L. Stäudel (2008). Chemiedidaktik 2007. In Nachrichten aus der Chemie, 56, 340-346.

Brandt, A., 2005: Förderung von Motivation und Interesse durch außerschulische Experimentierlabors. Das "teutolab" als Beispiel für den Lerngegenstand Chemie. Dissertation. Bielefeld: Universität.

Bredderman, T. (1982). Elementary School Science Process Programs: A Meta-analysis of Evaluation Studies. (Final Report of NSF-RISE Grant SED 18717).

Bruner, J.S. (1961). The act of discovery. Harvard Educational Reviews, 31, 21-32 (deutsch 1973: in H. Neber (Hrsg.), Entdeckendes Lernen. (S.15-27). Weinheim: Beltz).

Bruner, J.S. (1964). Some theorems on instruction illustrated with reference to mathematics. In Hilgard, E.R. (Eds). Theories of learning and instruction. 63rd Yearbook of the National Society for the Study of Education. Part 1. (S. 306-335). Chicago: University of Chicago Press.

Bruner, J.S. (1966). Studies in cognitive growth. New York: Wiley (deutsch 1971: Studien zur kognitiven Entwicklung. Stuttgart: Klett-Cotta).

Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E. & Unger, C. (1989). 'An experiment is when you try it and see if it works': a study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. International Journal of Science Education, 11, 514-519.

Chi, M.T.H., Bassok, M., Lewis, M.W., Reiman, P. & Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. Cognitive Science, 13, 145-182.

Chin, C. & Chin, L.-G. (2004). Problem-based learning: Using student's questions to drive knowledge construction. Science Education, 88, 707-727.

Costa, J., Caldeira, H., Gallástegui, J. R., & Otero, J. (2000). Analysis of question asking on scientific texts explaining natural phenomena. Journal of Research in Science Teaching, 37, 602-614.

Csikszentmihalyi, M. (1985). *Das Flow-Erlebnis*. Stuttgart: Klett-Cotta (Original erschienen 1975: *Beyond boredom and anxiety. The experience of play in work and games*. San Francisco: Jossey-Bass).

Csikszentmihalyi, M. (1999). *Das Flow-Erlebnis. Jenseits von Angst und Langeweile: im Tun aufgehen*. Stuttgart: Klett-Cotta.

Csikszentmihalyi, M. & Rathunde, K. (1993). The measurement of flow in everyday life. Towards the theory of emergent motivation. *Developmental perspectives of motivation. Nebraska Symposium on Motivation*, 40, 57-97.

DeCharms, R. (1968). *Personal causation*. New York: Academic Press.

Deci, E.L. & Ryan, R.M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik; 39, 223 – 238.

Deci, E.L. & Ryan, R.L. (2000). The what and why of goal pursuits. Human needs and the self-determination of behaviour: *Psychological Inquiry*, 11, 227 – 268.

De Jong, T. & Van Joolingen, W.R., (1998). Scientific discovery learning with computer simulation of conceptual domains *Review of Educational Research*, 68, 179-201.

Doran, R.L., Lawrenz, F. & Helgeson, S. (1994). Research on assessment in science. In D. Gabel (Ed.). *Handbook of research in science teaching and learning*, 388-442. New York: Macmillan.

Eccles, J. (1994). Understanding woman's educational and occupational choices. *Psychology of Women Quarterly*, 18, 585-609.

Egan, D.E. & Greeno, J.G. (1981). Der Erwerb kognitiver Strukturen durch entdeckendes- und Regellernen. In H.Neher (Hrsg.). *Entdeckendes Lernen* (S. 190-207) (3. Aufl.). Weinheim: Beitz.

Engeln, K. (2004). *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken*. Dissertation. Kiel: Universität

Flavell, J.H. (1978). Metacognitive developement. In J.M. Scandura & C.J. Brainerd (Eds.). *Structural process theory of complex human behavior* (S. 213-245). Alphen: Sijtkoff.

Foos, P.W., Mora, J. J. & Kacz, S. (1994). Student study techniques and the generation effect. *Journal of Educational Psychology*, 86, 567-576.

Friedrich, H.F. & Mandl, H. (1992). Lern- und Denkstrategien – Ein Problemaufriss. In Mandl, H.F. & Mandl, H. (1992). *Lern- und Denkstrategien* (S. 3-54). Göttingen.

Gardner, P.L. (1998). The development of males' and females' interests in science and technology. In L. Hoffmann, A. Krapp, K.A. Renninger & J. Baumert (Eds.), *Interest and Learning* (S. 41-57). Kiel: IPN.

Germann, P. J., Odom, A. L., Aram, R. & Burke, G. (1996). Student performance on asking questions, identifying variables, and formulating hypotheses. *School Science and Mathematics*, 96, 192-200.

Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41, 867-888.

Glowinski, I., 2007: Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen. Dissertation. Kiel: Christian-Albrechts-Universität.

Gott, S.P. (1987). Apprenticeship teaching for real-world tasks: The coordination of procedures, mental models, and strategies. *Review of Research in Education*, 15, 97-169.

Graesser, A. C., Baggett, W. & Williams, K. (1996). Question-driven explanatory reasoning. *Applied Cognitive Psychology*, 10, 17-31.

Graesser, A. C., McNamara, D. S., & VanLehn, K. (2005). Scaffolding deep comprehension strategies through Point & Query, AutoTutor, and iSTART. *Educational Psychologist*, 40, 225-234.

Greeno, J.G., Collins, a. M. & Resnick, L.B. (1996). Cognition and Learning. In D.C. Berliner & R.C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (S. 15-46). New York: MacMillan.

Guderian, P., 2007: Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte. Dissertation. Berlin: Humboldt-Universität.

Hakkarainen, K. (2003). Progressive inquiry in a computer-supported biology class. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 1072-1088.

Hannover, B. (1998). The development of Self-Concept and Interest. In J. Baumert (Ed.), *Interest and Learning*. Kiel: IPN.

Hasselhorn, M. & H. Gold (2006a). Auffassungen über Lehren. In H. Heuer, F. Rösler & H.W. Tack (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie*. Stuttgart: Kohlhammer.

Hasselhorn, M. & H. Gold (2006b). Erfolgreiches Lehren als Aufbau von Wissen und Können. In H. Heuer, F. Rösler & H.W. Tack (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie*. (S. 239-315) Stuttgart: Kohlhammer.

Heckhausen, H. (1972). Die Interaktion der Sozialisationsvariablen in der Genese des Leistungsmotivs. In C.F. Graumann (Hrsg.), *Handbuch der Psychologie* (Vol. 7/2, S. 995-1019). Göttingen: Hogrefe.

Heckhausen, H. (1989). *Motivation und Handeln* (2. Aufl.). Berlin: Springer

Heckhausen, H. & Rheinberg, F. (1980): Lernmotivation im Unterricht, erneut betrachtet, *Unterrichtswissenschaft*, 8, 7-47.

Heckhausen, J. & Heckhausen, H. (2006). *Motivation und Handeln*. (3. Aufl.). Berlin: Springer.

Hillebrandt, D. & D. Dähnhardt (2005). *Forschend lernen – Schülerlabore in Deutschland*. Lernort Labor. Kiel: Lela, IPN

Hidi, S. & D. Berndorff (1998). Situational Interest and Learning. In J. Baumert (eds), *Interest and Learning*. Kiel: IPN.

Hodson, D. (1993). Re-thinking Old Ways: Towards A More Critical Approach To Practical Work in School Science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.

Hodson, D. (1998). Is this really what scientists do ? In J. J. Wellington (Ed), *Practical work in school science: which way now ?* London: Routledge.

Hodson, D. & L. Brencze (1998). Becoming critical about practical work: changing views and changing practice through action research. *International Journal of Science Education*, 20(6), 683-694.

Hoffmann, L., P. Häßler & M. Lehrke (1998). Die IPN-Interessenstudie. Kiel: IPN.

Hoffmann, L. (2002). Promoting girls' interest and achievement in physics classes for beginners. *Learning and Instruction*, 12, 447-465.

Hofstein, A. & V. N. Lunetta (1982). The Role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research. *Review of Educational Research*, 52, 201-217.

Jonassen, D.H. (2000). *Educational Technology Research and Development*, 48, (4), 63-85.

Kirschner, P. A. (1992). Epistemology, Practical Work and Academic Skills in Science Education. *Science and Education*, 1, 273-299.

Klahr, D. (2000). *Exploring science. The cognition and development of discovery processes*. Cambridge, MA: MIT Press.

Knuth, R.A. & Cunningham, D. J. (1993). Tools for constructivism. In T.M. Duffy, J. Lowyck & D.H. Jonassen (Eds.). *Designing environments for constructive learning*, 163-188. NATO ASI Series. Berlin: Springer.

Koch, S. (1956). Behavior as „intrinsically“ regulated: Work notes towards a pre-theory of phenomena called „motivational“. In M.R. Jones (Ed.), *Nebraska symposium of motivation* (pp. 42-87). Lincoln, NE: University of Nebraska Press.

Köller, O., J. Baumert & K.U. Schnabel (2000a). Zum Zusammenspiel von schulischem Interesse und Lernen im Fach Mathematik: Längsschnittanalyse in den Sekundarstufen 1 und 2. In K.-P. Wild (Hrsg.). *Interesse und Lernmotivation*. Münster: Waxmann.

Köller, O., K.U. Schnabel & J. Baumert (2000b). Der Einfluss der Leistungsstärke von Schulen auf das fachspezifische Selbstkonzept. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 32(2), 70 - 80.

Köller, O., Daniels, Z., Schnabel, K. & Baumert, J. (2000c). Kurswahlen von Mädchen und Jungen im Fach Mathematik: Zur Rolle von fachspezifischem Selbstkonzept und Interesse. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 14 (1), 26-37.

Krapp, A. (1992a). Das Interessenkonstrukt. Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze einer pädagogischpsychologischen Interessenforschung* (S. 9-52). Münster: Aschendorff.

Krapp, A. (1992b). Das Interessenkonstrukt. Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze einer pädagogischpsychologischen Interessenforschung* (S. 9-52). Münster: Aschendorff.

Krapp, A. (1993). Die Psychologie der Lernmotivation. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39 (2), 187-206.

Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interesse im Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 45, 186 – 203.

Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, 12, 383-409.

Krapp, A. (2005). Das Konzept der grundlegenden psychologischen Bedürfnisse: Ein Erklärungsansatz für die positiven Effekte von Wohlbefinden und intrinsischer Motivation im Lehr-Lerngeschehen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 51, 626-641.

Krapp, A. (2006). Interesse. In D.H. Rost (Hrsg.) *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 280 - 302). Weinheim, Basel, Berlin: BeltzPVU

Krapp & M. Prenzel. (1992). (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze einer pädagogischpsychologischen Interessenforschung* (S. 9-52). Münster: Aschendorff.

Kultusministerkonferenz. (2004). Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Bildungsabschluss. In *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz*. München, Neuwied: Luchtenhand.

Labudde, P. (2000). *Konstruktivismus im Physikunterricht der Sekundarstufe II*.

Bern: Haupt.

Lehner, H. (1979). Erkenntnis durch Irrtum als Lehrmethode. Bochum: Kamp.

Lunetta, V. N. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and context for contemporary teaching. In B. J. Fraser, & K. G. Tobin (Eds.), International handbook of science education. Volume 1 (S. 249-262). New York: Macmillan.

Lutkehaus, N.C. & Greenfield, P.M. (2003). From the process of education to the culture of education: An intellectual biography of Jerome Bruners contributions to education. In B.J. Zimmermann & D.H. Schunk (Eds.). Educational psychology: A century of contributions (S. 409-429). Mahwah, NJ: Erlbaum.

MacIver, D. J., Young, E. M., & Washburn, B. (2002). Instructional practices and motivation during middle school (with special attendance to science). In A. Wigfield, & J. S. Eccles (Eds.), Development of achievement motivation (S. 333-351). San Diego: Academic Press.

McRobbie, C. J., & Thomas, G. P. (2001). Changing the learning environment to enhance explaining and understanding in a year 12 chemistry classroom. Learning Environments Research, 3, 209-227.

Mandl, H. & Gerstenmaier, J. (Hrsg.). (2000). Die Kluft zwischen Wissen und Handeln. Empirische und theoretische Lösungsansätze. Göttingen: Hogrefe.

McDaniel, M.A. &c Schlager, M.S. (1990). Discovery learning and transfer of problem-solving skills. Cognition and Instruction, 7, 129-159.

Ministerium für Bildung, Kultur und Wissenschaft. (1989). Lehrplan Chemie. Leistungskurs. Saarland.

Ministerium für Bildung, Kultur und Wissenschaft. (2007). Lehrplan Chemie. Leistungskurs. Saarland.

Mitchell, M. (1993). Situational Interest: Its Multifaceted Structure in the Secondary School Mathematics Classroom. Journal of Educational Psychology, 85(3), 424-436.

Neber, H. (1985). Erfassung und Förderung der Vororganisation technischer Probleme durch Berufsschüler. In D. Albert (Hrsg.). Bericht über den 34. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Wien 1984 (S. 730 – 731). Göttingen: Hogrefe.

Neber, H. (1992). Wissensnutzung: Förderung durch ein Training des situativen Wissenszugangs. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 6, 99 – 114.

Neber, H. (1994). Training der Wissensnutzung als objektgenerierende Instruktion. In: K.J. Klauer (Hrsg.) Kognitives Training. Göttingen: Hogrefe.

Neber, H. (1999). Entdeckendes Lernen. In Ch. Perleth & A. Ziegler (Hrsg.). Pädagogische Psychologie (S. 227-235). Bern: Huber.

Neber, H. (2002). Entwicklung des Fragebogens zu Experimentierpräferenzen (FEP). LMU München: Psychology of Excellence in Business and Education.

Neber, H. (2003a). Entdeckendes Lernen im Kontext neuerer Lehr-Lern-Forschungen. In U. Hameyer & F. Schlichting (Hrsg.). Entdeckendes Lernen (S. 10-26). Kronshagen: Körner Verlag.

Neber, H. (2003b). Entdecke Chemie! In BMW Group (Hrsg.), Entdecke Chemie! Beiheft zur CD-ROM. München: BMW-Group.

Neber, H. (2006a) Entdeckendes Lernen. In D. H. Rost (Hrsg.). Handwörterbuch Pädagogische Psychologie (S. 115-120). Weinheim, Basel, Berlin: Beltz

Neber, H. (2006b). Fragenstellen. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), Handbuch Lernstrategien (S. 50–58). Göttingen: Hogrefe

Neber, H. und M. A., (2008). Förderung präexperimenteller epistemischer Aktivitäten im Chemieunterricht. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie. 22, 2, S. 143 – 150.

Neber, H. & Schommer-Aikins, M. (2002). Self-regulated science learning with highly gifted students: the role of cognitive, motivational, epistemological, and environmental variables. High Ability Studies, 13, 59-74.

Niegemann, H. M. (2004). Lernen und Fragen: Bilanz und Perspektiven der Forschung. *Unterrichtswissenschaft*, 32, 345-356.

Olson, S. & Loucks-Horsley, S. (Eds.) (2000). *Inquiry, and the national science education standards: A guide for the teaching and learning*. Washington, D.C:National Academy Press.

Pedrosa de Jesus, H., Teixeira-Dias, J. J. C., & Watts, H. (2003). Questions of chemistry. *International Journal of Science Education*, 25, 1015-1034.

Perkins, D.N. & Salomon ,G. (1987). Transfer and the teaching of thinking. In D.N.Perkins, J.Lochhead & J.C.Bishop (Eds.), *Thinking. The second international conference* (S. 285-303). Hillsdale: Erlbaum.

Prenzel, M. (1988). *Die Wirkungsweise von Interesse*. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Prenzel, M. & Drechsel, B. (1996). Ein Jahr kaufmännische Erstausbildung: Veränderungen in Lernmotivation und Interesse: *Unterrichtswissenschaft*, 24, 217 – 234.

Prenzel, M. (2007). Pisa `06: Wichtige Ergebnisse im Überblick. In PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.), *Pisa `06* (S. 13-30). Münster: Waxmann.

Prenzel, M., Lankes, E.-M. & Minsel, B. (2000). Interessenentwicklung in Kindergarten und Grundschule. In U. Schiefele & K.-P. Wild (Hrsg.), *Interesse und Lernmotivation* (S. 11 – 30). Münster: Waxmann.

Prenzel, M., Schöps, K., Rönnebeck, S., Senkbeil, M., Walter, O., Carstensen, C.H. & Hammann, M. (2007). Pisa `06: Naturwissenschaftliche Kompetenz im internationalen Vergleich. In PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.), *Pisa `06* (S. 63-105). Münster: Waxmann.

Prenzel, M., Schütte, K. & Walter, O. (2007). Pisa `06: Interesse an den Naturwissenschaften. In PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.), *Pisa `06* (S. 63-105). Münster: Waxmann.

Renkl, A. (1996). Vorwissen und Schulleistung. In: Möller J. & Köller, O. (Hrsg.), *Emotionen, Kognitionen und Schulleistungen* (S. 175-190). Weinheim.

Renkl, A. (2002). Lehren und Lernen. In Tippelt. (Hrsg). *Handbuch der Bildungsforschung*. Opladen: Leske & Budrich.

Reinmann, G. & Mandl, H. (2006). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 613-656). Weinheim: Beltz.

Rheinberg, F. (1986): Lernmotivation. In: W. Sarges, & R. Frikke, R. (Hrsg.), *Psychologie für die Erwachsenenbildung* (S. 360-365). Göttingen: Hogrefe.

Rheinberg, F. (1989): *Zweck und Tätigkeit*. Göttingen: Hogrefe.

Rheinberg, F. (2002): *Motivation*. Stuttgart: Kohlhammer.

Rheinberg, F. (2004), *Motivation* (5. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.

Rheinberg, F. (2004b). *Motivationsdiagnostik*. Göttingen: Hogrefe.

Rheinberg, F. (2006). Intrinsische Motivation und Flow-Erleben. In J. Heckhausen & H. Heckhausen (Hrsg), *Motivation und Handeln* (3.Aufl., S. 331-354). Berlin: Springer.

Rheinberg, F. & Manig, Y. (2003). Was macht Spaß am Graffiti-Sprayen? Eine induktive Anreizanalyse. *Report Psychologie*, 4, 222-234.

Rheinberg, F. & Vollmeyer, R. (2003). Flow-Erleben in einem Computerspiel unter experimentell variierenden Bedingungen. *Zeitschrift für Psychologie*, 211, 161-170.

Rheinberg, F. & Wendland, M. (2003). DFG-Projekt (Rh 14/8-1) Komponenten der Lernmotivation in Mathematik. Abschlussbericht. Potsdam: Universität

Roeder, P.M. & S. Gruehn (1997), Geschlecht und Kurswahlverhalten. *Zeitschrift für die Pädagogik*, 42, 877-894.

Ryan, R.M. (1995). Psychological needs and the facilitation of integrative process. *Journal of Personality*, 63, 367 – 427.

Ryan, R.M. & Deci, B.I. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55, 66 – 78

Scharfenberg, F.-J., 2005: Experimenteller Biologieunterricht zu Aspekten der Gentechnik im Lernort Labor: empirische Untersuchung zu Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse. (am Beispiel des Demonstrationslabors Bio-/Gentechnik der Universität Bayreuth mit Schülern aus dem Biologie-Leistungskurs des Gymnasiums). Dissertation. Bayreuth: Universität.

Schauble, L., Glaser, R., Duschl, R. A., Schulze, S. & John, J. (1995). Students' understanding of objectives and procedures of experimentation in the science classroom. *The Journal of the Learning Sciences*, 4, 131-166.

Schiefele, U. (2001). The role of interest in motivation and learning. In S. Messick & J.M. Collins (Eds.). *Intelligence and personality* (pp. 177- 214). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Schiefele, H., Hauser, K. & Schneider, G. (1979). „Interesse“ als Ziel und Weg der Erziehung. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 25 (1), 1-20.

Schiefele, U., Krapp, A. & Schreyer, I. (1993). Metaanalyse des Zusammenhangs von Interesse und schulischer Leistung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 25, 120-148.

Schliessmann, F. (2006). Lernen im Science Center? Untersuchung des informellen Lernens an interaktiven Chemie-Experimentierstationen. *MNU*, 59, 110-116.

Schütte, K., Frenzel, A.C., Asseburg, R. & Pekrun, R. (2007). Pisa 2006: Schülermerkmale, naturwissenschaftliche Kompetenz und Berufserwartung. In PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.), *Pisa '06* (S. 63-105). Münster: Waxmann.

Seidel, T., Prenzel, M. Wittwer, J. & Schwindt, K. (2007a). Pisa 2006: Unterricht in den Naturwissenschaften. In PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.), *Pisa '06* (S. 147-179). Münster: Waxmann.

Seidel, T., Prenzel, M., Rimmele, R., Schwindt, K., Kobarg, M., Herweg, C. & Daleheft, I.M. (2007b). Unterrichtsmuster und ihre Wirkungen. Eine Videostudie im Physikunterricht. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht der DFG- Schwerpunktprogramms* (S. 99-123). Münster: Waxmann.

Séré, M.-G. (2002). Towards renewed research questions from the outcomes of the European project Labwork in Science Education. *Science Education*, 86, 624-644.

Shavelson, R., Hubner, J. & Stanton, G. (1976). Self-concept: Validation of construct interpretations. *Review of educational research*, 46, 407-441.

Shuell, T.J. (1996). Teaching and learning in a classroom context. In D.C. Berliner & R.C. Calfee (Eds.). *Handbook of educational psychology* (pp. 726-746). New York: Macmillan.

Sodian, B. & Thoermer, C. (2002). Naturwissenschaftliches Denken im Grundschulalter. Die Koordination von Theorie und Evidenz. In K. Spreckelsen, K. Möller & A. Hartinger (Hrsg.). *Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht* (S. 128-147). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Steinmann, S. & G. Glünder. (2004). Abschlussbericht UniCamp für Schülerinnen 2004. Saarbrücken: Universität des Saarlandes.

Stern, E. (2003). Lernen ist der mächtigste Mechanismus der kognitiven Entwicklung: Der Erwerb mathematischer Kompetenzen. In W. Schneider & M. Knopf (Hrsg.) *Entwicklung, Lehren und Lernen: Zum Gedenken an Franz Emanuel Weinert*. (S. 207-217) Göttingen: Hogrefe.

Störing, H.J. (1985). *Weltgeschichte der Philosophie*. Stuttgart: Kohlhammer

Tesch, M. (2004). Experimentieren im Physikunterricht - Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. 10, 51-69. Kiel: IPN

Tobin, K. G. (1990). Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, 90, 403-417.

Tobin, K. G., & Capie, W. (1982). Relationships between formal reasoning ability, locus of control, academic engagement, and integrated process skill development. *Journal of Research in Science Teaching*, 19, 113-121.

Weinert, F.E., (1994). Lernen lernen und das eigene Lernen verstehen. In Reussier, K. & M. Reuser-Weyeneth, (Hrsg.). *Verstehen. Psychologischer Prozess und didaktische Aufgabe*. Bern, S. 183-205.

Weinert, F.E. (2000). Lehren und Lernen für die Zukunft- Ansprüche an das Lernen in der Schule. *Pädagogische Nachrichten Rheinland-Pfalz*, 2. 1-16.

Weinert, F. E., 2001. (Hrsg.). Leistungsmessungen in Schulen.(S. 85) Weinheim: Beltz.

Wellington, J. J. (1998). Practical work in science. in J. J. Wellington (ed), Practical work in school science: which way now ? , 3-15. London: Routledge.

Werning, R. (1998). Konstruktivismus. Eine Anregung für die Pädagogik?" In: Pädagogik 7-8/98, S. 39 - 41

White, B.Y. & Frederiksen, J.R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. Cognition and Instruction, 16, 3-118.

Whitfield, R. C. (1980). Educational research & science teaching. School Science Review, 60, 411-430.

Wigfield, A. & Eccles, J. (2000). Expectancy-Value Theory of Achievement Motivation. Contemporary Educational Psychology, 25, 68-81.

Wild, E. & Hofer, M. (2000). Elterliche Erziehung und die Veränderung motivationaler Orientierungen in der gymnasialen Oberstufe und der Berufsschule. In U. Schiefele & K.P. Wild (Hrsg.), Interesse und Lernmotivation (S. 31 – 52). Münster: Waxmann.

Wild, E., Hofer, M. & Pekrun, R. (2006). Psychologie des Lernalers. In A. Krapp & W. Weidenmann (Hrsg.). Pädagogische Psychologie (S. 203 – 267). Weinheim, Basel: Beltz.

Wittbrock, M.C. (1990). Generative processes of comprehension. In: Educational Psychologist, 24, S. 345-376.

9. Anhang

9.1 Aufgabenstellungen

Die Aufgabenstellungen V1, V4, V9, und V11 befinden sich im Ergebnisteil (siehe 5.1.1)

V2 Analyse von Stoffen durch Dichtebestimmung

$$\text{Dichte} = \rho = m : V \quad [\rho] = \frac{g}{cm^3}$$

wichtiger Hinweis: Keine heißen Stoffe in die Messzylinder füllen.
Benzin ist brennbar und sehr leicht entzündlich! Deshalb
nicht in der Nähe von offenem Feuer benutzen.

Aufg. 1

Du hast 5 Stoffe vorliegen, die mit A, B, C, D und E bezeichnet sind.
Um welche Stoffe handelt es sich?

Tabelle: Dichten verschiedener Stoffe.

Stoffe	$\rho / \frac{g}{cm^3}$
Aluminium (Al)	2,7
Chrom (Cr)	7,19
Eisen (Fe)	7,86
Mangan (Mn)	7,43
Molybdän (Mo)	10,2
Nickel (Ni)	8,91
Niob (Nb)	8,581
Silizium (Si)	2,33
Strontium (Sr)	2,6
Titan (Ti)	4,506
Tantal (Ta)	16,6
Vanadium (V)	5,8
Wolfram (W)	19,3
Wolframcarbid (WC)	15,63
Yttrium (Y)	4,472
Zink (Zn)	7,14
Zinn (Sn)	7,29

Aufg. 2

Bestimme die Dichten von Schwefel und Kochsalz

Stoffe	einige Eigenschaften		
	löslich in Wasser	Benzin	Smt/°C
Salz	ja	nein	1465
Schwefel	nein	ja	119

Aufg. 3 (nicht ganz einfach; hierzu musst du wissen, was Auftrieb ist)

- Bestimme die Dichte von Luft.
- Bestimme die Dichte von Kohlendioxid (befindet sich in einer Druckflasche).

V3 Experimente mit Kohlendioxid

Das Gas Kohlendioxid ist ein Bestandteil der Luft. Sein Volumenanteil dort beträgt 0,03%. Festes Kohlendioxid wird als Trockeneis bezeichnet; es sublimiert bei -80°C (193K).

Versuch 1

Die Gasentwicklung kann mit verschiedenen Experimenten nachgewiesen werden.

Versuch 2

Die Masse einer Trockeneisportion steht in einem bestimmten Verhältnis zu dem Volumen des Gases, das sich aus dieser Portion bildet.

- Bestimme dieses Verhältnis durch zwei unterschiedliche Versuche.
- Vergleiche die Sublimationszeiten bei beiden Versuchen.

Versuch 3

Falls du bei den Versuchen 2a unterschiedliche Ergebnisse erhältst, zeige die Ursache für die Unterschiede durch einen weiteren Versuch.

Versuch 4

Vergleiche das Kohlendioxid aus der Druckflasche mit dem Kohlendioxid, das sich aus dem Trockeneis bildet.

Vorsicht

Trockeneis verursacht Erfrierungen (verbrennungsähnliche Verletzungen). Der Erfrierungsvorgang ist sehr gefährlich weil man zunächst keine Schmerzen empfindet und deshalb auch nicht reagiert.

Deshalb darf das Trockeneis nur mit einer Pinzette, Tiegelfange, Handschuhen oder unter Zuhilfenahme eines Tuches angefasst werden. Erfrierungen können aber auch durch die Handschuhe, oder durch ein Tuch hindurch erfolgen, wenn man das Eis zu lang in der Hand hält.

V5: Reaktionsverhältnis bei der Sulfidbildung

Aufgabe 1

Das Massenverhältnis bei der Reaktion zwischen Eisen und Schwefel ermittelt man, indem man immer größere Schwefelportionen mit einer jeweils gleich großen Portion Eisenwolle zur Reaktion bringt.

Bestimme dieses Massenverhältnis so genau wie möglich.

Aufgabe 2.

Auch Kupfer reagiert gut mit Schwefel. Bei dieser Reaktion bildet sich schwarzes Kupfersulfid, das aufgrund seiner Sprödigkeit leicht vom überschüssigen Kupfer abgebrochen werden kann. Überlege Dir ein Experiment, mit dem das exakte Massenverhältnis bei dieser Reaktion mit Hilfe von Kupferblech und Schwefelpulver ohne langwierige Versuchswiederholungen bestimmt werden kann.

Beachte

Verwende keine Schwefelportionen, die schwerer sind als 0,8 g.

Arbeite sehr genau. Nichts darf beim Wiegen oder nach dem Wiegen verloren gehen.

Durch Versuchswiederholungen erhöhst du die Genauigkeit deiner Messungen.

Führe ein übersichtliches Protokoll (Messwerte immer in Tabellenform).

Erstelle eine Versuchsanleitung.

Berate Dich mit anderen Arbeitsgruppen.

V6: Volumenverhältnisse bei Gasreaktionen

Aufgabe 1

- a) Erzeuge Wasserstoffgas mithilfe eines Gasentwicklers und untersuche das Gas mithilfe der Knallgasprobe.
- b) Bereite einen unbenutzten Gasentwickler für die Chlorgasherstellung vor.

Aufgabe 2

Bestimme die Volumenverhältnisse bei den chemischen Reaktionen folgender Stoffe

Wasserstoff + Sauerstoff

Wasserstoff + Chlor

Die **Gesamtmenge** der Ausgangsstoffe für die Reaktionen darf höchstens 6 ml betragen; andernfalls platzen die Reaktionsgefäße.

Aufgabe 3

Prüfe durch Wägung, ob es sich bei den Gasen auch tatsächlich um reinen Wasserstoff, Sauerstoff bzw. Chlor handelt.

Hinweise

Wasserstoff entsteht, wenn Salzsäure mit Zink reagiert, Chlorgas entwickelt sich bei der Reaktion von Salzsäure mit Kaliumpermanganat. Beide Reaktionen werden in kleinen Gasentwicklern durchgeführt. Ihre Bedienung lass dir von einem eurer Betreuer erklären. Sauerstoff erhältst du aus einer der Gasleitungen an deinem Laborplatz.

Vorsichtsmaßnahmen

Schutzbrille **ständig** tragen!

Chlorgasentwicklung nur im Abzug. Die gasgefüllten Spritzen sofort verschließen, damit kein Gas in die Raumluft gelangt.

Salzsäure ist ätzend.

Wasserstoff ist leicht entzündlich.

Kaliumpermanganat ist gesundheitsschädlich.

Chlor ist sehr giftig.

Chlorwasserstoff ist ätzend.

Umgang mit der konzentrierten Säure

Die Spritzen nach dem Befüllen mit Salzsäure außen mit Wasser abspülen.

V7: Analyse von Cola

Cola besteht zum größten Teil aus Wasser. Als Hauptbestandteile darin gelöst sind Rohrzucker als Süßmacher und das Säuerungsmittel Phosphorsäure. Beide Stoffe beeinflussen die Dichte des Getränks. Cola light enthält ebenfalls Phosphorsäure, aber keinen Zucker. Anstelle des Zuckers findet Sorbit Verwendung. Wegen seiner großen Süßkraft ist die Sorbitmenge in Cola light so klein, dass sie keinen messbaren Einfluss auf die Dichte hat.

Übersicht über deine Aufgaben

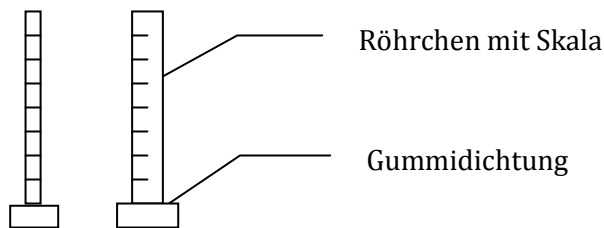
- Cola von Cola light unterscheiden.
- Die Kohlendioxidmenge in den Getränken bestimmen und zeigen, dass es sich auch tatsächlich um Kohlendioxid (CO_2) handelt.
- Den Zuckergehalt in Cola bestimmen.
- Den Gehalt an Phosphorsäure bestimmen.

Aufgabe 1; eine Vorübung, ist notwendig, um die Arbeitsweise zu erlernen.

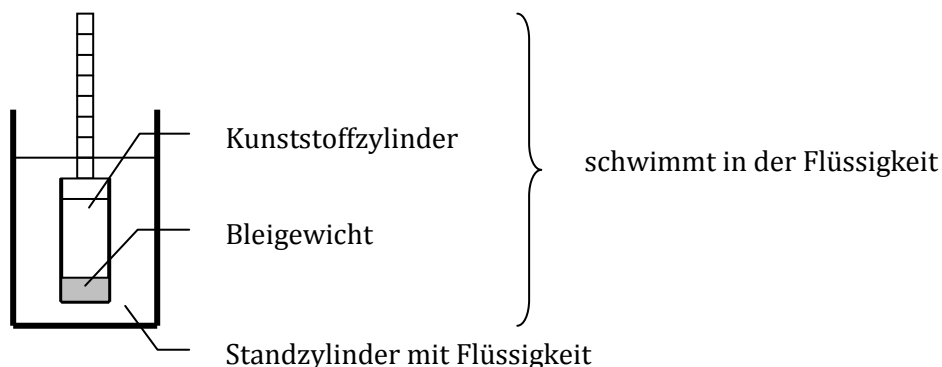
Die Kochsalzlösungen A, B und C unterscheiden sich im Salzgehalt und damit auch in der Dichte. Die Dichteunterschiede sollst du mit einem Areometer (Dichtemessgerät) bestimmen (siehe Skizzen).

Für dessen Bau stehen dir folgende Teile zur Verfügung.

- zwei Röhrchen unterschiedlicher Dicke.



- zwei Kunststoffzylinder unterschiedlicher Größe. Zylinder und Röhrchen kannst du beliebig kombinieren, z.B.



- a) Bestimme mit einem Areometer aus Zylinder und Röhrchen die Reihenfolge, in der die Dichten der Lösungen zunehmen.
- b) Ermittle dabei die Kombination aus Zylinder und Röhrchen (durch nachdenken, oder durch einen Versuch), welche die genauesten Messergebnisse liefert.

Aufgabe 2

Ermittle mit

- a) dem Areometer von Aufgabe 1,
 - b) einer anderen Messmethode,
- welche der beiden Colasorten das Cola light ist.

Aufgabe 3

Bestimme den Kohlendioxidgehalt in frischem Cola und bestätige, dass tatsächlich Kohlendioxid vorliegt.

Es steht zur Verfügung: reines Kohlendioxid aus der Druckflasche.

Aufgabe 4

Bestimme den Rohrzuckergehalt des Colas.

Es steht zur Verfügung: fester Rohrzucker.

Aufgabe 5 (nicht ganz einfach)

Hier geht es um den Gehalt an Phosphorsäure. Den kannst du mit Hilfe von Natriumhydroxid und des Farbstoffs Phenolphthalein bestimmen.

Dabei nutzt du aus, dass:

- Phenolphthalein in einer Phosphorsäurelösung farblos ist.
- Phenolphthalein in Natriumhydroxidlösung pinkfarben ist (beides solltest du zuerst einmal ausprobieren).
- Natriumhydroxidlösung mit Phosphorsäure reagiert, d.h., gibst du Natriumhydroxidlösung zu Phosphorsäure, wird die Phosphorsäure verbraucht. Die Reaktion nennt man Neutralisation, weil durch die Reaktion die Wirkung der Phosphorsäure aufgehoben wird.

Es stehen zur Verfügung

- Natriumhydroxidlösung
- Phenolphthaleinlösung
- Phosphorsäurelösung, von der 100 ml genau 0,0245 g Phosphorsäure enthalten.

Hinweis

Verwende für das Experiment 10 ml Cola.

Damit die Colafarbe die Farbe des Phenolphthaleins nicht zu sehr überdeckt, musst du das Cola 1: 5 mit destilliertem Wasser verdünnen.

V8: Verbrennungsreaktionen

Aufgabe 1

- a) Bestimme für die Verbrennung von Magnesium den Zusammenhang zwischen der Masse des Magnesiums und dem Volumen des verbrauchten Sauerstoffs.
b) Ist der verbrauchte Sauerstoff vollständig im Oxid enthalten?
Hinweis: Auch Gase kann man wiegen.

Aufgabe 2

Wiederhole das Experiment mit Kohlenstoff. Verwende für diesen Versuch reinen Sauerstoff aus der Druckflasche.

Aufgabe 3

Versuche mit Hilfe deiner Ergebnisse Reaktionsgleichungen aufzustellen.

Einige Tipps zur Protokollführung

Das Protokoll ist die Niederschrift des Versuchsverlaufs. Es muss so verfasst werden, dass man den Versuch anhand des Protokolls genau wiederholen kann.

Verwende so wenig Text wie möglich; Notizen wie „Dann haben wir den Sauerstoff.....“, oder: „Anschließend haben wir gewogen.“ usw. sind überflüssig.

Erstelle das Protokoll immer in der gleichen Form: Überschrift, Versuchsskizze, kurze stichwortartige Verlaufsbeschreibung, Befunde, Ergebnis

Gib alle Befunde in Tabellenform an und bereite deine Tabellen vor, ehe du mit dem Experimentieren beginnst.

Ein Beispiel für eine Tabelle

Volumen des Sauerstoffs

	Versuch 1	Versuch 2		
V(O ₂) Beginn/ml				
V(O ₂) Ende/ml				
ΔV/ml				

Folgende Kenntnisse benötigst Du, wenn Du die Aufgaben vollständig lösen willst: molare Masse, molares Volumen.

Geräte und Chemikalien, die dir zur Verfügung stehen

Kolbenprober, Reaktionsrohr aus hitzebeständigem Glas, Verbindungsschläuche, Porzellanschiffchen, Bunsenbrenner, Magnesiumband, Holzkohle, Sauerstoff aus der Druckflasche, Analysenwaage

V10: Ebullioskopie und Kryoskopie

Die Siedetemperatur einer Flüssigkeit ist druckabhängig. Reines Wasser z.B. siedet bei einem Druck von 1013 hPa mit einer Temperatur von 100°C. Enthält eine Flüssigkeit einen gelösten Stoff, ist ihre Siedetemperatur höher. Den genauen Zusammenhang zwischen Siedetemperaturerhöhung und der Menge an gelöster Substanz beschreibt das Raoult'sche Gesetz:

$$\Delta S_{dt} = E_b \cdot b$$

E_b = ebullioskopische Konstante E_b ist lösemittelabhängig

$$b = \text{Molalität} = \frac{n(\text{gelöster Stoff})}{m(\text{Lösungsmittel})}$$

Auch die Schmelztemperatur einer Lösung hängt von ihrer Konzentration ab, und der Zusammenhang mit der Konzentration wird ebenfalls durch das Raoult'sche Gesetz beschrieben. Dabei verwendet man die kryoskopische Konstante.

$$\Delta S_{mt} = E_m \cdot b \quad E_m = \text{kryoskopische Konstante} \quad E_m \text{ ist lösemittelabhängig}$$

- Aufgabe 1** Bestimme die ebullioskopische Konstante mit einer wässrigen Harnstofflösung. Harnstoff hat die Summenformel $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$.
- Aufgabe 2** Bestimme mit der gleichen Harnstofflösung, die kryoskopische Konstante.
- Aufgabe 3** Bestimme in Zusammenarbeit mit einer anderen Arbeitsgruppe die molare Masse von Glucose jeweils nach einer der beiden Methoden und vergleiche anschließend eure Befunde.
- Aufgabe 4** Überprüfe, ob die molare Masse von Natriumchlorid (NaCl) ebenfalls durch diese Methoden ermittelt werden kann.
- Aufgabe 5** Glucose ist ein sog. Einfachzucker. Einfachzuckermoleküle können sich zu Mehrfachzuckermolekülen verbinden. Ermittle durch Ebullioskopie oder Kryoskopie die Zahl der Einfachzuckermoleküle, aus denen Saccharosemoleküle bestehen.

Informationen zu den Stoffen

Harnstoff

ist das Endprodukt des Eiweißabbaus und ein Erwachsener beispielsweise scheidet täglich 25 - 30 g davon mit dem Harn aus.

Glukose (Traubenzucker)

ist ein wichtiger Bestandteil vieler Nahrungsmittel und wird von den Pflanzen durch die sog. Photosynthese hergestellt.

Saccharose (Rohr-, Rüben-, oder Haushaltszucker)

stammt ebenfalls aus dem Pflanzenreich und ist in besonders hoher Konzentration in Zuckerrohr und Zuckerrüben enthalten.

NaCl ist Kochsalz.

Hinweise zur Versuchsdurchführung

- Für alle Versuche wird ein Rückflusskühler benutzt.
- Die Versuche sind zeitaufwändig, weil das Wasser in Heizpilzen mit geringer Leistung erwärmt werden muss. Man kann Zeit sparen, wenn man ständig eine ausreichende Warmwassermenge in einem Erlenmeyerkolben auf der Heizplatte bereithält.
- Um Verbrennungen zu vermeiden, sollte man den Erlenmeyerkolben am Stativ befestigen und mit Hilfe der Stativklammer transportieren.
- Verwende bei allen Versuchen zur Ebullioskopie mindestens 10 Siedesteinchen.
- Konzentrationen in der Größenordnung 1 mol/l verwenden.

V12 Ladung von Kupferionen: Radius von Kupferatomen

Aufgabe 1

Bei der Elektrolyse einer Kupfersulfatlösung mit Kupferelektroden scheidet sich an einer der Elektroden Kupfer ab.

Elektrolysiere einen Teil der gegebenen Kupfersulfatlösung mit Hilfe von Kupferelektroden bei einer Stromstärke von höchstens 0,15 A.

Elektrolysedauer etwa 15 Minuten.

Verwende externe Multimeter für die Messungen im Stromkreis, denn die Messwerte des Messgerätes in der Spannungsquelle sind nicht besonders genau.

Beantworte anhand der Befunde aus dem Experiment folgende Fragen

- Ändert sich die Konzentration der Lösung während der Elektrolyse?
- Welche Ladung haben die Kupferionen?

Aufgabe 2

Es ist noch zwei weiteres Metallelektrodenpaare (gekennzeichnet mit A, bzw. B) und eine Salzlösung dieses Metalls (Lösung A, bzw. B) gegeben. Die Kationen dieser Metalle haben die gleiche Ladung, wie die Kupferionen.

- Entscheide durch eine Elektrolyse, ob die Metalle dieser Elektroden im Periodensystem vor, oder hinter dem Kupfer stehen.
- Bestimme die Metalle so genau wie möglich.

gegeben:

$$M = \text{molare Masse}; \quad M(\text{Cu}) = \frac{m}{n} = 63,546 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$\text{Faradaygesetz} \quad F = \frac{Q}{n} \quad n = \text{Stoffmenge, falls einfach geladene Ionen vorliegen}$$

$$Q = \text{Ladung}; \quad Q = I \cdot t \quad [Q] = A \cdot s = \text{Ampere} \cdot \text{Sekunde} = C = \text{Coulomb}$$

$$F = \text{Faradaykonstante} = 9,648 \cdot 10^4 \text{ C/mol}$$

Aufgabe 3

(Diese Aufgabe sollte zuhause, oder im Unterricht bearbeitet werden.)

Die Rechnung vereinfachte sich durch folgende Annahme, liefert aber trotzdem noch relativ genaue Ergebnisse: Die Kupferatome sind würfelförmig und fügen sich lückenlos aneinander. Berechne aus deinen Messwerten die Kantenlänge der „würfelförmigen Kupferatome“.

gegeben für Aufgabe 3:

$$\text{molare Teilchenzahl} = N_A = \frac{N}{n} = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$\text{Dichte} = \rho(\text{Cu}) = 8,92 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Sicherheitshinweis: Die Salzlösungen sind giftig. Trage deshalb, um Kontakt mit der Haut zu vermeiden, bei allen Arbeiten Handschuhe.

V13 Elektrolyse von KOH-Lösung

Sehr wichtig bei diesem Experiment ist eine intensive Vorbereitung zu hause.
Du solltest in der Lage sein, die Experimente ohne ständiges Nachschauen im Aufgabenblatt durchzuführen.

Die Rechnungen kannst du dann größtenteils zu hause machen

- a) Bestimme durch die Elektrolyse von KOH mit Graphitelektroden die Spannung, bei der Gasentwicklung einsetzt.
- b) Bestimme das molare Volumen der gebildeten Gase.
- c) Bestätige das Vorliegen von Wasserstoff und Sauerstoff durch Bestimmung der molaren Masse dieser Gase.
- d) Leite die Gase aus der Elektrolyse in die Brennstoffzelle ein und miss die Leerlaufspannung.
- e) Bestimme die Leistung der Zelle beim Betrieb eines Elektromotors.
- f) Berechne den Wirkungsgrad der Elektrolyse.

gegeben: molare Verbrennungswärme ($2 \text{ H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$) = 572 kJ

Beachte: Beim Befüllen der Brennstoffzelle mit den Gasen darf keine Flüssigkeit in die Zelle gelangen.
Die Elektromotoren dürfen nur an die Brennstoffzellen, nicht an die Spannungsquellen für die Elektrolyse angeschlossen werden.

Daten und Fakten

Wasserstoff hat die Ordnungszahl 1

$$M = \text{molare Masse}; \quad M = \frac{m}{n} \quad [M] = \frac{g}{mol}$$

Faradaygesetz n = Stoffmenge einfach geladener Ionen

$$Q = \text{Ladung}; \quad Q = I \cdot t \quad [Q] = A \cdot s = \text{Ampere} \cdot \text{Sekunde} = C(\text{Coulomb})$$

$$F = \text{Faradaykonstante} = 9,648 \cdot 10^4 \text{ C/mol}$$

V14 Analyse von Alkanen

Für deine Experimente stehen heute folgende Stoffe zur Verfügung.

- Zwei Alkane, die bei Normaldruck gasförmig sind.
 - Eines davon befindet sich in einer Druckflasche.
 - Das andere ist in einem Nachfüllgefäß für Gasfeuerzeuge enthalten.
- Ein flüssiges Alkan; seine Moleküle enthalten weniger als 9 C-Atome.
- Kohlendioxid in einer Druckflasche.

Du hast vier Aufgaben, die du durch Experimentieren mit diesen Stoffen lösen sollst.

Aufgabe 1:

Bestimme das molare Volumen des Gases Kohlendioxid.

Aufgabe 2:

Identifiziere die beiden gasförmigen Alkane anhand ihrer molaren Masse.

Aufgabe 3

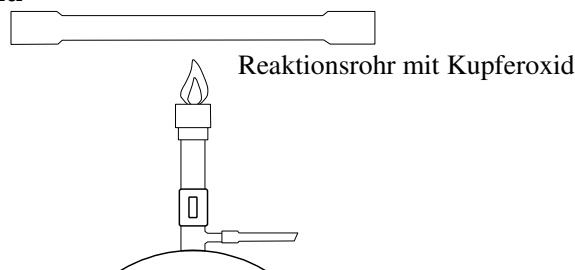
Bestätige dein Ergebnis aus Aufgabe 2 durch eine quantitative Oxidation der Alkane.

Aufgabe 4

Bestimme die Summenformel des flüssigen Alkans.

Reaktionsprinzip: Leitet man ein gasförmiges Alkan über glühendes Kupferoxid, wird es vollständig zu Kohlendioxid und Wasser oxidiert, das Oxid wird zu Kupfer reduziert. Flüssige Alkane mit einer Kettenlänge bis zu 8 C-Atomen verdunsten sehr leicht. Deshalb kann man ihre Summenformeln nach der gleichen Methode bestimmen. Die Versuchsaufbauten für beide Versuche sind ähnlich:

Versuchsaufbau



- Bei Versuch 3 verbindet man das Reaktionsrohr mit einer 20ml Einmalspritze und einem Luftballon.
- Bei Versuch 4 gibt man zunächst 2 – 3 Tropfen des flüssigen Alkans in ein mit Watte gefülltes Glasrohr, verbindet es dann mit 2 Kolbenprobern, die mit 30 ml eines geeigneten Trärgases gefüllt sind und drückt dieses Gas dann mehrmals durch die Watte. Dabei verdunstet das Alkan. Danach ersetzt man das Glasrohr durch ein mit Kupferoxid gefülltes Quarzrohr und verfährt dann weiter wie bei Versuch 3.

9.2 Teilnehmende Schulen

Tabelle 40: Teilnehmende Schulen

Schule	Ort
Gymnasium im Stadtgarten	Saarlouis
Gymnasium am Krebsberg	Neunkirchen
Ludwigsgymnasium	Saarbrücken
Marienschule	Saarbrücken
Saarpfalzgymnasium	Homburg
Illtalgymnasium	Illingen
Helmholtzgymnasium	Zweibrücken
GirlsCamp 2006	
Cusanus –Gymnasium	St. Wendel
Wendalinum	St. Wendel
Männlich-Gymnasium	Homburg

9.3 Skalen des Fragebogens für Klassenstufe 8

Die eingeklammerten Skalen wurden aus der Rechnung herausgenommen. Dadurch erhöhte sich die Reliabilität der entsprechenden Skalen.

Die mit (e) gekennzeichneten Skalen sind in dem Fragebogen von Brandt (2005) nicht enthalten und wurden für die vorliegende Untersuchung hinzugefügt.

Abhängige Variablen: motivationale Effekte

Fachbezogenes Selbstkonzept der Begabung im Fach Chemie

Wie beurteilst du dich selbst - in Chemie?

- Kein Mensch kann alles. Für Chemie habe ich einfach keine Begabung.
- Chemie liegt mir nicht besonders.
- Bei manchen Sachen in Chemie, die ich nicht verstanden habe, wusste ich von vornherein: „Das verstehe ich nie!“
- Chemie würde ich lieber machen, wenn es nicht so schwer wäre.
- Obwohl ich mir bestimmt Mühe gebe, fällt mir Chemie schwer.
- Damit beschäftige ich mich nicht, weil es für meine Zukunft keine Rolle spielt.

Geschlechterstereotype

Wie beurteilst du folgende Aussagen?

- Mädchen interessieren sich weniger für Chemie als Jungen.
- Jungen können besser experimentieren als Mädchen.
- Jungen beschäftigen sich lieber mit chemischen Fragen.
- Jungen probieren lieber Dinge aus als Mädchen.

Thematisches Sachinteresse

Folgende Themen könnten im Chemieunterricht behandelt werden.

Wie groß ist dein Interesse an diesen Themen?

- Luft: Welche Bedeutung hat die Luft für Lebensvorgänge und Verbrennungen?
- Wasser: Wie der Wasserkreislauf auf der Erde funktioniert, oder wie sich aus bestimmten Stoffen Wasser chemisch bilden und wieder in diese Stoffe aufspalten kann.
- Metalle: Warum und wo man z.B. Aluminium oder Gold einsetzt und wie man sie aus Erzen gewinnt oder, wie sie mit anderen Stoffen reagieren.
- Säuren: Wozu man überall Säuren benutzt oder wie man ihre Stärke messen und ihre Wirkung auf andere Stoffe prüfen kann.
- Kunststoffe: Warum wo welcher Kunststoff verwendet wird, oder wie man sie aus einfachen Chemikalien so herstellt, dass sie ganz bestimmte Eigenschaften haben.

Kontextuales Sachinteresse

Die Themen des Chemieunterrichts stehen nicht für sich. Sie können in ganz unterschiedlichen Zusammenhängen behandelt werden. Auf welche Zusammenhänge sollte im Unterricht eingegangen werden?

- (Vorgänge und Erscheinungen, die man in der Natur beobachten kann.)
- Anwendungen der Chemie im Haushalt (Reinigung, Kosmetik, Ernährung).
- Anwendungen der Chemie in der Technik (Verkehr, Haushalt).
- Die Beschreibung und Erklärung chemischer Experimente: wie und unter welchen Bedingungen aus einem Stoff ein anderer entsteht.
- Anwendungen der Chemie, die jetzt und in Zukunft für uns mit großem Nutzen oder mit großen Gefahren (z.B. für die Umwelt) verbunden sein können.
- Wie in früheren Jahrhunderten die neuen chemischen Erkenntnisse das Leben |der Menschen verändert haben.

Tätigkeitsbezogenes Sachinteresse

Im Folgenden findest du einige Tätigkeiten, die auch im Chemieunterricht vorkommen können. Wie groß ist dein Interesse daran?

- Zu beobachten, wie der Lehrer oder andere Schüler einen chemischen Versuch durchführen.
- Einem Lehrervortrag über ein chemisches Thema zuzuhören.
- Einem Schülervortrag über ein chemisches Thema zuzuhören.
- (Einen chemischen Versuch selbst durchzuführen.)
- Filme zur Chemie anzusehen.
- Mit Hilfe von Kugeln oder Ähnlichem Modelle zu bauen (z.B. von Molekülen).
- Einen Versuchsaufbau zu zeichnen.

Lebensweltliche Relevanz (utility value)

Welche der folgenden Behauptungen treffen zu?

- (Mit Chemie kann man viele Vorgänge in Natur und Alltag erklären)
- Ich lerne in Chemie etwas, das ich unmittelbar oder später brauchen kann.
- Ich lerne in Chemie etwas, das für mich wichtig ist.
- Durch den Chemieunterricht ist mein Interesse an Naturwissenschaften größer geworden
- Ich würde mich nicht mit Chemie beschäftigen, wenn ich es nicht müsste.

Emotional-affektive Aspekte des Gegenstands

Faszination an naturwissenschaftlichen Phänomenen

Im Folgenden ist angegeben, wie man bestimmte Situationen erleben kann.

Gib dein persönliches Gefühl an. Es beeindruckt mich, dass

- Kochen, Braten, Grillen und Backen vielfältige chemische Reaktionen sind.
- Haare bleichen und färben, oder Wäsche waschen chemische Vorgänge sind.
- die ganze Welt aus kleinsten (atomaren) Teilchen aufgebaut ist.
- in meinem Körper chemische Prozessen ablaufen.
- schwerste Fahrzeuge nur wenige Liter Benzin zur Fortbewegung benötigen.
- Über solche Fragen habe ich eigentlich noch nie nachgedacht (e)

Intrinsische Motivation am Fach Chemie

Wenn du dich am Chemieunterricht beteiligst, aus welchen Gründen tust du es?

- Weil ich die Dinge verstehen möchte
- Weil ich so etwas gerne mache.
- Weil ich gerne knifflige Probleme löse.

Extrinsische Motivation: Selbstintentionalität

Wenn du dich am Chemieunterricht beteiligst, aus welchen Gründen tust du es?

- Weil ich keine schlechte Zensur bekommen möchte.
- Weil von mir erwartet wird, dass ich gut aufpasse.
- Weil ich möchte, dass man mich für einen guten Schüler/ eine gute Schülerin hält.
- (Weil ich einen bestimmten Lehrer habe. (e)
- Weil es mir peinlich wäre, dabei ertappt zu werden, geschlafen zu haben.

Freude am Chemieunterricht

Wenn du an deinen Chemieunterricht denkst - Wie beurteilst du folgende

Aussagen?

- Der Unterricht ist abwechslungsreich.
- Manchmal finde ich es schade, wenn es klingelt und die Stunde vorbei ist.
- Ich bedauere es, wenn der Unterricht ausfällt.
- Ich freue mich auf den Unterricht.
- Die Schule würde mir mehr Spaß machen, wenn wir öfter solche Dinge wie im Chemieunterricht behandeln würden.
- Ich bin neugierig darauf, was wir in der nächsten Stunde lernen.

Bewertung der Vorgehensweise im Chemieunterricht

Wenn du an deinen Chemieunterricht denkst - Wie beurteilst du folgende Aussagen?

- Ich finde es gut, wenn unser Lehrer möchte, dass wir die Aufgaben möglichst ohne seine Hilfe lösen.
- Ich mag es, wenn wir Chemieaufgaben durch gemeinsames Nachdenken der ganzen Klasse lösen.
- Unser Lehrer sollte uns lieber sagen, wie wir eine Aufgabe lösen können , anstatt dass wir auf seine Fragen antworten müssen, um darüber zur Lösung zu finden.
- Ich finde es toll, wenn wir in unserem Unterricht auf Dinge stoßen, die unseren Erwartungen widersprechen und darüber weiter nachdenken.
- (Ich mag es nicht, wenn uns der Lehrer mit unseren eigenen Vermutungen in die Irre gehen lässt, bis wir es selbst merken.)

- Ich finde es gut, wenn der Lehrer unsere Antworten erst einmal akzeptiert und dann so weiterfragt, dass wir immer wieder prüfen müssen, was aus unserer Antwort folgt.
- Mich stört es, wenn wir uns im Unterricht kaum äußern können, weil unser Lehrer die meiste Unterrichtszeit für Vorträge und Erklärungen beansprucht.
- Ich würde gern erst einmal versuchen, Aufgaben selbst zu lösen, bevor uns der Lehrer den Lösungsweg an Beispielen erklärt.
- Unser Lehrer sollte keine Fragen stellen, auf die er nur eine ganz bestimmte Antwort erwartet.
- Ich finde es gut, wenn unser Lehrer von uns verlangt, dass wir die Aufgaben mit möglichst wenig Lehrerhilfe bearbeiten.

Variablen des resultierenden Verhaltens

Freizeitinteresse an Chemie

Unabhängig vom Chemieunterricht: Wie oft setzt du dich mit Chemie in der folgenden Art auseinander?

- Ich sehe mir Fernsehsendungen an, die mit Chemie zu tun haben.
- Ich denke über chemische Prozesse nach, z.B. darüber, wie der sortierte Müll weiterbehandelt wird.
- Ich sehe in einem Buch oder im Internet nach, wenn mich eine chemische oder technische Frage beschäftigt.
- Ich spreche mit Freunden / Freundinnen über Themen aus dem Bereich der Chemie.
- Ich habe mich mit Chemie-Experimentierkästen beschäftigt.
- Ich habe Chemie-Lernsoftware benutzt.
- Ich habe versucht, mit eigenen Geräten zu Hause chemische Versuche durchzuführen.
- Ich setze mich mit chemischen Fragen auseinander, weil sie mit einem bestimmten Thema zu tun haben, das mich interessiert.

Interesse an naturwissenschaftlichen Berufen

- Mein zukünftige Beruf sollte schon etwas mit Naturwissenschaften zu tun haben

Änderungswünsche am Chemieunterricht

Wie würdest du das Experimentieren im schulischen Alltag gerne verändern?

- Ich hätte in der Schule auch gerne ein solches Labor.
- Ich hätte in der Schule auch gerne ein gutes Labor (Alternative zum ersten Item; wurde im Fragebogen für die Kontrollgruppe eingesetzt)
- Ich würde bei Experimenten im Chemieunterricht auch gerne selbstständiger experimentieren.
- Ich möchte in der Schule mehr eigenen Ideen einbringen.
- Ich bin zufrieden mit dem Experimentieren in meinem Chemieunterricht.
- Mir würde es gefallen, wenn eine Klassenarbeit im Jahr durch ein benotetes Praktikum ersetzt würde.
- (Ich halte es für sinnvoll, die aufs ganze Jahr verteilten Einzelstunden des Chemieunterrichts auf zwei Wochen im Jahr zu konzentrieren.)

Allgemeines Selbstkonzept der Begabung

Wie beurteilst du dich selbst - allgemein

- Ich denke, dass ich genauso klug bin, wie die anderen in meiner Klasse.
- Ich bin mit meinen Schulleistungen zufrieden.
- Meine Einfälle sind genauso gut wie die der anderen in meiner Klasse.
- Es fällt mir leicht, im Unterricht mitzumachen.
- So begabt wie die anderen Kinder bin ich auch.

Abhängige Variablen: Beurteilung des NanoBioLab

Gefallen am Lab, positive Affekte im Lab (Spaß, Flow)

Wie hat dir der Besuch an der Uni gefallen?

- Besuch war interessant
- Während des Experiments verging die Zeit wie im Flug.
- Ich habe mich gelangweilt.
- Es fiel mir leicht, mich auf meine Arbeit zu konzentrieren.
- Ich hatte keine Ahnung, was ich da eigentlich machen sollte.

Relevanz der Inhalte des NanoBioLab

Im Folgenden findest du einige Behauptungen.

Gib an, in wieweit sie deiner Meinung nach stimmen.

- Mit chemischen Experimenten, wie sie an der Uni gemacht wurden, kann man viele Vorgänge aus Natur und Alltag erklären.
- Ich habe etwas gelernt, das ich unmittelbar oder später gebrauchen kann.
- Ich habe etwas gelernt, was für mich persönlich wichtig ist.
- Durch die Arbeit an der Uni ist mein Interesse an den Naturwissenschaften gestiegen.

Intrinsische Motivation im NanoBioLab

Warum hast du an der Uni so gut mitgemacht?

- Weil ich die Dinge verstehen möchte.
- Weil ich so etwas gerne mache.
- Weil ich gerne knifflige Probleme löse.

Extrinsische Motivation im NanoBioLab

Warum hast du an der Uni so gut mitgemacht?

- Weil von mir erwartet wird, dass ich gut aufpasse.
- Weil ich möchte, dass man mich für einen guten Schüler / eine gute Schülerin hält.
- Weil es mir peinlich wäre, dabei ertappt zu werden, „geschlafen“ zu haben.

Verständnis der Betreuer im NanoBioLab

- Der Betreuer hat nicht gut erklärt
- Der Betreuer hat zu wenig erklärt.

Kleingruppenarbeit im NanoBioLab

Wie hat dir die Arbeit in den Gruppen gefallen?

- Die Zusammenarbeit hat mir gut gefallen.
- In meiner Gruppe haben alle gut zusammengearbeitet.
- In meiner Gruppe war die Stimmung gut.
- Ich habe mich wie in einem Forscherteam gefühlt, das gemeinsam eine Aufgabe löst.
- In meiner Gruppe konnte ich viel selber machen.
- In meiner Gruppe haben sich welche vorgegrängelt, sodass ich zu wenig machen konnte.

Disziplin im NanoBioLab

- Während der Experimente war es so unruhig, dass man sich nicht konzentrieren konnte.
- Bei den Versuchen geht zuviel durcheinander, weil einige Unsinn machen

NanoBioLab -Selbstkonzept der Begabung

Wie beurteilst du dich selbst - beim Experimentieren an der Uni?

- Für solche Experimente fehlt mir die Begabung.
- Solche Experimente liegen mir nicht besonders.
- Bei manchen dieser Experimente weiß ich von vorneherein: „ Das versteh ich nie.“
- Solche Experimente würde ich lieber machen, wenn sie etwas leichter wären.
- Obwohl ich mir Mühe gebe, fällt mir solches Experimentieren schwer.
- Mir ist es am liebsten, ich habe eine genaue Versuchsanleitung. (e)

NanoBioLab -Didaktik: Selbstständigkeit beim Arbeiten im Labor

Welchen Eindruck hattest du von der Arbeit an der Uni?

- Wir haben die Aufgaben mit möglichst wenig Hilfe bearbeitet.
- Wir haben die Probleme durch Nachdenken in der Gruppe gelöst.
- (Die Betreuer haben die Lösungswege zu schnell verraten.)
- Wenn ein Problem auftauchte, hatten wir ausreichend Zeit, darüber nachzudenken und selbst eine Lösung zu finden.
- Wir sind auf Dinge gestoßen, die meiner Vorstellung widersprachen.
- Die Betreuer haben uns auch nach Fehlern eine zeitlang weitermachen lassen, bis wir gemerkt haben, dass etwas nicht stimmt.
- (Wir konnten uns kaum äußern, da die Betreuer die meiste Zeit für Vorträge und Erklärungen gebraucht haben.)
- Wir hatten Gelegenheit, erst einmal selber Lösungen zu probieren.
- (Die Betreuer haben Fragen gestellt, auf die sie eine ganz bestimmte Antwort erwartet haben.)

NanoBioLab -Didaktik: Bewertung der Selbstständigkeit beim Arbeiten

Mit dieser Skala haben die Schüler ihre Angaben zu der Skala „NanoBioLab -Didaktik: „Welchen Eindruck hattest du von der Arbeit an der Uni?“ bewertet.

Dazu wurde auf einer sechstufigen Skala „gefiel mir; ja/nein“ angekreuzt.

9.4 Unterlagen für ein Interview

Aufgabenblatt 1 (wird im Vorbereitungsraum von den Schülern bearbeitet)

Schülercode:

3. Buchstabe des Vornamens des Vaters	2. Buchstabe des Vornamens der Mutter	1. Buchstabe des Mädchennamens der Mutter	3. Buchstabe des eigenen Geburtsorts	Eigener Geburtsmonat z.B. 03 für März oder 11 für November

Schule:

Klasse: Datum:

Alter:.....Jahre ☐ männlich ☐ weiblich (bitte ankreuzen)

Aufgabe

Im kommenden Schuljahr wirst du ins Schülerlabor der Uni Saarbrücken eingeladen. Dort stehen dir dann ein Metallblech und die beiden Feuerzeuge, die du jetzt vor dir liegen hast, noch einmal zur Verfügung. Du hast dann 3 Stunden Zeit, mit dem Inhalt der Feuerzeuge und dem Blech zu experimentieren. Dafür steht dir die gesamte Laboreinrichtung mit Chemikalien und Geräten zur Verfügung, und es sind Chemiker dabei, die du um Rat fragen kannst, wenn du alleine nicht mehr weiter kommst.

Heute sollst du bereits alles so weit untersuchen, wie das hier in dem Vorbereitungsraum ohne weitere Hilfsmittel möglich ist und dir dabei eine Fragestellung überlegen, die du dann **im Schülerlabor** durch Experimentieren beantworten kannst.

Benutze für deine Untersuchung einen Blechstreifen aus der Schachtel und beide Feuerzeuge.

Deine Aufgaben heute sind also:

1. Überlege dir eine gute Untersuchungsfrage, die von chemischer Bedeutung ist. (Gehäuse und Zündmechanismus der Feuerzeuge sollen **nicht** untersucht werden.)
2. Plane ein Experiment, das deine Frage beantworten kann.

Du kannst dafür alle Chemiegeräte und Chemikalien einsetzen, die du kennst!

WENN DU NACHHER ZU DEINEM INTERVIEW GEHST, NIMM BITTE DAS AUFGABENBLATT UND **EIN STÜCK** METALLBLECH MIT;
DIE FEUERZEUGE BITTE **NICHT** MITNEHMEN

Notiere deine Untersuchungsfrage und dein geplantes Vorgehen bei dem **Experiment an der Uni** bitte in die folgenden Felder.

1. Ich habe mir folgende Frage überlegt.

(Bitte als **Frage** mit Fragezeichen am Ende)

2. Dazu plane ich folgendes Experiment (Kurzbeschreibung):

3. Folgende Geräte brauche ich:

4. Folgende Chemikalien verwende ich:

5. So gehe ich vor:

(Wenn Skizze, dann mit Beschriftung + zusätzliche Versuchsbeschreibung; Rückseite bei Platzmangel)

6. Als Ergebnis meines Experiments erwarte ich:

Fragebogen 1 (erhält der Schüler erst im Interviewraum. Bearbeitungszeit: max 2 min)

Was hast du dir bei der Formulierung deiner Frage und deines Experimentes überlegt?

	gar nicht	ganz genau						
1. Zuerst habe ich mir vorgestellt, was man mit den Feuerzeugen und dem Blech machen kann.	1 - 2 - 3 - 4 - 5							
2. Dann habe ich mir genau vorgestellt, was man bei den Feuerzeugen und dem Blech beobachten kann.	1 - 2 - 3 - 4 - 5							
3. Ich habe mir überlegt, was ich zu der Situation nicht genau weiß.	1 - 2 - 3 - 4 - 5							
4. Ich wollte ganz gezielt eine Frage nach einer Ursache stellen.	1 - 2 - 3 - 4 - 5							
5. Ich habe mir überlegt, welche Chemiekennntnisse ich zur Formulierung meiner Frage verwenden kann.	1 - 2 - 3 - 4 - 5							
6. Es war mir wichtig eine Frage zu stellen, die sich durch einen Versuch (ein Experiment) eindeutig beantworten lässt.	1 - 2 - 3 - 4 - 5							
7. Mit meiner Frage will ich ganz gezielt etwas über Auswirkungen wissen.	1 - 2 - 3 - 4 - 5							
8. Mit meiner Frage will ich etwas herausfinden, was ich noch nicht weiß.	1 - 2 - 3 - 4 - 5							
9. Bei der Formulierung meiner Frage habe ich nicht viel nachgedacht.	1 - 2 - 3 - 4 - 5							
10. Ich denke, ich habe eine gute Frage gestellt.	1 - 2 - 3 - 4 - 5							
11. Es ist mir schwer gefallen, eine passende Frage zu überlegen.	1 - 2 - 3 - 4 - 5							
12. Mir sind mehrere Fragen dazu eingefallen	1 - 2 - 3 - 4 - 5							
13. Was waren deine letzten Zeugnisnoten in den Fächern De, Ma, 1. Fremdspr., 2. Fremdspr., Ch, Bio, Ph	1 - 2 - 3 - 4 - 5							
		De	Ma	1.F	2.F	Ch	B	P

Protokollierung des Interviews

Tabelle 1: Deine Experimente

keine	
Feuerzeug schütteln	
Gas riechen	
Gerüche vergleichen	
Zischen beim Gasausströmen hören	
Flamme an	
Flamme vergrößern/ verkleinern	
Metallblech erhitzen	
Metallblech biegen	
Stück vom Blech abreißen	
Metallblech zusammenfalten und dann erhitzen	
Gedankenexperiment	
Blech in ausströmendes Gas halten	
Feuerzeuge vergleichen	

Tabelle 2: Deine Beobachtungen

keine	
Schwarzfärbung beim Erhitzen	
Dunkelrotfärbung beim Erhitzen	
Verfärbung lässt sich nicht abwischen	
Rußbildung	
Ruß lässt sich abwischen	
gute Wärmeleitfähigkeit	
zusammengefaltetes Blech färbt sich nur auf der Außenseite.	
Gas riecht benzinähnlich	
Metall bröckelt	
grüne Flamme	
Silberfärbung	
Wird weich	

Tabelle 3: hilfreiche Chemiekenntnisse

keine	
es gibt rotes Kupferoxid	
es gibt schwarzes Kupferoxid	
Feuerzeuge enthalten Propan (Butan)	
Luft enthält Sauerstoff	
weitere Luftbestandteile	
bei vielen Verbrennungen bildet sich CO_2	
bei manchen Verbrennungen bildet sich H_2O	
molare Masse	
molares Volumen	
molare Teilchenzahl	
Gesetz der konstanten Proportionen	
Kupfer ist rot	
Smt, Sdt, Leitfähigkeit Dichte sind für einen Stoff charakteristisch	
Elektrolyse	
Oxidation, oder/und Reduktion	
Eigenschaften der Reaktion	
Salzbildung	
Säuren	
Metalle können Legierungen bilden	

Tabelle 4: Einschätzungen durch den Interviewer
(nach dem Interview ausfüllen)

	gering	groß
1. Motivation des Schülers?	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
2. Interesse an der Sache?	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
3. Einfallsreichtum?	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
4. Selbstvertrauen?	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
5. Qualität der Ausführungen?	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
6. Ideenreichtum	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
7. Umsetzbarkeit der Ideen	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
8. Fachkenntnisse	1 - 2 - 3 - 4 - 5	

9.5 Fragebogen für die Schüler/-innen nach dem Praktikum in Klassenstufe 10

Code zur Verschlüsselung des Schülernamens

3. Buchstabe des Vornamens des Vaters	2. Buchstabe des Vornamens der Mutter	1. Buchstabe des Mädchenamens der Mutter	3. Buchstabe des eigenen Geburtsorts	Eigener Geburtsmonat z.B. 03 für März oder 11 für November

**Gib hier bitte an, ob du die Aufgabenstellungen und die Lösungswege der drei Aufgaben
verstanden hast.**

nicht völlig
klar klar

Aufg. 1 Wert für molares Volumen mithilfe von CO ₂ bestimmen	1	2	3	4	5	6
Aufg. 2 Alkan durch Bestimmung der molaren Masse identifizieren.	1	2	3	4	5	6
Aufg. 3 Alkan durch Reaktion mit Kupferoxid identifizieren.	1	2	3	4	5	6

Beantworte bitte folgende Fragen

überhaupt ja/
nicht sehr

1	Solche Aufgaben wecken mein Interesse.	1	2	3	4	5	6
2	Aufgabe 1 war für mich schwierig.	1	2	3	4	5	6
3	Aufgabe 2 war für mich schwierig.	1	2	3	4	5	6
4	Aufgabe 3 war für mich schwierig.	1	2	3	4	5	6
5	Diese Aufgaben haben zum Nachdenken über mein Vorwissen angeregt.	1	2	3	4	5	6
6	Über diese Aufgaben habe ich intensiv nachgedacht.	1	2	3	4	5	6
7	Diese Aufgaben haben meine Kenntnisse über chemische Zusammenhänge gefördert.	1	2	3	4	5	6
8	Ich würde mich gerne mit weiteren ähnlichen Aufgaben beschäftigen.	1	2	3	4	5	6

9.6 Fragebogen für die Schüler/-innen aus der Klassenstufe 13

Liebe Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 13,

der vorliegende Fragebogen dient der Evaluierung des naturwissenschaftlichen Praktikums, das seit dem Jahr 2000, damals waren Sie in der Klasse 8, an der Uni stattfindet und von Herrn Zehren geleitet wird. Viele von Ihnen haben daran teilgenommen und einige haben es auf 20 Besuche gebracht.

Die Fragen lassen sich in ca. einer Stunde beantworten. Die Ergebnisse werden an der Uni im Institut für Erziehungswissenschaft ausgewertet. Sie bleiben, wie der Gesetzgeber das vorschreibt, anonym. Geben Sie deshalb keinen Namen, sondern lediglich einen **Code** (→) an. Niemand hat ein Interesse daran, ihren Namen zu ermitteln. Wir wollen hier nur mögliche Wirkungen unseres wissenschaftlichen Praktikums erfragen, um es weiter zu optimieren.

Die Fragen beziehen sich auch auf den naturwissenschaftlichen Unterricht. Füllen Sie den Fragebogen deshalb bitte auch dann aus, wenn Sie nicht an dem Praktikum teilgenommen haben. Sie können dann die Fragen überspringen, deren Nummern grau hinterlegt sind. Bitte beantworten Sie ansonsten jede Frage durch ankreuzen einer Zahl. Einige Antwortfelder sind leer. Dort ist dann ein Begriff, oder eine Zahl einzutragen.

Herzlichen Dank für Ihren Beitrag zu unserer Arbeit. W. Zehren

3. Buchstabe des Vornamens des Vaters	2. Buchstabe des Vornamens der Mutter	1. Buchstabe des Mädchennamens der Mutter	3. Buchstabe des eigenen Geburtsorts	Eigener Geburtsmonat (z.B. 03 für März oder 11 für November)
→	→	→	→	→

Das naturwissenschaftliche Experimentieren kann mehr oder weniger klar vorgeschrieben sein.

Ich bevorzuge Experimente...

Bitte zu jeder Frage zwei Antworten

1. So wäre es mir am liebsten

2. So war es im Labor an der Uni

stimmt
gar nicht

stimmt
ganz genau

stimmt
gar nicht

stimmt
ganz genau

1	...bei denen ich meine eigenen Fragestellungen entwickeln kann.	1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5
2	 bei denen ich das Ergebnis von vornherein kenne.	1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5
3	bei denen die einzelnen Schritte genau vorgeschrieben sind.	1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5
4	bei denen ich mir die einzelnen Schritte selbst überlegen muss.	1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5
5	bei denen genau vorgeschrieben ist, welche Beobachtungen oder Messungen gemacht werden sollen.	1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5
6	bei denen ich selbst entscheiden muss, was beobachtet oder gemessen werden soll	1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5
7	... bei denen genau vorgeschrieben ist, wie die Ergebnisse darzustellen sind (z.B. als Tabellen oder Abbildungen).	1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5
8	... bei denen ich selbst überlegen muss, wie die Ergebnisse am besten darzustellen sind.	1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5
9	... bei denen genau bekannt oder vorgeschrieben ist, wie die Ergebnisse zu interpretieren sind und was sie bedeuten.	1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5
10	... bei denen ich die Ergebnisse selbstständig interpretieren kann und mir überlegen muss, was sie bedeuten.	1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5

Die folgenden Fragen beziehen sich nicht mehr nur auf Schülerversuche und Experimente, sondern allgemein auf naturwissenschaftliche Fächer:

		stimmt gar nicht	stimmt genau
1	Wenn ich beim Lernen nicht alles verstehe versuche ich, die Lücken festzuhalten und den Stoff daraufhin nochmals durchzugehen.	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
2	Wenn ich ein schwieriges Thema vor mir habe, passe ich mein Lernen daran an (bsplw. durch langsames Lernen).	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
3	Wenn mir etwas verworren oder unklar erscheint, gehe ich es nochmals durch.	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
4	Ich versuche, mir vorher genau zu überlegen, welche Teile eines Themengebietes ich lernen muss und welche nicht.	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
5	Vor dem Lernen eines Stoffgebietes überlege ich mir, wie ich am effektivsten vorgehen könnte.	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
6	Ich überlege mir vorher, in welcher Reihenfolge ich den Stoff durcharbeite.	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
7	Ich lege im Vorhinein fest, wie weit ich mit dem Lernen eines Stoffes kommen möchte.	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
8	Ich stelle mir Fragen zum Stoff um sicherzugehen, dass ich auch alles verstanden habe.	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
9	Ich bearbeite zusätzliche Aufgaben um festzustellen, dass ich den Stoff verstanden habe.	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
10	Um Wissenslücken festzustellen, rekapituliere ich die wichtigsten Inhalte, ohne meine Unterlagen zu Hilfe zu nehmen.	1 - 2 - 3 - 4 - 5	

Folgende Fragen beziehen sich ausschließlich auf naturwissenschaftliche Fächer.

Kreuzen sie bitte zunächst an, auf welches Fach /welche Fächer genau sich die dann folgenden Angaben hauptsächlich beziehen sollen (Mehrfachnennungen möglich):

	Chemie Biologie Physik	trifft überhaupt nicht zu	trifft völlig zu
1	Verglichen mit anderen in dem Fach (den Fächern) schneide ich gut ab.	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7	
2	Ich bin mir sicher, dass ich die Inhalte des Faches verstehe.	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7	
3	Ich erwarte, dass ich mit neuem Stoff keine Probleme haben werde.	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7	
4	Verglichen mit anderen, denke ich, dass ich ein sehr guter Schüler in dem Fach bin.	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7	
5	Ich bin mir sicher, dass ich ausgezeichnet mit den Problemen und Aufgaben des Faches zurechtkomme.	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7	
6	Ich denke, ich schneide in dem Fach (den Fächern) gut ab.	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7	
7	Verglichen mit anderen sind meine Lernfertigkeiten in diesem Fach ausgezeichnet.	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7	
8	Verglichen mit anderen denke ich, dass ich sehr viel über das Fach (die Fächer) weiß.	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7	
9	Ich weiß, dass ich den Stoff dieses Faches schaffen werde.	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7	
10	Ich bevorzuge anspruchsvolle Aufgaben, damit ich etwas Neues in dem Fach (den Fächern) lerne.	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7	
11	Für mich ist es wichtig, den Stoff dieses Faches zu lernen.	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7	
12	Was ich in dem Fach lerne, hat für mich einen wirklichen Wert.	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7	
13	Was ich in dem Fach lerne, kann ich auch verwenden.	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7	
14	Ich übernehme oft Arbeiten mit Themen, über die ich in dem Fach etwas lernen kann, auch wenn diese mehr Anstrengungen erfordern.	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7	
15	Auch wenn ich bei einer Arbeit in dem Fach schwach abschneide, versuche ich aus meinen Fehlern zu lernen.	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7	
16	Was ich in dem Fach lerne, ist für mich ein nützliches Wissen.	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7	
17	Ich denke, was wir in dem Fach lernen, ist interessant.	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7	
18	Für mich ist wichtig, den Stoff des Faches zu verstehen.	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7	