Europa-Universität
Flensburg
Institut für mathematische, naturwissenschaftliche
und technische Bildung
Abteilung für Biologie und ihre Didaktik

Naturwissenschaftliche Untersuchungen in kollaborativer Kleingruppenarbeit

Konzeption und empirische Überprüfung eines außerschulischen Lehr-Lernlabors

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Philosophie (Dr.phil.) an der Europa-Universität Flensburg

vorgelegt von

Arne Henning Bockwoldt

im April 2018

Gutachter:

Prof. Dr. Andreas Christian

Prof. Dr. Wilfried Probst

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich auf dem Weg der Promotion in unterschiedlicher Weise begleitet und unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt Prof. Dr. Andreas Christian für die Betreuung dieser Arbeit, die kompetenten und konstruktiven Ratschläge und die Unterstützung, auf die ich mich jederzeit verlassen konnte.

Bei Prof. Dr. Wilfried Probst bedanke ich mich ebenfalls sehr für die Betreuung und die Unterstützung!

Dr. Dennis Barnekow gilt mein großer Dank dafür, dass er diese Arbeit überhaupt erst möglich gemacht hat und mir immer mit Rat und Tat zur Seite stand.

Dem Land Schleswig-Holstein und der Universität Flensburg danke ich ausdrücklich für das Promotionsstipedium.

Ein außerordentlicher Dank gebührt allen Schülerinnen und Schülern und allen Lehrerinnen und Lehrern, die durch ihre Teilnahme diese Studie möglich gemacht haben. Insbesondere danke ich Martin Feddersen für die freundliche und gute Zusammenarbeit.

Ich bedanke mich außerdem bei allen Kolleginnen und Kollegen der Abteilung, besonders bei Sebastian Grün für seine Hilfsbereitschaft und bei Simon Clausen für die schöne gemeinsame Zeit inner- und außerhalb der Universität.

Meiner Familie und meiner Freundin Lena danke ich herzlich dafür, dass sie immer an mich geglaubt haben und mich jederzeit unterstützt haben!

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis **2**

Abbildungsverzeichnis **5**

Tabellenverzeichnis **8**

1 Einleitung **10**

2 Theoretischer Rahmen **13**

2.1 Schülerlabore als Form außerschulischen Lernens 13

2.1.1 Gemeinsame Ziele und Merkmale 14

2.1.2 Kategorien von Schülerlaboren 15

2.1.3 Schülerlabore und Interesse 16

2.1.4 Empirische Befunde zur Wirkung von Schülerlaborbesuchen 18

2.2 Naturwissenschaftliche Untersuchungen im schulischen Kontext 20

2.2.1 Dimensionen der Erkenntnisgewinnung 21

2.2.2 Das hypothetisch-deduktive Verfahren 22

2.2.3 Methoden der Erkenntnisgewinnung 24

2.2.3.1 Beobachtung 25

2.2.3.2 Experiment 26

2.2.3.3 Modelle 27

2.2.4 Das Experiment im Unterricht 28

2.2.5 Empirische Befunde zu den Schwierigkeiten beim Experimentieren 31

2.3 Forschendes Lernen 34

2.3.1 Phasierung 35

2.3.2 Problemorientierung 36

2.3.3 Kontextorientierung 36

2.3.4 Kooperatives und kollaboratives Lernen 37

2.3.5 Offenes eigenständiges Lernen 40

2.4 Empirische Befunde zum forschenden Lernen 44

2.5 Zusammenfassung und Zielsetzung der Studie 45

3 Forschungsfragen und Hypothesen **48**

4 Konzeption des Lehr-Lernlabors **51**

4.1 Didaktische Aspekte 51

4.2 Ablauf und Inhalte 53

4.2.1 Einführung ... 53
4.2.2 Der Ozean als CO_2-Speicher ... 55
4.2.3 Meeresspiegelanstieg ... 56
4.2.4 Ozeanversauerung ... 58
4.2.5 Nachbesprechung ... 60
4.3 Formen der Instruktion ... 60
4.3.1 Schritt-für-Schritt-Anleitung (Versuchsgruppe A) ... 61
4.3.2 Erweiterte Anleitung (Versuchsgruppe B) ... 61

5 Empirischer Teil ... 64
5.1 Design und Methodik ... 64
5.2 Stichprobe ... 66
5.3 Messinstrumente ... 67
5.3.1 Fachwissenstest ... 68
5.3.2 Skala zur Erfassung des aktuellen Interesses ... 69
5.3.3. Skala zur Erfassung des Sachinteresses an Naturwissenschaften und am Experimentieren ... 70
5.3.4 Kategoriensystem zur Erfassung des Schülerverhaltens ... 71
5.3.5 Kognitive Belastung ... 78
5.4 Auswertungsmethoden und Testverfahren ... 78

6 Ergebnisse ... 81
6.1 Fachwissenstest ... 81
6.1.1 Kontrollgruppe ... 81
6.1.2 Lernerfolg im Bereich Fachwissen insgesamt ... 82
6.1.3 Lernerfolg der Versuchsgruppen im Vergleich ... 83
6.2 Aktuelles Interesse ... 84
6.2.1 Wirksamkeit in den Komponenten ... 84
6.2.2 Vergleich der Geschlechter ... 85
6.3 Ergebnisse zum Schülerverhalten in der Kleingruppenarbeit ... 85
6.3.1 Schülerverhalten insgesamt ... 86
6.3.2 Vergleich der Geschlechter ... 88
6.3.3 Vergleich der Versuchsgruppen ... 88
6.3.4 Detailbetrachtung der Werteverteilung in den Kategorien ... 89
6.3.5 Qualität der inhaltsbezogenen Aussagen ... 106
6.3.6 Zusammenhänge zwischen dem Schülerverhalten und Sachinteressen ... 108
6.3.7 Kognitive Belastung ... 109

7 Diskussion 110

7.1 Die Wirkung der Intervention „Klimalabor“ auf den Erwerb von Fachwissen..110

7.2 Die Wirkung der Intervention „Klimalabor“ auf die Entstehung und Entwicklung von aktuellem Interesse.....112

7.3 Das Schülerverhalten während der Kleingruppenarbeit 115

7.4 Die Wirkung der Instruktionsform auf das Lernverhalten.....118

8 Zusammenfassung 123

9 Literaturverzeichnis..... 125

Anhang A: Befragung 142

Fragebogen Pre-Test 142

Pilotierung 146

Fragebogen Post-u. Follow-up-Test 147

Lehrerfragebogen.....150

Einverständniserklärung.....152

Anhang B: Lehr- und Lernmaterialien 153

Anleitungen (Versuchsgruppe A) 154

Anleitungen (Versuchsgruppe B) 160

Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Exemplarische Merkmale von Schulunterricht und außerschulischen Lernen in MINT-Standorten (Schwarzer & Itzek-Greulich, 2015) 14

Abb.2: Rahmenmodell der Interessensgenese nach Krapp (1993) (aus: Gebhard, Höttecke & Rehm, 2017) 17

Abb.3: Stufen der Interessensentwicklung nach Krapp (2002) (aus: Guderian, 2007) 17

Abb.4: Das Rahmenmodell wissenschaftsmethodischer Kompetenzen nach Mayer (2007); (bearbeitet u. erweitert) 21

Abb.5: Das hypothetisch-deduktive Verfahren (aus: Arnold, 2015) 23

Abb.6: Elemente forschenden Lernens nach Mayer & Ziemek (2006) 34

Abb.7: Phasen des forschenden Lernens nach Martius, Delvenne & Schlüter (2016) 35

Abb.8: Schematische Darstellung von kooperativem und kollaborativem Lernen nach Senger (2009) 39

Abb.9: Aufbau der Untersuchung "Löslichkeit von CO_2 in Abhängigkeit zur Temperatur" (aus: Wilms, Kometz & van der Veer, 2005) 55

Abb.10: Die Untersuchung "Konvektion durch Unterschiede im Salzgehalt" (nach Entfernung der Trennwand) 56

Abb.11: Aufbau der Untersuchung „Meeresspiegelanstieg durch Eisschmelze" 56

Abb.12: Aufbau der Untersuchung "Thermische Expansion" 58

Abb.13: Aufbau der Untersuchung „Einfluss von CO_2 auf den pH-Wert“ 59

Abb.14: Aufbau der Untersuchung „Wirkung von Säure auf Kalkschalen“: 60

Abb.15: Studiendesign 65

Abb.16: Vorgehen bei der Entwicklung eines Kategoriensystems (Wadouh, 2007 in Anlehnung an Bos & Tarnai, 1999 und Jacobs et al., 1999) 71

Abb.17: Kodiersystem zur Erfassung des Schülerverhaltens während der Durchführung von naturwissenschaftlichen Untersuchungen in Kleingruppenarbeit 73

Abb.18: Mittelwert der im Fachwissenstest erreichten Punktzahl zu den Testzeitpunkten 82

Abb.19: Mittelwert der im Fachwissenstest erreichten Punktzahl zu den Testzeitpunkten, Vergleich der Versuchsgruppen 83

Abb.20: Mittelwerte der drei Komponenten des aktuellen Interesses zu den unterschiedlichen Testzeitpunkten 85

Abb. 21: Verteilung der Aktivitäten in beiden Versuchsgruppen 87

Abb.22: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie "Zielfremd" in beiden Versuchsgruppen 91

Abb.23: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Zielfremd“ in beiden Versuchsgruppen differenziert nach Geschlecht 91

Abb. 24: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie "Passiv (abwesend)" in beiden Versuchsgruppen....92

Abb.25: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Passiv (abwesend)“ in beiden Versuchsgruppen differenziert nach Geschlecht....93

Abb.26: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie "Passiv (aufmerksam)" in beiden Versuchsgruppen....94

Abb.27: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Durchführung“ in beiden Versuchsgruppen....95

Abb.28: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Durchführung“ in beiden Versuchsgruppen differenziert nach Geschlecht....96

Abb.29: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Protokoll“ in beiden Versuchsgruppen....97

Abb.30: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Protokoll“ in beiden Versuchsgruppen differenziert nach Geschlecht....98

Abb.31: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Material“ in beiden Versuchsgruppen....98

Abb.32: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Abbau“ in beiden Versuchsgruppen....99

Abb.33: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Abbau“ in beiden Versuchsgruppen differenziert nach Geschlecht....100

Abb.34: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Vorlesen“ in beiden Versuchsgruppen....100

Abb.35: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Still lesen“ in beiden Versuchsgruppen....101

Abb.36: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Still lesen“ in beiden Versuchsgruppen differenziert nach Geschlecht....102

Abb.37: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Aussagen zur Durchführung“ in beiden Versuchsgruppen....102

Abb.38: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Aussage zur Arbeitsverteilung“ in beiden Versuchsgruppen....103

Abb.39: Absolute Häufigkeiten der Äußerungen in der Kategorie „Problem/Frage (Durchführung)“ in beiden Versuchsgruppen....103

Abb.40: Absolute Häufigkeiten der Äußerungen in der Kategorie „Problem/Frage (Inhalt)“....104

Abb.41: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Aussage (Inhalt)“ in beiden Versuchsgruppen....105

Abb.42: Häufigkeit von inhaltsbezogenen Äußerungen in beiden Versuchsgruppen differenziert nach Komplexitätsniveau....106

Abb.43: Häufigkeit inhaltsbezogener Äußerungen auf Faktenniveau differenziert nach kognitivem Prozess....107

Abb.44: Häufigkeit inhaltsbezogener Äußerungen auf Zusammenhangsniveau differenziert nach kognitivem Prozess 107

Tabellenverzeichnis

Tab.1: Kategorien von Schülerlaboren mit den zugehörigen Kriterien 15

Tab.2: Bildungsstandards der naturwissenschaftlichen Fächer für das "Untersuchen" im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung 29

Tab.3: Öffnungsgrade für naturwissenschaftliche Untersuchungen beim forschenden Lernen 41

Tab.4: Ablauf und Inhalte des Klimalabors 53

Tab.5: Vergleich zwischen den Versuchsgruppen im Pre-Test, Mittelwert (*M*) und Standardabweichung (*SD*) 66

Tab.6: Lehrerangaben zur Häufigkeit 67

Tab.7: Lehrereinschätzung der Klassen 67

Tab.8: Statistische Kennwerte des Fachwissenstests 69

Tab.9: Reliabilitätsstatistik für die Komponenten des aktuellen Interesses (Post-Test) 70

Tab.10: Kategoriensystem zur Erfassung des Schülerverhaltens 74

Tab.11: Komplexitätsniveaus inhaltlicher Aussagen (nach Knobloch 2011) 76

Tab.12: Kognitive Prozesse bei inhaltlichen Aussagen (nach Knobloch 2011) 76

Tab.13: Kategoriensystem zur Beurteilung der Qualität von inhaltsbezogenen Schüleraussagen 77

Tab.14: Ergebnisse der Kontrollgruppe im Fachwissenstest 81

Tab.15: Statistische Kennwerte zum Ergebnis des Fachwissenstests 83

Tab.16: Komponenten des aktuellen Interesses, Mittelwerte und statistische Auswertung 84

Tab.17: Mittelwerte der Versuchsgruppen in den Komponenten des aktuellen Interesses 85

Tab.18: Schülerverhalten in der Kleingruppenarbeit 87

Tab.19: Kategorien mit signifikanten Unterschieden zwischen den Geschlechtern 88

Tab.20: Verhaltenskategorien im Vergleich zwischen den Versuchsgruppen; Mittelwerte, Standardabweichungen und Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests. 89

Tab.21: Statistische Kennwerte für die Kleingruppen in der Kategorie „Zielfremd“ 92

Tab.22: Statistische Kennwerte der Kleingruppen in der Kategorie „Passiv (abwesend)“ 94

Tab.23: Statistische Kennwerte der Kleingruppen in der Kategorie „Passiv (abwesend)“ 95

Tab.24: Statistische Kennwerte für die Kleingruppen in der Kategorie „Durchführung“ 96

Tab.25: Statistische Kennwerte der Kleingruppen in der Kategorie „Protokoll“ 97
Tab.26: Statistische Kennwerte der Kleingruppen in der Kategorie „Abbau“ 99
Tab.27: Statistische Kennwerte der Kleingruppen in der Kategorie „Vorlesen“ 101
Tab.28: Anzahl der formalen Hilfestellungen in den Kleingruppen 104
Tab.29: Wahrgenommene kognitive Belastung der beiden Versuchsgruppen zur Arbeit an den drei Stationen 109

1 Einleitung

In den Fächern Biologie, Chemie und Physik erwerben Schüler/innen fachliches Wissen, um naturwissenschaftliche Phänomene verstehen und erklären zu können. Darüber hinaus lernen sie naturwissenschaftliche Methoden und Praktiken kennen und wenden diese in eigenständig durchgeführten Untersuchungen an (KMK, 2005a; KMK, 2005b; KMK, 2005c). Außerschulische Lernorte bieten umfangreiche Möglichkeiten den Lernprozess in diesen Bereichen zu unterstützen und ihn mit erfahrungsbasierten Zugängen zu bereichern.

Das Lehr-Lernlabor, das im Rahmen dieser Arbeit entwickelt und erprobt wurde, möchte hierzu einen Beitrag leisten. Thematischer Schwerpunkt dieses Angebots für Schüler/innen der Sekundarstufe I sind die Auswirkungen des Klimawandels auf die Ozeane. In kollaborativer Kleingruppenarbeit erarbeiten sie sich im „Klimalabor“ interdisziplinäres Wissen über die Rolle des Ozeans als CO_2-Speicher, die Ozeanversauerung oder den globalen Meeresspiegelanstieg, in dem sie selbstständig Untersuchungen dazu durchführen.

Das eigenständige Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen kann, in Abhängigkeit zu den Vermittlungszielen, auf verschiedene Arten angeleitet werden. Während in offen gestalteten Lernumgebungen vorrangig prozessbezogene wissenschaftsmethodische Kompetenzen gefördert werden, so sind vorstrukturierte Instruktionsformen eher geeignet, um Fachwissen zu vermitteln (Koenen, 2016).

Im Konzept des entwickelten Lehr-Lernlabors liegt der Fokus verstärkt auf der Vermittlung von themenspezifischen, fachlichen Inhalten. Es stellte sich daher bei der Entwicklung des Labors die Frage, wie die Anleitungen gestaltet sein sollten, um in dieser Hinsicht möglichst lernwirksam sein zu können. In der schulischen und außerschulischen Praxis finden in solchen Fällen oft Schritt-für-Schritt-Anleitungen Verwendung. Doch was können die Schüler/innen bei dieser Form der Instruktion wirklich lernen? Eine gängige Kritik an derlei Untersuchungen nach „Kochbuch“ ist, dass sie dazu führt, dass die Schüler/innen die einzelnen Schritte durchführen ohne dabei über den eigentlichen Sinn und Zweck der Untersuchung nachzudenken (Lunetta, Hofstein & Clough, 2007). Darüber hinaus kann die Arbeit in Kleingruppen, in denen die naturwissenschaftlichen Untersuchungen in der Regel durchgeführt werden, zum Teil mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden sein.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung vorstrukturierte Anleitungen für das selbstständige Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen entwickelt und im Klimalabor auf ihre Wirksamkeit hin überprüft.

Im ersten Teil der Arbeit wird zunächst auf Schülerlabore als Form außerschulischen Lernens und ihrem vorrangigen Ziel, der Förderung von Interesse an den Naturwissenschaften, eingegangen. Das eigenständige Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen ist ein wesentliches Charakteristikum von Schülerlaboren. Die hierzu erforderlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten werden anhand eines Rahmenmodells erläutert und die jeweiligen Untersuchungsmethoden aus wissenschaftstheoretischer Perspektive beschrieben und voneinander abgegrenzt. Das Experiment nimmt nicht nur in der Wissenschaft, sondern auch im Unterricht eine Schlüsselrolle ein. Nachdem die Ziele und Funktionen dieser Methode aus didaktischer Perspektive betrachtet wurden, wird mit dem "Forschenden Lernen" die konzeptionelle Grundlage des entwickelten Schülerlabors beschrieben. Den theoretischen Teil abschließend, wird der aktuelle Stand der Forschung zusammengefasst und daraus die Zielsetzung der Studie abgeleitet.

Die Forschungsfragen und Hypothesen, die im nachfolgenden Kapitel beschrieben werden, betreffen einerseits das beobachtbare Schülerverhalten während der Kleingruppenarbeit und andererseits die Gesamtwirkung, die das entwickelte Lehr-Lernlabor im Hinblick auf kognitive und affektive Aspekte erzielen konnte.

Nachdem im vierten Kapitel der Arbeit das Konzept des Klimalabors mitsamt den eingesetzten naturwissenschaftlichen Untersuchungen und den entsprechenden Anleitungen ausführlich dargestellt wurde, folgt im empirischen Teil die Beschreibung der Interventionsstudie, die zur Beantwortung der Forschungsfragen entwickelt wurde. In diesem Kapitel wird das methodische Vorgehen und die Entwicklung der Testinstrumente thematisiert. Die kategoriebasierte Videoanalyse des Schülerverhaltens, die ein Erfassen der dynamischen Lernprozesse in der Kleingruppenarbeit ermöglichen soll, bildet dabei einen Schwerpunkt.

Das sechste Kapitel der Arbeit widmet sich der Auswertung der erhobenen Daten und der Darstellung der gewonnenen Ergebnisse. Diese werden im darauffolgenden Teil in Bezug auf die aufgestellten Forschungsfragen und Hypothesen überprüft, mit anderen Studien verglichen und hinsichtlich ihrer wissenschaftlichen und praktischen Relevanz diskutiert.

Abschließend werden die Ergebnisse zusammengefasst und es wird ein Ausblick auf künftige Forschungsperspektiven gegeben.

2 Theoretischer Rahmen

2.1 Schülerlabore als Form außerschulischen Lernens

Nach der Definition von Messmer, Niederhäusern, Rempfler & Wilhelm (2012, S.7) sind außerschulische Lernorte

> „[...] Orte ausserhalb des Schulhauses, an denen Personen jeglichen Alters im Rahmen formaler, non-formaler oder informeller Bildung[1] lernen können. Konstitutiv für diese Lernorte ist die Möglichkeit der unmittelbaren Begegnung mit einem Lerngegenstand und/oder Sachverhalt [...] “

Außerschulisches Lernen findet ihnen zu folge statt,

> "[...] wenn solche Begegnungen - bewusst oder unbewusst - in den Lernprozess integriert sind und zu einem Kompetenzerwerb beitragen [...]".

Eine Unterscheidung der Lernorte kann zunächst nach der Art der Begegnung vorgenommen werden. Diese kann in originaler (z.B. Wiese, Kraftwerk, Bauernhof) oder in dekontextualisierter und künstlicher Umgebung (z.B. Museum) stattfinden. Zum anderen kann zwischen Lernorten, die eine Vermittlungsintention verfolgen und solchen, die "pädagogisch unvorbereitet" sind, differenziert werden (Lewalter & Priemer, 2014). Aus diesem Begriffsverständnis ergibt sich eine große Bandbreite von außerschulischen Lernorten, die in den Unterricht eingebunden und besucht werden können. Guderian (2007) betrachtet speziell jene, die dem Bereich der Mathematik, Informatik, Natur- und Technikwissenschaften (MINT) zuzuordnen sind, und unterteilt sie grob in drei Kategorien:

- Ausflüge (Exkursionen, Wanderungen) in freier Natur oder zu authentischen Orten (z.B. Fabriken, Kraftwerke oder Forschungseinrichtungen).
- Museen, Science Center, Zoos, Aquarien
- Schülerlabore

[1] "Unter formaler Bildung wird das öffentliche Bildungssystem vom Kindergarten bis zur Universität verstanden. Non-formale Bildung bezieht sich auf jedes ausserhalb des formalen Curriculums geplante Programm zur Bildung von Menschen. Informelle Bildung umfasst lebenslanges Lernen unter Einfluss von Familie, Arbeitsplatz, Massenmedien, Freizeit usw."

Da im Rahmen dieser Arbeit ein Schülerlabor entwickelt und auf seine Wirksamkeit überprüft wurde, wird im Folgenden auf diese Kategorie genauer eingegangen.

2.1.1 Gemeinsame Ziele und Merkmale

In den letzten 20 Jahren ist in Deutschland eine stetige Zunahme an Schülerlaboren zu verzeichnen (Schwarzer & Itzek-Greulich, 2015). Sie werden von unterschiedlichen Institutionen (z.B. Forschungsinstitute, Science Center, Museen, Industrie- und Technologiezentren oder Universitäten) betrieben und finanziert. Dabei ist ein heterogenes Feld an Angeboten mit unterschiedlichen inhaltlichen, didaktischen und organisatorischen Konzepten und Zielen entstanden. Dies erschwert eine allgemeingültige Definition des Begriffs "Schülerlabor".

Haupt et al. (2013) versuchen den Begriff zu schärfen, indem sie allgemeine Schülerlabor-Kriterien aufstellen. Ihnen zufolge kann man nur von einem Schülerlabor sprechen, wenn *"die Schüler/innen eigenständig experimentieren und diese Arbeitsweise ein Schwerpunkt des außerschulischen MINT-Lernorts ist."* (Haupt et al., 2013, S.325). In der Regel geschieht dies losgelöst vom Schulstundentakt (Pawek, 2012). Schülerlabore unterstützen mit ihrer Arbeit die Schulen bei der gesellschaftlichen und volkswirtschaftlichen Aufgabe der Nachwuchsförderung im MINT-Bereich.

Sie verfolgen allesamt das übergeordnete Ziel, das Interesse an Natur- und Ingenieurswissenschaften zu wecken bzw. zu fördern und dabei motivationale und kognitive Effekte zu bewirken (Haupt et al., 2013).

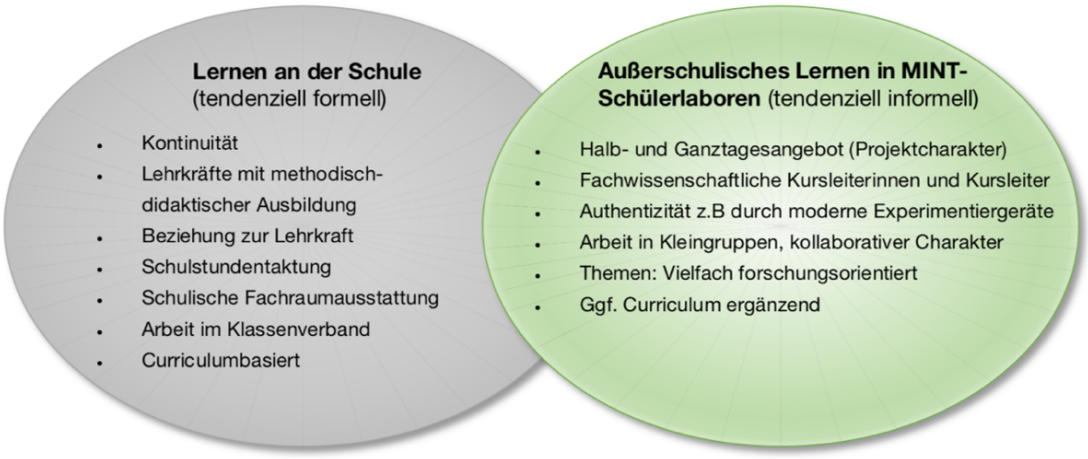


Abbildung 1: Exemplarische Merkmale von Schulunterricht und außerschulischen Lernen in MINT-Standorten (Schwarzer & Itzek-Greulich, 2015)

Die Authentizität der Arbeitsweisen und Lernerfahrungen steht dabei im Mittelpunkt (Euler, Schüttler & Hausamann, 2015).

Der Lernort muss über ein fachgerecht eingerichtetes Labor oder einen geeigneten Raum außerhalb der Schule oder zumindest außerhalb des regulären Schulbetriebs verfügen. Das Schülerlabor sollte regelmäßig und nicht nur zu einzelnen Events und Veranstaltungen betrieben werden. Ein weiteres wichtiges Kriterium ist die Betreuung durch Fachpersonal (Haupt et al., 2013).

2.1.2 Kategorien von Schülerlaboren

Nach Haupt et al. (2013) kann zwischen sechs verschiedenen Typen von Schülerlaboren unterschieden werden.

Tabelle 1: Kategorien von Schülerlaboren mit den zugehörigen Kriterien

Klassisches Schülerlabor	• Breitenförderung für die ganze Klasse • genügend Arbeitsplätze für ganze Klassen • im Rahmen schulischer Veranstaltungen • direkter Bezug zum Lehrplan
Schülerforschungszentrum	• Individual-Förderung: interessierte Kinder und Jugendliche • außerhalb schulischer Veranstaltungen • langfristiges, freies Forschen oder Experimentieren • eigenes Gebäude und Einrichtungen • kein explizierter Lehrplanbezug
Lehr-Lern-Labor	• Bestandteil der Lehrerausbildung an Hochschulen • Lehrplan-unterstützend
Schülerlabor zur Wissenschaftskommunikation	• Vermittlung der Inhalte aus Forschung und Entwicklung der Betreiberorganisationen
Schülerlabor mit Bezug zu Unternehmertum	• Vermittlung von Unternehmertum und wirtschaftlichen Zusammenhängen
Schülerlabor mit Berufsorientierung	• Schwerpunkt-Angebote zur Berufsorientierung

Das in dieser Arbeit entwickelte "Klimalabor" ist ein Lehr-Lern-Labor. Einrichtungen dieser Art werden von den fachdidaktischen Instituten an Universitäten mit Lehramtsausbildung betrieben und sind dort in die Ausbildung künftiger Lehrkräfte eingebunden (Haupt et al., 2013). Im Rahmen der empirischen Erprobung wurde zwar aus Gründen

der Objektivität auf eine Mitwirkung von Lehramtsstudierenden verzichtet, doch zukünftig könnten sie bei der Weiterentwicklung und Betreuung des Schülerlabors mitwirken. Auf diese Weise erhielten sie *"eine gute Möglichkeit, ihre Kompetenzen in einem geschützten Raum zu schulen"* (Schmidt, Di Fuccia & Ralle 2011, S.368) und die Schüler/innen könnten von einer guten Betreuungsrelation profitieren.

Wie aufgezeigt wurde, verfolgen alle Schülerlabore unter anderem das Ziel, das Interesse von Kindern und Jugendlichen an den Naturwissenschaften zu fördern. Da Persönlichkeitszustände wie Interessen aber als schwer veränderlich gelten und eine Veranstaltung im Schülerlabor in der Regel nicht länger als einen Tag dauert, liegt hier vermeintlich ein Widerspruch vor (Pawek, 2009). Um diesen aufzuklären, wird im Folgenden auf ausgewählte Aspekte der Interessenstheorie eingegangen.

2.1.3 Schülerlabore und Interesse

Nach der Person-Gegenstands-Theorie von Krapp (1992) ist Interesse auf eine wiederholte Auseinandersetzung einer Person mit einem Gegenstand zurückzuführen. Gegenstände sind gemäß dieser Theorie nicht nur materielle Objekte,

> "sondern auch Lebewesen, allgemeine Zustände, Veränderungen, Ereignisse, Zusammenhänge - kurz: Sachverhalte in der Lebenswelt eines Menschen, über die Wissen erworben und ausgetauscht werden kann." (Krapp, 1992, S.305).

Die Relation zwischen einer Person und dem Gegenstand des Interesses ist durch drei Merkmale charakterisiert. Dies sind das Erleben von positiven Gefühlen und Emotionen (emotionales Interesse), eine hohe Wertschätzung (wertbezogenes Interesse) sowie das Bedürfnis das Wissen und/oder die Fähigkeiten bezüglich des Gegenstands auszuweiten und auszudifferenzieren (epistemisches Interesse). Krapp (1992) unterscheidet zwischen zwei verschiedenen Arten von Interesse. Das individuelle Interesse ist ein stabiles, sich langsam veränderndes Merkmal und äußert sich als längerfristige und selbstbestimmte Vorliebe für einen Interessensgegenstand (z.B. Hobby). Das aktuelle oder auch als situational bezeichnete Interesse ist auf eine konkrete temporäre Handlungssituation bezogen.

Es kann von außen durch eine Anreizbedingung einer Situation (z.B. eine Lernumgebung) oder durch bestehendes individuelles Interesse beeinflusst werden.

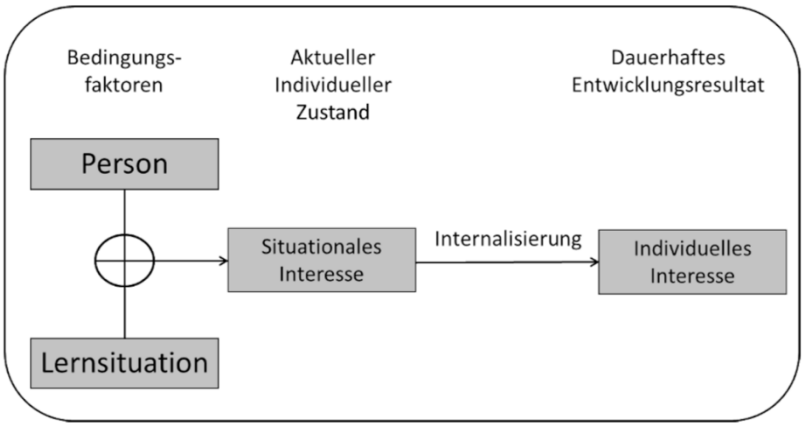


Abbildung 2: Rahmenmodell der Interessensgenese nach Krapp (1993) (aus: Gebhard, Höttecke & Rehm, 2017)

Auch wenn eine Person kein individuelles Interesse an einem Gegenstand hat, kann eine bestimmte Situation aktuelles Interesse an diesem erzeugen. Durch wiederholte oder länger andauernde Auseinandersetzung kann sich aktuelles Interesse kontinuierlich zu individuellem Interesse weiterentwickeln (Hidi & Anderson, 1992). Die Entwicklung des aktuellen Interesses erfolgt nach Krapp (2002) über zwei Komponenten (Abb. 3). Zunächst muss die Aufmerksamkeit und die Neugier auf ein bestimmtes Thema gelenkt werden ("Catch-Komponente"). Dieser Anreiz ist in schulischen und außerschulischen Lernprozessen oft noch verhältnismäßig einfach zu realisieren. Schwieriger ist es, eine lernwirksame Stabilisation ("Hold-Komponente") des aktuellen Interesses zu erreichen. Hierzu ist es wichtig, dass die Schüler den Lerngegenstand als sinnvoll und persönlich bedeutsam wahrnehmen (Mitchell, 1993). Dieser Zustand ist zwar zeitlich begrenzt, tritt aber im Vergleich zur letzten Stufe der Interessensentwicklung, dem dispositionalen Interesse, relativ oft auf. Nach Krapp (1998) sollte es bei der schulischen Interessensförderung nicht nur um langfriste Entwicklungen, sondern auch um die zeitlich begrenzten, aber dennoch lernwirksamen, aktuellen Interessen gehen.

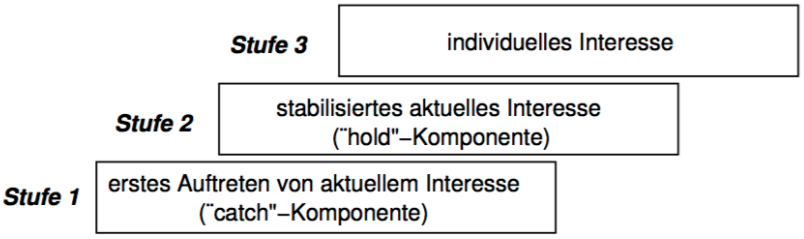


Abbildung 3: Stufen der Interessensentwicklung nach Krapp (2002) (aus: Guderian, 2007)

Diese Absicht wird auch in Schülerlaboren verfolgt. Durch das Auslösen von aktuellem Interesse kann ein einmaliger Besuch, auch ohne unmittelbare dispositionale Wirkung, einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung von naturwissenschaftlichen Interessen leisten.

2.1.4 Empirische Befunde zur Wirkung von Schülerlaborbesuchen

Schülerlabore haben sich mittlerweile als außerschulische Lernorte im MINT-Bereich bundesweit etabliert und in den letzten 15 Jahren sind eine Reihe von Untersuchungen publiziert worden, die die Wirkung von Schülerlaborbesuchen bei Mittel- und Oberstufenschülern untersuchen. Der Schwerpunkt lag dabei auf der Erforschung von Interessensentwicklung und motivationalen Effekten. Mehrere Studien (u.a Engeln, 2004; Brandt, 2005; Glowinski, 2007; Pawek, 2009) konnten belegen, dass Einmalbesuche von klassischen Schülerlaboren eine zumindest kurzfristig anhaltende motivierende Wirkung haben und bei Schülerinnen und Schülern gleichermaßen ein aktuelles Interesse wecken. Pawek (2009) identifiziert mit einer mittelfristigen Steigerung des Fähigkeitsselbstkonzepts und des Sachinteresses sogar dispositionale *"[...] Wirkungen, die man von einem einmaligen Ereignis kaum erwarten würde."* (Euler, Schüttler & Hausamann, 2015, S.766). Dies scheint aber eine Ausnahme zu sein, denn in den anderen oben genannten Studien finden sich keine Belege für eine länger anhaltende Interessenssteigerung. Glowinski (2007), Guderian (2007) und Streller (2016) liefern Hinweise darauf, dass häufigere Besuche oder die Einbindung in den Unterricht einen stabilisierenden Einfluss auf das aktuelle Interesse haben. Eine Vor- und Nachbereitung der Schülerlaborbesuche findet in der Praxis aber oft nicht statt (Engeln 2004; Guderian, 2007).

Die empirisch nachgewiesenen kurz- bis mittelfristigen motivationalen Wirkungen der Schülerlabore sind nicht zwangsläufig mit einem nachhaltigen Lernzuwachs auf kognitiver Ebene verbunden (Guderian & Priemer, 2008). Scharfenberg (2005) untersucht in seiner Dissertation die Auswirkungen von unterschiedlichen Lernbedingungen auf den Lernzuwachs im Pre-, Post-, Follow-Up-Design mit Kontrollgruppe. Die erste der drei Versuchsgruppen erhielt einen nicht experimentellen genetischen Kurs im Schülerlabor und die zweite Gruppe den identischen Kurs in der Schule. Die dritte Versuchsgruppe absolvierte einen Kurs im Schülerlabor, bei dem derselbe Inhalt auf experimentelle Art und Weise vermittelt wurde. In dieser Studie wird für alle Versuchsgruppen ein signifikanter Wissenszuwachs gemessen, der aber im Laufe der Testzeitpunkte deutlich

abnimmt. Bedeutsame Unterschiede zwischen den drei Versuchsgruppen sind nicht festzustellen. Interessant ist der Befund, dass die Lernleistung der Gruppe im Schülerlabor deutlich schwächer mit der Schulnote korreliert als dies in der schulischen Versuchsgruppe der Fall ist. Wohlmöglich spricht *"die praktische Projektarbeit in den Laboren [...] auch Problemgruppen an, die sich im Unterricht nur wenig einbringen."* (Euler, Schüttler & Hausamann, 2015, S.767). Damerau (2012) kann bei der Evaluation eines Schülerlabors aus dem Bereich der molekularen Genetik ebenfalls einen signifikanten Wissenszuwachs nach dem Besuch feststellen. Im Gegensatz zu Scharfenbergs Befunden ist dieser aber auch nach ca. zwei Monaten noch deutlich ausgeprägt und gut nachweisbar. Itzek-Greulich (2014) vergleicht in einer Interventionsstudie die Lernleistung von vier Gruppen (nur Schülerlaborbesuch, nur Schulbesuch, Schülerlabor- + Schulbesuch, Kontrollgruppe). Sie bestätigt Scharfenbergs Befunde dahingehend, dass der Lernort selbst auch in ihrer Studie keine entscheidende Auswirkung auf den Lernerfolg hatte. Im Hinblick auf den Erwerb von Fachwissen schnitt die Gruppe, die ausschließlich im Schülerlabor war, sogar signifikant schlechter ab als die anderen beiden Gruppen.

Im Hinblick auf den kognitiven Lernzuwachs sind die Ergebnisse insgesamt uneinheitlich. Die Erwartungen sollten bei einem in der Regel halbtägigen Besuch diesbezüglich sicherlich nicht zu groß sein, aber das folgende Schülerzitat nach einem Schülerlaborbesuch verdeutlich, dass der fachliche Lernzuwachs bei einer empirischen Wirksamkeitsüberprüfung eines Schülerlabors nicht außer Acht gelassen werden sollte.

> "Wir haben da alle möglichen Sachen zusammengerührt, wussten aber nicht wozu und was das genau war. Die Effekte waren toll aber inhaltlich haben wir null mitgenommen." (Barzel, Reinhoffer & Schrenk, 2012, S.112)

Die größte Anzahl an Studien wurde bisher an klassischen und industrienahen Schülerlaboren durchgeführt. Derzeit sind in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung verstärkte Aktivitäten im Aufbau und der Weiterentwicklung von Lehr-Lernlaboren an didaktischen Instituten von Universitäten zu beobachten (z.B. "Hochschulprogramm für bessere MINT-Lehrerbildung" der Deutschen Telekom Stiftung). Dieser Bereich bietet "*aufgrund der gut kontrollierbaren Lehr-Lern-Situationen, bei gleichzeitiger hoher ökologischer Validität*" (Itzek-Greulich & Schwarzer, 2017, S.514*)* gute Bedingungen, um auch allgemein-pädagogische Fragestellungen zu untersuchen. Ein Beispiel für eine solche Untersuchung ist die kategoriebasierte Videoanalyse von Scharfenberg, Bogner &

Klautke (2008). In dieser wird das Verhalten von Oberstufenschülern bei der experimentellen Kleingruppenarbeit in einem Lehr-Lernlabor beobachtet und anhand dessen folgende Schüleraktivitätstypen identifiziert: der "High-Experimenter", der "Allrounder", der "Observer" und der "Passive Student". Die beiden letztgenannten Typen verhalten sich wenig handlungsorientiert und arbeiten nur wenig experimentell. Der Observer beschäftigt sich aber im Gegensatz zum Passive Student mit dem Lerninhalt. Der High-Experimenter zeigt eine hohe Bereitschaft für "Hands-on"-Tätigkeiten. Die Handlungen des Allrounders sind in etwa gleich auf die neun Verhaltenskategorien, die in der Studie gebildet wurden, verteilt. Die Ergebnisse können genutzt werden, um Interventionen gezielter im Hinblick auf das Schülerverhalten während des Lernprozesses gestalten zu können.

Insgesamt steht die Schülerlaborforschung vor dem Problem, dass sich die Einrichtungen in der thematischen und konzeptionellen Ausgestaltung zum Teil deutlich unterscheiden. Diese Heterogenität erschwert die Formulierung von objektiven Aussagen über Effekte und Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen. Die hier geschilderten Ergebnisse liefern zwar deutliche Hinweise darauf, dass der außerschulische Lernort Schülerlabor bei den Schüler/innen zumindest kurzfristig Motivation und aktuelles Interesse initiiert, aber ob ein Lernort dies tatsächlich tut und ob in der kurzen Zeit des Besuchs auch noch fachwissenschaftliche Inhalte gelernt und behalten werden, kann nur durch Prüfung des Einzelfalls herausgefunden werden.

2.2 Naturwissenschaftliche Untersuchungen im schulischen Kontext

In den Naturwissenschaften können verschiede Arbeitsweisen und Methoden angewandt werden, um zu neuem Wissen über die Natur zu gelangen. Das Experiment gilt dabei als eine der wichtigsten Methoden.

In diesem Kapitel wird zunächst darauf eingegangen, welche verschiedene Fähigkeiten und Fertigkeiten Schüler erwerben müssen, um Experimente und andere naturwissenschaftliche Untersuchungen durchführen, verstehen und reflektieren zu können. Nachfolgend werden die Schritte und die Methoden der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung aus wissenschaftstheoretischer Perspektive beschrieben.

2.2.1 Dimensionen der Erkenntnisgewinnung

Mayer (2007) organisiert in seinem Rahmenmodell wissenschaftsmethodischer Kompetenzen die Anforderungen an die Lernenden beim Durchführen naturwissenschaftlicher in drei Dimensionen: Praktische Arbeitstechniken, naturwissenschaftliche Untersuchungen sowie Charakteristika der Naturwissenschaften. Diese Dimensionen der Erkenntnisgewinnung stehen den entsprechenden kognitionspsychologischen Konstrukten manuelle Fertigkeiten, wissenschaftliches Denken und Wissenschaftsverständnis gegenüber. Die einzelnen Dimensionen sind nicht isoliert, sondern greifen ineinander (Hof, 2011). Auf der untersten Ebene sind sensomotorische Fähigkeiten angeordnet. Durch das Durchführen von Experimenten und anderen Untersuchungen wird das manuelle Geschick der Schüler/innen im Umgang mit den notwendigen Geräten und Hilfsmitteln geschult. Zudem müssen Sicherheitsvorschriften erlernt und eingehalten werden. Diese Fähigkeiten sind eine wichtige Grundlage für die nächste Ebene.

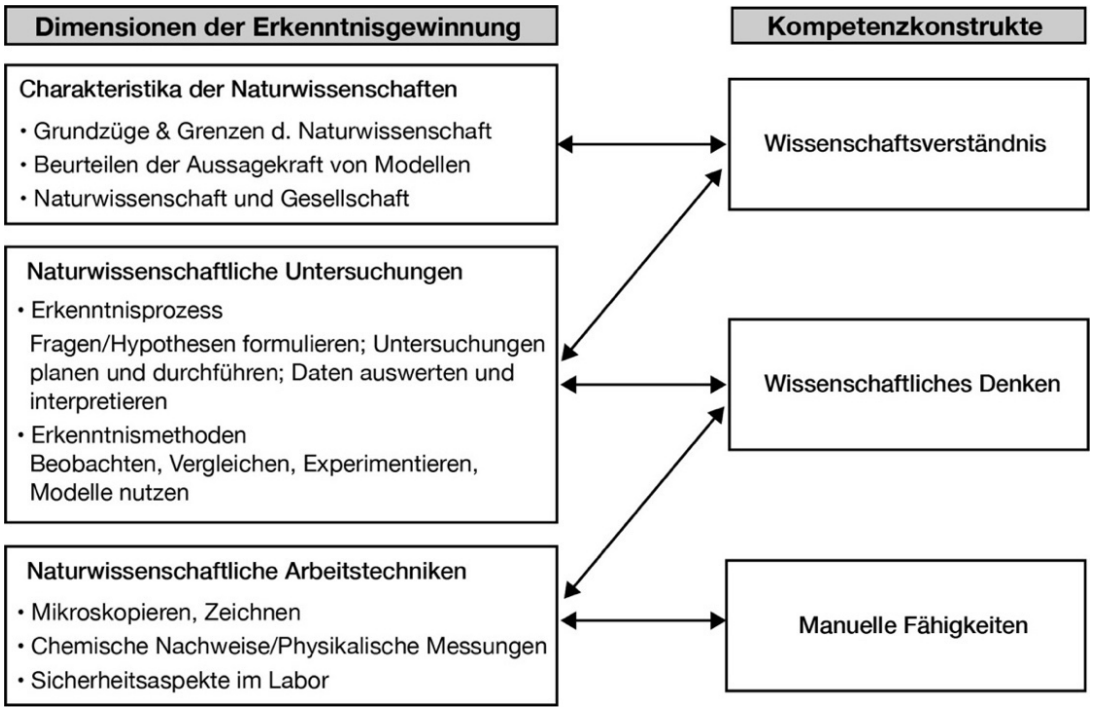


Abbildung 4: Das Rahmenmodell wissenschaftsmethodischer Kompetenzen nach Mayer (2007); (bearbeitet u. erweitert)

Auf ihr befinden sich die naturwissenschaftlichen Untersuchungen und das wissenschaftliche Denken als entsprechendes Kompetenzkonstrukt. Um die Anschlussfähigkeit zur internationalen Forschung zu betonen, ist für diesen Bereich zum Teil auch in deutsch-

sprachiger Literatur der Begriff "inquiry" bzw. "scientific inquiry" geläufig. Innerhalb dieser Dimension sollen die Lernenden erfahren *"wie naturwissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen werden und was naturwissenschaftliche Methodik und Aussage charakterisiert"* (Mayer 2007, S.176). Der Bereich beinhaltet außerdem die Fähigkeit eigene naturwissenschaftlichen Untersuchungen durchzuführen.

> "Inquiry is a multifaceted activity that involves making observations; posing questions; examining books and other sources of information to see what is already known; planning investigations; reviewing what is already known in light of experimental evidence; using tools to gather, analyze, and interpret data; proposing answers, explanations, and predictions; and communicating the results." (National Research Council, 1996, S.23)

Die letzte Ebene des Rahmenmodells bildet das Wissenschaftsverständnis. Die entsprechende Dimension beinhaltet eine Art Metawissen über die Naturwissenschaft ("nature of science"). Es bezieht sich auf die Werte und Annahmen, die für naturwissenschaftliches Wissen wesentlich sind (Flick & Lederman, 2006).

Da die Schüler/innen im "Klimalabor" selbstständig naturwissenschaftliche Untersuchungen durchführen sollen, ist für diese Arbeit insbesondere die zweite Dimension relevant. Sie beinhaltet den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess, der idealtypisch in Teilschritten beschrieben werden kann und die zur Erkenntnisgewinnung eingesetzten Untersuchungsmethoden. Beide Aspekte werden im Folgenden aus wissenschaftstheoretischer Sicht geschildert.

2.2.2 Das hypothetisch-deduktive Verfahren

Gemäß dem Wissenschaftsmodell von Popper (1935) lässt sich der Prozess der Erkenntnisgewinnung als hypothetisch-deduktive Vorgehensweise beschrieben. Die grundlegende Annahme für dieses Verfahren besteht darin, dass es in den Naturwissenschaften kein endgültig gesichertes Wissen geben kann. Wissenschaftliche Theorien sind demnach nicht verifizier-, sondern nur falsifizierbar (d.h durch einen Widerspruch widerlegbar) (Nerdel, 2017). Wenn sich Hypothesen bewähren erhöht dies zwar die Wahrscheinlichkeit, dass die hinter ihr stehende Theorie richtig ist, aber einer Gewissheit kann man sich nur nähern und sie niemals endgültig erreichen. Der Weg der Erkenntnis zeichnet sich demnach durch die konstante Überprüfung und ggf. Modifizierung von Wissen aus. In

der Literatur wird das hypothetisch-deduktive Verfahren meist als eine Abfolge von Schritten beschrieben, die einen zyklischen Prozess bilden können.

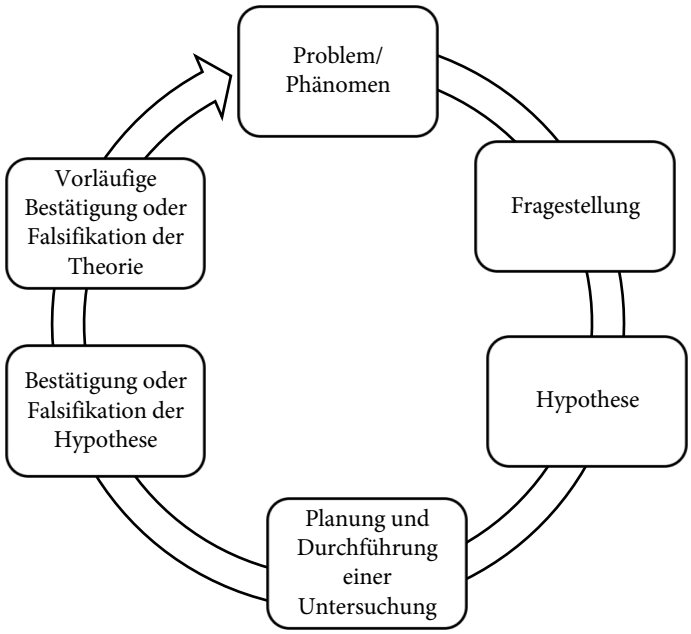


Abbildung 5: Das hypothetisch-deduktive Verfahren (aus: Arnold, 2015)

Der Ausgangspunkt ist die Auseinandersetzung mit einem naturwissenschaftlichen Problem. Es kann durch die Beobachtung eines Phänomens entstehen, sich aus der Datenlage ergeben oder aus einer Lücke im Wissensstand resultieren (Wellnitz et al., 2017). Das Problem provoziert die Formulierung einer wissenschaftlichen Fragestellung. Durch das Aufstellen von Hypothesen wird die Frage präzisiert, vorläufig beantwortet und mit Hilfe von bereits vorhandenen Theorien begründet. Die Hypothesen müssen wissenschaftlich, d.h überlegt, explizit formuliert und überprüfbar, sein (ebd.). Um sie zu überprüfen, werden anschließend empirische Operationen mit dem Ziel der Datengewinnung geplant. Dazu werden unter Berücksichtigung der Kriterien Validität, Objektivität und Reliabilität angemessene Methoden, Settings und Instrumente ausgewählt (Wellnitz & Mayer, 2012). Die gewonnenen Daten müssen aufbereitet, beschrieben und in Bezug zur Hypothese ausgewertet werden. Dabei ist die Interpretation streng von der objektiven Beschreibung der Daten zu trennen (Mayer & Ziemek, 2006). Stellt sich das erwartete Ergebnis ein, hat sich die Hypothese vorläufig bewährt. Falls dies nicht der Fall ist, wird die Hypothese verworfen oder anhand der neuen Datenlage modifiziert und das hypothetisch-deduktive Vorgehen erneut beschritten. Für von Falkenhausen (1988, S.31) ist das hypothetisch-deduktive Verfahren

> „[...]das charakteristische Verfahren der Naturwissenschaften, dem sie ihren Siegeszug während der letzten Jahrhunderte verdanken".

An anderer Stelle wird diskutiert, ob sich überhaupt klar untergliederte Schritte für die Erkenntnisgewinnung beschreiben lassen. Lederman et al. (2002) bezeichnen das schrittweise Vorgehen als „die naturwissenschaftliche Methode" und bemerken hierzu:

> „One of the most widely held misconceptions about science is the existence of the scientific method. [...] The myth of the scientific method is regularly manifested in the belief that there is a recipelike stepwise procedure that all scientist follow when they do science. [...] There is no single scientific method that would guarantee the development of infallible knowledge." (Lederman et al., 2002, S.501)

Obwohl es sich um ein vereinfachtes und idealisiertes Modell handelt und der schrittweise Ablauf in der realen Forschungspraxis selten so durchlaufen wird, ist die Unterteilung aus didaktischer Perspektive sinnvoll, da der Lernprozess der Schüler/innen auf diese Weise gegliedert und linear strukturiert werden kann (Mayer & Ziemek, 2006). Bei der Untersuchung, die innerhalb des hypothetisch-deduktive Erkenntniswegs geplant und durchgeführt wird, können verschiedene Untersuchungsmethoden zum Einsatz kommen.

> "Das Kennenlernen, Anwenden und Reflektieren dieser Erkenntnismethoden versetzt Schüler in die Lage, sich naturwissenschaftliche Erkenntnisse selbstständig zu erschließen." (Köhler 2006, S.130)

2.2.3 Methoden der Erkenntnisgewinnung

Das Beobachten, das Experimentieren und das Nutzen von Modellen sind Methoden der Erkenntnisgewinnung, die in den drei Naturwissenschaften Biologie, Physik und Chemie zentral sind. Auch wenn der konkrete Fachinhalt variiert, unterscheiden sich die Untersuchungsmethoden grundsätzlich nicht. Die Biologie besitzt mit dem kriteriengeleiteten Vergleichen eine weitere Methode, die insbesondere für den Bereich der Systematik bedeutsam ist (Wellnitz & Mayer, 2012). Da sie nicht im Klimalabor eingesetzt wurde, wird an dieser Stelle auf eine Beschreibung verzichtet.

2.2.3.1 Beobachtung

Das Beobachten ist eine menschliche Handlung, bei der etwas gerichtet oder selektiv

wahrgenommen wird. Es ist keine spontane Wahrnehmung, sondern eine gezielte Suche (Mahner & Bunge, 2000). Der Beobachter entscheidet, worauf er seine Aufmerksamkeit richtet und was überhaupt wahrgenommen wird. Dies kann sinnlich (direkt) oder apparativ, d.h unterstützt durch technische Hilfsmittel (indirekt) erfolgen (Wellnitz & Mayer, 2013).

Einige Autoren wenden den Beobachtungsbegriff nur auf dynamische Abläufe, Handlungen oder Verhaltensweisen an und bezeichnen das Erfassen von statischen Objekten als „Betrachten" (u.a Staeck, 2010; Köhler, 2006). *"Gegen diese Terminologie ist einzuwenden, dass die Wirklichkeit jeweils vom erkennenden Subjekt konstruiert wird"* (Gropengießer 2016, S. 269). Sie ist nicht von den Eigenschaften des Objekts (belebt, unbelebt) determiniert (Wellnitz, 2012). In dieser Arbeit wird auf die Differenzierung der Terminologie verzichtet und das Betrachten und Beobachten unter dem Oberbegriff Beobachten zusammengefasst.

Eine Beobachtung kann entweder eine Alltagsbeobachtung oder eine systematische Beobachtung sein. Beobachtungen im Alltag finden eher zufällig statt, sind von Spontanität und Subjektivität geleitet und folgen keinem genauen Beobachtungsplan. Sie können zwar bei der Hypothesenbildung berücksichtigt werden, aber sie sind nicht geeignet, um Erklärungs- und Begründungszusammenhänge herstellen zu können (Huber, 1999). Die systematische Beobachtung ist hingegen geplant und intersubjektiv prüfbar (Bortz & Döring, 2006). Sie ist einerseits Bestandteil verschiedener Untersuchungen (z.B. eines Experiments) und dort als *„notwendige Voraussetzung der objektiven Beschreibung von Populationen oder Daten"* (Wellnitz, 2012, S.28) in den Forschungsablauf eingebettet. Andererseits kann sie aber auch als Erkenntnismethode eingesetzt werden, mit der gezielt Daten gewonnen, explizite Fragestellungen beantwortet sowie Theorien und Hypothesen überprüft werden (Bortz & Döring, 2006). Das Ziel systematischer Beobachtungen ist es, korrelative oder funktionale Merkmalszusammenhänge statischer oder dynamischer Systemeigenschaften zu beschreiben, ohne dass zuvor aktiv Variablen manipuliert wurden (Wellnitz & Mayer, 2013). Dabei wird ein Beobachtungsplan berücksichtigt, der vorschreibt,

> „was (und bei mehreren Beobachtern auch von wem) zu beobachten ist, was für die Beobachtung unwesentlich ist, ob bzw. in welcher Weise das

> Beobachtete gedeutet werden darf, wann und wo die Beobachtung stattfindet und wie das Beobachtete zu protokollieren ist“ (Bortz & Döring, 2006, S.263)

Bei der Datenbeschreibung muss die Beobachtung stets objektiv beschrieben werden und ist strikt von der Interpretation zu trennen (Gropengießer, 2016).

2.2.3.2 Experiment

Das Wort Experiment leitet sich von dem lateinischem »experimentum« ab, welches am häufigsten mit »Versuch« oder »Probe« übersetzt wird. Bei dieser Übersetzung könnte die Vermutung entstehen, dass das Experimentieren ein Vorgang ist, bei dem der oder die Durchführende versucht, spontan und zufällig ein Phänomen hervorzurufen oder Neues herauszufinden. In den Naturwissenschaften wird unter einem Experiment allerdings kein zufälliges, sondern ein fokussiertes und planmäßiges Eingreifen verstanden, das der Verifikation oder Falsifikation oder der Überprüfung einer naturwissenschaftlichen Fragestellung dient.

Um kausale Zusammenhänge untersuchen zu können, wird beim Experimentieren - im Gegensatz zum Beobachten - der Erkenntnisgegenstand und seine Umgebung in kontrolliertem Maße verändert (Mahner & Bunge, 2000). Von Bedeutung sind dabei die Einflussgröße (unabhängige Variable), die Messgröße (abhängige Variable) und die Störgröße (Kontrollvariable) (Gniewosz, 2015). Bei einem Experiment wird die Einflussgröße verändert, um deren Auswirkung auf die zu erfassende Messgröße empirisch bestimmen zu können. Dabei ist es notwendig, alle Variablen, die nicht im Forschungsmittelpunkt stehen, aber ebenfalls einen Einfluss auf die abhängige Variable haben könnten, zu kontrollieren. Zur Erfassung von Ursache-Wirkungsbeziehungen ist demnach mindestens ein Experimental- und ein Kontrollansatz notwendig. Die Störgrößen können entweder durch Konstanthaltung der Einflussvariablen oder durch randomisiertes Zuteilen auf Experimental- und Kontrollansatz kontrolliert werden (Wellnitz & Mayer, 2016).

Durch Experimente kann überprüft werden, ob ein bestimmter Faktor überhaupt in einem kausalen Zusammenhang zu einem anderen steht (qualitativer Kausalprozess) oder die Frage, wie sich verschiedene Werte eines Faktors auf die Werte eines anderen Faktors auswirken (quantitativer Kausalprozess), beantworten werden (Wellnitz & Mayer, 2016).

Zusammenfassend lassen sich Planmäßigkeit, Wiederholbarkeit, die Beobachtung einer

Messgröße, die Isolation der Einflussgröße sowie die systematische Variation von Einflussgrößen bei gleichzeitiger Konstanthaltung aller potentiellen unabhängigen Variablen als wichtigsten Kennzeichen des Experiments festhalten (Gropengießer, 2016). Es ist eine *"zentrale Erkenntnismethode zur Erfassung von Wirkungszusammenhängen innerhalb eines Systems"* (Ganter, 2013, S.25) und gilt als wichtigste empirische Methode der modernen Wissenschaft.

2.2.3.3 Modelle

Naturwissenschaftliche Modelle lassen sich als Repräsentationen von natürlichen Objekten, Prozessen oder Phänomenen definieren (Krell, Upmeier zu Belzen & Krüger, 2016). Im naturwissenschaftlichen Unterricht hat der Einsatz von Modellen eine lange Tradition. Dort wird unter einem Modell zumeist ein Unterrichtsmedium, das zur Erkenntnisvermittlung genutzt wird, verstanden. Immer dann, wenn

> "[...]ein Original beziehungsweise Strukturen und Prozesse aufgrund ihrer Größe, ihrer Geschwindigkeit oder ethischen Erwägungen nicht unmittelbar zugänglich ist [...]" (Krell, Upmeier zu Belzen & Krüger, 2016, S.83)

nehmen Modelle eine medial vermittelnde Rolle bei dem Erwerb von Fachwissen ein. In der neueren fachdidaktischen Literatur wird über diese mediale Funktion hinaus verstärkt die methodische Bedeutung von Modellen bei der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung hervorgehoben (Upmeier zu Belzen, 2016). Dort dienen sie hauptsächlich der Klärung von noch offenen Fragen über das Original (Mahr, 2008).

Grundlage aller Modelle sind Denkmodelle. Sie entstehen aus Vorstellungen von realen oder fiktiven Phänomenen und enthalten nur diejenigen Eigenschaften, die der Modellierer für einen bestimmten Zweck als wesentlich ansieht (Upmeier zu Belzen, 2016). *"Modelle sind demzufolge keine Kopien der Realität, sondern stellen das Verständnis eines Modellierers von der Realität dar"* (Köhler & Meisert, 2013, S.143).

Das Original und das Modell können sich hinsichtlich der Dimension (Vergrößerung, Verkleinerung) und der Abstraktion (Anzahl der wesentlichen Eigenschaften) unterscheiden. Der Nutzen für die Forschungsarbeit besteht darin, dass

> "[...] an die Stelle des ursprünglichen Erkenntnisobjekts für einige Etappen des Forschungsprozesses ein mit den vorhandenen Mitteln entweder besser

> zugängliches oder leichter handhabbares Ersatzobjekt tritt bzw. das aus anderen Gründen (ökonomisch, humanen) den Platz des Originals einnimmt [...]" (Franz & Hagner, 1991, S.615)

Das entstandene Modell wird angewendet, um damit Hypothesen über das Original zu testen und neue Erkenntnisse über das Original zu erzeugen. Zur Überprüfung werden aus dem Modell spezifische Vorhersagen abgeleitet und dann mit entsprechend erhobenen Daten verglichen. Sind Vorhersage und Daten in Einklang, liegt ein Hinweis für die Gültigkeit des Modells vor. Widersprechen sich Vorhersage und erhobenen Daten, ist es notwendig, das Modell weiterzuentwickeln (Köhler & Meisert, 2013). Der beim Modellieren vollzogene Vergleich zwischen theoretischer Modellwelt und materieller Erfahrungswelt folgt demnach der hypothetisch-deduktiven Erkenntnislogik. Um Kompetenzen im Bereich naturwissenschaftlicher Theorieentwicklung zu fördern, können die Schritte der Modellarbeit (Modelle entwickeln, aus Modellen Vorhersagen ableiten, Modelle überprüfen und Modelle weiterentwickeln) im Unterricht als Lernprozesse angeboten werden (ebd.). Auf diese Weise sollen die Schüler/innen Modelle nicht nur als Medium zur Wissensvermittlung kennenlernen, sondern die Arbeit mit ihnen als Mittel zum Bearbeiten von sonst nicht verfügbaren Phänomenen oder Prozessen verstehen lernen. Wann im Unterricht ein Original und wann ein Modell eingesetzt wird, muss im Einzelfall abgewogen werden.

> "Modellversuche werden durchgeführt, wenn das Original nicht verfügbar oder für bestimmte Untersuchungen ungeeignet ist, z.B. wenn Variablen nur in einem Modellexperiment, nicht aber in einem Experiment mit dem Original isoliert werden können." (Upmeier zu Belzen, 2016, S. 334)

2.2.4 Das Experiment im Unterricht

Das Erlernen und Anwenden des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses und der Untersuchungsmethoden ist in allen naturwissenschaftlichen Fächern von zentraler Bedeutung. Dies spiegelt sich auch in den nationalen Bildungsstandards der Fächer Biologie, Chemie und Physik wider. Dort ist die Erkenntnisgewinnung als einer von vier zentralen Kompetenzbereichen formuliert. Die Gegenüberstellung der Standards in der Kategorie "Untersuchen" aus jenem Bereich (Tab. 2) verdeutlicht, dass die experimentelle Methode in allen drei Fächern eine Schlüsselrolle einnimmt.

Tabelle 2: Bildungsstandards der naturwissenschaftlichen Fächer für das "Untersuchen" im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung

Standards Physik (KMK, 2005c, S.11)	**Standards Chemie (KMK, 2005b, S.12)**	**Standards Biologie (KMK, 2005a, S.14)**
E9 Werten gewonnene Daten aus, ggf. auch durch einfache Mathematisierungen,	E1 erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mit Hilfe chemischer Kenntnisse und Untersuchungen, insbesondere durch chemische Experimente, zu beantworten sind,	E5 führen Untersuchungen mit geeigneten qualifizierenden oder quantifizierenden Verfahren durch
E8 Planen einfache Experimente, führen sie durch und dokumentieren die Ergebnisse,	E2 Planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Vermutungen und Hypothesen	E6 Planen einfache Experimente, führen die Experimente durch und/oder werten sie aus,
E7 Führen einfache Experimente nach Anleitung durch und werten sie aus,	E3 Führen qualitative und einfache quantitative experimentelle und andere Untersuchungen durch und protokollieren diese,	E7 Wenden Schritte aus dem experimentellen Weg der Erkenntnisgewinnung zur Erklärung an,
E6 Stellen an einfachen Beispielen Hypothesen auf,	E4 Beachten beim Experimentieren Sicherheits- und Umweltaspekte	
	E5 Erheben bei Untersuchungen, insbesondere in chemischen Experimenten, relevante Daten oder recherchieren sie,	
	E6 Finden in erhobenen oder recherchierten Daten, Trends, Strukturen und Beziehungen, erklären diese und ziehen geeignete Schlussfolgerungen,	

Das Experimentieren im Unterricht unterscheidet sich vom Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Forschung. Im Gegensatz zur Wissenschaft steht

> " [...]im Unterricht die Erkenntnis a priori fest – zumindest für die Lehrperson, nicht aber unbedingt für die Lernenden.“ (Barzel, Reinhoffer & Schrenk, 2012, S.110)

In einem Lehr-Lernzusammenhang ist das Experiment dementsprechend immer didaktisch rekonstruiert. Einige Autoren schlagen aus diesem Grund vor, im Unterrichtskontext zwischen den Begriffen Experiment (in der Forschung) und Versuch (Unterricht) zu differenzieren. Diese Unterscheidung hat sich jedoch im deutschen Sprachraum nicht konsequent durchgesetzt (Höttecke, 2013). Nach Rincke (2016) können Experimente in der Wissenschaft und im Unterricht folgende Funktionen erfüllen:

- Hypothesen testen,
- Hypothesen generieren,
- den Umgang mit Material schulen,
- Phänomene oder Begriffe kontrastieren,
- Zusammenhänge zu Anwendungen herstellen,
- durch Analogien Vorstellungen veranschaulichen.

In ihrer Bedeutung für die Wissenschaft bzw. für Lernprozesse im Unterricht unterscheiden sich diese Funktionen:

> "Es gibt Funktionszuweisungen von Experimenten, die man dem Ziel der Erkenntnisgewinnung in der Wissenschaft ebenso zuordnen kann wie dem Ziel des Lernens in der Schule (Beispiel: Hypothesentest). Es gibt andere Funktionen, die in der Wissenschaft kaum verfolgt werden, die aber für das Lernen zentral sind (Beispiel: Kontrastieren)" (Rincke 2016, S.3)

An Begründungen für den Einsatz von Schülerexperimenten mangelt es in der Literatur nicht. Eine Befragung von Lehrkräften zu den Zieldimensionen von Experimenten ermittelte die "Verbindung von Theorie und Praxis", das "Erlernen experimenteller Fähigkeiten" und das "Kennenlernen der Methoden naturwissenschaftlichen Denkens" als die drei wichtigsten Aspekte (Welzel et al., 1998). Dies entspricht den fachlichen Zielen, die auch in der theoretischen Literatur genannt werden (Barzel, Reinhoffer & Schrenk, 2012; Mayer & Ziemek, 2006). Darüber hinaus wird der Einsatz von Experimenten mit einer Reihe

positiver allgemein-pädagogischer und psychologischer Effekte begründet. Nach Barzel, Reinhoffer & Schrenk (2012) sind die Fähigkeiten und Fertigkeiten, die diesbezüglich gefördert werden sollen:

- Kausales und logisches Denken
- Kommunikative Kompetenzen, soziale Verantwortungsübernahme und Teamarbeit
- Gründlicher und genauer Blick auf Details
- Gezielte Reflexion von Handlungen und Beobachtungen
- Lernmotivation und Interessensentwicklung

2.2.5 Empirische Befunde zu den Schwierigkeiten beim Experimentieren

Zum Experimentieren gibt es aus der Unterrichtsforschung eine Reihe an Befunden. Seit dem unterdurchschnittlichen Abschneiden deutscher Schüler/innen in internationalen Vergleichsstudien wie TIMMS oder PISA haben sich die Forschungsaktivitäten in diesem Bereich zusätzlich verstärkt. Durch PISA 2006 konnte herausgefunden werden, dass Experimente zwar ein wesentlicher Bestandteil des naturwissenschaftlichen Unterrichts sind, dort aber meist in Form von Demonstrationsexperimenten durch den Lehrer stattfinden. Aktivitäten des eigenständigen, forschenden Lernens sind dagegen eher selten zu beobachten (Prenzel, 2008). Auch die neue Studie PISA 2015 kommt zu ähnlichen Ergebnissen:

> "Der naturwissenschaftliche Unterricht in Deutschland hat sich [...] in Bezug auf die meisten forschend-entdeckenden Unterrichtsaktivitäten kaum verändert." (Schiepe-Tiska et al., 2016, S.155)

Müller & Duit (2004) ermittelten durch eine Befragung, dass Lehrer den Schülerexperimenten zwar einen hohen Stellenwert beimessen, viele von ihnen aber trotzdem keine oder nur wenig davon im Unterricht durchführen. Als Gründe hierfür werden in erster Linie Zeitknappheit und mangelnde Ausstattung genannt. Dieser Befund verdeutlicht die Möglichkeiten, die sich aus der Vernetzung des naturwissenschaftlichen Schulunterrichts mit außerschulischen Lehr- und Lernarrangements ergeben.

Wenn Experimente oder andere Untersuchungen im Unterricht eingesetzt werden, konnten Beobachtungen zeigen, dass manuelle Nebentätigkeiten viel Zeit in Anspruch

nehmen und die geistige Auseinandersetzung und demzufolge der Lernerfolg häufig ausbleiben (Parchmann & Prenzel, 2003). Schüler/innen arbeiten oftmals von der Lehrperson vorgegebene Anleitungen ab *"ohne über Sinn und Zweck der Aktivitäten nachzudenken"* (Kizil, 2014, S.307). Sie wissen zum Teil gar nicht was und warum sie etwas tun und greifen demzufolge auch nicht auf höhere kognitive Strategien zurück (Hart, Milhall, Berry, Loughran & Gunstone 2000). Dieses Verhalten fasst Hodson (1993, S.101) treffend als *"very busy getting nowhere"* zusammen. Carey, Evans, Honda, Jay & Unger (1989) untersuchten Vorstellungen von Siebtklässlern zum Experimentieren und konnten zeigen, dass die Lernenden das Experiment oft nicht als zielgerichtete Methode zur Beantwortung von Fragen auffassen. Sie sehen es eher als wahlloses Ausprobieren, bei dem zufällig etwas Neues herausgefunden wird. Schauble, Klopfer & Raghavan (1991) ermittelten außerdem, dass Schüler/innen das Experiment als Mittel zum Produzieren spektakulärer Effekte und nicht als Methode zur Prüfung von kausalen Zusammenhängen verstehen.

Als Ursachen für das Experimentieren ohne nachzudenken und die fehlerhaften Schülervorstellungen werden die Verwendung von "Schritt-für-Schritt-Anleitungen" ("Cookbook-exercices") oder instruktionale Ansätze, bei denen Vermittlung durch die Lehrkraft erfolgt, genannt und kritisiert (Lunetta, Hofstein & Clough, 2007). Dies gilt nicht nur für den schulischen Bereich, denn auch bei Schülerlaboren "findet sich das gesamte Spektrum von Möglichkeiten, das von eng geführter kochbuchartiger Labortätigkeit bis hin zum relativ freien Arbeiten reicht" (Euler, Schüttler & Hausamann, 2011, S.35)

Neben den bisher geschilderten allgemeinen und konzeptionellen Problemfeldern, können auch bei der experimentellen Tätigkeit selbst zu allen Phasen der Durchführung[2] typische Schwierigkeiten und Probleme ermittelt werden (Baur, 2016). Einigen Schülern und Schülerinnen gelingt es nicht, die Auswertung auf die Hypothese zu beziehen. Wenn sie dies doch tun, erfolgt die Interpretation oft nur im Hinblick auf die zu bestätigende Hypothese und abweichende Ergebnisse werden nicht identifiziert (De Jong & Van Joolingen, 1998). Den Lernenden fällt es zum Teil schwer, die Deutung und Interpretation von den Ergebnissen zu trennen. Hinzu können noch Probleme beim Erstellen von Gra-

[2] Da in dieser Arbeit Materialien entstanden sind, die die Schüler/innen vor allem in der Auswertungsphase unterstützen sollen, werden an dieser Stelle nur die Probleme in dieser Phase geschildert. Eine Übersicht der Schwierigkeiten zu allen Phasen findet sich z.B. bei Baur (2016)

phen und Diagrammen kommen, die zur Datenauswertung und Interpretation der Messwerte benötigt werden (Nerdel, 2017). Insgesamt können die Schwierigkeiten dazu führen, dass unlogische Schlussfolgerungen gezogen werden. Hogström, Ottander & Benckert (2010) konnten durch eine Videoanalyse der Lehrer-Schüler-Interaktionen beim Experimentieren in einer 8. Klasse herausfinden, dass insbesondere für die Fähigkeit, Beobachtungen auszuwerten und zu interpretieren, Unterstützung (durch die Lehrkraft) notwendig ist.

Es gibt verschiedene Personenmerkmale, die sich zur erfolgreichen Bearbeitung von Experimentieraufgaben als relevant erwiesen haben und das Auftreten der beschriebenen Probleme unwahrscheinlicher machen. Neben dem allgemeinen Faktor der Intelligenz betrifft dies im kognitiven Bereich insbesondere das fachliche Vorwissen (Alao & Guthrie, 1999) und das Verständnis der Variablen-Kontroll-Strategie (Schwichow et al., 2016). Auch psychomotorischen Fähigkeiten sowie spezifische Fähigkeiten wie das räumliche Vorstellungsvermögen oder die Lesekompetenz sind bedeutsam (Ayala et al., 2002; Nehring et al., 2015). Man geht davon aus, dass motivationale Faktoren wie das z.B. Interesse am Fachinhalt die Leistung beim Durchführen naturwissenschaftlicher Untersuchungen ebenfalls beeinflusst (Nehring et al., 2015).

Experimente und andere naturwissenschaftliche Erkenntnismethoden können auf unterschiedliche Weise in schulische und außerschulische Lernprozesse eingebunden werden. Eine schülerzentrierte und forschungsorientierte Möglichkeit stellt das Konzept des forschenden Lernens dar. Es ist derzeit eines der zentral geforderten und geförderten Unterrichtskonzeptionen im naturwissenschaftlichen Unterricht und ihm wird das Potential zugeschrieben, Fachwissen, manuelle Fertigkeiten und wissenschaftsmethodische Kompetenzen gleichermaßen zu fördern (Hof, 2011; Léna, 2009).

2.3 Forschendes Lernen

Die Wurzeln des forschenden Lernens reichen zum Beginn des 20. Jahrhunderts zurück, als Piaget oder Dewey selbstständiges Entdecken und Forschen forderten, um Wissen und Erkenntnis durch aktive Prozesse miteinander zu verknüpfen (Wellnitz & Mayer, 2016).

Das Konzept des forschenden Lernens kann als Weiterentwicklung des forschend-entwickelnden Unterrichts nach Schmidkunz & Lindemann (1995) verstanden werden. Die Grundidee dieses Unterrichts ist, dass der Lernprozess parallel zu den Phasen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses gestaltet wird. Zudem wird davon ausgegangen, dass Inhalte durch selbstständiges Erkunden effektiver gelernt werden (Nerdel, 2017).

Das Konzept des forschenden Lernens teilt diese Annahmen, betont aber stärker, dass sich die Schüler/innen nicht nur Inhalte, sondern auch Erkenntnismethoden aneignen (Mayer & Ziemek, 2006). Es ist hierbei zentral *„die spezifische Art und Weise des Vorgehens naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung implizit über die selbststätige Durchführung zu vermitteln“* (Wellnitz & Mayer, 2016, S.75). Über diese Grundausrichtung herrscht in der Fachliteratur Konsens. Dennoch bleibt die genaue Bedeutung des Begriffs oft unklar und eine einheitliche Definition fehlt.

Aus diesem Grund wird an dieser Stelle auf die wichtigsten Elemente des forschenden Lernens eingegangen. Zunächst wird die Phasierung beschrieben, die Martius, Delvenne & Schlüter (2016) in einer Literaturanalyse zum forschenden Lernen als zentrales Merkmal identifizieren. Anschließend werden die Elemente nach Mayer & Ziemek (2006) (Abb. 6) erläutert. Das kooperative Lernen und das eigenständige, offene Lernen sind für diese Arbeit von besonderer Bedeutung und werden daher ausführlicher beschrieben.

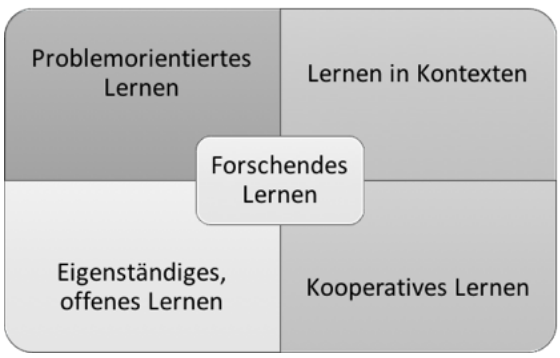


Abbildung 6: Elemente forschenden Lernens nach Mayer & Ziemek (2006)

2.3.1 Phasierung

Die Phasen der Erkenntnisgewinnung, die sich aus dem hypothetisch-deduktiven Vorgehen ableiten, sind für das forschende Lernen grundlegend. Bezüglich der Phasenanzahl und -benennung finden sich in der Literatur unterschiedliche Schwerpunktsetzungen. Martius, Delvenne & Schlüter (2016) haben diese analysiert und daraus ein Gesamtschema erstellt (Abb.7).

a) Problemfindung / Findung der Forschungsfrage

1. Anlass: Beobachten, Wahrnehmen, Bemerken eines unerwarteten Phänomens eines problemhaltigen Sachverhalts
2. Problembenennung / Benennung der Forschungsfrage: ein Problem als solches bewusst erkennen und benennen, Formulierung der Forschungsfrage

b) Problemlösung / Beantwortung der Forschungsfrage

3. Hypothesenbildung zur Problemlösung/Beantwortung der Fragestellung, Formulierung von Vorhersagen zu den Ergebnissen. Dies kann auf Basis von bestehendem Vorwissen oder bereits gewonnenen Daten oder Erkenntnissen erfolgen.
4. Planung eines konkreten Lösungsvorschlags (Experiment oder Beobachtung), der zuvor ggf. aus verschiedenen potentiellen Lösungswegen ausgewählt wurde.
5. Durchführung & Dokumentation des Lösungsvorschlags (meist: Durchführung eines Experiments oder einer Beobachtung) → Ergebnisgewinnung und -aufzeichnung
6. Auswertung: Vergleich, ob die Ergebnisse die Hypothese(n) unterstützen → Bestätigung oder Falsifikation der Hypothese(n), Schlussfolgerung, Diskussion der Ergebnisse

c) Präsentation und Transfer

7. Veröffentlichung & Vermittlung der Ergebnisse

Abbildung 7: Phasen des forschenden Lernens nach Martius, Delvenne & Schlüter (2016)

Die gemeinsamen Kernelemente sind demnach die Benennung des Problems bzw. der Forschungsfrage, die Planung, Durchführung und Dokumentation sowie die Auswertung. Die Präsentation und der Transfer der Ergebnisse sowie die Ausgestaltung eines Forschungsanlasses werden nur in einigen Ansätzen berücksichtigt und auch die für den Forschungsprozess so wichtige Hypothesenbildung findet sich nicht in allen Publikationen zum forschenden Lernen wieder. Dies lässt sich damit begründen, dass für eine ela-

borierte Hypothesenbildung Vorwissen notwendig ist. Schüler/innen sind jedoch oft Novizen auf dem zu erforschenden Gebiet und es fällt ihnen dadurch schwer, Ergebnisse vorauszusagen und eine plausible Begründung dafür zu liefern (Martius, Delvenne & Schlüter, 2016).

Trotz der genannten Unterschiede lässt sich festhalten, dass forschendes Lernen einer idealtypischen Schrittfolge folgt. Dieser „Leitfaden durch den Erkenntnisweg" bewahrt die Schüler/innen vor Überforderung, der sie ohne methodisches Vorwissen sonst ausgesetzt wären (Ropohl & Emden, 2017)

2.3.2 Problemorientierung

Fragen und Probleme bilden stets den Ausgangspunkt für die oben genannten Schritte der Erkenntnisgewinnung. Das weitere Vorgehen lässt sich als Problemlöseprozess beschrieben (Mayer, 2007). Das *„zielorientertes Denken und Handeln in Situationen, für deren Bewältigung keine routinierten Vorgehensweisen verfügbar sind"* (Klieme, 2005, S.13) ist demzufolge ein wichtiger Teilaspekt des forschenden Lernens. Dazu bedarf es eines Anlasses, der von Schülern als ein Problem wahrgenommen wird. Wenn sie dann selbstständig nach der Lösung für das Problem suchen, können sie über das bisher Bekannte hinaus zu neuem erweiterten Wissen gelangen. Durch das Auffinden von Lösungsideen wird erfahrbar, *„[...] wie man in offenen, problemhaltigen Situationen mit seinem vorhandenen Wissen, mit seinen vorliegenden Fähigkeiten umgehen kann [...]"* (Terhart, 2000, S.149).

2.3.3 Kontextorientierung

Das Forschende Lernen ist ein Konzept, das sich am Alltag und der Lebenswelt der Schüler/innen orientiert. Um die Inhalte für Schüler/innen attraktiv zu machen, sollten sie in realitätsnahe und anwendungsbezogene Kontexte aus dem Alltag, Wissenschaft und Technik eingebunden sein (Mayer & Ziemek, 2006). Im Gegensatz zur Forschung in der Wissenschaft müssen die Ergebnisse beim forschenden Lernen in der Schule nicht neuartig, sondern nur subjektiv neuartig im Erleben der Schüler/innen sein. *„Die Erforschung von objektiv neuen naturwissenschaftlichen Erkenntnissen ist nicht Weg und Ziel von forschendem Unterricht"* (Aepkers, 2002, S. 86). Neben dem Realitätsbezug soll auch die

Sinnhaftigkeit bzw. die gesellschaftliche Relevanz durch entsprechende Kontexte aufgezeigt werden (Messmer et al., 2009). Ein Kontext ist ein

> „übergeordneter Themenbereich von gesellschaftlicher und/oder persönlicher Relevanz, der geeignet ist, der geplanten Unterrichtseinheit eine didaktische Struktur zu verleihen." (Demuth et al., 2008, S. 1)

Bennet, Lubben & Hogarth (2007) ordnen die im naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzten Kontexte folgenden Bereichen zu:

- Industrie
- Wissenschaftliche Forschung und Innovation
- Technologische Entwicklungen
- Aktuelle Interessen der Lernenden
- Zukünftiges Leben der Lernenden
- Mögliche zukünftige Karrierewege

Die Idee des Kontextes bzw. eine Kontextorientierung des Unterrichts ist kein Alleinstellungsmerkmal Forschenden Lernens und blickt schon auf eine längere Geschichte zurück.

> "Twenty five years ago context-based (or contextualised) courses for mainstream secondary school science were seen as radical innovations. Today the idea of setting science teaching and learning (and assessment) in specific contexts has almost become part of the orthodoxy [...]. The significance of context for learning in general, and not just in science, is widely accepted." (Millar, 2005, S. 323)

Der Einsatz von alltagsnahen Kontexten ist mit der Erwartung verbunden, dass die Motivation und das aktuelle Interesse der Lernenden gefördert werden. Zudem soll sich die Kontextorientierung positiv auf den Transfer und die Anwendung des Gelernten auf außerschulische Lebenssituationen auswirken (Mayer & Ziemek, 2006).

2.3.4 Kooperatives und kollaboratives Lernen

Kooperationen spielen in der Wissenschaft eine herausragende Rolle und fördern neues Wissen und Innovationen. Die elementare Bedeutung wird im Konzept forschenden Lernens durch eine Fokussierung auf Methoden des gemeinsamen Lernens aufgegriffen.

> „Das Forschende Lernen folgt der kooperativen Vorgehensweise im wissenschaftlichen Forschungsprozess, indem es kein Konzept für Einzelkämpfende, sondern für kreative Gruppen ist." (Bruckermann, Arnold, Kremer & Schlüter, 2017, S. 20)

Als kooperatives Lernen wird eine Unterrichtsmethode bezeichnet, die in der Regel an die Sozialform Gruppenarbeit gebunden ist. Dies ist nicht zwingend der Fall, denn auch die Partnerarbeit bietet Möglichkeiten des kooperativen Arbeitens, doch in der Praxis werden Experimente und andere naturwissenschaftliche Untersuchungen im Unterricht meist in Kleingruppenarbeit durchgeführt (Walpuski, 2006). Kooperatives Lernen zeichnet sich grundsätzlich dadurch aus, dass Schüler/innen zusammenarbeiten, um sich beim Lernen des Stoffes gegenseitig zu helfen und ein gemeinsames Lernziel zu erreichen (Slavin, 1983; Johnson & Johnson, 1994). Die Arbeit findet eigenverantwortlich, selbstständig ohne direkte Supervision durch die Lehrkraft statt (Rumann, 2004). Ein wichtiges Merkmal der Methode ist die *positive Interdependenz*. Sie bewirkt, dass die einzelnen Mitglieder der Gruppe nur dann erfolgreich sein können, wenn die Gruppe als Ganzes erfolgreich ist. Dies kann durch die Zuweisung bestimmter Aufgaben oder Materialien an Einzelne oder durch gruppenbildende Aktivitäten, die eine Teamidentität fördern sollen, unterstützt werden (Slavin, 1995). Darüber hinaus zeichnet sich kooperatives Lernen durch *individuelle Verantwortlichkeit* aus. Jedes Gruppenmitglied muss einen wichtigen Teil zur Gruppenarbeit übernehmen und die individuelle Leistung sollte dabei klar ersichtlich sein (Slavin, 1995). Johnson und Johnson (1994) nennen als weitere Merkmale die *unterstützende Interaktion*, die sich durch den Austausch der Gedanken und Lösungen der Gruppenmitglieder ergibt; die Förderung von *sozialen Kompetenzen* sowie die *Reflexion des Gruppenprozesses*, die durch die gegenseitige Beobachtung des Arbeits- und Interaktionsverhaltens innerhalb der Gruppe entsteht. Im Hinblick auf die Aufgabenverteilung innerhalb der Gruppe kann das kooperative vom kollaborativen Lernen abgegrenzt werden. Beim kooperativen Lernen werden die Arbeitsaufgaben aufgeteilt, individuell bearbeitet und zum Schluss zusammengefügt. Kollaborativ Lernende arbeiten zu jedem Zeitpunkt gemeinsam in einer Gruppe zusammen an den Teilaufgaben (Hinze, 2004). Kooperatives Lernen unterscheidet sich vom kollaborativen Lernen dadurch, dass es in höherem Maße strukturiert ist. Mit beiden Gruppenarbeitsformen ist die Erwartung verbunden, dass ein gemeinsames Produkt, verglichen mit einer individuellen Aktivität, eine höhere Qualität erreicht (Konrad, 2014). Die Unterschiedlichkeit der Lernenden wird

beim kooperativen- und kollaborierenden Lernen als Ressource begriffen, die für das Erreichen gemeinsamer Lernerfolge genutzt wird (Völlinger, 2017). Die Kommunikation innerhalb der Gruppe hat für das Teilen und Konstruieren von Wissen eine wichtige Funktion (Senger, 2009).

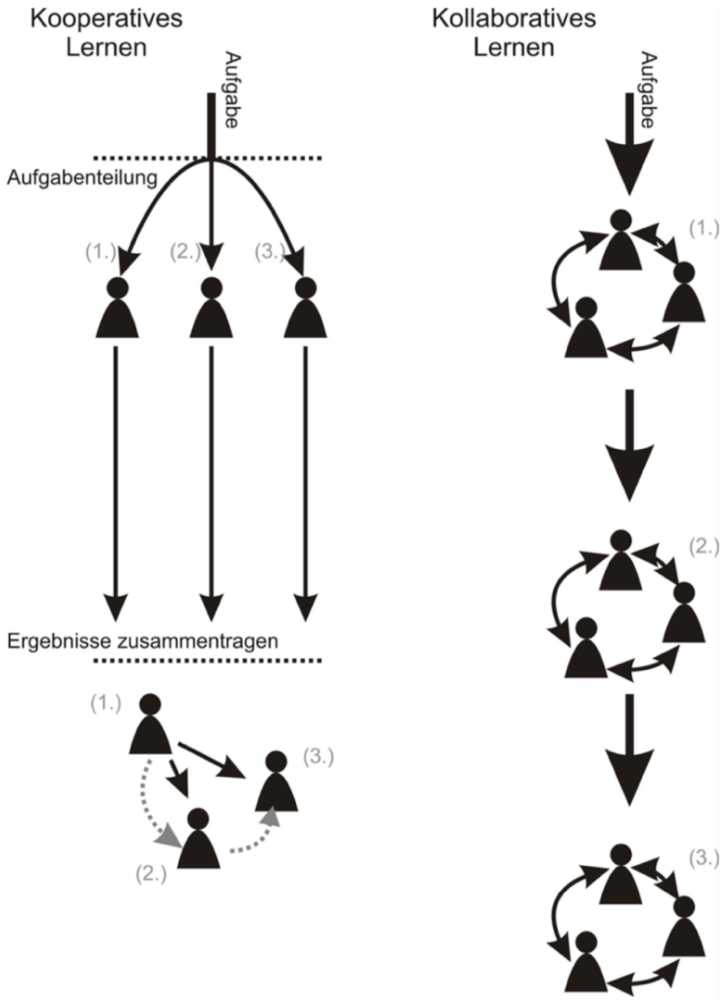


Abbildung 8: Schematische Darstellung von kooperativem und kollaborativem Lernen nach Senger (2009)

Bei beiden Formen des Lernens können aber auch negative gruppendynamische Effekte auftreten, die einen Kompetenzgewinn möglicherweise überlagern.

Mayer & Ziemek (2006) nennen als mögliche negative Auswirkungen:

- Free-Rider-Effekt: Schwächere Schüler/innen ziehen sich bei der Bearbeitung der Aufgabe zurück und überlassen die Lernarbeit den leistungsstärkeren Schülern.
- Sucker Effekt: Leistungsstärkere Schüler fühlen sich ausgebeutet und reduzieren ihre Anstrengungen zum Erreichen des Lernziels.
- Statusabhängiger Effekt: Die Interaktion von statusniedrigen Gruppenmitglieder

wird reduziert. Kunter & Trautwein (2013, S. 123) nennen dazu folgendes Beispiel: *„Der Stefan mit seiner Eins in Mathe wird es schon am besten wissen."*

- Ganging Up Effekt: Die Gruppe einigt sich auf Lösungen, die mit der geringsten Anstrengung verbunden ist.

Nach Kunter & Trautwein (2013) kann noch ergänzt werden:

- Soziales Faulenzen: Die eigene Anstrengungsbereitschaft wird verringert und die Verantwortung für das Erreichen des Lernziels der Gruppe übertragen.
- Koordinationsschwierigkeiten

2.3.5 Offenes eigenständiges Lernen

Beim Forschenden Lernen ist der Lernprozess durch Eigenständigkeit und hohe Aktivität seitens der Schüler gekennzeichnet. Dies impliziert, dass die Lehrkraft nicht mehr ausschließlich die Rolle des Wissensvermittlers einnimmt, sondern vielmehr als Berater, Begleiter und Moderator fungiert (Mayer & Ziemek, 2006). Den Lernenden werden gleichzeitig mehr Mitbestimmungsmöglichkeiten über den Lernprozess und Freiräume für individuelle Vorgehensweisen und Interessen eingeräumt. Ein derart gestalteter Unterricht kann als "offen" bezeichnet werden. Mit dem Terminus "offener Unterricht" wird allgemein ein Unterricht beschrieben,

> "dessen Unterrichtsinhalt, -durchführung und –verlauf nicht primär vom Lehrer, sondern von den Interessen, Wünschen und Fähigkeiten der Schüler bestimmt wird, (...) " (Neuhaus-Siemon, 1989, S. 406-407).

Die Offenheit kann im Unterricht anhand unterschiedlicher Aspekte (wie z.B. Inhalt, Sozialform, Lerntechnik oder Zeiteinteilung) umgesetzt werden (Bauer, 2004). Beim forschenden Lernen wird die Begrifflichkeit im Zusammenhang mit der Art der Instruktion beim Durchführen von Experimenten und anderen Untersuchungen diskutiert. In der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung ist die konstruktivistische Position,

> "[...] dass Kinder selbsterworbene Wissensbestände viel eher anwenden und ausbauen können als über Instruktionen erworbenes Wissen" (Rieß & Robin 2012, S. 143)

weit verbreitet. Nach Banchi & Bell (2008) kann beim forschenden Lernen zwischen vier Öffnungsgraden unterschieden werden, die im Ausmaß der Selbstständigkeit der Schüler bzw. der Instruktion durch die Lehrkraft variieren.

Tabelle 3: Öffnungsgrade für naturwissenschaftliche Untersuchungen beim forschenden Lernen

Bestätigungs-untersuchung	Lernende erhalten eine Fragestellung und eine zugehörige Erhebungsmethode, um einen (zuvor gelernten) Sachverhalt zu bestätigen oder abzuweisen.
Vorstrukturierte Untersuchung	Lernende analysieren selbst Daten, die sie mit einer vorgegebenen Methode gesammelt haben. Anschließend formulieren die Lernenden selbstständig eine Antwort auf die von der Lehrkraft formulierten Ausgangsfrage.
Geleitete Untersuchung	Lernende planen eigene Methoden zur Datenerhebung, führen diese durch und formulieren selbstständig Schlussfolgerungen mit Bezug zu einer von der Lehrkraft gestellten Ausgangsfrage.
Offene Untersuchung	Lernende formulieren ihre eigene Forschungsfrage, planen und realisieren eine eigene Erhebungsmethode, sammeln selbst Daten und kommunizieren selbstständig ihre Befunde und Ergebnisse.

Einige Autoren verstehen unter forschendem Lernen nur die Durchführung von offenen Untersuchungen, bei denen die Schüler/innen selbstständig und mit minimaler Steuerung durch die Lehrkraft eigene naturwissenschaftliche Untersuchungen planen, durchführen und auswerten. Ihnen zufolge muss das Vorgehen ergebnisoffen sein und die Schüler/innen müssen selbst über die Ausgestaltung der Untersuchung entscheiden können (Arnold, Kremer & Mayer, 2017). Nach dieser Auffassung wären bestätigende Untersuchungen nicht dem forschenden Lernen zuzuordnen. Diese Arbeit folgt einer weiter gefassten Definition und akzeptiert alle oben genannten Öffnungsgrade als Möglichkeit forschenden Lernens, sofern die anderen Merkmale (Phasierung, Kontext- und Problemorientierung sowie kooperatives Lernen) gegeben sind. Die Wahl des Offenheitsgrades bei der Gestaltung der Lernumgebung sollte stets im Zusammenhang mit den Vermittlungszielen gesehen werden:

> "The form that inquiry takes depends largely on the educational goals for students, and because these goals are diverse, highly structured and more open-ended inquiries both have their place in science classrooms" (Olson & Loucks-Horsley 2000, S. 10-11).

Untersuchungen mit geringen Öffnungsgraden sind geeignet, um naturwissenschaftliche Inhalte zu vermitteln, manuelle Fertigkeiten zu schulen und um das Wesen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zu verstehen (Zion & Mendelovici, 2012). Offene Untersuchungen werden empfohlen, um naturwissenschaftsmethodische Handlungen und Vorgehensweisen zu erlernen (Meier & Mayer, 2014).

> " [...] educators who prefer open inquiry claim that this method achieves a higher level of inquiry, in which the students become more familiar with the nature of scientific knowledge, develop greater inquiry skills and practices, and engage in higher-order thinking." (Zion & Mendelovici, 2012, S. 385)

Kirschner, Sweller und Clark (2006) vertreten in ihrem vielzitierten Artikel die Auffassung, dass offene Untersuchungen beim forschenden Lernen bei den Schülern und Schülerinnen zu Überforderung führt. Sie berufen sich in ihrer Argumentation auf die "Cognitive-Load-Theory" und stellen fest, dass minimale Instruktion und eine hohe Offenheit der Lernumgebung bei Experimentieraufgaben mit einer hohen Belastung im Kurzzeitgedächtnis einhergehen. Der Aufwand, den der Lernende zur Problemlösung betreiben muss, ist so hoch, dass er den Transfer ins Langzeitgedächtnis erschwert und somit die Aufgaben nicht oder nur unzufriedenstellend gelöst werden können.

Um dies zu vermeiden, wurden in der Vergangenheit verschiedene Materialien entwickelt, die die Schüler/innen beim selbstständigen Durchführen von offenen Untersuchungen unterstützen sollen. Nach Reid, Zhang & Chen (2003) können die Unterstützungsmaßnahmen in drei Kategorien eingeteilt werden. Die *interpretative Unterstützung* hilft beim Verständnis und der Strukturierung von Fachwissen und Fachkonzepten. *Experimentelle Unterstützung* wird bei der Planung und Durchführung von Untersuchungen eingesetzt und durch *reflektive Unterstützung* wird die Reflexion des Vorgehens und des erworbenen Wissens gefördert.

In der Unterrichtspraxis dominieren keine offenen, sondern bestätigende oder vorstrukturierte Untersuchungen (Walpuski & Hauck, 2017). Sie werden häufig mit einer Schritt-für-Schritt-Anleitung eingesetzt, um naturwissenschaftliche Phänomene "nachentdecken" zu können. Das kleinschrittige Abarbeiten einer Versuchsvorschrift wird nicht nur im Zusammenhang mit forschendem Lernen überwiegend kritisch gesehen. Die "Kochbuch-Experimente", so die Kritik, erfordern kaum gedankliche Eigenleistung und kein

systematisches Denken. Eine kognitive Aktivierung der Schüler/innen wird auf diese Weise verhindert (Lunetta, Hofstein & Clough, 2007). Außerdem vermitteln sie das Bild einer induktiven Wissenschaft und der Bezug zum Alltag und zur Lebenswelt der Schüler/innen ist häufig kaum erkennbar (Engeln & Euler, 2005). Eine solche Anleitung impliziert, dass Effekte und Phänomene zweifelsfrei in Erscheinung treten. Das Gelingen wird somit zum Gütekriterium zur Durchführung von Schülerexperimenten und der für die Wissenschaft charakteristische Umgang mit Evidenz verhindert (Kandt, 2008; Höttecke, 2013).

Es lassen sich aber auch Aspekte aufführen, die für eine Verwendung von detaillierten Anleitungen sprechen. Eine naturwissenschaftliche Untersuchung im Unterricht muss nicht zwangsläufig Aspekte der "Natur der Naturwissenschaften" (wie z.B. den Umgang mit Evidenz) berücksichtigen. Im Unterricht dürfen Experimente "*nicht so ergebnisoffen und frustrationsaffin sein [...] wie im authentischen Wissenschaftsbetrieb"* (Ropohl & Emden, 2017, S. 3). Befürworter betonen daher, dass die Unterrichtszeit in vorstrukturierten Ansätzen im Vergleich zu offenen Lernsituationen effizienter genutzt und Frustration vorgebeugt wird (Zion & Mendelovici, 2012). Zur Vermittlung von fachlichen Sachzusammenhängen kann die angeleitete Tätigkeit durchaus von Vorteil sein, denn in der Regel ist bei den Lernenden *"ein zum naturwissenschaftlichen Experimentieren notwendiges Fachwissen, im Sinne einer soliden Wissensbasis [...] nicht ausgebildet."* (Ropohl & Emden, 2017, S. 3). Durch eine entsprechende Anleitung können Ursache-Wirkungsbeziehungen auch zu Themenfeldern erforscht werden, zu denen die Schüler/innen vermutlich kaum Vorwissen haben. Darüber hinaus kann durch (Re-)produzieren eines Phänomens oder eines faszinierenden Effekts Abwechslung, Spannung und Staunen erreicht werden, was wiederum das Entstehen von situativem Interesse fördert (Rieß & Robin, 2012). Der erzeugte Effekt kann (und sollte) dann wiederum als Mittel zur Erkenntnisgewinnung eingesetzt werden.

Im Folgenden werden die für diese Arbeit relevanten empirischen Befunde zu den Merkmalen des forschenden Lernens beschrieben und zusammengefasst.

2.4 Empirische Befunde zum forschenden Lernen

Im Hinblick auf die Merkmale des forschenden Lernens lässt sich festhalten, dass die Wirksamkeit vom Lernen in kooperativen oder kollaborativen Arbeitsformen durch zahlreiche fächerübergreifende Untersuchungen belegt ist. Unter anderem bestätigt Hattie (2009) in seiner umfangreichen Meta-Meta-Studie einen positiven Effekt für kooperatives Lernen im Vergleich zum individuellen Lernen. Im naturwissenschaftlichen Unterricht steigert die selbstständige Bearbeitung in Kleingruppen das Autonomieerleben und das Interesse der Schüler (Arzi, 2003). Auch für die Einbettung der Inhalte in einen lebensweltlichen Kontext konnte eine Interessenssteigerung nachgewiesen werden (Fechner, 2009). Rumann (2004) untersuchte in seiner Dissertation die experimentelle Kleingruppenmethode im Vergleich zu einem fragend-entwickelnden lehrerzentrierten Chemieunterricht. Die Studie konnte zwar einen Vorteil der Kleingruppenmethode im Hinblick auf den fachlichen Lernerfolg belegen, es wurde aber anhand von Videodaten ersichtlich, dass die experimentelle Arbeit in Kleingruppen oft unstrukturiert abläuft und die Schüler ihre gedanklichen und experimentellen Fehler zum Teil nicht bemerken. Für die Kommunikation innerhalb der Gruppe haben sich Verbalisierungen in Form von Selbsterklärungen durch die Schüler als lernförderlich erwiesen (Chi et al., 1989). Allerdings ist der Einfluss von der Qualität der Äußerungen abhängig (Chi et al., 1994). Knobloch (2011) untersucht in ihrer Arbeit die Interaktionen und Kommunikationsprozesse der Schüler beim Experimentieren und wertet sie videogestützt im Hinblick auf die fachliche Qualität aus. Im Gegensatz zu anderen Arbeiten, die den gruppendynamischen Lernprozess nur quantitativ analysieren, kann ihr Kategoriensystem genutzt werden, um die fachliche Qualität der Schüleräußerungen beim kooperativen oder kollaborativen Lernen in Gruppen in ihrer Qualität beurteilen und vergleichen zu können.

In einer Vielzahl von Studien wird untersucht, ob forschendes Lernen im Vergleich zu einem klassischen, lehrerzentrierten Unterricht effektiver ist. Alfieri et al. (2011) kommen bei der Meta-Analyse von 164 Studien zu dem Ergebnis, dass Aktivitäten des forschenden Lernens mit offener bis minimaler Anleitung weniger effektiv sind, als jene bei denen die Schüler explizit angeleitet werden.

> "Entgegen manch hohen Erwartungen funktioniert die Wissenskonstruktion in konstruktivistisch gestalteten Lernumgebungen mit minimaler

> Führung in den seltensten Fällen" (Euler, Schüttler & Hausamann, 2015, S. 764)

Allerdings ergibt sich bei der Vermittlung (identischer Inhalte) für forschendes Lernen ein höherer Lernerfolg als für den instruktionalen Ansatz, wenn die Schüler angemessene Unterstützungen erhalten (Alfieri et al., 2011). Doch welche Form der Unterstützung ist angemessen und lernförderlich?

Lazonder & Harmsen (2016) untersuchen in einer Meta-Analyse die Effektivität verschiedener Unterstützungsansätze für forschendes Lernen. Der Lernerfolg wird in ihrer Studie differenziert zwischen der Fähigkeit zum naturwissenschaftlichen Arbeiten und dem Erwerb von Fachwissen beurteilt. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass die Maßnahmen aus den 60 untersuchten Studien das naturwissenschaftliche Arbeiten deutlich besser fördern (d=0,78) als den Fachwissenserwerb (d=0,37)[3]. Der Schwerpunkt der bisher entwickelten Unterstützungsmaßnahmen scheint demnach auf einer forschungsorientierten Optimierung der Handlungen und Vorgehensweisen der Schüler zu liegen. Dies gilt auch für deutschsprachige Studien, die in der Meta-Analyse nicht berücksichtigt wurden. Durch Strukturierungshilfen (Walpuski, 2006), ein spezielles Training (Wahser, 2008), Lösungsbeispiele (Mulder, Lazonder & De Jong, 2014) oder gestuften Lernhilfen (Schmidt-Weigand, Franke-Braun & Hänze, 2008; Arnold, 2015) wird versucht wissenschaftsmethodische Kompetenzen in offenen Untersuchungen zu schulen. Für bestätigende Untersuchungen, bei denen die Vermittlung von Fachwissen im Vordergrund steht, wurden bisher keine Weiterentwicklungs- oder Optimierungsvorschläge entwickelt und in ihrer Wirksamkeit überprüft.

2.5 Zusammenfassung und Zielsetzung der Studie

In der Unterrichtspraxis wird den Schülern insgesamt zu wenig Zeit für forschend-entdeckende Tätigkeiten eingeräumt. Vor diesem Hintergrund können außerschulische Lernorte einen wichtigen Beitrag zur Anbahnung von wissenschaftsmethodischen Kom-

[3] Nach Cohen (1988) entspricht ein Wert ab d=.20 einem schwachen, ab d=.50 einem mittleren und ab d=.80 einem starken Effekt.

petenzen und zur naturwissenschaftlichen Interessensförderung leisten. Es konnte nachgewiesen werden, dass das eigenständige Durchführen naturwissenschaftlicher Untersuchungen im Schülerlabor bei Schülern aktuelles Interesse auslösen kann. Im Hinblick auf einen längerfristigen kognitiven Lernzuwachs sind die Ergebnisse aus Evaluations- und Vergleichsstudien weniger deutlich und zum Teil widersprüchlich. Im ersten Teil der empirischen Studie soll daher zunächst überprüft werden, ob durch die konzipierte Intervention bei den Schülern ein fachlicher Wissenszuwachs und eine Genese von aktuellem Interesse erreicht werden konnte.

Das Durchführen von Experimenten und anderen naturwissenschaftlichen Untersuchungen ist eine Tätigkeit, die bei Schülern Schwierigkeiten und Probleme verursachen kann. Oft agieren die Schüler wenig zielführend, führen Schritte aus ohne nachzudenken oder haben falsche Vorstellungen von der experimentellen Methode. Die Arbeit in Kleingruppen und die fachbezogene Schüler-Schüler-Kommunikation gilt dabei als lernförderlich, läuft aber bisweilen unstrukturiert ab. Insbesondere in der Auswertungsphase sind die Lernenden auf Unterstützung angewiesen.

Bisherige Videoanalysen zum Experimentieren sind oftmals dem Bereich der videobasierten Qualitätsforschung zuzuordnen. In dieser Forschungsrichtung werden allgemeine Abläufe und Prozesse beim Einsatz von Experimenten im Unterricht erforscht (z.B. Tesch & Duit, 2004; Schulz, 2011; Wüsten, 2010). Es existieren nur wenige videobasierte Untersuchungen des Schülerverhaltens in Kleingruppenarbeit und diese beschränken sich dann meist auf einen Teilaspekt (z.B. Kommunikationsprozesse bei Knobloch (2011) oder Erkenntnisprozesse bei Kammann (2012)). Allen diesen Studien ist gemein, dass sie in der Schule durchgeführt wurden. Bisher liegen nahezu keine videobasierten Daten zum Schülerverhalten beim Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen am außerschulischen Lernort Schülerlabor vor. Eine Ausnahme bildet die Studie von Scharfenberg, Bogner & Klautke (2008), in der zur Bildung der Aktivitätstypen neun eher breit gefasste Kategorien gebildet wurden.

Die vorliegende Arbeit verfolgt das Ziel, das Schülerverhalten während der Kleingruppenarbeit in seiner Gesamtheit und am außerschulischen Lernort Schülerlabor zu untersuchen. Wie aufgezeigt wurde, können die Untersuchungen, die Schüler beim forschenden Lernen durchführen, im Grad der Offenheit variieren. Da nachgewiesen wurde, dass

offene Lernumgebungen zu Überforderung führen können, ist es die Aufgabe der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung, adäquate Maßnahmen zu entwickeln, die die Schüler beim eigenständigen Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen unterstützen. Bisherige Interventionsstudien legten dabei den Schwerpunkt auf Unterstützungsmaßnahmen für offene Untersuchungen, in denen der Erwerb von wissenschaftsmethodischen Kompetenzen abgestrebt wird. In diesem Bereich benötigen sogar gymnasiale Oberstufenschüler Unterstützung (siehe Arnold, 2015).

Die vorliegende Arbeit möchte einen Beitrag zur Weiterentwicklung von Anleitungen für vorstrukturierte Untersuchungen, in denen vorrangig Fachwissen vermittelt wird, leisten. In der Unterrichtspraxis werden in solchen Fällen in der Regel Schritt-für-Schritt-Anleitungen eingesetzt. Diese gelten jedoch als Mitverursacher der bereits genannten Probleme und sind in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung zum Teil heftiger Kritik ausgesetzt. Um die negativen Effekte der schrittbasierten Vorgehensweise (keine kognitive Aktivierung, kein Bezug zum Erkenntnisprozess, kein Alltags- oder Kontextbezug) zu verringern oder gar zu verhindern, wurden für das Klimalabor erweiterte Anleitungen entwickelt, die den Lernprozess in der Gruppe strukturieren und optimieren sollen.

Durch die kategoriengeleitete Videoanalyse soll die Lernwirksamkeit dieser Anleitungen im Vergleich zu einer herkömmlichen Schritt-für-Schritt-Versuchsvorschrift überprüft und bewertet werden. Die Ergebung von Videodaten ermöglicht es, Informationen über das tatsächliche Verhalten der Schüler während der Kleingruppenarbeit zu erhalten.

> *"[...] it is important to acquire information and insight about what is really happening when students engage in laboratory activities [...] (Hofstein & Lunetta, 2004, S. 38)*

3 Forschungsfragen und Hypothesen

Die Forschungsfragen, die sich aus der im letzten Kapitel genannten Zielformulierung ergeben, können zwei verschiedenen Bereichen zugeordnet werden. Die ersten beiden Fragen sind evaluativ und betreffen die Gesamtwirkung, die durch die Intervention erzielt werden konnte. Die Forschungsfragen drei und vier beziehen sich auf die konkret beobachtbaren Lernprozesse während der Kleingruppenarbeit im Labor. Im Gegensatz zu den ersten beiden Fragen werden sie nicht ausschließlich hypothesenprüfend, sondern zum Teil deskriptiv untersucht.

Forschungsfrage 1: *Erwerben Schüler/innen durch die Intervention "Klimalabor" kurz- und mittelfristig einen Wissenszuwachs im Bereich Fachwissen?*

Hypothesen:

a) Die Teilnehmer/innen erzielen unmittelbar nach der Intervention in einem Fachwissenstest einen größeren Lernerfolg als zum ersten Testzeitpunkt eine Woche vor dem Besuch.

b) Die Teilnehmer/innen erzielen auch sechs Wochen nach der Intervention in dem Fachwissenstest noch einen größeren Lernerfolg als zum ersten Testzeitpunkt.

c) Der Lernerfolg im Bereich Fachwissen ist im Test unmittelbar nach der Intervention größer als zum Testzeitpunkt nach sechs Wochen.

In dem entwickelten Lehr-Lernlabor sollen die Schüler/innen eigenständig naturwissenschaftliche Untersuchungen durchführen und auf diese Weise unbekannte Phänomene erzeugen und entdecken können. Die Intervention verfolgt das Ziel anhand der Untersuchungsergebnisse neues fachliches Wissen über den Klimawandel und seinen Auswirkungen auf die Ozeane zu vermitteln. Der Erfolg misst sich demnach auch daran, inwiefern es gelungen ist, den Schüler/innen einen Wissenszuwachs in diesem Themengebiet zu ermöglichen. Da die fachlichen Inhalte der Intervention sowie die Vor- und Nachbereitung für alle Teilnehmer identisch sind, wird angenommen, dass bei allen Schülern ein Zuwachs im Bereich Fachwissen messbar ist. Im Hinblick auf die Frage, wie lange das durch einen einmaligen Besuch eines Schülerlabors erworbene fachliche Wissen anhält,

sind die Ergebnisse vergleichbarer Studien an außerschulischen Lernorten widersprüchlich. Da in der vorliegenden Studie aber keine konkreten Maßnahmen zur Stabilisierung des Wissens unternommen wurden, wird angenommen, dass sich die Behaltensleistung im Bereich Fachwissen im Laufe der Testdauer abschwächt.

Forschungsfrage 2: *Welche Wirkung hat die Intervention „Klimalabor" im Hinblick auf die Entstehung und Entwicklung von aktuellem Interesse?*

Hypothese:

Die Intervention fördert das Interesse der Schüler/innen, indem sie kurzfristig aktuelles Interesse erzeugt.

Wie bereits im theoretischen Teil dieser Arbeit dargelegt wurde, ist die Interessensförderung eines der Hauptziele von Schülerlaboren. Die Grundlage für die Genese von längerfristigen Interessen ist das aus drei Komponenten zusammengesetzte aktuelle Interesse (siehe Kapitel 2.1.3) Bisherige Studien bestätigen, dass Schülerlabore grundsätzlich geeignet sind, um ein solches Interesse zu erzeugen. Einige Autoren (z.B. Guderian, 2007 oder Glowinski, 2007) stellen jedoch fest, dass das aktuelle Interesse bereits wenige Wochen nach dem Besuch wieder verloren gehen kann. Anhand der Forschungsfrage soll herausgefunden werden, inwiefern dies auch für das „Klimalabor" zutrifft.

Forschungsfrage 3: *Wie verhalten sich die Schüler/innen beim selbstständigen Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen in Kleingruppenarbeit?*

Wie bereits ausgeführt wurde, liegen kaum videobasierten Daten zum Schülerverhalten beim Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen am außerschulischen Lernort Schülerlabor vor. Aus diesem Grund wird diese Frage deskriptiv und ohne Hypothesenbildung erforscht.

Forschungsfrage 4: *Inwiefern können erweiterte Untersuchungsanleitungen im Vergleich zu Schritt-für-Schritt-Anleitungen Änderungen im Lernverhalten der Schüler bei der Durchführung von naturwissenschaftlichen Untersuchungen in Kleingruppenarbeit bewirken?*

Hypothesen:

a) Im Vergleich zu einer schrittbasierten Anleitung bewirkt der Einsatz der erweiterten Anleitung insgesamt einen erhöhten Anteil an lernförderlichen Aktivitäten.
b) Im Vergleich zu einer schrittbasierten Anleitung bewirkt der Einsatz der erweiterten Anleitung eine gleichmäßigere Verteilung einzelner lernförderlicher Aktivitäten auf die Kleingruppenmitglieder.
c) Im Vergleich zu einer schrittbasierten Anleitung bewirkt der Einsatz der erweiterten Anleitung eine Steigerung der Anzahl und der Qualität von inhaltsbezogenen Äußerungen.

Im Rahmen der vierten Forschungsfrage soll außerdem untersucht werden, inwiefern zwischen den einzelnen lernförderlichen Aktivitäten, dem Sachinteresse an Naturwissenschaften und dem Sachinteresse am Experimentieren Zusammenhänge bestehen.

Eine ausführliche Beschreibung der beiden Instruktionsformen erfolgt im folgenden Kapitel. Die aufgestellten Hypothesen zu dieser Forschungsfrage leiten sich aus den dort formulierten Zielen (4.3.2) ab.

4 Konzeption des Lehr-Lernlabors

Im Klimalabor soll durch das selbstständige Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen ein Interesse an Themen der Meeresforschung geweckt und fachliches Wissen über die Zusammenhänge zwischen dem Klimasystem und den Ozeanen vermittelt werden. Dabei wird ein Bezug zu den curricularen Vorgaben der einzelnen Unterrichtsfächer hergestellt, um den regulären Schulunterricht sinnvoll ergänzen zu können. Die Konzeption berücksichtigt die didaktischen Überlegungen zum forschenden Lernen, die zuvor im theoretischen Teil dieser Arbeit erläutert wurden. Dies gilt insbesondere für die Versuchsgruppe B, in der durch die erweiterten Anleitungen ein stärkerer Bezug zu den Phasen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozesses hergestellt wird. Die Gestaltung der gesamten Intervention erfolgte interdisziplinär, um die fachlichen Verknüpfungen, die in der modernen Klima- und Meeressforschung zweifelsohne vorhanden sind, authentisch abzubilden und den Schülern ein vernetztes Grundlagenwissen als Basis für einen verantwortungsvollen Umgang mit der marinen Umwelt zu ermöglichen.

Im Folgenden wird zunächst auf die didaktischen Aspekte des gewählten Themengebiets eingegangen und anschließend die Inhalte und der Ablauf der Intervention mitsamt den von den Schülern durchgeführten Untersuchungen beschrieben.

4.1 Didaktische Aspekte

Das Thema Klimawandel ist seit vielen Jahren in Medien und Gesellschaft omnipräsent. Die Nachrichten über Weltklimakonferenzen, schmelzende Gletscher oder die Energiewende sind für Jugendliche im Alltag allgegenwärtig. Studien zum Umweltbewusstsein zeigen, dass Jugendliche dem Umwelt- und Klimaschutz eine große Bedeutung zumessen (BMUB, 2018). Die Hauptinformationsquelle zu Umweltthemen ist die Schule (OECD, 2009). Ein großer Teil der Jugendlichen ist allerdings der Meinung, dass in Schule und Ausbildung viel mehr Wissen über die Probleme auf unserem Planeten und die Verantwortung für die Welt vermittelt werden müsste (Bertelsmann, 2009). Der politische Wille dies für das Themengebiet „Meere und Ozeane“ umzusetzen ist durchaus vorhanden. Dies zeigt sich unter anderem dadurch, dass vom Bundesministerium für Bildung und

Forschung 2016/17 ein Wissenschaftsjahr mit diesem Titel ausgerufen wurde. Die marinen Systeme sind für unser heutiges und zukünftiges Leben von immenser Bedeutung. Sie bedecken mehr als zwei Drittel unseres Planeten „Erde“ und spielen eine zentrale Rolle bei der Stabilisierung des Klimasystems. Aus Sicht des Menschen sind Meere mit vielzähligen Vorteilen und einem großen Nutzen verbunden. Die Ökosystemleistungen können bereitstellend (Fisch, Rohstoffe, Transportwege etc.), regulierend (Meeresströmungen, Sauerstoffproduktion etc.), kulturell (Erholung, ästhetischer Wert etc.) oder als Basis für diese Bereiche unterstützend (Primärproduktion, Nährstoffkreisläufe etc) sein (Maribus, 2015). Trotz dieser enormen Bedeutung für uns Menschen gibt es kaum einen Bereich, in dem noch so viele Fragen offen und so viele Prozesse nicht hinreichend geklärt sind, wie den der Weltmeere.

Die Zukunft der Meere und Ozeane ist ein Thema von hoher gesamtgesellschaftlicher, aber auch von persönlicher Relevanz. Für Schüler einer Küstenstadt wie Flensburg gilt dies sicherlich in besonderem Maße. Das „Klimalabor“ ist anschlussfähig an Unterrichtsinhalte, die in den Fachanforderungen des Landes Schleswig-Holsteins für die Klassenstufen 9 und 10 in Gemeinschaftsschulen vorgesehen sind. Im Fach Weltkunde betrifft dies zum einen das Thema „Die Erde. Ein unruhiger Planet in Gefahr“, welches unter anderem das „Geosystem Weltmeer. Nutzung und Verwundbarkeit“ zum Inhalt hat. Zum anderen greift das Thema „Verantwortungsvoller Umgang mit Ressourcen? Klimawandel und Energiezeitalter“ den Inhalt „Klimaveränderungen und seine Folgen (auf globaler, regionaler und lokaler Maßstabsebene)“ auf (Ministerium für Schule und Berufsbildung des Landes Schleswig-Holstein, 2016). Hier werden Meere und Ozeane zwar nicht wörtlich erwähnt, aber da terrestrische Auswirkungen des Klimawandels selten losgelöst von Entwicklungen in marinen Systemen zu betrachten sind, können die Inhalte des Klimalabors auch dieses Unterrichtsthema gut ergänzen. Dies gilt selbstverständlich auch für Themen aus dem Fach Naturwissenschaften. Inhalte, die im Klimalabor aufgegriffen werden und zu den verbindlichen Fachinhalten für Schüler der genannten Klassenstufen gehören, sind: der Treibhauseffekt, der Kohlenstoffkreislauf, Nahrungsbeziehungen sowie Säuren und Basen bzw. saure und alkalische Lösungen (Ministerium für Schule und Berufsbildung des Landes Schleswig-Holstein, 2014).

4.2 Ablauf und Inhalte

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die fachlichen Inhalte und die durchgeführten Untersuchungen zu den jeweiligen Phasen der Intervention. Eine detaillierte Beschreibung der Abschnitte wird im Anschluss vorgenommen.

Tabelle 4: Ablauf und Inhalte des Klimalabors

Phase	**Inhalte**	**Medien und *Untersuchungen***
Einführung I	• Klimawandel in den Medien • Natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt	• Power Point - Präsentation
Einführung II	• Kohlenstoffkreislauf und die Rolle des Ozeans im globalen Klimasystem • Sicherheitsbelehrung & Ablaufbesprechung	• Folie Kohlenstoffkreislauf
Station 1	• Die Rolle des Ozeans als CO_2-Speicher • Ursache von Meeresströmungen	• *Wasserlöslichkeit von CO_2 in Abhängigkeit zur Temperatur* • *Konvektion durch Unterschiede im Salzgehalt*
Station 2	• Meeresspiegelanstieg	• *Modellexperiment Eisschmelze* • *Thermische Ausdehnung von Wasser*
Station 3	• Ursachen und Auswirkungen der Ozeanversauerung	• *Einfluss von gelöstem CO_2 auf den pH-Wert* • *Wirkung von Säure auf Kalkschalentiere* • Nahrungsnetz
Nachbesprechung	• Zusammentragen, Auswerten und Interpretieren der Ergebnisse • Feedbackrunde	• Google Earth – Animation zur Meereisbedeckung

4.2.1 Einführung

Den Ausgangspunkt für die Intervention bildet eine Einführung, die in den Klassenräumen der teilnehmenden Schulen stattfindet und die Schüler thematisch auf den Besuch des Lehr-Lernlabors vorbereitet. Empirische Forschungsergebnisse belegen, dass sich eine solche Vorbereitung positiv auf die Lernleistung und das situationale Interesse auswirken kann (Wilde & Bätz 2006, Domjahn 2013). Der Einstieg erfolgt über die Präsen-

tation von verschiedenen Titelblättern aus der Zeitschrift Spiegel („Die Klima-Katastrophe“ (33/1986), „Achtung, Weltuntergang!“ (45/2006), „Hilfe…Die Erde schmilzt! (19/2007) und „Der verheizte Planet“ (09/2015)). Auf diese Weise wird die Motivation und die Neugier der Schüler geweckt und ein Anlass zum Austausch über das Vorwissen, die bisherigen Erfahrungen und die Einstellungen der Schüler zu dem Themengebiet gegeben. Dieser Austausch erfolgt anschließend in einem Gruppengespräch. Im Hinblick auf das Thema Treibhauseffekt gilt es dabei zu berücksichtigen, dass den Schülern der Begriff in der Regel zwar bekannt ist, aber bei der Erklärung dennoch mehrere, aus der fachdidaktischen Forschung bekannte, Fehlvorstellungen auftreten können. So ist zum Beispiel die Ansicht, dass der Treibhauseffekt durch ein Loch in der Ozonschicht hervorgerufen wird, weit verbreitet. Häufig wird bei der Erklärung auch auf eine Differenzierung von Sonnenstrahlen und Wärmestrahlung verzichtet (Niebert, 2009; Reinfried et al., 2008). Um diesen zu Schülervorstellungen zu begegnen und eine gemeinsame Wissensbasis für die Laborarbeit zu schaffen wird die Wirkungsweise des natürlichen Treibhauseffekts anhand einer animierten Präsentation wiederholt (siehe Anhang B). Anschließend werden die Ursachen des anthropogenen Treibhauseffekts erörtert und den Schülern ein inhaltlicher Ausblick auf die Themen und Inhalte des Klimalabors gegeben.

In den Laborräumen der Universität wird nach einer Begrüßung und einer Raumführung eine Folie gezeigt, die den Kohlenstoffkreislauf in vereinfachter Form abbildet (siehe Anhang B). Es wird erläutert, dass der Ozean ein Kohlenstoffreservoir ist und als so genannte „Senke“ maßgeblichen Einfluss auf den CO_2-Gehalt in der Atmosphäre hat und somit auch im Zusammenhang mit dem Klimawandel eine bedeutende Rolle spielt. Den Schülern wird deutlich, dass die Ozeane einen großen Teil des anthropogen freigesetzten Kohlendioxids aufnehmen, wodurch Klimaänderungen verzögert werden (DFG, 2000).

Welche Folgen die zusätzliche Menge an CO_2 dort hat und welche Auswirkungen die anthropogen bedingte globale Erwärmung in den Ozeanen darüber hinaus noch hat, können die Schüler im Klimalabor an drei Stationen näher erforschen. Die Stationen sind jeweils in zweifacher Ausführung vorhanden, um die Gruppen entsprechend klein zu halten.

4.2.2 Der Ozean als CO_2-Speicher

An dieser Station werden die Auswirkungen einer Erwärmung auf die CO_2-Aufnahmefähigkeit der Ozeane untersucht und die Funktionsweise der Konvektion demonstriert.

Zunächst soll anhand eines Experiments die Frage geklärt werden, inwiefern die Temperatur die Löslichkeit von CO_2 in Wasser beeinflusst. Diese Untersuchung wurde schon mehrfach beschrieben (u.a bei van der Veer & de Rijke, 1994; Paschmann et al., 2000; Stäudel, 2004; Bioacid, 2012) und kann mit einem geringen Materialaufwand durchgeführt werden. Der Aufbau besteht aus einer Schale mit Wasser, einem Glaszylinder und einer Brausetablette.

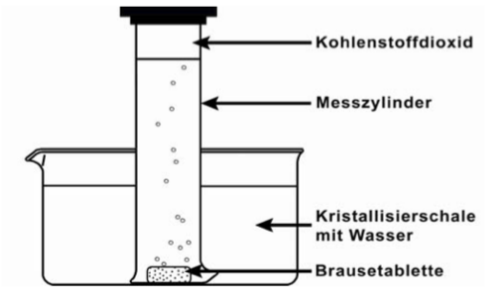


Abbildung 9: Aufbau der Untersuchung "Löslichkeit von CO_2 in Abhängigkeit zur Temperatur" (aus: Wilms, Kometz & van der Veer, 2005)

Die abhängige Variable dieses Experiments ist die Wassertemperatur. Sie wird zwischen ca. 18 Grad und 40 Grad Celsius variiert. Mit dem Lösen der Tablette wird CO_2 freigesetzt, wodurch ein gewisses Gasvolumen im Zylinder entsteht. Da die Löslichkeit von CO_2 in Wasser mit steigender Temperatur abnimmt, lässt sich beobachten, dass das Gasvolumen im Zylinder bei kaltem Wasser wesentlich geringer ausfällt als bei warmem Wasser. Bei diesem Ergebnis handelt es sich um eine qualitative Einschätzung, da die Größe des Gasvolumens im Messzylinder ebenfalls durch die Wärmeausdehnung des Kohlenstoffdioxids beeinflusst wird (Wilms, Kometz & van der Veer, 2005). Als Ergänzung kann jeweils noch eine zweite Tablette gelöst werden. Das Gasvolumen ist dann in beiden Fällen deutlich größer als beim ersten Durchgang, da das Wasser bereits mit CO_2 gesättigt ist.

Obgleich die CO_2-Austauschprozesse zwischen Ozean und Atmosphäre in unserem Klimasystem nicht nur von der Temperatur, sondern von mehreren Faktoren abhängen und sie insgesamt wesentlich komplexer sind, lässt sich anhand dieses Experiments dennoch gut veranschaulichen, dass sich eine durch den Klimawandel bedingte Erwärmung der

Ozeane negativ auf die Rolle des Ozeans als CO_2-Speicher auswirken würde (Bioacid, 2012). Darüber hinaus wird deutlich, dass die Ozeane nicht überall auf dem Planeten gleich viel CO_2 aufnehmen können und die Wassermassen in den Polarregionen in diesem Zusammenhang besonders wichtig sind. Der Einsatz der zweiten Tablette veranschaulicht, dass die Speicherkapazität der Ozeane begrenzt ist.

Um verstehen zu können, wie die Ozeane das CO_2 langfristig speichern, wird eine Untersuchung zur halinen Konvektion durchgeführt.

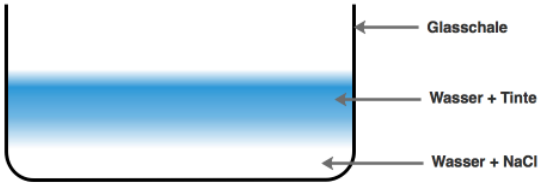


Abbildung 10: Die Untersuchung "Konvektion durch Unterschiede im Salzgehalt" (nach Entfernung der Trennwand)

Der Aufbau dieser Untersuchung besteht aus einem Glasbehälter, der in der Mitte durch eine abnehmbare Trennwand geteilt wird. In die eine Kammer wird mit Meersalz angereichertes Wasser und in die andere Kammer in gleicher Menge mit Tinte gefärbtes Leitungswasser eingeführt. Nachdem die Trennwand entfernt wurde, lagert sich das durch die Salzanreicherung in seiner Dichte erhöhte Wasser unten ab. Unterstützt durch Informationsmaterial lernen die Schüler, dass die Konvektion der Motor für die thermohaline Zirkulation ist und dass durch diese „physikalische Pumpe“ das CO_2 in die Tiefsee gelangt, wo es Jahre bis zu Jahrhunderten verbleibt (Maribus, 2010).

4.2.3 Meeresspiegelanstieg

Der inhaltliche Schwerpunkt dieser Station ist die Auswirkung der globalen Erwärmung auf den Meeresspiegel. In einem Modellexperiment können die Schüler erforschen, welche Folgen es hat, wenn die Eismassen auf unserem Planeten schmelzen.

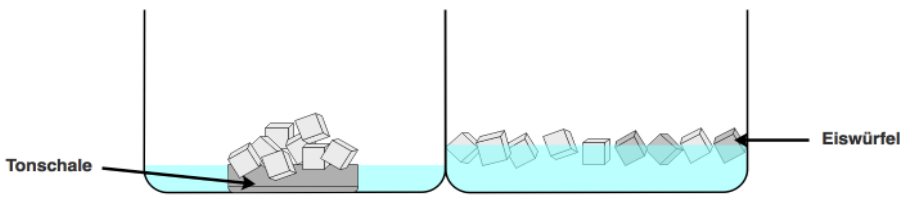


Abbildung 11: Aufbau der Untersuchung „Meeresspiegelanstieg durch Eisschmelze"

Dazu werden in zwei gleich großen Glasbehältern das Schmelzen von zwei verschiedenen Arten von Eis verglichen. Da die Hauptuntersuchung nicht in den Sommermonaten stattfand, wurde das Schmelzen durch eine Wärmequelle beschleunigt. Das Schmelzen von Festlandeis, also jenen Eismassen, die sich auf festem Untergrund oberhalb des Meereespiegels befinden (wie z.B. die großen Eisschilde Grönlands und der Antarktis, sowie Gletscher und Eiskappen der Gebirge) wird durch Eiswürfel in einer Tonschale modelliert. Beim Schmelzen summiert sich das Wasser aus den geschmolzenen Eiswürfeln mit dem vorhandenen Wasser im Aquarium und ein gestiegener Meeresspiegel ist messbar. Solche Meeresspiegeländerungen, die durch Massenverlagerung des Wassers zustande kommen werden als *eustatisch* bezeichnet (Gierloff-Emden, Obst & Schmithüsen 1980). In der zweiten Kammer wird schmelzendes Meereis abgebildet. Es bildet sich, wenn das Meerwasser der polaren Ozeane gefriert und schwimmt demzufolge im bzw. auf dem Wasser. Im Versuchsansatz wurden daher Eiswürfel und Wasser gemeinsam in eine Kammer gegeben. Da die Eiswürfel zum Teil aus dem Wasser herausragen, gehen viele Schüler davon aus, dass im Eis mehr Wasser gefroren ist und der Wasserspiegel ebenfalls steigen wird. Es ist allerdings das Dichteverhältnis (bei 4 °C warmen Süßwasser 0,92:1 g/cm3), das dazu führt, dass etwa 8 % eines Eiswürfels aus dem Wasser ragen. An den Masseverhältnissen ändert sich beim Schmelzen bzw. Gefrieren nichts und weil das von einem Körper verdrängte Wasser genauso viel wiegt, wie der Körper selber (Archimedisches Prinzip), ändert sich auch der Meeresspiegel nicht. Dies bedeutet jedoch nicht, dass eine dauerhafte Verringerung der Meereismenge folgenlos ist. Auch wenn dies keine direkten Auswirkungen auf den Meeresspiegel hat, sind damit dennoch andere negative Implikationen, wie z.B. veränderte Rückkopplungsprozesse zwischen Eis und Albedo (Rückstrahlvermögen des Sonnenlichts) oder eine Beeinflussung der Konvektion verbunden (Hantel & Haimberger 2016).

In einer zweiten Untersuchung beobachten die Schüler die thermische Expansion von Wasser bei Erwärmung. Dazu wird ein Erlenmeyerkolben mit Wasser gefüllt und mit einem Stopfen verschlossen, der ein dünnes Glasrohr enthält. Der Wasserstand wird markiert und das Gefäß anschließend erhitzt. Nach einiger Zeit steigt der Wasserstand in dem Glasrohr, da sich Wasser ab 4 °C bei Erwärmung ausdehnt. Dies ist auch bei der Erwärmung von Meerwasser der Fall. Die Dichte nimmt ab und das Volumen bei gleicher Masse zu.

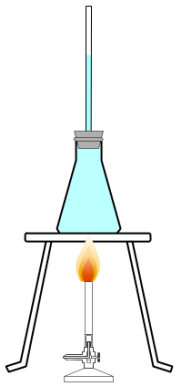


Abbildung 12: Aufbau der Untersuchung "Thermische Expansion"

Solche Änderungen des Meeresspiegels aufgrund von Dichteänderungen bezeichnet man als sterische Meeresspiegeländerungen. Sie werden zu einem Großteil durch steigende Temperaturen (thermosterisch) verursacht. Etwa 10% der sterischen Änderungen werden durch Verringerung des Salzgehaltes im Weltozean hervorgerufen (halosterisch) (Sterr, 2007). Insgesamt tragen die sterischen Effekte erheblich zum Meeresspiegelanstieg durch den Klimawandel bei.

4.2.4 Ozeanversauerung

In der dritten und letzten Station des Klimalabors beschäftigen sich die Schüler mit der Ozeanversauerung. Dieser Begriff umschreibt eine Absenkung des pH-Werts im Meer als Folge der erhöhten Aufnahme von CO_2 aus der Atmosphäre. Schwankungen in der CO_2-Konzentration gab es im Laufe der Erdgeschichte häufiger, doch seit Beginn der Industrialisierung sind die Veränderungen von hoher Geschwindigkeit. Durch den anthropogenen CO_2-Eintrag ist der pH-Wert in den Meeren bereits durchschnittlich um 0,1 Einheiten gesunken, was einem Anstieg des Säuregehalts von 26% entspricht (IPCC, 2014). Bei der Ozeanversauerung sind zwei verschiedene chemische Reaktionen von Bedeutung.

Bei der Reaktion von Kohlendioxid (CO_2) und Wasser (H_2O) bildet sich zunächst Kohlensäure (H_2CO_3), die in Wasserstoffionen (H^+) und Hydrogenkarbonationen (HCO_3^-) zerfällt. Die erhöhte Wasserstoffionenkonzentration bedeutet, dass der pH-Wert sinkt. Bei der Reaktion von CO_2, H_2O und Karbonationen (CO_3^{2-}) entstehen Hydrogenkarbonationen ($2HCO_3^-$). Dies verringert die Anzahl an Karbonationen in den Ozeanen, was vor allem für kalkbildende Meeresorganismen problematisch ist, denn sie benötigen sie

zum Aufbau ihrer Schalen und Skelette. Mit der Reduktion „geht eine Schwächung der Skelettstrukturen oder – bei Unterschreiten der Sättigungskonzentration für Calziumcarbonat – sogar ihre Auflösung einher." (WBGU, 2006)

Im Klimalabor wird die Ozeanversauerung durch zwei Untersuchungen vereinfacht und phänomenologisch aufgegriffen. Zunächst sollen die Schüler durch eine Beobachtung die Erkenntnis gewinnen, dass die Aufnahme von CO_2 zu einer Herabsenkung des pH-Werts des Wassers führt. Der Aufbau der Untersuchung besteht aus zwei Kolben, die mit einem Schlauch verbunden sind. In einem der Kolben wird durch das Lösen einer Brausetablette CO_2 freigesetzt. Im anderen Kolben befindet sich der pH-Indikator Bromthymolblau in wässriger Lösung, welcher bei sinkendem pH-Wert einen Farbumschlag von blau über grün (pH=7) zu gelb zeigt. Unterstützt durch die entsprechende Farbskala und einen Informationstext zum pH-Wert können die Schüler lernen, dass die Aufnahme von CO_2 das Wasser saurer werden lässt.

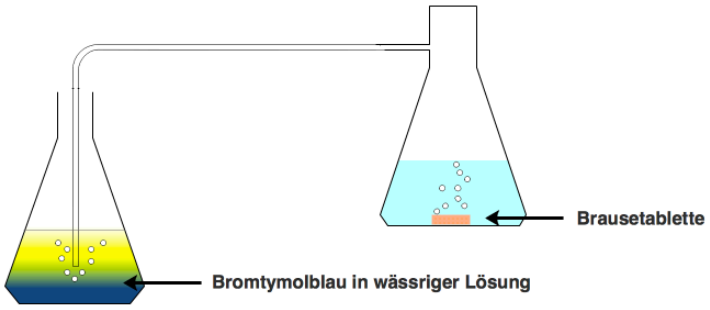


Abbildung 13: Aufbau der Untersuchung „Einfluss von CO_2 auf den pH-Wert"

In der zweiten Untersuchung beobachten die Schüler, welche Auswirkungen die Gegenwart von Säure für Meeresorganismen hat, die ihre Schalen oder Skelette aus Calciumcarbonat aufbauen. Dazu werden die Schalen von kleinen Muscheln und Schnecken mit Essigsäure versetzt und die Schüler können erkennen, dass die Säure den Kalk löst. Um das Ergebnis einordnen zu können und Fehlinterpretationen vorzubeugen (wie z.B. die, dass das Meerwasser durch das zusätzliche atmosphärische CO_2 so sauer wie Essigsäure wird), fasst ein kurzer Informationstext den Prozess der Ozeanversauerung zusammen (siehe Anhang B). Durch das Legen eines Nahrungsnetzes (Anhang B) erfahren die Schüler, dass nicht nur die kalkbildenden Organismen unter der Versauerung leiden, sondern durch

die vielseitigen Wechselbeziehungen der Tierarten Auswirkungen auf das gesamte Ökosystem zu erwarten sind.

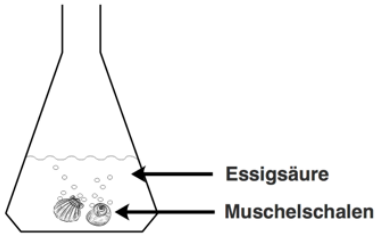


Abbildung 14 Aufbau der Untersuchung „Wirkung von Säure auf Kalkschalen“:

© Can Stock Photo / BlackFox (Muschelschalen)

4.2.5 Nachbesprechung

Bei der abschließenden Nachbesprechung werden alle Ergebnisse zusammengetragen, ausführlich besprochen und eingeordnet. Die Schüler erhalten ausreichend Raum für Fragen und die Reflexion des Gelernten. Die Besprechung der Station zum Meeresspiegelanstieg wird durch Satellitenaufnahmen der Meereisbedeckung am Nord- und Südpol unterstützt. Entsprechende Daten stellt die amerikanische Raumfahrtbehörde NASA für die Jahre 1979-2018 kostenlos zur Verfügung[4]. Durch die Präsentation der Daten mit der Software Google Earth[5] wird der Zusammenhang zwischen dem experimentellen Modell und der Wirklichkeit veranschaulicht.

4.3 Formen der Instruktion

Im Klimalabor wurden zwei verschiede Formen der Instruktion eingesetzt (siehe Anhang B). Eine Gruppe arbeite mit Schritt-für-Schrittanleitungen (Versuchsgruppe A) und eine Gruppe erhielt eine erweiterte Form der Anleitung (Versuchsgruppe B). Im Folgenden werden diese Anleitungen für die Untersuchungen beschrieben und die Unterschiede zwischen den beiden Ansätzen herausgestellt.

[4] https://climate.nasa.gov/vital-signs/arctic-sea-ice/ (Abgerufen am 15.März, 2018)
[5] https://earth.google.com/web (Abgerufen am 15.März, 2018)

4.3.1 Schritt-für-Schritt-Anleitung (Versuchsgruppe A)

In der Versuchsgruppe A wurden für die sechs Untersuchungen Anleitungen eingesetzt, die jeweils aus den drei Komponenten Titel, Hintergrundinformation und Durchführung zusammengesetzt sind. Im Titel der Anleitung wird die Frage, die den Ausgangspunkt für die Untersuchung bildet, genannt. Darunter werden in dem Kasten mit der Überschrift „Das solltet ihr wissen" die entsprechenden fachwissenschaftlichen Hintergründe, die zur Bearbeitung der Untersuchung notwendig sind, geschildert. Die Durchführung beinhaltet eine schrittweise Darstellung der Untersuchungshandlungen. Jeder der Schritte besteht wiederum aus einem kurzen und prägnanten Text der durchzuführenden Handlung sowie einer Zeichnung als visuelle Unterstützung. In den Anleitungen werden in erster Linie Schnitt- und zum Teil Perspektivzeichnungen verwendet. Auf den Einsatz von Fotos wurde verzichtet, denn die hier auftretende, detailreiche Darstellung verwirrt die Schüler (Schenzer, 2009). Begleitend zu der naturwissenschaftlichen Untersuchung müssen die Schüler ein Protokoll anfertigen, in dem die Beobachtungen und Messergebnisse exakt festgehalten werden (siehe Anhang B). Dort sollen die Schüler ebenfalls eine Erklärung für das beobachtete Phänomen oder das Ergebnis des Experiments formulieren. Falls dabei Schwierigkeiten auftraten, hatten die Schüler der Versuchsgruppe A die Möglichkeit den Versuchsleiter zu kontaktieren und um Hilfe oder Feedback zu bitten. Im Hinblick auf die Rollenverteilungen während der Kleingruppenarbeitsphasen erhielten die Schüler die Vorgabe, sich die Aufgaben über die drei Stationen hinweg gerecht aufzuteilen. Auf feste Rollenzuteilungen (z.B. Protokollant, Zeitwächter o.ä) wurde verzichtet. Kaufmann, Chernyak & Möller (2016) konnten durch eine Untersuchung in einem Lehr-Lernlabor der Universität Trier nachweisen, dass eine solche Zuteilung „[…] kooperative Gruppenarbeitsprozesse sowie die intrinsische Motivation nicht notwendigerweise zusätzlich fördert." (Kaufmann, Chernyak & Möller, 2016, S. 356).

4.3.2 Erweiterte Anleitung (Versuchsgruppe B)

Die Anleitung der Versuchsgruppe B besteht aus einer Tischunterlage und 12 -14 durchnummerierten Karten, die auf die Unterlage gelegt werden (Siehe Anhang B). Die Karten werden zu Beginn zufällig und gleichmäßig auf die Gruppe verteilt und dann der Reihe nach gelegt. Sie beinhalten entweder einen Text, der vorgelesen oder eine Handlung die

ausgeführt werden soll. Eine neue Karte wird erst aufgelegt, wenn dies geschehen ist. Dabei ist es wichtig, dass nur der Schüler die Handlung ausführt, der die Karte mit der entsprechenden Nummer erhalten hat. Auf diese Weise werden alle Gruppenmitglieder an der Untersuchung beteiligt und die Entstehung von positiver Interdependenz sowie individueller Verantwortlichkeit gefördert (siehe Kapitel 2.3.4). Bei der erweiterten Form der Anleitung bearbeitet die Gruppe die Untersuchung über die gesamte Zeit hinweg zusammen. Die Teilaufgaben (z.B. die Durchführung oder das Erstellen des Protokolls) werden immer gemeinsam (kollaborativ) und nie von nur einer Person erarbeitet. Diese Gleichgewichtung der Arbeitsverteilung ist eines der zentralen Ziele der erweiterten Anleitungsform.

Die Förderung von Experimentieren-ohne-Nachzudenken ist ein wesentlicher Kritikpunkt an gängigen Versuchsanleitungen (Lunetta et al., 2007; Trendel & Fischer, 2007). In der vorliegenden Form wird dieser Kritik durch verschiedene Maßnahmen begegnet.

Zunächst wird durch die ersten vier Karten ein Kontext für die nachfolgende Untersuchung geschaffen. In einem Comic wird ein Gespräch von Wissenschaftlern dargestellt, welches die notwendigen Hintergrundinformationen und die Fragestellung der Untersuchung beinhaltet. Der Inhalt unterscheidet sich dabei nicht von dem der Anleitung aus Versuchsgruppe A, allerdings wird er in einem stärker wissenschaftsorientierten und motivierenden Kontext präsentiert. Die Karte 5 fordert bei allen Untersuchungen dazu auf, die Fragestellung zu wiederholen und zu notieren. Die Paraphrasierung und Verschriftlichung soll dazu beitragen, dass die Schüler bei der nachfolgenden Durchführung daran erinnert werden, zu welchem Zweck sie die Untersuchung durchführen. Insgesamt orientiert sich die erweiterte Anleitung stärker am hypothetisch-deduktiven Erkenntnisweg. Dies zeigt sich u.a durch Karte 6, die das Formulieren oder Reproduzieren einer Hypothese (hier vereinfacht als Vermutung bezeichnet) vorsieht. Die Durchführungsschritte sind kongruent zur Anleitung aus Versuchsgruppe A. Wie bereits geschildert wurde, besteht der Unterschied darin, dass die Schüler sich die Aufgaben teilen. Das nacheinander erfolgende Legen der Karten macht es außerdem unwahrscheinlicher, dass Untersuchungsschritte übersprungen werden. Die letzten beiden Karten erinnern die Schüler an das Formulieren einer Beobachtung sowie der Erklärung im Protokoll. Im Gegensatz zur Versuchsgruppe A erhielten die Schüler dabei keine Unterstützung vom Versuchsleiter. Die erweitere Form der Anleitung enthält zum Teil zusätzliches Material (in Form eines

Rettungsrings), das durch vier bis fünf kurze Hilfestellungen das Finden einer Erklärung für die beobachteten Phänomene fördern soll. Die Hilfe ist optional und gestuft, d.h. es ist auch möglich keine oder nur eine bestimmte Anzahl der Hilfestellungen zu nutzen (siehe Anhang B).

Es sei an dieser Stelle betont, dass sich die Unterstützung in den beiden Versuchsgruppen nicht im Inhalt, sondern nur in der Form der Darbietung unterscheiden. Wenn in Versuchsgruppe A der Versuchsleiter um Hilfe gebeten wurde, wurden keine Informationen genannt, die nicht auch in den Hilfen der Versuchsgruppe B erwähnt sind. Umgekehrt sind im Material der Versuchsgruppe B keine Informationen, die der Versuchsgruppe A vorenthalten wurden.

5 Empirischer Teil

5.1 Design und Methodik

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine Interventionsstudie mit einer quantitativen Fragebogenerhebung im Pre-, Post-, und Follow-up-Design durchgeführt und mit einer kategoriebasierten Videoanalyse des Lernverhaltens während der Kleingruppenarbeit kombiniert. Der schematische Aufbau und der zeitliche Verlauf der quasi-experimentellen Studie ist in Abbildung 15 im Überblick dargestellt.

Die für die Intervention konzipierten Materialien wurden im März 2015 erstmalig mit zwei 8. Klassen einer Gemeinschaftsschule erprobt und anschließend anhand von Lehrerfeedback und einer Auswertung der begleitend erhobenen Videodaten optimiert. Die Hauptuntersuchung fand im Zeitraum von März – Mai 2016 in den Laborräumen der Abteilung Biologie der Universität Flensburg statt. An ihr nahmen insgesamt 228 Schüler von drei verschiedenen schleswig-holsteinischen Gemeinschaftsschulen teil. Von diesen Schülern besuchten 179 das Klimalabor. Die anderen Schüler bearbeiteten lediglich die Fragebögen zu allen Testzeitpunkten und fungierten als Kontrollgruppe.

Die Verteilung der Probanden auf die beiden Versuchsgruppen erfolgte im Parallelklassendesign, um eine möglichst gute Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Die Intervention wurde in allen Klassen von derselben Person geleitet, um einen Einfluss des Lehrenden auf das Lernverhalten der Schüler/innen als potentiellen Störfaktor konstant zu halten. Zusätzlich zum ca. vierstündigen Laborbesuch beinhaltete die Intervention eine 45-minütige Einführungsstunde, die eine Woche vor dem Besuch in der Schule stattfand. In dieser Stunde wurde zu Beginn der Pre-Test durchgeführt, in dem allgemeine Personenmerkmale sowie das Sachinteresse an Naturwissenschaften und an der Experimentiertätigkeit abgefragt wurden. Außerdem wurde das Vorwissen im Bereich Fachwissen erfasst, um etwaige Änderungen im Wissensbestand auf die gezielte Wissensvermittlung in der Intervention zurückführen zu können. Am Ende des Laborbesuchs beantworteten die Schüler den Wissenstest und die Items zur kognitiven Belastung und zum aktuellen Interesse. Der Wissenstest und die Skala zum aktuellen Interesse wurden sechs Wochen nach dem Besuch in identischer Form erneut eingesetzt. Während des Besuchs wurden Audio- und Videoaufzeichnungen von der Arbeit der Schüler in den Kleingruppen angefertigt.

Abbildung 15: Studiendesign

http://www.clipartpanda.com/clipart_images/video-camera-clipart-26123439 / gemeinfrei

Created by Macrovector / Freepik.com / https://www.freepik.com/free-photos-vectors/business

5.2 Stichprobe

Die Stichprobe dieser Studie sind Schüler/innen der neunten bzw. zehnten Jahrgangsstufe der Schulform Gemeinschaftsschule. Diese Entscheidung ist darauf zurückführen, dass die im Klimalabor vermittelten Inhalte die curricularen Vorgaben des Landes Schleswig-Holstein für diese Zielgruppe optimal ergänzen (siehe Abschnitt 4.1). An der Untersuchung haben zwei Schulen aus der Stadt Flensburg und eine aus der Stadt Husum teilgenommen. Die Probanden waren zum Zeitpunkt der Erhebung zwischen 14 und 16 Jahre alt. Die Versuchsgruppe A bestand aus 89 und die Versuchsgruppe B aus 90 Schüler/innen. Die Kontrollgruppe bildeten 49 Schüler. In allen Gruppen war das Geschlechterverhältnis ähnlich (Versuchsgruppe A=58%; Versuchsgruppe B=56%; Kontrollgruppe=54% weibliche Probanden).

Wie Tabelle 5 veranschaulicht, weisen die beiden Versuchsgruppen im Hinblick auf die Vorwissensbestände ähnliche statistische Kennwerte auf und auch die Sachinteressen sind insgesamt vergleichbar ausgeprägt. Nähere Erläuterungen zu der Operationalisierung dieser Variablen erfolgen in Abschnitt 5.3.

Tabelle 5: Vergleich zwischen den Versuchsgruppen im Pre-Test, Mittelwert (*M*) und Standardabweichung (*SD*), N=179

Variable	VG_A		VG_B	
	M	*SD*	*M*	*SD*
Vorwissen	4.40	1.64	4.21	2.17
Sachinteresse Naturwissenschaften	20.43	5.29	20.92	5.24
Sachinteresse Experimentieren	10.18	2.62	9.80	3.03

Um weitere Aussagen über die Vergleichbarkeit von VG_A und VG_B treffen zu können, wurde ein Lehrerfragebogen eingesetzt, in dem auf einer fünfstufigen Likertskala angegeben wurde, wie oft die Schüler in der Schule selbstständig in Kleingruppen arbeiten und wie oft dabei Experimente und anderen Untersuchungen durchgeführt werden. Des Weiteren wurde von den Lehrern auf einer neunstufigen Skala die allgemeine Leistungsstärke der Klasse und die Fähigkeit zum selbstständigen Arbeiten in Kleingruppen eingeschätzt. Die in Tabelle 5 und 6 aufgeführten Mittelwerte für diese Variablen weisen ebenfalls keine beachtlichen Abweichungen zwischen den Gruppen auf.

Tabelle 6: Lehrerangaben zur Häufigkeit, (N=10)

Variable	VG_A		VG_B	
	M	*SD*	*M*	*SD*
Kleingruppenarbeit	3.00	0.00	3.20	0.44
Experimente in Kleingruppen	1.80	0.44	1.90	0.32

Tabelle 7: Lehrereinschätzung der Klassen, (N=10)

Variable	VG_A		VG_B	
	M	*SD*	*M*	*SD*
Leistungsstärke	4.80	0.84	4.60	0.89
Fähigkeit zum selbstständigen Arbeiten in Kleingruppen	6.00	0.71	6.20	0.74

Darüber hinaus gaben alle Lehrkräfte an, dass die Auswirkungen des Klimawandels auf die Ozeane bisher in ihrem Unterricht noch nicht thematisiert worden sind und dass in im Untersuchungszeitraum kein Unterricht speziell zu diesem Themengebiet geplant war.

Die Einteilung der Schüler in die Kleingruppen erfolgte mit Hilfe des Fachlehrers. Dabei wurden Gruppen gebildet, die in ihrer Zusammensetzung unter der Berücksichtigung der Kriterien Leistungsstärke, Geschlecht, Interkulturalität und Alter möglichst heterogen waren. Die 16 Gruppen, von denen Audio- und Videoaufnahmen angefertigt wurden, bestanden immer aus vier Personen mit einem ausgeglichenen Geschlechterverhältnis. Ob von einer Kleingruppe Aufnahmen angefertigt wurden, entschied das Vorhanden- bzw. Nichtvorhandensein einer Einverständniserklärung durch die Erziehungsberechtigten (siehe Anhang A). Insgesamt wurden 21 Kleingruppen videographiert. Drei Aufnahmen waren aufgrund von technischen Schwierigkeiten lückenhaft und mussten aussortiert werden. Von den verbliebenen Aufnahmen wurden zwei weitere zufällig entfernt, um eine gleichgewichtete Anzahl von je 8 Kleingruppen pro Versuchsgruppe zu erhalten.

5.3 Messinstrumente

Im Folgenden werden die unterschiedlichen Messinstrumente, die im Rahmen dieser Studie zum Einsatz kamen, vorgestellt. Der Fachwissenstest und zu großen Teilen auch das Kodiersystem zur Erfassung des Schülerverhaltens wurden für die Untersuchung neu

konzipiert. Aus diesem Grund wird ihre Entwicklung und Überprüfung ausführlicher beschrieben.

5.3.1 Fachwissenstest

Um den Lernzuwachs im Fachgebiet messen zu können, wurde für diese Studie ein Test im Multiple-Choice-Format entwickelt (siehe Anhang A). Im ersten Entwurf bestand der Wissenstest aus einer Skala mit 18 Items im gebundenen Antwortformat. Dieses Format hat den Vorteil, dass es sowohl in der Durchführung als auch in der Auswertung sehr ökonomisch ist (Bühner, 2011). Zu jeder Frage gab es eine richtige Lösung und drei Distraktoren. Die richtigen Antworten wurden dabei gleichhäufig auf die verschiedenen Antwortpositionen verteilt. Darüber hinaus hatten die Schüler bei jeder Frage die Möglichkeit "Weiß ich nicht" anzugeben. Diese Option wird von verschiedenen Autoren empfohlen (z.B. Schnell et al., 1999), um Verzerrungen durch Zufallslösungen zu vermeiden. Ohne dieses Feld sind Schüler wohlmöglich eher geneigt ein willkürliches Kreuz zu setzen als die Frage offen zu lassen. Der Entwurf des Fachwissenstests wurde zunächst mit Hochschullehrenden kommunikativ validiert und anschließend getestet.

Die 62 Probanden der Pilotierung waren Schüler aus zwei 9. und einer 10. Gemeinschaftsschulklasse, die nicht an der Hauptuntersuchung teilgenommen haben. Zur Testanalyse wurde zunächst der Schwierigkeitsindex berechnet, um Aussagen über die Itemschwierigkeit treffen zu können. Er ist definiert durch die prozentuale Häufigkeit, mit der das Item von einer repräsentativen Stichprobe richtig beantwortet wird (Bühner, 2011). Drei Items wiesen nicht die von Bortz & Döring (2006) empfohlene mittlere Schwierigkeit im Wertebereich zwischen 0,2 und 0,8 auf und wurden daher aus dem Test entfernt. Anschließend wurde der Trennschärfekoeffizient der verbliebenen Items bestimmt. Dabei handelt es sich um die Korrelation zwischen einem Einzelitem und dem Gesamtscore. Die Trennschärfe ist ein Maß dafür, wie gut das Testergebnis aufgrund der Beantwortung dieser bestimmten Frage vorhersehbar ist (Bortz & Döring, 2006). Es wurden weitere vier Items aussortiert, dessen Werte marginale oder schlechte Korrelationen aufwiesen. Die Reliabilitätsstatistik für die nicht revidierten und für diese Studie verwendeten Items aus der Pilotierung ist in Tabelle 6 aufgeführt. Der Wert für Cronbachs Alpha gibt Auskunft darüber, wie gut die Items untereinander korrelieren (innere Konsistenz). Mit $\alpha > 0,7$

liegt die Reliabilität des entwickelten Tests insgesamt in einem akzeptablen Bereich (Bortz & Döring, 2006).

Tabelle 8: Statistische Kennwerte des Fachwissenstests (N=62, M=5.11, SD=2.84)

Item Nummer	Lösungswahrscheinlichkeit	Trennschärfe	Wenn Item weggelassen
	P_i	r_{it}	Cronbachs α
Item_1	.742	.333	.729
Item_2	.661	.316	.746
Item_3	.661	.316	.746
Item_5	.581	.231	.743
Item_4	.548	.371	.739
Item_6	.484	.309	.741
Item_7	.468	.390	.746
Item_11	.419	.404	.728
Item_12	.323	.443	.733
Item_9	.258	.490	.719
Item_10	.226	.297	.741
Item_8	.210	.491	.727
			.741

In der Hauptuntersuchung wurde der Test vorab zur Erfassung des Vorwissens und wiederholt in der Post- und Follow-Up-Befragung eingesetzt. Die Kontrollgruppe bearbeitete den Test in denselben Zeitabständen. In dem gewählten Studiendesign soll durch die Kontrollgruppe aufgezeigt werden, dass beim Wissenstest keine Vortest-Effekte auftreten. Es soll ausgeschlossen werden, dass sich allein durch die wiederholte Bearbeitung des Tests ein Lerneffekt einstellt. Um diese Funktion zu erfüllen, müssen Versuchs- und Kontrollgruppe nicht gleich groß sein (Bühner, 2006).

5.3.2 Skala zur Erfassung des aktuellen Interesses

Gemäß der in Abschnitt 2.3 beschriebenen Interessenstheorie von Krapp (1992) besteht Interesse aus drei gleich gewichteten Teilen: der emotionalen, der wertbezogenen und der epistemischen Komponente. Das aktuelle Interesse wurde im Fragebogen mit einer Skala aus 12 Items mit je vier Items zu den entsprechenden Komponenten erhoben. Die Skala wurde der Studie von Pawek (2009) entnommen, der die Items wiederum von Engeln (2004) aufgegriffen und weiterentwickelt hat. Für die vorliegende Arbeit wurde die Reliabilität der Skalen erneut mit dem Alphawert nach Cronbach geprüft.

Tabelle 9: Reliabilitätsstatistik für die Komponenten des aktuellen Interesses (Post-Test), N=179

Komponente	α
Emotionale	.75
Epistemische	.74
Wertbezogene	.68

Die Werte sind nahezu identisch mit den Angaben von Pawek (2009), der die Skalen der Komponenten mit einer großen Stichprobengröße von über 700 Schülern untersucht hat.

In der vorliegenden Studie wurde das aktuelle Interesse direkt nach der Intervention und im Follow-up-Test erhoben.

5.3.3 Skala zur Erfassung des Sachinteresses an Naturwissenschaften und am Experimentieren

Die Items zum Sachinteresse erheben auf einer fünfstufigen Likertskala das allgemeine Interesse der Probanden an naturwissenschaftlichen Themen und Tätigkeiten. Die Skala wurde von Pawek (2009) in Anlehnung an Engeln (2004) entwickelt. Durch eine Faktorenanalyse mit anschließender Reliabilitätsanalyse konnte er zwei inhaltlich differenzierbare Subskalen bestätigen. Eine beinhaltet das Sachinteresse an Naturwissenschaften und die andere misst das Sachinteresse am Experimentieren. Die Skala zum Sachinteresse an den Naturwissenschaften umfasst sieben Items deren Reliabilität in der vorliegenden Studie einen Alphawert nach Cronbach von α = 0,80 (n=178) erreicht. Die Skala zum Sachinteresse "Experimentieren" umfasst drei Items mit α = 0,78. Diese Werte weichen ebenfalls nur geringfügig von den Angaben von Pawek (2009) ab.

Die Sachinteressen werden in der vorliegenden Studie nur im Pre-Test erhoben, da nicht davon ausgegangen wird, dass die einmalige Intervention dispositionale Interessen signifikant und längerfristig beeinflusst.

5.3.4 Kategoriensystem zur Erfassung des Schülerverhaltens

Das entwickelte Kategoriensystem verfolgt das Ziel, das Lernverhalten der Schüler beim Durchführen der Untersuchungen in kollaborativer Kleingruppenarbeit möglichst umfassend messbar zu machen. Die Schritte, die zur Erstellung des Kodiersystems unternommen wurden, sind in Abbildung 16 dargestellt.

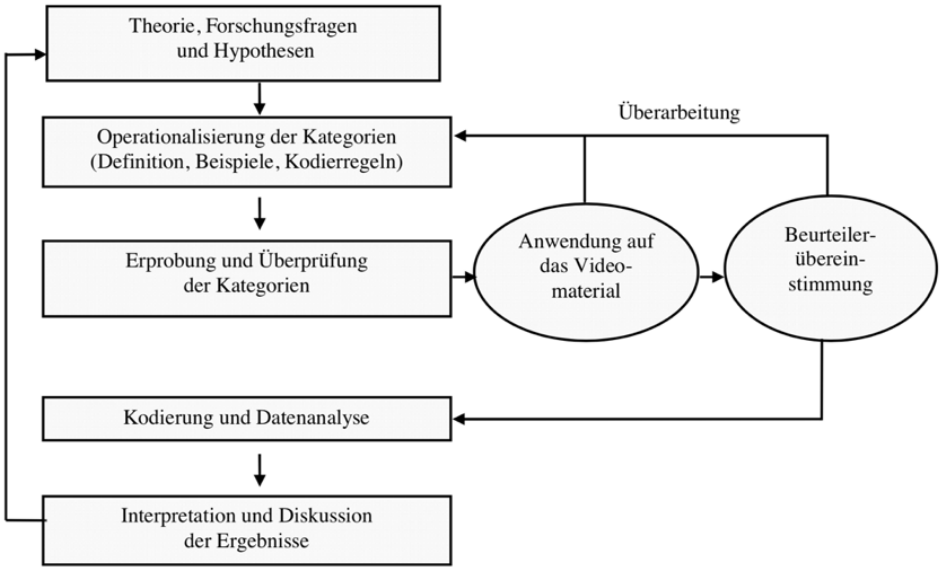


Abbildung 16: Vorgehen bei der Entwicklung eines Kategoriensystems (Wadouh, 2007 in Anlehnung an Bos & Tarnai, 1999 und Jacobs et al., 1999)

Aus theoretischen Erwägungen und anhand einer Sichtung des Videomaterials, das bei der Pilotierung der Materialien entstanden ist, wurde ein erster Entwurf entwickelt. Für den Bereich der verbalen Aussagen lieferte das Kategoriensystem von Knobloch (2011) eine erste Vorlage. Die Kategorien „Inhaltliche Frage", „Formale Frage", „Aufgabenverteilung" und „Aufforderung zur Mitarbeit" wurden, ebenso wie das Auswertungsverfahren für die inhaltlichen Aussagen, in leicht modifizierter Form in dieser Studie übernommen.

Das Kategoriensystem der vorliegenden Untersuchung soll jedoch nicht nur Äußerungen, sondern auch das nonverbale Handeln der Schüler abbilden. Zu diesem Zweck wurden nach mehrmaliger Erprobung und Überprüfung am Videomaterial der Pilotierung insgesamt 18 Kategorien operationalisiert (Abb. 17, Tab. 10). Es handelt sich bei dem entwickelten Kategoriensystem um ein niedrig inferentes Verfahren, das die Häufigkeit und die Dauer von relativ leicht beobachtbaren Ereignissen erfasst. Rating- oder Schätzmethoden, wie sie für hoch inferente Verfahren typisch sind, wurden nicht verwendet (Lotz,

Gabriel & Liposwsky, 2013). Zusätzlich zu den Videoaufnahmen wurden alle inhaltsbezogenen Äußerungen der Schüler transkribiert, um sie in einem zweiten Auswertungsschritt in ihrer Qualität zu beurteilen. Damit Aussagen über die Auswertungsobjektivität des Kodiersystems getroffen werden können, wurde ein Mitarbeiter der Abteilung Biologie der Europa-Universität-Flensburg als Interrater geschult und für eine Gruppe aus dem Videomaterial der Pilotierung anschließend die Beurteilerübereinstimmung berechnet. Die gängigste und auch in der Arbeit verwendete Variante ist die Berechnung von Cohen`s Kappa. Im Gegensatz zur einfachen prozentualen Übereinstimmung wird bei dieser Berechnung auch die Wahrscheinlichkeit, mit der die Beurteiler zufällig zur gleichen Einschätzung kommen, berücksichtigt (Bortz & Döring, 2006). Für das vorliegende Kategoriensystem wurde eine Beobachterübereinstimmung von $\kappa = 0{,}769$ erzielt. Nach Wirtz & Caspar (2007) kann ein Wert von $\kappa = > 0,75$ als gute bis sehr gute Übereinstimmung interpretiert werden.

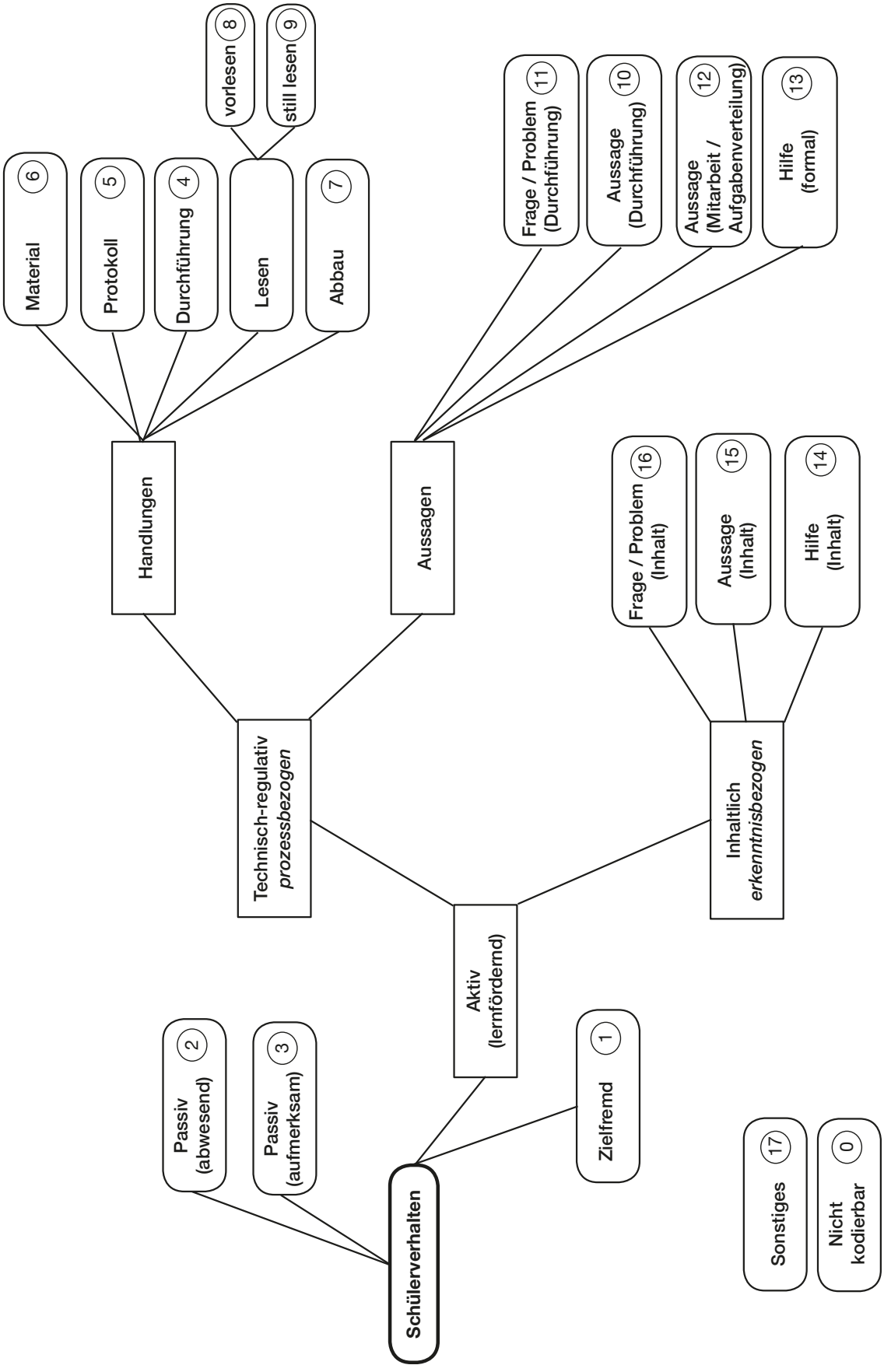


Abbildung 17: Kodiersystem zur Erfassung des Schülerverhaltens während der Durchführung von naturwissenschaftlichen Untersuchungen in Kleingruppenarbeit

Tabelle 10: Kategoriensystem zur Erfassung des Schülerverhaltens

Kategorie	Beschreibung	Beispiele /Anmerkungen
1: Zielfremd	Unerwünschtes Lernverhalten, das den Lernerfolg negativ beeinträchtigt.	• S. ist abgewandt von der Lernsituation • Führen von nicht themenbezogenen Gesprächen • Mutwilliges Verursachen von störenden Geräuschen (…etc.)
2: Passiv (abwesend)	S. ist an der Lernsituation unbeteiligt.	• Blickrichtung wird mehrfach gewechselt („Blick schweifen lassen“) • Der Blick ist längere Zeit auf etwas abseits des Geschehens fokussiert („Blick ins Leere“) • S. stört nicht und lenkt niemanden ab
3: Passiv (aufmerksam)	S. hört einer zielführenden Äußerung zu oder beobachtet Mitschüler bei der Durchführung.	• Blick ist auf den sprechenden oder agierenden Mitschüler gerichtet • Die Blickrichtung kann abweichen, wenn durch anschließende Äußerung deutlich wird, dass dem Mitschüler zugehört wurde
4: Durchführung	Rein technische Durchführung der Untersuchung, bzw. eines Untersuchungsschritts.	• Schritt aus der Anleitung durchführen • Beobachten (als Untersuchungsmethode) • Messen
5: Protokoll	S. protokolliert die Ergebnisse der Untersuchung.	• Nur das Führen des Stiftes wird kodiert
6: Material	Beschaffung, Kontrolle und Verwaltung von Materialien.	• S. holt Thermometer aus der Box • Hantieren mit Materialien ohne erkennbaren Sinn und Zweck fällt nicht in diese Kategorie
7: Abbau	Reinigen, Entsorgen und Aufräumen.	• Reinigen von Bechergläsern • Materialien zurück in die Box räumen
8: Vorlesen	S. liest so laut, dass es alle Gruppenmitglieder hören. können	• S. liest Anleitung oder Informationstext vor

9: Still lesen	S. liest einen Text still und für sich	• Blick ist auf den Text gerichtet • Evtl. leises Nuscheln
10: Aussage (Durchführung)	S. tätigt eine Äußerung, die die Durchführung der Untersuchung betrifft.	• Information oder Vermutung zur Durchführung wird laut geäußert. • Sinngemäßes Wiedergeben der Anleitung • *„Ins Glas muss jetzt Wasser gefüllt werden ; „Im Text steht, dass die Tablette in das Glasrohr gelegt wird.“*
11: Frage / Problem (Durchführung)	S. äußert eine Frage oder gibt ein Problem zur Durchführung bekannt.	• *„Ich habe keine Ahnung, wie ich das da rein bekommen soll.“* • *„Wie soll das denn gehen?“*
12: Aussage (Arbeitsverteilung)	S. tätigt eine Aussage zur Arbeitsverteilung oder zur Organisation der Gruppenarbeit.	• *„Das musst du jetzt machen!“* • *„Ich notiere die Fragestellung und du holst schon mal Wasser.“*
13: Hilfe (formal)	Der Versuchsleiter gibt eine Hilfestellung, die eine Versuchsvorschrift oder den Ablauf der Untersuchung betrifft.	• *„Die Steckdosen befinden sich vorne am Tisch.“*
14: Hilfe (Inhalt)	Der Versuchsleiter gibt eine inhaltbezogene Hilfestellung.	• *„Überlegt noch mal gemeinsam, worin der Unterschied zwischen den beiden Ansätzen besteht.“*
15: Aussage (Inhalt)	S. tätigt eine Aussage, in der eine Beobachtung beschrieben oder eine Erklärung zur Untersuchung abgegeben wird.	• Siehe Tabelle 11,12 und 13
16: Frage / Problem (Inhalt)	S. äußert eine Frage oder gibt Verständnisproblem bekannt.	• *„Wieso steigt der Meeresspiegel nicht?“* • *„Ich verstehe nicht, was mir das sagen soll.“*
17: Sonstiges	S. tätigt eine Äußerung oder führt eine Handlung durch, die weder zielfremd noch zielführend ist.	• S. wechselt den Sitzplatz, um besser sehen zu können. • *„Der pH-Indikator riecht komisch.“*
18: Nicht kodierbar	S. ist nicht im Sichtfeld der Kamera, Handlung ist unklar.	

Zur Analyse der Qualität der inhaltlichen Schüleräußerungen wurde das System von Knobloch (2011) verwendet. Diesem zu Folge können fachlich korrekte Äußerungen zunächst nach drei Komplexitätsniveaus unterschieden werden.

Tabelle 11: Komplexitätsniveaus inhaltlicher Aussagen (nach Knobloch 2011)

Komplexitätsniveau	**Beschreibung**
Faktenniveau	Fakten sind Bezeichnungen, Begriffe, Fachbegriffe, Eigenschaften, Symbole, Zustände, Elemente, Aspekte oder Objekte. Es besteht jedoch kein expliziter Zusammenhang zwischen den Fakten
Zusammenhangsniveau	Eine Abhängigkeit, ein Prozess oder eine Veränderung wird genannt.
Konzeptniveau	Fachliche Aussagen, die unabhängig vom aktuellen Thema oder Themenbereich gültig sind, z.B. weil sie auch in anderen Themenbereichen der naturwissenschaftlichen Fächer eine wichtige Rolle spielen oder weil sich in ihnen ein naturwissenschaftliches Grundprinzip widerspiegelt.

Darüber hinaus können inhaltliche Aussagen hinsichtlich der Denkvorgänge, die für das Treffen der Aussage verwendet werden, unterschieden werden.

Tabelle 12: Kognitive Prozesse bei inhaltlichen Aussagen (nach Knobloch 2011)

Kognitiver Prozess	**Beschreibung**
Reproduzieren	Wissen, das bereits gelernt oder genannt wurde, wird eingebracht. Die kognitive Leistung besteht darin, das Wissen wieder ins Bewusstsein zu rufen; eine Weiterverarbeitung des Reproduzierten ist noch nicht zu beobachten.
Selegieren	Eine Information wird ausgewählt oder ermittelt, z.B. das Herausstellen eines Aspekts einer Aussage
Organisieren	Informationen, die bereits genannt wurden oder dem Informationstext entnommen wurden, werden geordnet oder strukturiert.
Integrieren	Bereits bekannte Informationen werden angewendet, interpretiert, verallgemeinert oder übertragen.

Entsprechend der Komplexität und der beteiligten kognitiven Prozesse wurden für diese Arbeit sechs Kategorien gebildet. Da von den Probanden dieser Studie keine korrekten Äußerungen auf Konzeptniveau getätigt wurden, wird diese Kategorie nicht erhoben. Ein weiterer Unterschied zum System von Knobloch (2011) besteht darin, dass die kognitiven

Prozesse Selegieren und Organisieren auf Zusammenhangsniveau in einer Kategorie zusammengefasst wurden. Die Aufgabenstellung im Klimalabor zielte nur selten auf das Organisieren von Zusammenhängen ab, weshalb das Bilden einer eigenen Kategorie nicht gerechtfertigt erscheint.

Tabelle 13: Kategoriensystem zur Beurteilung der Qualität von inhaltsbezogenen Schüleraussagen

Kategorie	**Erläuterung und Beispiele**
Auf Faktenniveau reproduzieren	• Etwas, das aus der bisherigen Gruppenarbeit, dem Alltag oder Vorwissensbeständen bekannt ist, wird wiedergeben. *"Wasser kann verdunsten."* • Einfache Beobachtungen fallen ebenfalls in diese Kategorie. *"Die Brausetablette löst sich auf."; "Der Wasserspiegel steigt."* *"Jetzt ist die Lösung gelb geworden"*
Auf Faktenniveau selegieren	• Eine Information wird aus dem Material oder Vorwissensbeständen ausgewählt oder ermittelt und als einzelner Fakt herausgestellt. *S_1: Woraus bestehen Muscheln denn eigentlich noch mal?* *S_2: Die Schalen auf jeden Fall aus Kalk.* *S_1: Was bedeutet die gelbe Farbe?* *S_2: Gelb heißt ungefähr pH 5 oder weniger.*
Auf Zusammenhangsniveau reproduzieren	• Etwas, das aus der bisherigen Gruppenarbeit, dem Alltag oder Vorwissensbeständen bekannt ist, wird wiedergeben. Im Gegensatz zur ersten Kategorie werden dabei Zusammenhänge wiedergegeben. *"Wir konnten ja vorhin sehen, dass das salzige Wasser schwerer und deswegen unten war."* *"Weil der Druck auf der einen Seite steigt, bilden sich auf der anderen Seite die Bläschen."*
Auf Zusammenhangsniveau selegieren und/ oder organisieren	• Eine Information wird ausgewählt oder ermittelt und als Zusammenhang herausgestellt. *"Der Unterschied zwischen Meereis und Festlandeis ist, dass das eine schwimmt und das andere auf festem Untergrund ist."* *"Wenn der Raum dort größer ist, hat das Wasser weniger CO_2 aufnehmen können."* • Die Informationen können auch geordnet oder strukturiert werden. *"Beim ersten Durchgang waren es nur 2cm und jetzt sind es 6cm"*

Auf Zusammenhangsniveau integrieren	• Bereits bekannte Informationen werden angewendet, interpretiert, verallgemeinert oder übertragen. *"Übertragen auf die Ozeane bedeutet das also, dass sie in Zukunft weniger CO_2 aufnehmen, wenn die Temperatur steigt."* *"Am Anfang wurde doch gesagt, dass Eis das Licht reflektiert. Überleg doch mal, wenn das alles weg ist, dann gibt es vielleicht keine Überschwemmung, aber es wird auf der Erde noch wärmer."*

5.3.5 Kognitive Belastung

Als Ergänzung zu den bisherigen Testinstrumenten wurde zu jeder Station die kognitive Belastung der Schüler erhoben. Wie in Abschnitt 4.5 beschrieben wurde, kann das Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen Schüler überfordern. Bedingt wird dies unter anderem durch die Form der Instruktion (Kirschner, Sweller & Clark 2006). In dieser Arbeit soll herausgefunden werden, ob im Hinblick auf die kognitive Belastung Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen bestehen. In Anlehnung an Franke (2010) schätzen die Schüler dazu im Fragebogen nach der Intervention ihre geistige Anstrengung während der Arbeit an den Stationen auf einer neunstufigen Likertskala ein (siehe Anhang A)

5.4 Auswertungsmethoden und Testverfahren

Die Datenauswertung der quantitativen Fragebogendaten erfolgte mit Hilfe des Programms SPSS 25 der Firma IBM. Die Videos der Kleingruppenarbeit wurden mit der freien Software Avidemux geschnitten und konvertiert. Jede der 16 Versuchsgruppen wurde bei der Arbeit an den drei Stationen gefilmt, so dass insgesamt 48 Videos entstanden. Die Auswertung erfolgte kategoriebasiert und in 5-Sekunden-Intervallen mit der Software Videograph. Zusätzlich wurde eine Transkription von Aussagen immer dann angefertigt, wenn die Schüler inhaltsbezogene Aussagen getroffen haben (Kategorie 15). Für die quantitative Auswertung der Kategorien wurden die Daten nach der Kodierung in SPSS exportiert. Da das Gesamtverhalten eines Schülers im Mittelpunkt des Forschungsinteresses stand, wurden für jede Kategorie die Werte aus den drei Gruppenarbeitsphasen addiert. Die Phasen dauerten bei den unterschiedlichen Kleingruppen nicht immer exakt gleich lang (+/- 3 Minuten). Um dies zu berücksichtigen, wurde für jede

Gruppe die absolute Arbeitsdauer ermittelt und anschließend die summierten Werte der Schüler in den jeweiligen Kategorien durch die Arbeitsdauer der Kleingruppe geteilt. Auf diese Weise konnte für jeden Probanden der relative Zeitanteil an einer Kategorie in seiner Kleingruppe ermittelt werden.

Um die Video- und Fragebogendaten zusammenzuführen und gleichzeitig die Anonymität der Teilnehmer zu gewährleisten, wurden im Fragebogen nach der Intervention zusätzlich zum individuellen Code äußere Erkennungsmerkmale abgefragt.

Die statistische Überprüfung von Unterschiedshypothesen zwischen zwei Stichproben erfolgte in dieser Arbeit entweder mit dem t-Test, dem U-Test von Mann-Whitney oder dem Wilcoxon-Test. Die Wahl des Testverfahrens hängt dabei von den zu Grunde liegenden Bedingungen ab. Mit dem t-Test kann geprüft werden, ob sich zwei Populationsmittelwerte signifikant voneinander unterscheiden. Der t-Test für abhängige Stichproben wird eingesetzt, wenn ein und dieselbe Stichprobe zu zwei verschiedenen Messzeitpunkten untersucht wird. Wenn zwei unterschiedliche Gruppen zu einem Messzeitpunkt untersucht werden sollen, kommt der t-Test für unabhängige Stichproben zum Einsatz. Der t-Test ist ein parametrischer Test und setzt voraus, dass die Variable intervallskaliert ist und die Grundgesamtheiten (bei unabhängigen Stichproben) bzw. die Messwertdifferenzen (bei abhängigen Stichproben) normalverteilt sind. Ob eine intervallskalierte Variable normalverteilt vorliegt, kann mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test ermittelt werden. Dieser Test überprüft, ob die Werteverteilung einer Variable signifikant von der Normalverteilung abweicht. Bei Verletzung der Annahme der Normalverteilung kann der t-Test dennoch robust reagieren, wenn die Stichproben der beiden Gruppen annähernd dieselbe Größe haben und nicht zu klein sind ($n_1 = n_2 > 30$) (Bortz, 2006).

Wenn alle genannten Bedingungen nicht erfüllt werden können, muss ein verteilungsfreies (non-parametrisches) Prüfverfahren eingesetzt werden. Diese Verfahren arbeiten mit der Betrachtung von Rangplätzen, die den Probanden aufgrund ihrer Messwerte zugeteilt werden. Dabei werden zwar keine so rigiden Voraussetzungen gemacht, allerdings sind die Aussagemöglichkeiten im Vergleich zu parametrischen Verfahren geringer. So können parametrische Tests z.B. die Größe der Unterschiede erfassen, während in den non-parametrischen Verfahren weniger informative Rangreihen gebildet werden (Rasch et al., 2014). Die Signifikanzprüfung von Daten auf Ordinalskalenniveau erfolgte in dieser

Arbeit entweder mit dem Wilcoxon-Test (bei abhängigen Stichproben) oder dem U-Test von Mann und Whitney (bei unabhängigen Stichproben).

Um die Bedeutsamkeit eines signifikanten Ergebnisses einschätzen zu können, werden Effektstärken berechnet. In dieser Arbeit wird Pearsons Korrelationskoeffizient „r“ als Maß des Zusammenhangs von Mittelwertunterschieden angegeben. Für den t-test wird er anhand der gefundenen Mittelwertdifferenz (t) und den Freiheitsgraden (df) mit der Formel $r = \sqrt{\frac{t^2}{t^2+df}}$ berechnet.

Bei den nicht parametrischen Verfahren wird der z-transformierte Mittelwert (z) in Bezug zur Stichprobengröße (N) gesetzt. Die entsprechende Formel lautet $r=\frac{z}{\sqrt{N}}$.

Für den t-Test bei abhängigen Stichprobenberechnung ist die Berechnung des Korrelationskoeffizienten problematisch, da es dabei zu einer Überschätzung der Effektstärke führt (Field, 2009). Für diesen Test wird eine Effektstärkeberechnung empfohlen, die das Ausmaß der Korrelation zwischen den Gruppen in die Berechnung miteinbezieht. Dies ist beim Wert Cohens d_Z, der in dieser Arbeit bei t-Teststatistiken aus abhängigen Stichproben angeben wird, der Fall. Die Berechnung erfolgte mit dem Programm Gpower. Die entsprechende Formel mit x_d als Mittelwert der Differenzen und σ_d als Streuung dieser Differenzen: $d_{z=\frac{\bar{X}}{\sigma_d}}$.

Nach Cohen (1988) gelten Zusammenhänge unter r = .10 (d=.20) als unbedeutend, ab r = .30 (d=0.50) als mittel und ab r = .50 (d=.80) als groß.

6 Ergebnisse

Im Folgenden werden die erhobenen Daten entsprechend der in Kapitel 6 aufgeführten Forschungsfragen ausgewertet und die Ergebnisse präsentiert. Für die Auswertung wurden die in Abschnitt 5.4 beschriebenen Verfahren eingesetzt. Das festgelegte Signifikanzniveau beträgt $\alpha = 0{,}05$. Im ersten Teil dieses Kapitels werden zunächst die Ergebnisse zum Einfluss der Intervention auf den Erwerb von Fachwissen und auf das Entstehen von aktuellem Interesse dargestellt. Anschließend erfolgt die kategoriebasierte Auswertung der erhobenen Videodaten mit besonderem Augenmerk auf die Unterschiede, die sich im Hinblick auf die Wirkung der jeweiligen Anleitungen in beiden Versuchsgruppen ergeben haben.

6.1 Fachwissenstest

6.1.1 Kontrollgruppe

Die Kontrollgruppe erzielte zu allen Testzeitpunkten vergleichbare Ergebnisse im Fachwissenstest (Tab. 14). Der angewandte t-Test für abhängige Stichproben bestätigt, dass die Unterschiede zwischen Pre- und Posttest nicht signifikant sind ($t(48) = 1.64$, $p = .11$). Gleiches gilt für die Unterschiede zwischen Post- und Follow-up-Erhebung ($t(48) = -1.22$, $p = .23$). Es kann bestätigt werden, dass ohne die Intervention kein Zuwachs im Bereich Fachwissen zu verzeichnen ist und keine nachweisbaren Vortest-Effekte entstehen.

Tabelle 14: Ergebnisse der Kontrollgruppe im Fachwissenstest (N=Stichprobengröße, M=Mittelwert, SD=Standardabweichung)

Testzeitpunkt	N	*M*	*SD*
Pre-Test	49	4.00	2.10
Post-Test	49	3.81	1.99
Follow-up-Test	49	3.95	2.03

6.1.2 Lernerfolg im Bereich Fachwissen insgesamt

Um zu überprüfen, ob die Intervention bei beiden Versuchsgruppen im Hinblick auf den Erwerb von Fachwissen lernwirksam war, wurden zunächst die im Fachwissenstest erzielten Punkte aller Probanden im Pre- und Posttest und miteinander verglichen. Das Ergebnis ist in Abbildung 18 veranschaulicht. Im Pretest erreichten die Probanden eine durchschnittliche Punktzahl von 4,31 (*SD* = 1,92). Im Post-Test erzielten sie mit *M* = 7,77 (*SD* = 2,39) im Mittel 3,46 Punkte mehr als zum ersten Testzeitpunkt. Der Unterschied zwischen den beiden Mittelwerten zu den beiden Testzeitpunkten ist hoch signifikant (t (178) = -18.372, p = .000). Die Effektstärke nach Cohen (1988) liegt bei d_z=1,37 und entspricht einem starken Effekt.

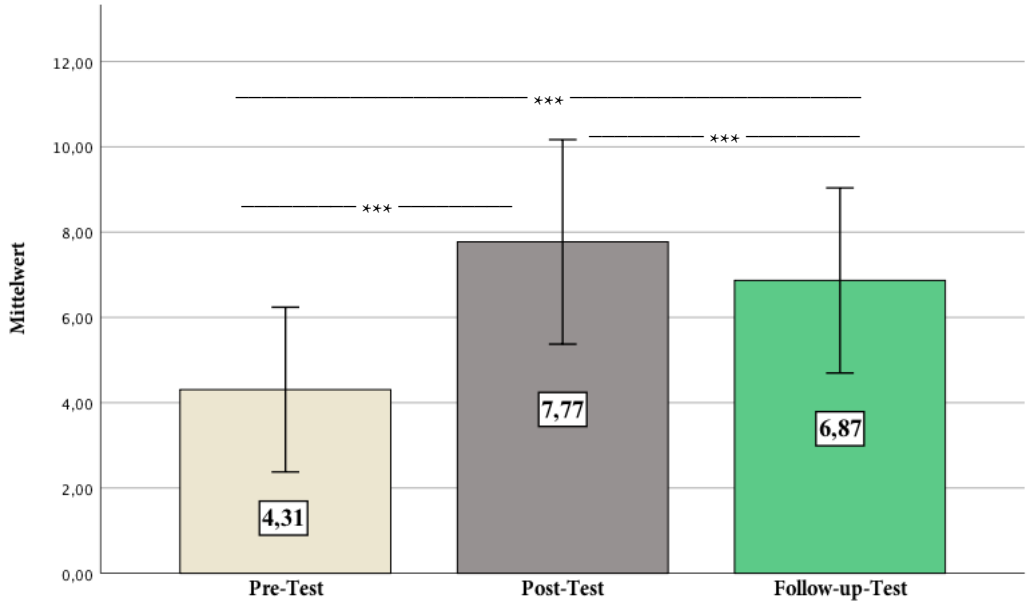


Abbildung 18: Mittelwert der im Fachwissenstest erreichten Punktzahl zu den Testzeitpunkten, N=179

Im Follow-up-Test erzielten die Probanden insgesamt im Schnitt 0,9 Punkte weniger als im Post-Test. Zum letzten Testzeitpunkt lag der Mittelwert bei 6,87 Punkten (SD = 2,17). Diese Verringerung ist gemäß des Ergebnisses des t-Tests (t (178) = 6.892, p = .000) statistisch hoch signifikant. Die Effektstärke liegt im mittleren Bereich (d_z=0,52). Der Unterschied zwischen dem Ergebnis im Pre- und dem im Follow-up-Test ist ebenfalls hochsignifikant (t (178) = -14.23, p = .000) bei starker Effektstärke (d_z=1,06).

6.1.3 Lernerfolg der Versuchsgruppen im Vergleich

Die Ergebnisse der beiden Versuchsgruppen (VG_A=Versuchsgruppe A; VG_B=Versuchsgruppe B) im Fachwissenstest sind in Tabelle 15 und in Abbildung 19 im zeitlichen Verlauf abgebildet.

Tabelle 15: Statistische Kennwerte zum Ergebnis des Fachwissenstests, N=179

		Pre (t_1)		Post (t_2)		Follow-up (t_3)		$\Delta t_1,t_2$	$\Delta t_2, t_3$
	N	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*M*
VG A	89	4.40	1.64	7.57	2.23	6.52	2.07	3.17	-1.05
VG B	90	4.21	2.17	7.96	2.55	7.21	2.23	3.69	-0.75
Gesamt	179	4.31	1.92	7.77	2.40	6.87	2.17	3.46	-0.9

Im Pre-Test erreichte die Versuchsgruppe A geringfügig mehr Punkte als Versuchsgruppe B. Die Differenz beträgt 0,19 und die Unterschiede im Mittelwert sind nicht signifikant. Dies bestätigt der t-Test für unabhängige Stichproben (t (177) = 0.514, p = .608). Gleiches gilt für die Ergebnisse im Post-Test. Dort ist die Punktedifferenz mit 0,39 zugunsten der Versuchsgruppe B etwas höher, aber der Unterschied der Mittelwerte bleibt nicht signifikant (t (177) = -1.09, p = .273). Bei der Betrachtung der Differenzen zwischen t_2 und t_3 fällt auf, dass der Rückgang bei VG_B, ausgehend von einem höheren Mittelwert im Post-Test, niedriger ausfällt als bei VG_A. Die Schüler aus VG_B erzielen im Follow-up-Test durchschnittlich 0,69 Punkte mehr. Dieser Unterschied ist als statistisch bedeutsam einzustufen. Das Ergebnisse des t-Tests weisen Werte von t (177) = -2.16 und p = .032* aus. Für dieses signifikante Ergebnis kann die Effektstärke mit r=.14 als schwach beurteilt werden.

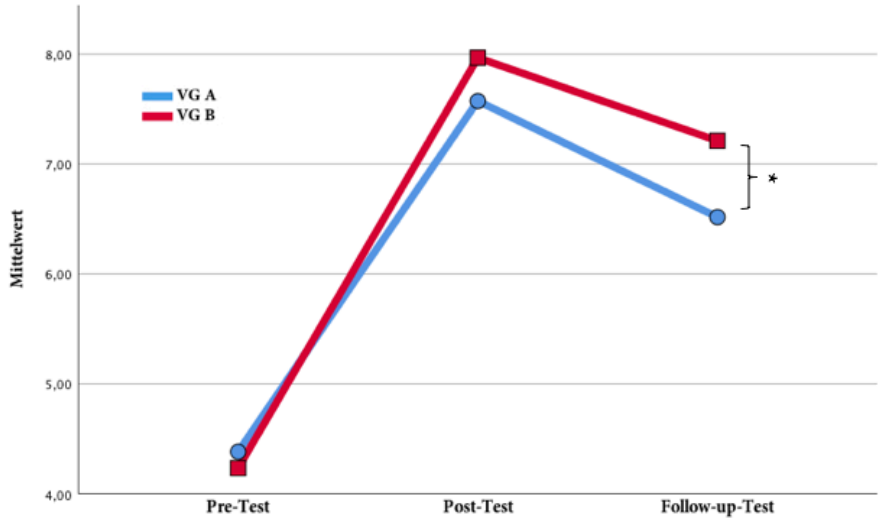


Abbildung 19: Mittelwert der im Fachwissenstest erreichten Punktzahl zu den Testzeitpunkten, Vergleich der Versuchsgruppen, N=179

6.2 Aktuelles Interesse

6.2.1 Wirksamkeit in den Komponenten

Zur Beurteilung der Gesamtwirkung des Klimalabors wurde das aus drei Komponenten bestehende aktuelle Interesse zu zwei Testzeitpunkten erhoben. Wie aus der Ergebnisübersicht für die Subskalen (Tab. 16) ersichtlich wird, zeigen die Mittelwerte im Test direkt nach der Intervention in allen drei Bereichen eine Zustimmung von 50% (epistemische Komponente) oder höher. Am deutlichsten fällt sie für die emotionale Komponente aus.

Tabelle 16: Komponenten des aktuellen Interesses, Mittelwerte und statistische Auswertung, N=179

Komponente	Post (t_2)		Follow-up (t_3)		t-Teststatistik			
	M	*SD*	*M*	*SD*	*t*	*df*	*p*	d_z
Emotionale	0.81	0.17	0.74	0.14	7.25	178	.000	.58
Wertbezogene	0.65	0.18	0.57	0.17	7.61	178	.000	.56
Epistemische	0.50	0.20	0.48	0.16	2.89	178	.004	.22

In allen drei Komponenten des aktuellen Interesses sinken die Werte über die Testdauer hinweg. Mit einer Differenz von 0,8 ist das Abfallen bei der wertbezogenen Komponente am prägnantesten, gefolgt von der emotionalen Komponente mit einem Werteunterschied von 0,7. Die Differenzen in den Mittelwerten zwischen den Testzeitpunkten t_2 und t_3 sind in diesen beiden Bereichen hochsignifikant mit Effektstärken im mittleren Bereich. Der Wert für die epistemische Komponente verringerte sich mit 0,2 durchschnittlich in einem geringeren Umfang als die anderen beiden Komponenten. Die Ergebnisse des t-Test weisen darauf hin, dass dieser Unterschied oberhalb der Signifikanzgrenze liegt. Da die Prüfung auf Normalverteilung mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test ergab, dass die Werte bei der Subskala im Post-Test nicht normalverteilt vorliegen, wurde das Ergebnis zusätzlich mit dem Wilcoxon-Test abgesichert. Bei diesem Test wird die Signifikanzgrenze nicht erreicht. ($Z = -2.626$, $p = .09$). Je nach angewandtem Verfahren kann der Rückgang entweder als soeben noch signifikant mit einer schwachen Effektstärke oder als statistisch vernachlässigbar interpretiert werden.

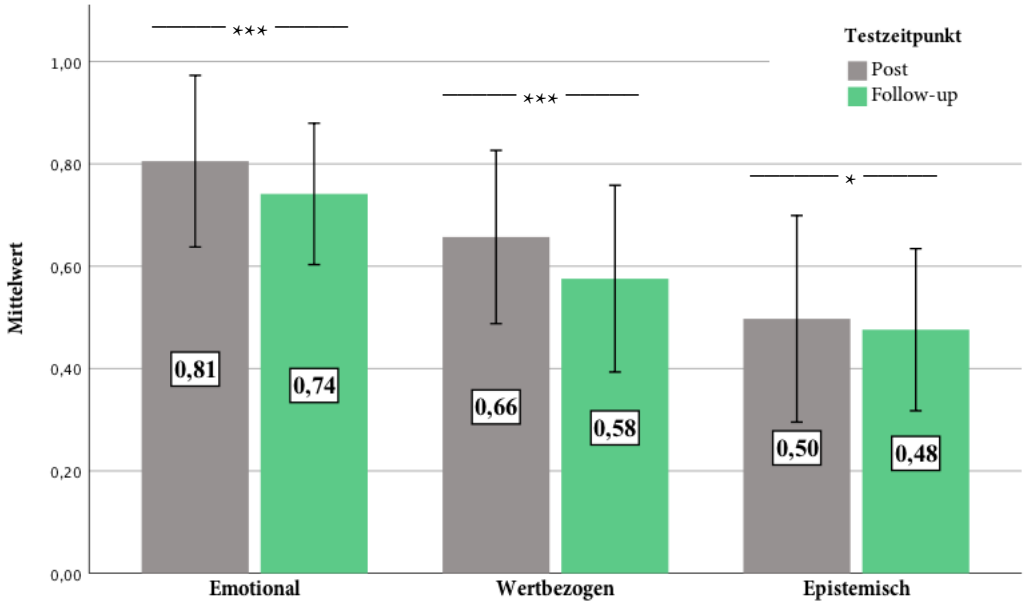


Abbildung 20: Mittelwerte der drei Komponenten des aktuellen Interesses zu den unterschiedlichen Testzeitpunkten, N=179

6.2.2 Vergleich der Geschlechter

Die jeweiligen Ergebnisse der weiblichen und männlichen Probanden zu den beiden Testzeitpunkten sind in Tabelle 17 dargestellt. Es ist zu sehen, dass sich die Werte zwischen den beiden Gruppen kaum unterscheiden. Mit der statistischen Signifikanzprüfung konnte keine Ungleichheit der Mittelwerte nachgewiesen werden.

Tabelle 17: Mittelwerte der Versuchsgruppen in den Komponenten des aktuellen Interesses

		Emotionale				Wertbezogene				Epistemische			
		t_2		t_3		t_2		t_3		t_2		t_3	
	N	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*
♂	76	0.81	0.18	0.74	0.14	0.66	0.16	0.56	0.17	0.49	0.20	0.47	0.16
♀	103	0.80	0.15	0.74	0.13	0.64	0.19	0.59	0.19	0.50	0.21	0.48	0.16

6.3 Ergebnisse zum Schülerverhalten in der Kleingruppenarbeit

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Videoanalyse ausführlich dargestellt. Dabei werden zunächst die Zeitanteile der Probanden an den jeweiligen Kategorien insgesamt betrachtet und Vergleiche zwischen der Verteilung nach Geschlecht und in den Versuchsgruppen vorgenommen. Eine detaillierte Betrachtung der Ergebnisse in den einzelnen Verhaltenskategorien und der inhaltlichen Qualität der verbalen Äußerungen soll

weitere Aufschlüsse darüber geben, inwiefern die erweiterten Anleitungen aus VG_B Änderungen im Lernverhalten bewirken konnten.

6.3.1 Schülerverhalten insgesamt

Die 179 Schüler aus beiden Versuchsgruppen haben im Klimalabor durchschnittlich 100 Minuten und 10 Sekunden mit der Durchführung naturwissenschaftlicher Untersuchungen verbracht. Die Tabelle 18 zeigt, wie sich die Gesamtzeit durchschnittlich auf die 18 Verhaltenskategorien aufteilt.

Mit etwas mehr einem Viertel der Gesamtzeit nimmt passives, aber aufmerksames Verhalten am meisten Zeit in Anspruch. Ähnlich viel Zeit fällt zusammengenommen auf die beiden Kategorien, die ein nicht lernförderliches Verhalten abbilden (Kategorien 1 und 2). Die technische Durchführung der Untersuchung dauerte durchschnittlich ca. 12 Minuten. Die ebenfalls zur Untersuchung gehörigen Kategorien 5, 6 und 7 dauern jeweils gleich lang und ergeben summiert einen Zeitanteil von 15,3 Minuten. Das Lesen nimmt 3,6% der Gesamtzeit ein, wobei ein etwas größerer Teil auf das Vorlesen entfällt. Im Bereich der verbalen Äußerungen nehmen Aussagen zur Durchführung mit 3,6 Minuten den größten Zeitanteil ein. Für die Dauer von 2,9 Minuten tätigen die Probanden im Schnitt inhaltsbezogen Aussagen. Die Dauer für die Verhaltenskategorien zu Fragen, Problemen oder Hilfestellungen (11,13,14 und 16) liegt bei einer Minute oder weniger. Aussagekräftiger als die Dauer sind in diesen Kategorien die Häufigkeiten, die im weiteren Verlauf des Ergebnisteils noch dargestellt werden. Insgesamt konnten sieben Minuten der Gesamtzeit entweder nicht kodiert oder keiner der anderen Kategorien zugeordnet werden.

Tabelle 18: Schülerverhalten in der Kleingruppenarbeit, N=179 (Die Färbung entspricht der in Abb. 21 dargestellten Zusammenfassung der Kategorien)

	Kategorie	*M*	SD	∅ - Dauer in min.
1	Zielfremd	.1088	.0830	10.9
2	Passiv (abwesend)	.1413	.0757	14.2
3	Passiv (aufmerksam)	.2747	.1054	27.5
4	Durchführung	.1173	.0637	11.7
5	Protokoll	.0510	.0598	5.1
6	Material	.0512	.0259	5.1
7	Abbau	.0508	.0283	5.1
8	Vorlesen	.0205	.0189	2.1
9	Still lesen	.0152	.0155	1.5
10	Aussage (Durchführung)	.0362	.0215	3.6
11	Problem/Frage (Durchführung)	.0067	.0071	0.7
12	Aussage (Arbeitsverteilung)	.0103	.0115	1.0
13	Hilfe (formal)	.0072	.0081	0.7
14	Hilfe (inhaltlich)	.0042	.0071	0.4
15	Aussage (Inhalt)	,0288	.0228	2.9
16	Problem/Frage (Inhalt)	,0048	.0075	0.5
17	Sonstiges	,0377	.0207	3.8
18	Nicht kodierbar	,0324	.0282	3.2

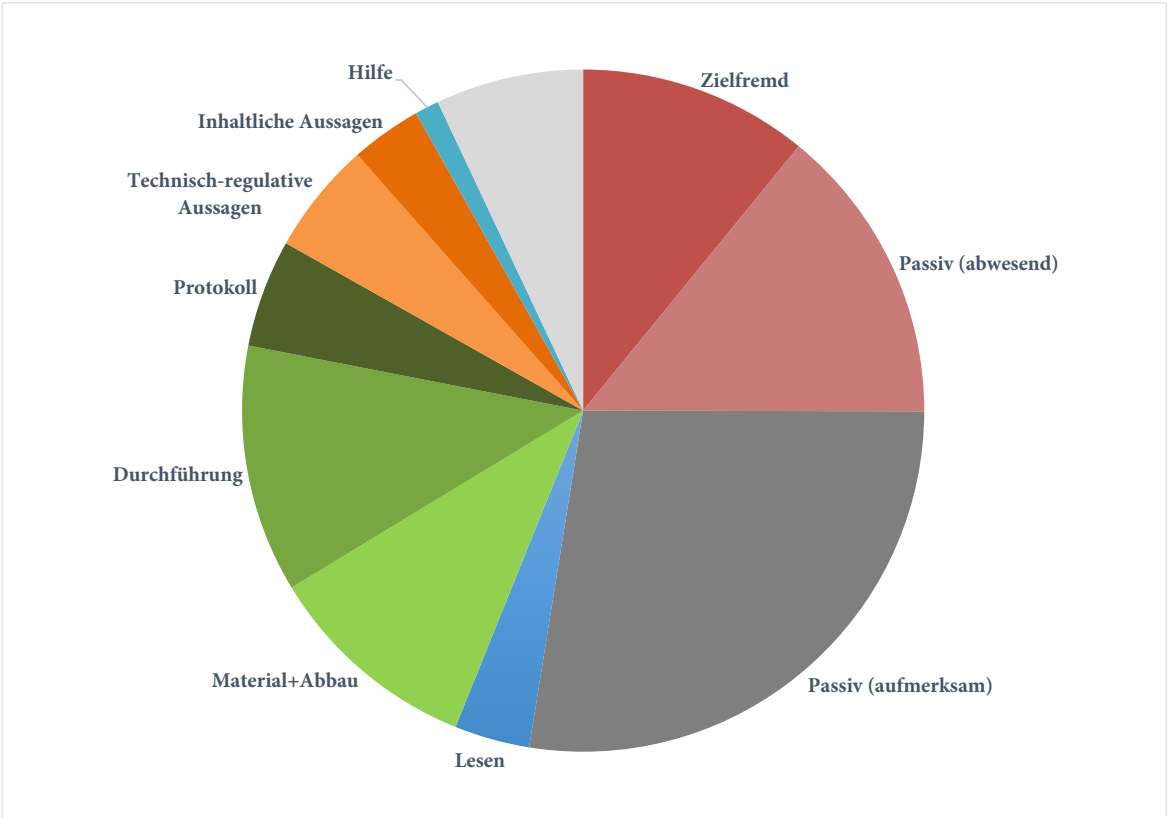


Abbildung 21: Verteilung der Aktivitäten in beiden Versuchsgruppen, N=64, Dauer (∅) = 100,17 Minuten

6.3.2 Vergleich der Geschlechter

Der Vergleich zwischen den männlichen und den weiblichen Probanden ergab durch die U-Testung nach Mann und Whitney für sechs Kategorien signifikante Unterschiede in den Mittelwerten (Tabelle 19). Abgesehen von der Kategorie „Still lesen" sind die durchschnittlichen Werte der männlichen Probanden in den jeweiligen Kategorien höher. Die Signifikanzen befinden sich alle auf dem 5%-Niveau und die entsprechenden Effektstärken sind noch im schwachen Bereich.

Tabelle 19: Kategorien mit signifikanten Unterschieden zwischen den Geschlechtern, N=64

Kategorie		♂		♀		U-Test			
		M	*SD*	*M*	*SD*	U	Z	Sig.	r
1	Zielfremd	.130	.087	.088	.075	358.5	-2.064	.039*	-.26
2	Passiv (abwesend)	.160	.075	.123	.073	359	-2.058	.040*	-.26
9	Still lesen	.012	.016	.019	.014	351.5	-2.223	.026*	-.28
7	Abbau	.058	.028	.044	.027	363	-2.014	.044*	-.25
4	Durchführung	.132	.064	.101	.060	365	-1.978	.048*	-.25

6.3.3 Vergleich der Versuchsgruppen

In Tabelle 20 sind die Messwerte von VG_A und VG_B in den einzelnen Verhaltenskategorien sowie die Ergebnisse der U-Testung auf Unterschiede in den Mittelwerten angeben. Signifikante Abweichungen zwischen den Versuchsgruppen bestehen in den Kategorien „Zielfremd", „Vorlesen" und „Hilfe (inhaltlich)". Bei der letztgenannten Kategorie muss allerdings berücksichtigt werden, dass das Studiendesign für die Probanden aus VG_B keine inhaltlichen Hilfen durch den Versuchsleiter vorsieht. Zu beachten sind daher vor allem die Abweichungen in Kategorie 1, die sehr signifikant sind. Die Schüler der VG_A verbringen durchschnittlich 14,1% der Zeit mit zielfremden Tätigkeiten, wohingegen der Wert in VG_B mit 7,7% deutlich geringer ausfällt. Diese Differenz entspricht einer Zeit von 6 Minuten und 25 Sekunden. Die Effektstärke für das Ergebnis liegt mit r =-.38 im mittleren Bereich. Bei der Tätigkeit des Vorlesens sind die Unterschiede hoch signifikant und die Effektstärke liegt an der Grenze zwischen einem mittleren und einem starken Effekt. In der Kategorie 3 wird die Signifikanzgrenze bei einer Wertedifferenz von 0,53 nur knapp verfehlt, in allen anderen Kategorien bestehen keine deutlichen Abweichungen der Mittelwerte.

Tabelle 20: Verhaltenskategorien im Vergleich zwischen den Versuchsgruppen; Mittelwerte, Standardabweichungen und Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests, N=64.

Kategorie		VG_A		VG_B		U-Test			
		M	*SD*	*M*	*SD*	U	Z	Sig.	r
1	Zielfremd	.141	.086	.077	.068	283.5	-3.073	**.002****	-.38
2	Passiv (abwesend)	.140	.087	.142	.063	456	-.753	.451	
3	Passiv (aufmerksam)	.248	.091	.301	.113	378	-1.802	.072	
4	Durchführung	.120	.078	.114	.047	501	-.148	.882	
5	Protokoll	.052	.072	.050	.044	437.5	-1.026	.305	
6	Material	.053	.029	.049	.023	467.5	-.602	.547	
7	Abbau	.050	.029	.056	.027	422	-1.216	.224	
8	Vorlesen	.013	.020	.028	.014	224	-3.942	**.000*****	-.49
9	Still lesen	.015	.017	.015	.013	474.5	-.519	.603	
10	Aussage (DF)	.038	.023	.034	.020	458.5	-.726	.468	
11	Probl./Frage (DF)	.007	.007	.006	.007	489.5	-.327	.743	
12	Aussage (Arbeitsverteil.)	.009	.009	.011	.011	465	-.673	.501	
13	Hilfe (formal)	.008	.008	.007	.007	470	-.613	.540	
14	Hilfe (inhaltlich)	.008	.008	.000	.000	208	-5.080	**.000*****	.64
15	Aussage (Inhalt)	.024	.018	.034	.026	405.5	-1.448	.148	
16	Probl./Frage (I.)	.006	.008	.003	.005	411.5	-1.589	.112	-
17	Sonstiges	.039	.027	.031	.030	467	-.516	.606	
18	Nicht kodierbar	.039	.018	.037	.023	466.5	-.617	.537	

Fasst man die Kategorien 3-16 als lernfördernde Kategorien zusammen und lässt bei der Berechnung die Kategorie „Hilfe (inhaltlich“) außen vor, so ergibt sich für VG_A ein Mittelwert von M = 0,64 (SD = 0,15) und für VG_B ein Wert von M = 0,71 (SD = 0,14). Demzufolge kann festgehalten werden, dass die Versuchsgruppe mit erweiterten Anleitungen 71% der Gesamtzeit ein positives Lernverhalten zeigt. In der Versuchsgruppe sind es hingegen nur 64%. Diese Differenz verfehlte im t-Test ($t(62) = -1.886$, $p = 0.06$) und im zur Absicherung durchgeführten Wilcoxon-Test ($W = 903.5$, $z = -1.8$, $p = 0.067$) die Signifikanzgrenze jedoch knapp.

6.3.4 Detailbetrachtung der Werteverteilung in den Kategorien

Aus der bisherigen Ergebnisdokumentation der Videoanalyse ist in einigen Verhaltenskategorien eine hohe Standardabweichung festzustellen. Dies lässt den Schluss zu, dass die Daten in den entsprechenden Kategorien streuen und der Mittelwert als Kennwert

der zentralen Tendenz allein nicht ausreicht, um den Datensatz repräsentativ zu beschreiben. Aus diesem Grund wird im Folgenden die Verteilung der Messwerte in den einzelnen Kategorien differenziert nach Versuchsgruppen genauer analysiert. Zur Veranschaulichung werden Boxplots verwendet.

Boxplots eignen sich *„[…] besonders gut für einen Vergleich zweier oder mehrerer Verteilungen bzw. Gruppen miteinander."* (Cleff, 2015, S. 54)

In den Kategorien, in denen signifikante Verhaltensunterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden nachgewiesen werden konnten, wird die Verteilung der Mittelwerte zusätzlich mit dem Geschlecht als Clustervariable abgebildet.

Des Weiteren werden die in den Kleingruppen gemessenen Minimal- und Maximalwerte sowie die entsprechende Variationsbreite („Range") tabellarisch aufgelistet, deskribiert und verglichen. Diese Darstellungsform erfolgt nur, wenn zuvor zwischen den Versuchsgruppen Unterschiede in der Dispersion der Werte ersichtlich wurden.

In den Kategorien „Problem/Frage (Inhalt), Problem/Frage (Durchführung), Hilfe (formal) und Hilfe (inhaltlich) wird nicht die Dauer der Tätigkeit, sondern die Häufigkeit des Auftretens dargestellt, da die Aussagekraft bei diesem Kennwert höher ist. So kann z.B. die Äußerung von Problemen und Verständnisschwierigkeiten oder einer Hilfestellung nur wenige Sekunden dauern, aber dennoch bedeutsam sein.

- „Zielfremd"

Die Verteilung der Messwerte in der Kategorie „Zielfremd" ist in Abbildung 22 dargestellt. Hinsichtlich der Lage des Medians zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen. Ebenso wie der Mittelwert (siehe Tab. 20) liegt der Median in der Versuchsgruppe mit den erweiterten Anleitungen deutlich niedriger. Weiterhin wird ersichtlich, dass die Spanne der Messwerte in VG_A (0,01 bis 0,33) größer ist als in VG_B (0,00 bis 0,21 mit einem oberen Ausreißerwert bei 0,26). Der Interquartilsbereich, also jener Bereich in dem sich die mittleren 50% der Daten befinden (die „Box"), ist ebenfalls deutlich größer. Es lässt sich demnach festhalten, dass die Messwerte aus VG_A in der Kategorie „Zielfremd" eine größere Streuung aufweisen. Die Lage des Medians in der Box lässt auf eine linksschiefe Verteilung der Werte in VG_B schließen.

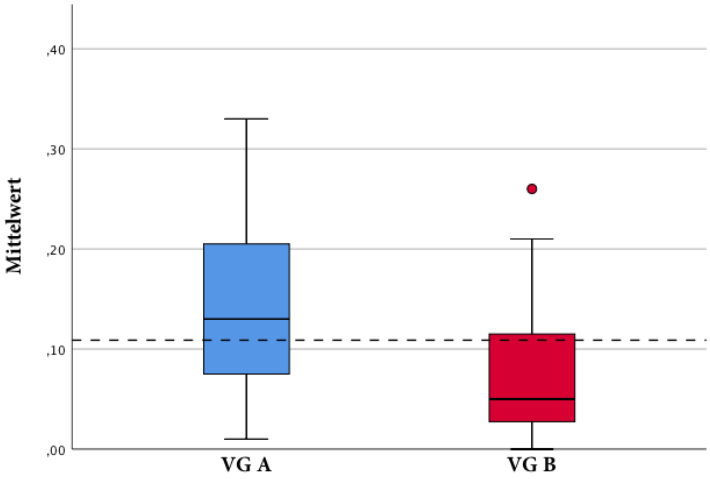


Abbildung 22: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie "Zielfremd" in beiden Versuchsgruppen (die Hilfslinie kennzeichnet den Mittelwert für VG_A+VG_B), N=64

Bei der Betrachtung des Ergebnisses unterteilt nach Geschlecht (Abb. 23) fällt vor allem auf, dass in VG_B die Mittelwerte der Schülerinnen, abgesehen von zwei Ausreißern, deutlich niedriger sind und eine geringere Variationsbreite aufweisen. Der Mittelwert für die weiblichen Probanden in VG_B liegt insgesamt bei M = 0,053 (SD = 0,049). Für die männlichen Probanden dieser Versuchsgruppe ist er mit M = 0,101 (SD = 0,076) fast doppelt so hoch. Dieser Unterschied ist signifikant (U= 76,5, p< .05).

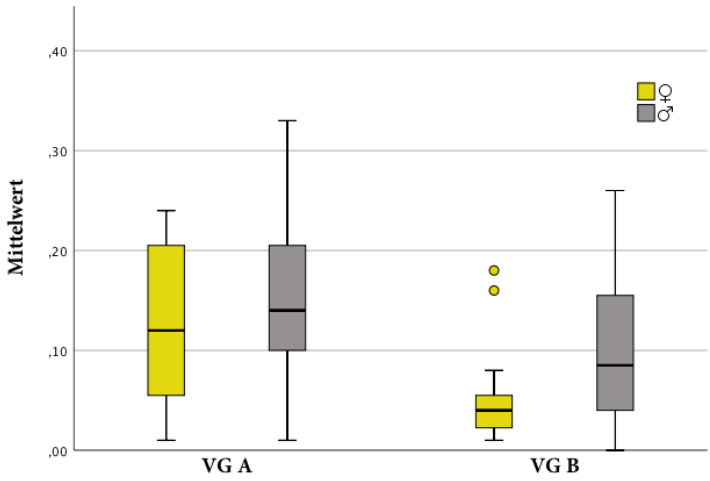


Abbildung 23: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Zielfremd“ in beiden Versuchsgruppen differenziert nach Geschlecht, N=64

Bei der Datenverteilung in VG_A ist ersichtlich, dass die Spannweite und das untere Quartil bei beiden Geschlechtern im Vergleich zu VG_B größer sind. Bei den Schülerinnen ist zudem der Interquartilsabstand deutlich größer. In Tabelle 21 sind die jeweils höchsten und niedrigsten Werte der Probanden aus den 16 Kleingruppen sowie deren Differenz

zusammengefasst. Die einzelnen Werte in VG_A sowie die durchschnittliche Differenz von 0,15 verdeutlichen, dass in dieser Versuchsgruppe nicht nur insgesamt, sondern auch innerhalb der Kleingruppen eine große Spannbreite in den Werten für zielfremdes Verhalten vorliegt. Bemerkenswert ist außerdem, dass in VG_A bei drei Kleingruppen (G_N 2, 3 u. 6) der Wert für den Probanden mit dem geringsten Zeitanteil innerhalb der Gruppe mit n = >.10 verhältnismäßig groß ist.

Tabelle 21: Statistische Kennwerte für die Kleingruppen (G_N) in der Kategorie „Zielfremd“: Minimum (M_i), Maximum(M_X) und Variationsbreite ($R=M_X-M_i$)

VG_A				**VG_B**			
G_N	M_x	M_i	R	G_N	M_x	M_i	R
1	.20	.02	.18	*9*	.13	.04	.09
2	.33	.13	.20	*10*	.10	.04	.06
3	.24	.11	.13	*11*	.07	.02	.05
4	.12	.05	.07	*12*	.19	.06	.13
5	.23	.06	.17	*13*	.06	.01	.05
6	.21	.12	.09	*14*	.04	.02	.02
7	.21	.01	.20	*15*	.18	.00	.18
8	.13	.01	.12	*16*	.26	.02	.24
∅	**.21**	**.06**	**.15**		**.13**	**.03**	**.10**

- „Passiv (abwesend)“

In der Kategorie für passives, abwesendes Verhalten sind die Werte für das Maximum (0,28 und 0,27) und das Minimum (0,02) in den beiden Versuchsgruppen ähnlich bzw.

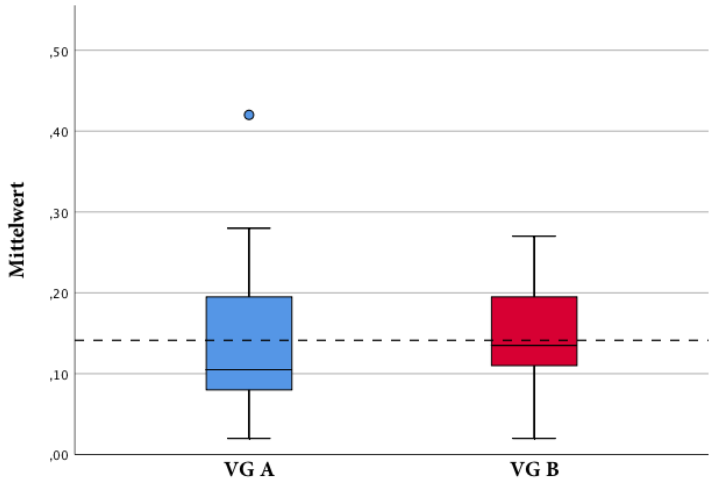


Abbildung 24: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie "Passiv (abwesend)" in beiden Versuchsgruppen, N=64

gleich (Abb. 24). In VG_B liegt allerdings mit einem Wert von 0,42 noch ein Ausreißer vor. Zudem ist der Interquartilsabstand in dieser Gruppe größer.

Für diese Kategorie konnte ein signifikanter Mittelwertunterschied zwischen den Geschlechtern nachgewiesen werden, weshalb auch diese Verteilung genauer betrachtet wird (Abb.25.).

Die Werteverteilung für die weiblichen Probanden ist in beiden Versuchsgruppen ähnlich. Bei den männlichen Probanden zeigt sich hingegen ein differenziertes Bild. In VG_B liegt der Minimalwert etwas höher, die Streubreite ist jedoch wesentlich geringer als in VG_A. Die auffallende Länge des oberen Quartils ist darauf zurückzuführen, dass der Ausreißerwert 0,42 aufgrund der geringeren Stichprobengröße nicht mehr als solcher dargestellt wird. Der nächst tiefer gelegene Wert beträgt 0,26. In VG_B ist der Mittelwertunterschied zwischen den Geschlechtern signifikant ($U = 78$, $p < .05$).

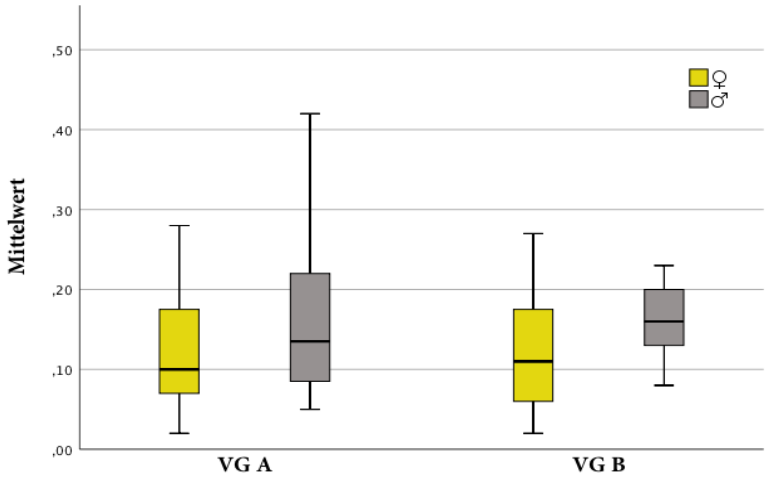


Abbildung 25: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Passiv (abwesend)“ in beiden Versuchsgruppen differenziert nach Geschlecht, N=64

Die Minimal- und Maximalwerte aus den Kleingruppen (Tab. 22) zeigen, dass auch innerhalb der Kleingruppen die Werte für passives, abwesendes Verhalten deutlich in der Breite variieren. Insgesamt fallen die Differenzen in den Kleingruppen von VG_B geringer aus. Dies gilt auch, wenn man den Ausreißer (G_N 8) nicht berücksichtigt und stattdessen den zweithöchsten Wert aus dieser Kleingruppe miteinbezieht. Die Differenz liegt dann im Durchschnitt für VG_A bei 0,16. Beachtlich sind außerdem die abweichenden Minimalwerte in den Kleingruppen 9 und 15.

Tabelle 22: Statistische Kennwerte der Kleingruppen (G_N) in der Kategorie „Passiv (abwesend)“: Minimum (M_i), Maximum(M_X) und Variationsbreite (R)

VG_A				**VG_B**			
G_N	M_x	M_i	R	G_N	M_x	M_i	R
1	.28	.06	.22	*9*	.27	.16	.11
2	.20	.03	.17	*10*	.17	.08	.09
3	.23	.08	.15	*11*	.14	.05	.09
4	.16	.02	.14	*12*	.20	.08	.12
5	.25	.08	.17	*13*	.16	.02	.14
6	.19	.08	.11	*14*	.23	.04	.19
7	.26	.06	.20	*15*	.20	.12	.08
8	.42	.06	.36	*16*	.20	.07	.13
∅	**.24**	**.05**	**.19**		**.19**	**.07**	**.12**

- „Passiv (aufmerksam)“

In dieser Kategorie weisen beide Versuchsgruppen eine hohe Spannweite in den Messwerten auf. In VG_A liegt die Differenz zwischen dem höchsten und den niedrigsten Wert bei 0,37. In VG_B beträgt sie sogar 0,49, wobei die beiden höchsten Werte Ausreißer nahe am Whisker sind. Der Interquartilsabstand ist in dieser Gruppe etwas geringer und der obere Quartilsbereich größer. Durch die Betrachtung des Medians fällt auf, dass die Daten in VG_A leicht und in VG_B deutlich rechtsschief verteilt sind.

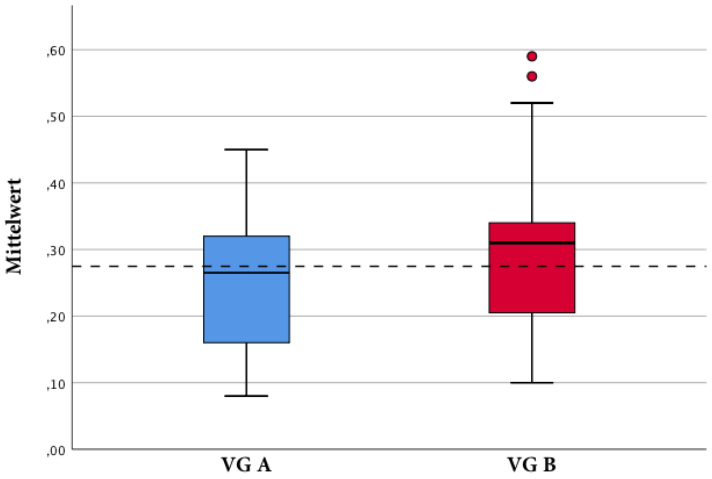


Abbildung 26: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie "Passiv (aufmerksam)" in beiden Versuchsgruppen, N=64

Wie aus Tabelle 23 deutlich wird, führen die hohen Werte auch innerhalb der Kleingruppen zum Teil zu einer großen Differenz zwischen dem maximalen und dem minimalen

Wert. Durchschnittlich beträgt die Variationsbreite bei passiv, aufmerksamem Verhalten in VG_A 18% und in VG_B 22% der Arbeitsdauer.

Tabelle 23: Statistische Kennwerte der Kleingruppen (G_N) in der Kategorie „Passiv (aufmerksam)“: Minimum (M_i), Maximum(M_X) und Variationsbreite (R)

VG_A				**VG_B**			
G_N	M_x	M_i	R	G_N	M_x	M_i	R
1	.36	.16	.20	9	.44	.24	.20
2	.17	.08	.09	10	.52	.18	.34
3	.33	.12	.21	11	.59	.34	.25
4	.45	.20	.25	12	.31	.10	.21
5	.36	.16	.20	13	.56	.30	.26
6	.32	.15	.17	14	.39	.19	.20
7	.34	.21	.13	15	.30	.16	.14
8	.35	.16	.19	16	.31	.17	.14
∅	**.34**	**.16**	**.18**		**.43**	**.21**	**.22**

- „Durchführung“

Die in Abbildung 27 dargestellten Lageparameter verdeutlichen, dass die Dispersion der Daten in dieser Kategorie bei den Versuchsgruppen unterschiedlich ist. In VG_B liegt das Minimum bei 0,4 und das Maximum bei 0,22. Die zentralen 50% der Daten liegen im Wertebereich zwischen 0,8 und 0,14 und sind dort symmetrisch verteilt. In VG_A ist die Spannweite deutlich höher. Sie reicht von 0,00 bis 0,28 mit einem nahegelegenen Ausreißerwert bei 0,31. Der Interquartilsbereich ist im Vergleich zu VG_B um das 1,5-fache größer.

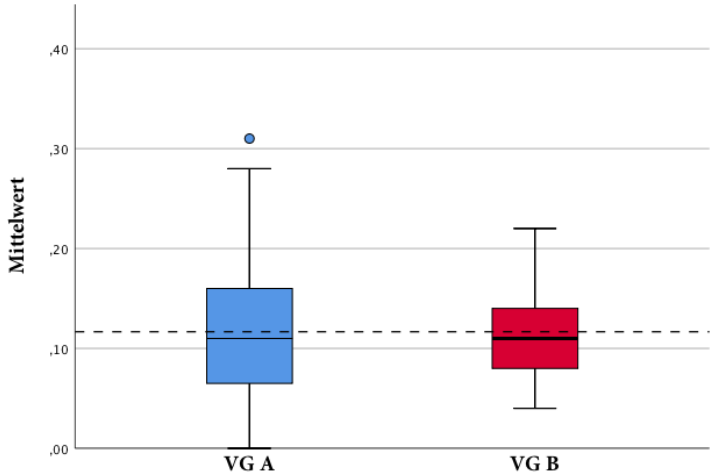


Abbildung 27 : Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Durchführung“ in beiden Versuchsgruppen, N=64

In der Grafik zur geschlechtsspezifischen Verteilung (Abb. 28) wird ersichtlich, dass in dieser Kategorie statistisch bedeutsame Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Teilnehmern bestehen. Auffällig ist vor allem die ungleiche Verteilung in VG_A. Dort sind die zentralen 50% der Daten bei den Schülern breiter gestreut und höher gelegen (0,09 – 0,21) als bei den Schülerinnen (0,05 – 0,12). Im Gegensatz dazu ist die Spannbreite in VG_B bei beiden Geschlechtern wesentlich geringer. Bei ausschließlicher Betrachtung dieser Versuchsgruppe, sind die Unterschiede zwischen den Mittelwerten bei Schülern und Schülerinnen in der Kategorie „Durchführung“ nicht signifikant (U = 124.5, p = .89).

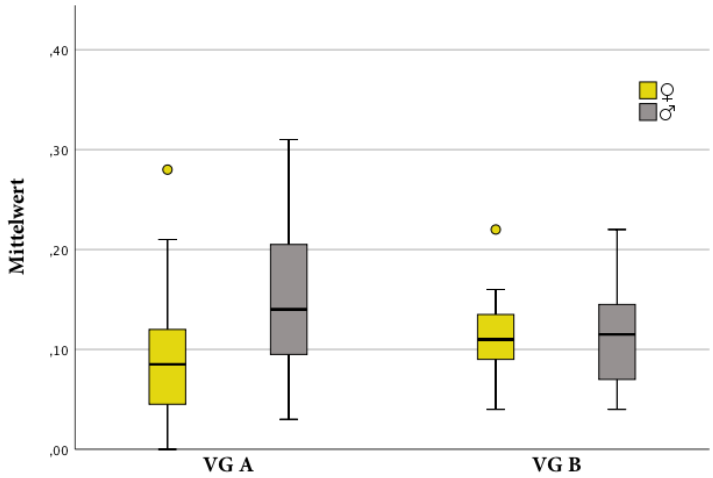


Abbildung 28: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Durchführung“ in beiden Versuchsgruppen differenziert nach Geschlecht, N=64

Die Kennwerte der Kleingruppen (Tab. 24) verdeutlichen ebenfalls, dass in VG_A die Werte stärker variieren. In der Hälfte der Kleingruppen aus VG_A liegt das Maximum bei 0,22 oder höher und in zwei Kleingruppen (G_N 1 und 4) ist mindestens ein Proband nicht an der Durchführung beteiligt. Dies trägt zu einem auffallenden Unterschied im Minimum bei.

Tabelle 24: Statistische Kennwerte für die Kleingruppen (G_N) in der Kategorie „Durchführung“: Minimum (M_i), Maximum(M_X) und Variationsbreite (R)

VG_A				**VG_B**			
G_N	M_x	M_i	R	G_N	M_x	M_i	R
1	.28	.00	.28	9	.15	.09	.06
2	.16	.04	.12	10	.19	.06	.13
3	.12	.05	.07	11	.16	.10	.06
4	.23	.00	.23	12	.22	.04	.18
5	.22	.08	.14	13	.14	.06	.08
6	.14	.09	.05	14	.17	.07	.10
7	.31	.06	.25	15	.13	.11	.02
8	.23	.03	.20	16	.22	.04	.18
∅	**.21**	**.04**	**.17**		**.17**	**.07**	**.10**

➢ „Protokoll“

Dem Schaubild zur Mittelwertverteilung in der Kategorie Protokoll (Abb. 29) ist zu entnehmen, dass der Bereich für das Interquartil in beiden Versuchsgruppen bei niedrigen Werten (0,00 bzw. 0.01) beginnt. Der Maximalwert liegt in VG_A bei 0,22 und in VG_B bei 0,17 (ein Ausreißer sehr nahe am oberen Quartil). Die Form der Verteilung ist in VG_A deutlich linksschief.

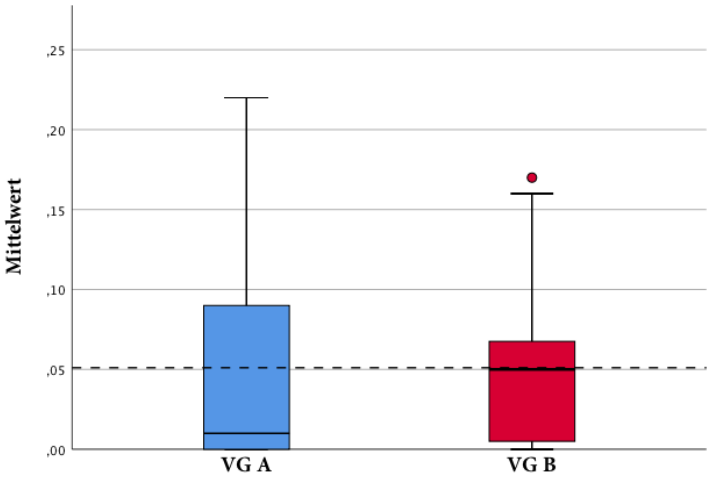


Abbildung 29: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Protokoll“ in beiden Versuchsgruppen, N=64

Betrachtet man die Minimalwerte in Tabelle 25 so wird deutlich, dass sich bei der Mehrzahl der Kleingruppen mindestens eine Person im Klimalabor nicht am Protokollieren beteiligt. In VG_B sind die mit 0,07 bzw. 0,08 verhältnismäßig niedrigen Maximalwerte in den Gruppen 10,11,13 und 14 erwähnenswert. Mit Ausnahme von G_N 11 gab es in diesen Kleingruppen auch keinen Schüler, der unbeteiligt am Erstellen des Protokolls war.

Tabelle 25: Statistische Kennwerte der Kleingruppen (G_N) in der Kategorie „Protokoll“: Minimum (M_i), Maximum(M_X) und Variationsbreite (R)

VG_A				**VG_B**			
G_N	M_x	M_i	R	G_N	M_x	M_i	R
1	.10	.00	.10	9	.16	.00	.16
2	.22	.00	.22	10	.08	.01	.07
3	.12	.00	.12	11	.07	.00	.07
4	.18	.00	.18	12	.17	.00	.17
5	.10	.00	.10	13	.08	.05	.03
6	.12	.00	.12	14	.07	.03	.04
7	.21	.00	.21	15	.10	.00	.10
8	.10	.00	.10	16	.11	.00	.11
∅	**.14**	**.00**	**.12**		**.11**	**.01**	**.10**

Anhand der Abbildung 30 wird ersichtlich, dass bei dieser Kategorie in der Werteverteilung zwischen den Geschlechtern in VG_A deutliche Unterschiede bestehen. Die Streuung der Werte ist bei den weiblichen Probanden besonders groß und bei den männlichen Probanden, abgesehen von drei Ausreißern, besonders gering. Diese Differenzen sind signifikant ($U = 55{,}5$, $p < .05$)

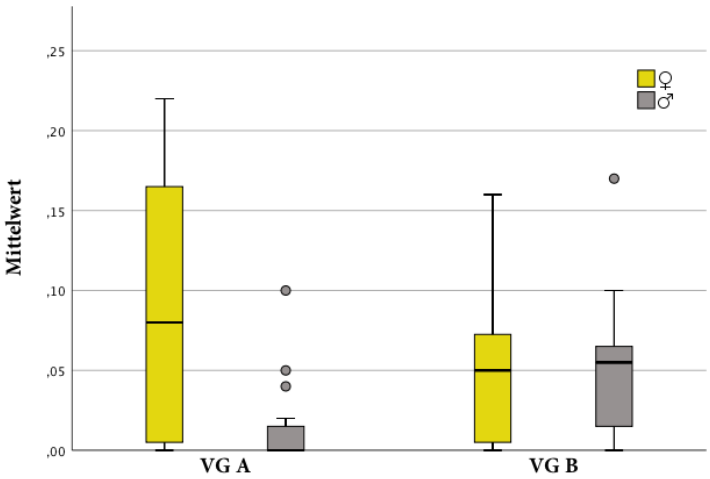


Abbildung 30: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Protokoll“ in beiden Versuchsgruppen differenziert nach Geschlecht, N=64

- „Material“

Die Streuungsmaße variieren in der Kategorie „Material“ in geringerem Umfang als in anderen Verhaltenskategorien. Aus der Abbildung 31 geht hervor, dass das Maximum in VG_A um 0,2 höher und im Bereich des Interquartils geringfügig höhere Werte liegen als in VG_B

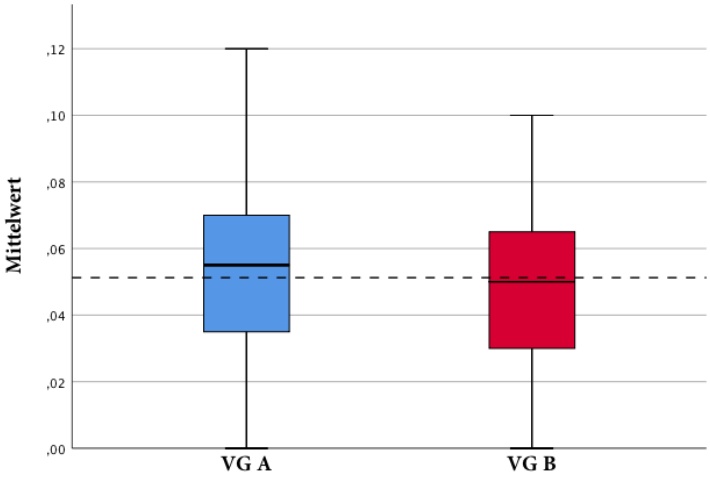


Abbildung 31: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Material“ in beiden Versuchsgruppen, N=64

- „Abbau“

Die Abbildung 32 zeigt, dass die Kategorie „Abbau“ in beiden Versuchsgruppen einen Minimalwert von 0,00 aufweist. Demzufolge waren sowohl in VG_A als auch in VG_B einige der Probanden nicht am Abbau der drei Stationen beteiligt.

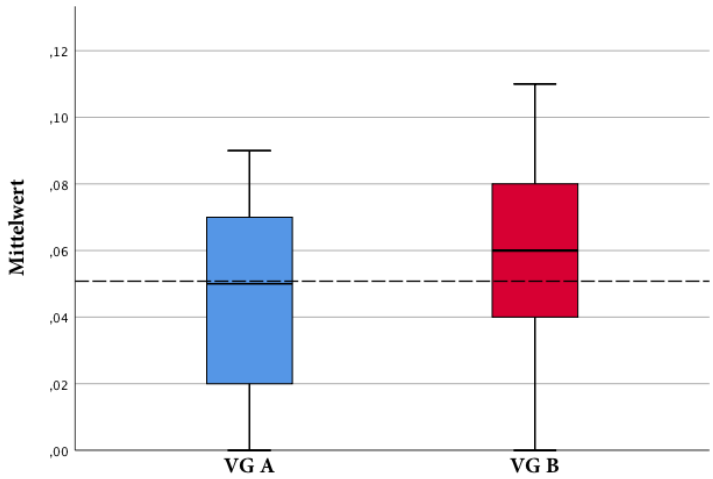


Abbildung 32: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Abbau“ in beiden Versuchsgruppen, N=64

Der tabellarischen Übersicht der Variationsbreite ist zu entnehmen, dass es in den Versuchsgruppen je zwei Kleingruppen gab, in denen mindestens eine Person keine Kodierung in dieser Kategorie erhalten hat. Der Maximalwert liegt in VG_A bei 0,09 und in VG_B bei 0,11. Der Interquartilsabstand ist in VG_B geringer und die Hälfte der Werte lagen im Bereich zwischen 0,04 und 0,08.

Tabelle 26: Statistische Kennwerte der Kleingruppen (G_N) in der Kategorie „Abbau“: Minimum (M_i), Maximum(M_X) und Variationsbreite (R)

VG_A				**VG_B**			
G_N	M_x	M_i	R	G_N	M_x	M_i	R
1	.08	.02	.06	9	.11	.00	.11
2	.09	.02	.07	10	.08	.05	.03
3	.09	.02	.07	11	.09	.02	.07
4	.09	.01	.08	12	.09	.00	.09
5	.08	.00	.08	13	.08	.05	.03
6	.07	.03	.04	14	.08	.05	.03
7	.06	.00	.06	15	.09	.06	.03
8	.07	.01	.06	16	.08	.03	.05
∅	**.08**	**.01**	**.07**		**.09**	**.03**	**.06**

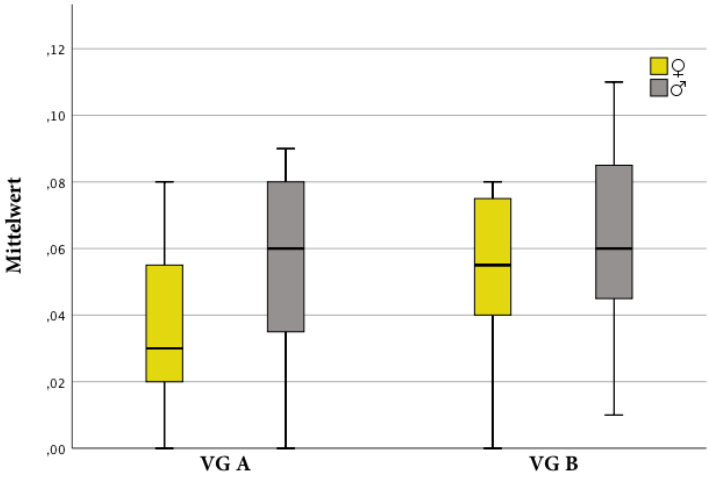


Abbildung 33: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Abbau“ in beiden Versuchsgruppen differenziert nach Geschlecht, N=64

Da in dieser Kategorie signifikante Mittelwertsunterschiede zwischen den Geschlechtern nachgewiesen wurden, wird die entsprechende Werteverteilung ebenfalls dargestellt (Abb. 33). Alle Boxen besitzen eine recht große Spannweite (0,8 - 0,10). Auffällig ist der niedrige Interquartilsbereich mit einer linksschiefen Verteilung bei den weiblichen Probanden aus VG_A.

- „Vorlesen“

In der Kategorie „Vorlesen“ fallen bei Betrachtung der Abbildung 34 deutliche Unterschiede auf. In VG_A sind 75% der Werte im Bereich zwischen 0 und 0,02 (mit zwei Ausreißern bei 0,06 und 0,07). In VG_2 liegen 50% der Werte symmetrisch im Bereich zwischen 0,02 und 0,04 verteilt.

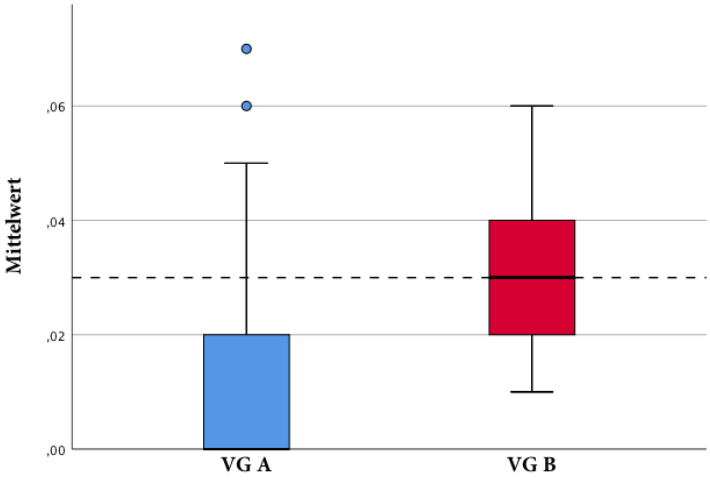


Abbildung 34: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Vorlesen“ in beiden Versuchsgruppen, N=64

Die Tabelle 27 gibt Aufschluss darüber, dass in VG_A in sieben der acht Kleingruppen das niedrigste Wert bei 0,00 liegt, wohingegen in VG_B in jeder Kleingruppe ein Minimumwert 0,01 oder 0,02 gemessen wurde.

Tabelle 27: Statistische Kennwerte der Kleingruppen (G_N) in der Kategorie „Vorlesen“: Minimum (M_i), Maximum (M_X) und Variationsbreite (R)

VG_A				**VG_B**			
G_N	M_X	M_i	R	Gn	M_X	M_i	R
1	.03	.00	.03	9	.04	.01	.03
2	.05	.00	.05	10	.05	.01	.04
3	.01	.00	.01	11	.06	.02	.04
4	.06	.01	.05	12	.05	.02	.03
5	.05	.00	.05	13	.05	.01	.04
6	.03	.00	.03	14	.04	.02	.02
7	.07	.00	.07	15	.05	.02	.03
8	.04	.00	.04	16	.04	.01	.03
∅	**.04**	**.00**	**.04**		**.05**	**.01**	**.04**

- „Still lesen“

Die Boxplots zur Mittelwertverteilung bei der Tätigkeit „Still lesen“ zeigen auf den ersten Blick ein vergleichbares Bild (Abb.35). Die Spannweite der Daten beträgt 0,04 und 75% der Daten liegen unterhalb eines Wertes von 0,03 bzw. 0,02. Auffällig sind zwei Ausreißer in VG_A, die 6 bzw. 7% der Gesamtzeit mit stillem Lesen verbracht haben.

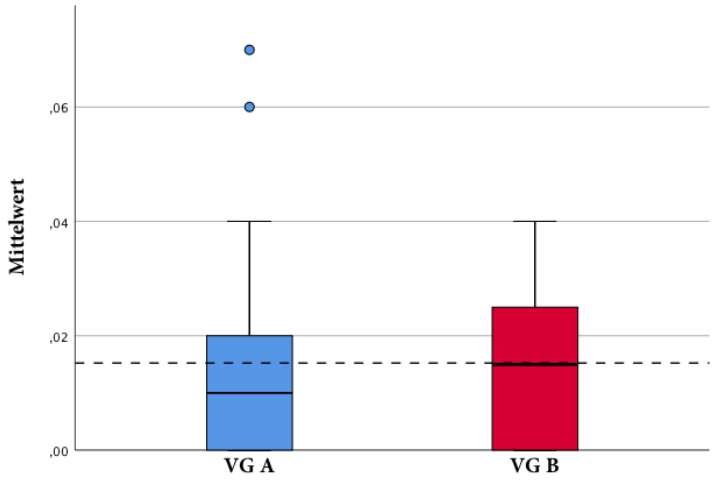


Abbildung 35: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Still lesen“ in beiden Versuchsgruppen, N=64

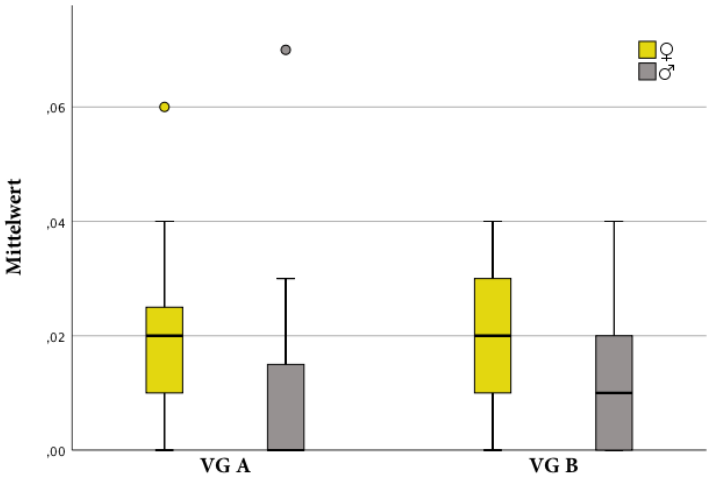


Abbildung 36: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Still lesen“ in beiden Versuchsgruppen differenziert nach Geschlecht, N=64

Für diese Kategorie konnten signifikante Geschlechtsunterschiede nachgewiesen werden. Abbildung 36 verdeutlicht durch die höher gelegenen Interquartile und Mediane, dass die weiblichen Probanden mehr Zeit in dieser Kategorie verbracht haben.

Der höchste Ausreißerwert ist allerdings einem männlichen Probanden zuzuordnen. Da in allen Kleingruppen der Minimalwert bei 0 und der Maximalwert, abgesehen von diesem Ausreißer, zwischen 0,02 und 0,04 liegt, wird auf die tabellarische Darstellungsform verzichtet.

- „Aussage zur Durchführung“ und „Aussage zur Arbeitsverteilung“

Die Verteilungen der Werte für die beiden Kategorien „Aussage zur Durchführung“ und „Aussage zur Arbeitsverteilung“ weisen zwischen den Versuchsgruppen recht geringe Abweichungen auf. Da dies auch für die Minimal- und Maximalwerte der Kleingruppenmitglieder gilt, erfolgt auch hier keine tabellarische Auflistung der Werte.

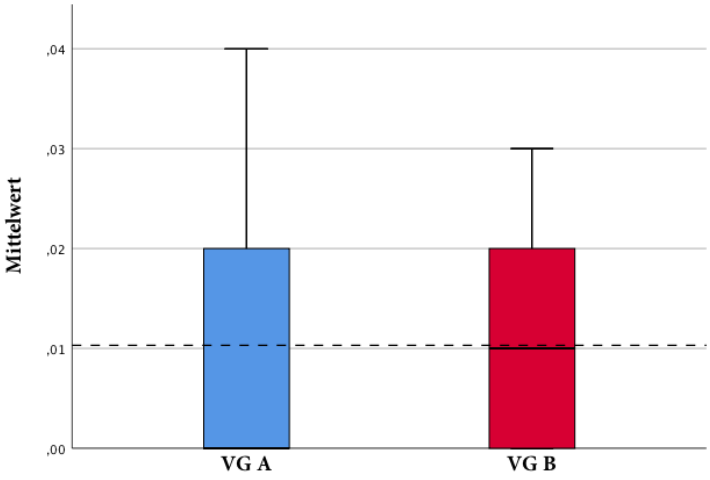


Abbildung 37: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Aussagen zur Durchführung“ in beiden Versuchsgruppen, N=64

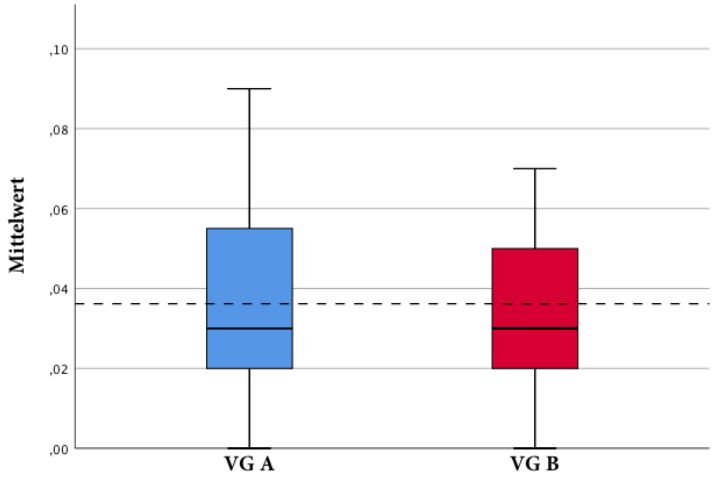


Abbildung 38: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Aussage zur Arbeitsverteilung“ in beiden Versuchsgruppen, N=64

- „Problem / Frage (Durchführung)“ und „Problem / Frage (Inhalt)“

In Abbildung 39 und 40 sind die absoluten Häufigkeiten von Problemäußerungen oder aufgeworfenen Fragen zur Durchführung bzw. zum Inhalt dargestellt. In der Kategorie „Problem/Frage (Durchführung)“ sind nur geringe Unterschiede zu verzeichnen. Es haben insgesamt 37 Probanden Äußerungen in dieser Kategorie getätigt. Davon entfallen 17 Probanden auf VG_A (mit 34 Äußerungen) und 20 auf VG_B (40 Äußerungen).

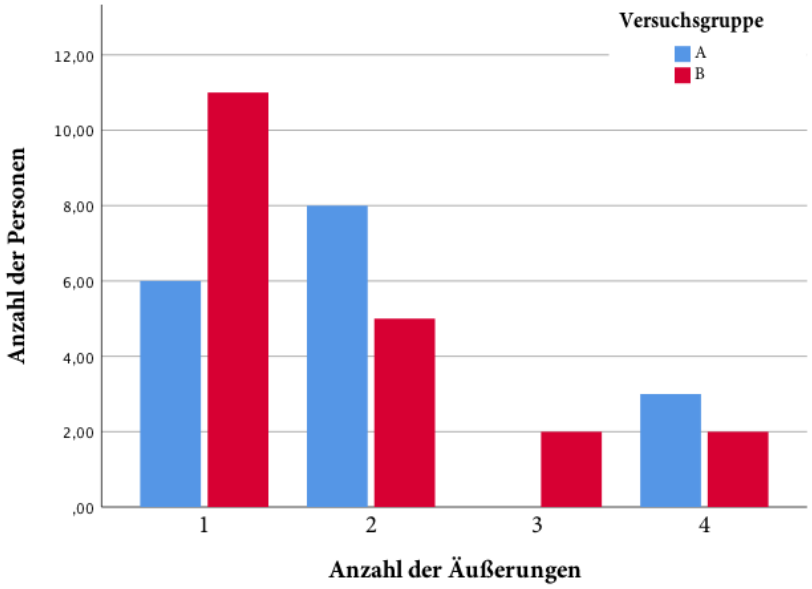


Abbildung 39: Absolute Häufigkeiten der Äußerungen in der Kategorie „Problem/Frage (Durchführung)“ in beiden Versuchsgruppen, N=37

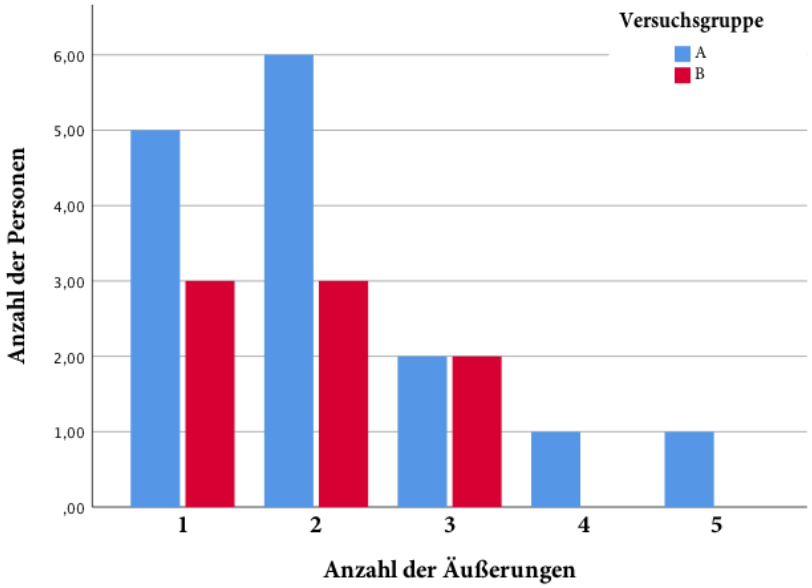


Abbildung 40: Absolute Häufigkeiten der Äußerungen in der Kategorie „Problem/Frage (Inhalt)“, N=23

In der Kategorie „Problem/Frage (Inhalt) sind die Abweichungen zwischen den Versuchsgruppen auffälliger. Hier haben insgesamt 23 Probanden Äußerungen getätigt, wovon 15 auf VG_A entfallen. In dieser Versuchsgruppe haben demnach fast doppelt so viele Personen inhaltliche Probleme oder Fragen gehabt und dies auch mehrfach geäußert.

- „Hilfe (formal)“ und „Hilfe (Inhalt)“

In Tabelle 28 ist die Anzahl an geleisteten formalen Hilfestellungen pro Kleingruppe aufgelistet. Etwas mehr als die Hälfte aller Gruppen hat mindestens eine Unterstützung in diesem Bereich bekommen. In VG_A wurden drei Hilfestellungen mehr gegeben.

Tabelle 28: Anzahl der formalen Hilfestellungen in den Kleingruppen, N=16

VG_A		**VG_B**	
G_N	Anz.	G_N	Anz.
1	1	9	1
2	0	10	2
3	3	11	0
4	0	12	0
5	0	13	1
6	2	14	0
7	2	15	2
8	1	16	0
Σ	**9**		**6**

Die Unterstützungsmaßnahmen im inhaltlichen Bereich waren unterschiedlich und können daher nicht direkt miteinander verglichen werden. In VG_A haben vier der acht Kleingruppen Hilfe durch den Versuchsleiter in Anspruch genommen. Zwei der Gruppen erhielten eine, die anderen beiden Gruppen zwei Hilfestellungen. Der „Rettungsring" der erweiterten Anleitung wurde von allen acht Kleingruppen aus VG_B genutzt. Eine Gruppe nahm ihn allerdings nur bei einer der drei Stationen zu Hilfe.

- „Aussage (Inhalt)"

Die Versuchsgruppen weichen in den Streuungsparametern zur Kategorie „Aussage (Inhalt)" voneinander ab (Abb. 41). Das Minimum ist mit 0.00 noch gleich, doch das Maximum liegt in VG_B deutlich höher bei 0,09. In VG_B fällt die, im Vergleich betrachtet, breite Streuung der oberen 75% der Daten auf.

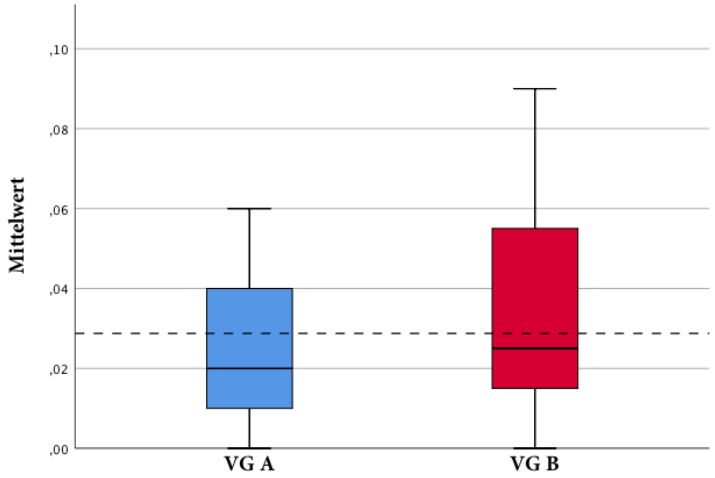


Abbildung 41: Verteilung der Mittelwerte in der Kategorie „Aussage (Inhalt)" in beiden Versuchsgruppen, N=64

Den Werten zur Variationsweite in den Kleingruppen kann entnommen werden, dass in etwas über der Hälfte aller Kleingruppen mindestens ein Proband keine inhaltbezogene Äußerung getätigt hat. Aufgrund des durchschnittlich höheren Maximums ergibt sich für die Kleingruppen aus VG_B für die Kategorie „Aussage (Inhalt)" eine höhere Variationsweite.

Tabelle 29: Statistische Kennwerte der Kleingruppen (G_N) in der Kategorie „Vorlesen“: Minimum (M_i), Maximum(M_X) und Variationsbreite (R)

VG_A				VG_B			
G_N	M_X	M_i	R	G_N	M_X	M_i	R
1	.03	.01	.02	9	.03	.00	.03
2	.02	.00	.02	10	.07	.01	.06
3	.03	.00	.02	11	.09	.02	.07
4	.05	.03	02	12	.06	.00	.06
5	.05	.02	.03	13	.08	.02	.06
6	.04	.00	.04	14	.07	.01	.06
7	.05	.00	.05	15	.05	.00	.05
8	.06	.00	.06	16	.07	.00	.07
∅	**.04**	**.01**	**.03**		**.07**	**.01**	**.06**

6.3.5 Qualität der inhaltsbezogenen Aussagen

Die Analyse der Qualität der inhaltbezogenen Aussagen ergab, dass in VG_A und VG_B je 26 Schüler inhaltsbezogene Äußerungen getätigt haben. Demzufolge haben über 80% der Probanden über die Untersuchungsdauer hinweg mindestens eine inhaltsbezogene Äußerung abgegeben. Durch den U-Test konnte ermittelt werden, dass sich die Versuchsgruppen in der Gesamtzahl an korrekten inhaltlichen Äußerungen nicht signifikant voneinander unterschieden (U = 457, z = -7.42, p = .45). Die Auswertung der Häufigkeit der Äußerungen zeigt allerdings, dass hinsichtlich der Komplexität Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen bestehen. Im Faktenniveau ist die Differenz der Mittelwerte nicht signifikant (U = 477, p = .633), aber bei den Zusammenhängen schneidet VG_B besser ab (U = 366,5, p = .041**, r = -.25).

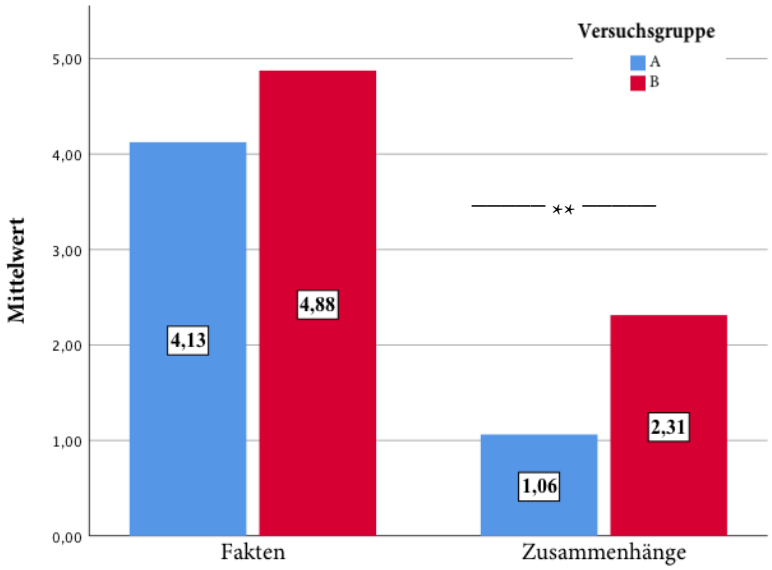


Abbildung 42: Häufigkeit von inhaltsbezogenen Äußerungen in beiden Versuchsgruppen differenziert nach Komplexitätsniveau, N=64

Hinsichtlich der kognitiven Prozesse konnten auf Faktenniveau keine bedeutsamen Unterschiede festgestellt werden. Sowohl beim Reproduzieren als auch beim Selegieren weist VG_A etwas höhere Werte auf. Bei der U-Testung erwiesen sich die Unterschiede aber als nicht signifikant (U = 475.5, p = .61 und U = 491.5, p = .77).

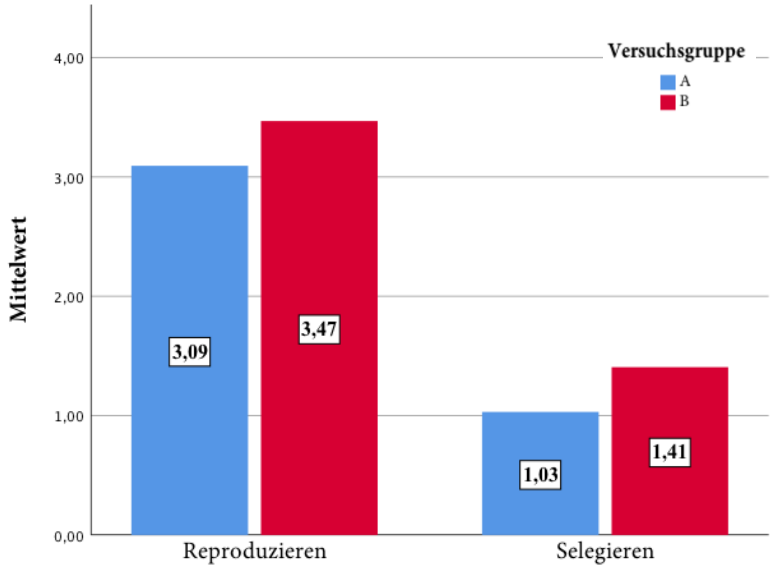


Abbildung 43: Häufigkeit inhaltsbezogener Äußerungen auf Faktenniveau differenziert nach kognitivem Prozess, N=64

Auf Zusammenhangsniveau ergaben sich hingegen auch hinsichtlich der beteiligten kognitiven Prozesse Unterschiede zwischen VG_A und VG_B. Signifikant sind diese beim Selegieren und Organisieren (U = 358, p = .007**, r = .34) und beim Integrieren (U = 411.5, p = .047*, r = 0.24).

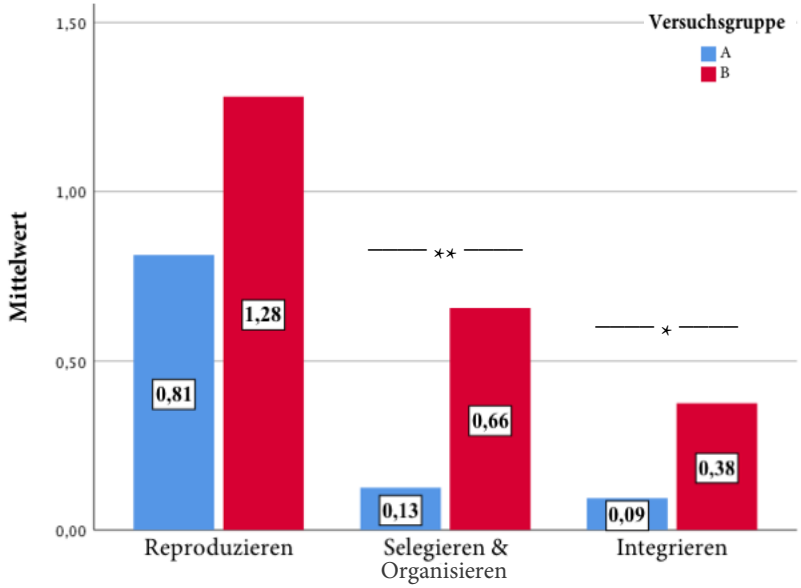


Abbildung 44: Häufigkeit inhaltsbezogener Äußerungen auf Zusammenhangsniveau differenziert nach kognitivem Prozess, N=64

6.3.6 Zusammenhänge zwischen dem Schülerverhalten und Sachinteressen

In der Tabelle 30 sind diejenigen Kategorien abgebildet, in denen mindestens ein signifikanter Zusammenhang zu den beiden Interessensbereichen ermittelt wurde. Für das Sachinteresse an den Naturwissenschaften konnten insgesamt nur drei moderate Korrelationen mit unterschiedlichen Kategorien gemessen werden.

Tabelle 30: Signifikante Korrelationen (nach Pearson) zwischen Sachinteressen und Verhaltenskategorien unterteilt nach Versuchsgruppen, N=64

		VG_A		**VG_B**	
		Sachinteresse Naturwissenschaften	*Sachinteresse Experimentieren*	*Sachinteresse Naturwissenschaften*	*Sachinteresse Experimentieren*
1	Zielfremd				**-.379***
2	Passiv (abwesend)				**-.404**
4	Durchführung		**.449***		
6	Material	**.368***	**.353***		
9	Still lesen			**.382***	
10	Aussage (DF)		**.412***		**.527****
12	Aussage (Arbeitsverteil.)			**.367***	**.556***
15	Aussage (Inhalt)		**.364***		

Im Hinblick auf die Zusammenhänge mit dem Sachinteresse am Experimentieren zeigt sich in den beiden Versuchsgruppen ein deutlicher Unterschied. In VG_A bestehen Korrelationen mit je zwei zentralen Kategorien aus dem Bereich der verbalen Äußerungen und den untersuchungsbezogenen Handlungen. In VG_B sind hingegen nur positive Zusammenhänge mit technisch-regulativen Äußerungen vorhanden. Zudem gibt es negative Korrelationen mit den beiden Kategorien, die unerwünschtes Lernverhalten abbilden.

6.3.7 Kognitive Belastung

Die Tabelle 31 verdeutlicht, dass die Probanden der VG_B alle drei Stationen als etwas schwieriger empfunden haben. Diese Unterschiede bewegen sich jedoch allesamt unterhalb der Signifikanzgrenze.

Tabelle 31: Wahrgenommene kognitive Belastung der beiden Versuchsgruppen zur Arbeit an den drei Stationen, N=178

Station	VG_A		VG_B	
	M	*SD*	*M*	*SD*
Meer als CO_2-Speicher (1)	3.97	1.61	4.48	1.96
Meeresspiegelanstieg (2)	4.24	1.82	4.58	1.94
Ozeanversauerung (3)	3.75	1.50	4.16	1.84

7 Diskussion

Das zentrale Anliegen dieser Arbeit besteht in der Beantwortung von zwei Fragekomplexen. Zum einen sollte herausgefunden werden, welche Lernwirkung das konzipierte Lehr-Lernlabor bei Schülern der Sekundarstufe I im Hinblick auf kognitive und affektive Konstrukte hatte. Zum anderen bestand das Forschungsinteresse in einer weniger outputorientierten, sondern vielmehr prozessbasierten Analyse des Schülerverhaltens beim Durchführen naturwissenschaftlicher Untersuchungen in Kleingruppen. Von besonderem Interesse waren dabei die Verhaltensunterschiede, die sich durch die Form der Instruktion ergeben haben. Mit dem Ziel, die Arbeitsverteilung gleichmäßiger zu gestalten und die Lernwirksamkeit insgesamt zu erhöhen, wurden im Rahmen dieser Arbeit die in der schulischen und außerschulischen Praxis oft eingesetzten Schritt-für-Schritt-Anleitungen abgewandelt und erweitert.

Im Folgenden werden die Ergebnisse zu den im dritten Kapitel formulierten Forschungsfragen diskutiert, die aufgestellten Hypothesen überprüft und die Erkenntnisse in den Forschungszusammenhang eingebettet.

7.1 Die Wirkung der Intervention „Klimalabor" auf den Erwerb von Fachwissen

Anhand der ersten Forschungsfrage

„*Erwerben Schüler/innen durch die Intervention "Klimalabor" kurz- und mittelfristig einen Wissenszuwachs im Bereich Fachwissen?*"

sollten die Auswirkungen der Intervention im kognitiven Bereich erforscht werden. Dass ein Wissenszuwachs ohne Intervention, nur durch das wiederholte Ausfüllen des Fragebogens möglich ist, kann aufgrund des Ergebnisses der Kontrollgruppe ausgeschlossen werden (siehe 6.1.1).

Zur Forschungsfrage 1 wurde zunächst folgende Hypothese aufgestellt:

„*Die Teilnehmer erzielen unmittelbar nach der Intervention in einem Fachwissenstest einen größeren Lernerfolg als zum ersten Testzeitpunkt eine Woche vor dem Besuch.*"

Auf der Basis der Ergebnisse der vorliegenden Studie kann diese Hypothese in vollem Umfang verifiziert werden. Die Probanden erzielten im Post-Test deutlich mehr Punkte als im Pre-Test Die Abweichungen sind hochsignifikant mit ausgesprochen großer Effektstärke. Es besteht demnach ein evidenter Zusammenhang zwischen dem Besuch des Klimalabors und einem themenspezifischen Fachwissenszuwachs.

Von nicht minder großer Bedeutung für die Beurteilung der Gesamtwirksamkeit der Intervention ist die Frage, wie lange bzw. in welchem Umfang das erworbene Wissen anhält. In der vorliegenden Studie wird davon ausgegangen, dass das Wissen nicht vollständig verloren geht. Dementsprechend wurde folgende Hypothese formuliert:

„Die Teilnehmer/innen erzielen auch sechs Wochen nach der Intervention in dem Fachwissenstest noch einen größeren Lernerfolg als zum ersten Testzeitpunkt."

Diese Hypothese wird im Rahmen dieser Untersuchung verifiziert. Im Durchschnitt erzielen die Probanden im Follow-up-Test ca. 2,5 Punkte mehr als in der Voruntersuchung. Dies entspricht einem Wissenszuwachs um 21%. Durch die t-Teststatistik lässt sich belegen, dass der Zuwachs vom Ausgangswert hin zum Wert nach anderthalb Monaten hochsignifikant ist. Die gemessene Effektstärke entspricht einem starken Effekt.

Geleitet von der letzten Hypothese zum Fachwissenserwerb wurde die Differenz im Ergebnis zwischen Post- und Follow-up-Erhebung untersucht:

„Der Lernerfolg im Bereich Fachwissen ist im Test unmittelbar nach der Intervention größer als zum Testzeitpunkt nach sechs Wochen."

Durch den Vergleich der Mittelwerte zu den beiden Testzeitpunkten konnte ein Abfallen der erreichten Punktezahl um durchschnittlich 0,9 Punkte ermittelt werden. Dieser Unterschied ist signifikant und die gemessene Effektstärke entspricht einem mittleren Effekt.

Aufgrund dieser Testergebnisse kann auch die dritte Hypothese verifiziert werden. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass keine schulische Nachbereitung des Laborbesuchs stattgefunden hat, erscheint der Rückgang der Punktzahl nicht verwunderlich. Um sich an etwas Erinnern zu können, „[…] sollten wir alles zu Lernende mehrfach wiederholt aufnehmen" (Vester, 2012, S. 89). Es lässt sich demnach also eher positiv bewerten, dass sechs Wochen nach dem Besuch auch ohne gezielte Wiederholung im Schnitt noch 88% vom Wissen aus dem Posttest abgerufen werden konnten.

Als Ergänzung zu den aufgestellten Hypothesen wurde untersucht, ob sich die beiden Versuchsgruppen in ihrer Leistung im Bereich Fachwissen unterschieden. Das Ergebnis zeigt, dass es zum letzten Testzeitpunkt einen signifikanten Unterschied gibt, die entsprechenden Effektstärken sind jedoch schwach. Das etwas bessere Abschneiden der Versuchsgruppe mit den erweiterten Anleitungen könne ein Hinweis darauf sein, dass diese den Transfer von Wissen ins Langzeitgedächtnis leicht begünstigen. Der Effekt kann jedoch nicht zweifelsfrei auf die Form der Instruktion zurückgeführt werden, da im Klimalabor nicht nur Versuchsanleitungen, sondern auch kurze Vorträge und Gespräche im Klassenverband zur Wissensvermittlung eingesetzt wurden.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass Schüler/innen durch den Besuch des Klimalabors neues themenspezifisches Wissen erwerben. Das Wissen nimmt im Untersuchungsverlauf ab, es bleibt aber auch nach 6 Wochen noch deutlich nachweisbar.

Es muss allerdings kritisch angemerkt werden, dass sich das entwickelte Messinstrument im Hinblick auf die zur Lösung notwendigen kognitiven Prozesse (siehe Abschnitt 5.1.2.4, Tabelle 12) eher auf niedrigem Niveau befindet. Die Aufgaben im Test zielen vorrangig auf eine Reproduktion des Gelernten oder des bereits Bekannten ab. Inwiefern die Schüler/innen ein vertieftes Verständnis der aufgegriffenen Sachverhalte und Phänomene erworben haben und inwiefern sie nach dem Besuch in der Lage sind, dieses Wissen auch anzuwenden und auf neue Situationen zu transferieren, sind Fragestellungen, die über ein gebundenes Multiple-Choice-Antwortformat nicht zu beantworten sind. Aus diesem Grund wurde in dieser Arbeit zusätzlich die inhaltliche Qualität von Schüleräußerungen analysiert. Diese Ergebnisse werden im Verlauf des Kapitels noch diskutiert. Es sei an dieser Stelle aber bereits darauf hingewiesen, dass diese Daten dem guten Abschneiden der Schüler/innen im Fachwissenstest nicht in vollem Umfang entsprechen (siehe Abschnitt 7.4).

7.2 Die Wirkung der Intervention „Klimalabor" auf die Entstehung und Entwicklung von aktuellem Interesse

Im Folgenden wird die zweite Forschungsfrage beantwortet. Sie lautete:

„Welche Wirkung hat die Intervention „Klimalabor" im Hinblick auf die Entstehung und Entwicklung von aktuellem Interesse?".

Aktuelles Interesse resultiert aus einer konkreten Lernsituation oder -umgebung. Aus diesem Grund kann die Auswertung des aktuellen Interesses, im Gegensatz zu den Ergebnissen im Fachwissenstest, nicht unter Bezugnahme eines vor der Intervention gemessenen Ausgangswerts erfolgen. Als Referenz für die Auswertung im unmittelbaren Anschluss an den Besuch muss die mittlere prozentuale Zustimmung der Schüler/innen in den jeweiligen Skalen der Komponenten des aktuellen Interesses herangezogen werden.

Im Vergleich der drei Komponenten fällt die Zustimmung bei der emotionalen Komponente mit einem Wert von über 80% am deutlichsten aus. Offensichtlich ist der Besuch des Klimalabors mit positiven Gefühlen verbunden und die Aktivitäten lösen bei vielen Schüler/innen Lernfreude aus. Dieses Ergebnis steht im Einklang zu den Befunden von Pawek (2009), Engeln (2004) und Guderian (2007). In ihren Untersuchungen erreicht die emotionale Komponente ebenfalls durchweg den höchsten Wert. Möglicherweise ist diese Wirkung sogar typisch für außerschulische Lernorte, denn auch für ein Naturkundemuseum (Krombach & Harms, 2006) und einen zoologischen Garten (Bamberger & Tal, 2008) konnten ebenfalls positive Wirkung auf das emotionale Erleben nachgewiesen werden. Die Zustimmungswerte sinken bei der emotionalen Komponente zum letzten Testzeitpunkt hin zwar signifikant ab, der Wert bleibt mit 74% aber dennoch auf hohem Niveau. Der Besuch weckt demnach bei den Schülern und den Schülerinnen auch rückblickend mehrheitlich positive Erinnerungen.

Die wertbezogene Komponente erreichte im Post-Test eine Zustimmung von 65%. Die Identifikation mit dem Lerngegenstand ist demzufolge vorhanden und dem Besuch wird seitens der Schüler/innen grundsätzlich eine Bedeutung beigemessen. Der Grad der Zustimmung ist allerdings deutlich geringer als bei der emotionalen Komponente. Diese Diskrepanz ist bei Pawek (2009), Guderian (2007) und Damerau (2012) weniger stark ausgeprägt. In diesen Studien wurden ebenfalls Schülerlabore auf ihre Wirkung bei der Interessensförderung untersucht. Durch den hochsignifikanten Rückgang des Wertes um 8% wird der Unterschied im Follow-up-Test noch deutlicher. Im Kontrast dazu konnte Engeln (2004) in ihrer Studie sogar einen Anstieg der wertbezogenen Komponente innerhalb eines Zeitraumes von 12 Wochen nachweisen.

Vor dem Hintergrund der ausgesprochen großen gesamtgesellschaftlichen Relevanz, die die Auswirkungen des Klimawandels haben, ist die verhältnismäßig gering ausgeprägte

persönliche Relevanz, die dem Besuch im Nachhinein beigemessen wird, durchaus bemerkenswert.

Noch geringere Werte wurden in der epistemischen Komponente erreicht. Die Bereitschaft, das Wissen zu den Themen des Klimalabors über den Besuch hinaus zu erweitern, ist zu beiden Testzeitpunkten nur mäßig vorhanden. Dies ist allerdings auch in anderen Schülerlaboren der Fall. In allen bisher publizierten Studien, in denen das aktuelle Interesse erhoben wurde, fällt die epistemische Komponente mit Abstand am geringsten aus. Es stellt sich die Frage, ob diese Einheitlichkeit durch das Messinstrument hervorgerufen wird. Engeln (2004) nannte schon in ihrer Studie die Itemformulierung als mögliche Ursache für den niedrigen Wert. Die Tatsache, dass alle Folgestudien in dieser Komponente ähnliche Ergebnisse erzielen, sollte für nachfolgende Untersuchungen Anlass sein, die Skala erneut zu überprüfen und ggf. zu überarbeiten.

In der vorliegenden Arbeit könnten die niedrigen Werte in der epistemischen und wertbezogenen Komponente im Follow-up-Test auch im Zusammenhang mit den Themen und Inhalten des Klimalabors stehen. Obwohl die Ursachen und Auswirkungen des Klimawandels für die Gegenwart und die Zukunft aller Menschen von außerordentlicher Bedeutung sind, bleibt das Thema für viele Jugendliche trotzdem eher alltagsfern und abstrakt (Kleinhückelkotten, 2013).

> „Angesichts der Herausforderungen, die sich im Jugendalter stellen […] ist eine intensive Beschäftigung mit Umwelt-und Klimaschutzthemen […] „nur für diejenigen attraktiv, die sich darüber definieren und bei denen Klima-und Umweltschutz wichtige Werte sind. Dies ist aber nur bei einem kleinen Teil der Jugendlichen der Fall.“ (Kleinhückelkotten, 2013, S. 86).

Die verhältnismäßig niedrigen Werte in den zwei Interessenskomponenten sind ein Hinweis, dass bei einer Weiterentwicklung des Klimalabors ein breiterer Bezug zur Lebenswelt und den persönlichen Werten und Einstellungen der Schüler/innen zum Themenfeld Klimawandel angestrebt werden sollte.

Insgesamt kann die Hypothese

„Die Intervention fördert das Interesse der Schüler/innen, indem sie kurzfristig aktuelles Interesse erzeugt“

nur in Teilen verifiziert werden. Im Hinblick auf die emotionale und die wertbezogene Komponente löst die Intervention kurzfristig aktuelles Interesse aus, wohingegen die epistemische Komponente nur mäßig angesprochen wird. In allen drei Bereichen verblasst das Interesse über den Testzeitraum hinweg. Das emotionale Interesse ist allerdings auch sechs Wochen nach dem Besuch noch deutlich ausgeprägt.

Ergänzend kann festgehalten werden, dass für das aktuelle Interesse keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den weiblichen und männlichen Probanden festgestellt werden konnten. Dies ist bemerkenswert, denn für den naturwissenschaftlichen Bereich sind geschlechtsspezifische Interessensunterschiede oft deutlich und gut belegt (Gebhard et al., 2017). In diesem Punkt steht das Ergebnis der vorliegenden Arbeit im Einklang zu den Befunden aus anderen Schülerlaborstudien (u.a Engeln, 2004; Glowinski, 2007; Pawek 2009). Es unterstreicht, dass es dem Lernort Schülerlabor gelingt, beide Geschlechter gleichermaßen anzusprechen.

7.3 Das Schülerverhalten während der Kleingruppenarbeit

Um die dritte Forschungsfrage

„Wie verhalten sich die Schüler/innen beim selbstständigen Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen in Kleingruppenarbeit?“

beantworten zu können, wurde in der vorliegenden Studie ein interraterreliables System aus 18 Verhaltenskategorien entwickelt. Das Videomaterial der Gruppenarbeitsphasen wurde durchgehend und intervallbasiert kodiert. Auf diese Weise wurden alle beobachtbaren Aktivitäten der 64 Probanden kategoriebasiert erfasst. Diese wurden nachfolgend deskribiert und im Hinblick auf die Lernförderlichkeit bewertet.

In der Gesamtbetrachtung der Werteverteilung fällt auf, dass durchschnittlich ein Viertel der Lernzeit durch zielfremdes oder passives Verhalten ungenutzt bleibt. Dieses Ergebnis erscheint auf den ersten Blick ernüchternd, jedoch sollten bei der Bewertung zwei Aspekte berücksichtigt werden:

Zum einen wird offenes Lernen unter anderem dadurch charakterisiert, dass es den Schüler/innen gewisse Freiräume lässt. In dem gewählten Studiendesign sollten die Schüler/innen die naturwissenschaftlichen Untersuchungen eigenständig und mit minimaler Steu-

erung durch den Versuchsleiter durchführen. Das Erleben von Autonomie und Selbstbestimmung, das auf diese Weise möglich wird, gilt bei der Entstehung von intrinsischer Motivation als wichtiger Faktor (Deci & Ryan, 1993). Im Idealfall werden diese Freiräume ausschließlich für lernförderliche Zwecke verwendet, aber dies ist vor dem Hintergrund der Tatsache, dass der Besuch eines außerschulischen Lernorts für Schüler/innen immer auch Ausflugscharakter hat, ein äußerst anspruchsvolles Ziel.

Darüber hinaus ist anzumerken, dass zielfremdes Verhalten in der Kleingruppenarbeit keineswegs eine Erscheinung ist, die sich auf das untersuchte Lehr-Lernlabor beschränkt. In der Videostudie zur Aktivitätsgruppenbildung von Scharfenberg, Bogner & Klautke (2008) ist für die Kategorie „No experimental relation" leider kein exakter Wert angegeben, doch das dort abgebildete Diagramm lässt darauf schließen, dass der Zeitanteil bei rund 10% liegt und somit dem der vorliegenden Studie ähnlich ist. Auch im schulischen Alltag sind Unterrichtsstörungen und andere Verhaltensproblematiken allgegenwärtig. Die möglichen Ursachen sind Gegenstand einer eigenen pädagogischen Forschungsrichtung und insgesamt zu vielfältig und vielgestaltig, um sie an dieser Stelle diskutieren zu können. Es bleibt aber festzuhalten:

> „Der Unterrichtserfolg hängt entscheidend davon ab, wie lange und wie intensiv sich die Schüler/innen mit den Lernaufgaben beschäftigen, wie groß also der Anteil der »aktiven Lernzeit« im Unterricht ist […] Es ist klar, dass durch Unterrichtsstörungen viel Lernzeit verloren geht (Nolting, 2012, S. 15)"

Dies gilt auch für das Lernen im Schülerlabor. Es sollten daher Maßnahmen ergriffen und Methoden angewandt werden, die eine Erhöhung der aktiven Lernzeit gezielt fokussieren. Diesbezüglich können, wie später noch aufgezeigt wird, die Untersuchungsanleitungen eine wichtige Rolle spielen.

Die kollaborative Bearbeitung der naturwissenschaftlichen Untersuchungen impliziert, dass nicht alle Gruppenmitglieder durchgängig technisch-regulative oder inhaltsbezogene Aktivitäten durchführen können. Es ist erforderlich, dass sich die Schüler/innen gegenseitig aktiv zuhören und die Handlungen der Gruppenmitglieder aufmerksam verfolgt werden. Diese soziale Fertigkeit wurde in dieser Arbeit durch die Kategorie „Passiv (aufmerksam)" abgebildet. Es ist durchaus als positiv zu bewerten, dass sie mit ungefähr einem Viertel der Gesamtzeit die Kategorie mit dem größten Zeitanteil ist.

Die aktiven, lernförderlichen Kategorien nehmen zusammengenommen 40% der Zeit in Anspruch. Betrachtet man die Verteilung der Zeitanteile in diesen Kategorien, fällt auf, dass die durchführungs- und inhaltsbezogenen verbalen Äußerungen im Vergleich zu den non-verbalen Aktivitäten nur wenig Zeit in Anspruch nehmen. Angesichts der Bedeutung, die die Interaktion der Beteiligten beim kollaborativen Lernen hat, ist dies kritisch zu sehen. Dies gilt insbesondere für den geringen Anteil von Aussagen im inhaltlichen Bereich. Die direkte Schüler-Schüler-Kommunikation beinhaltet

> „[…] mündliche Erklärungen, wie man ein Problem lösen soll, gegenseitige Wissensvermittlung, komplementäres Kontrollieren […]“ und das “[…]Diskutieren von erlernten Begriffen […]“ (Konrad, 2014, S. 84)

und hat, wie bereits im theoretischen Teil der Arbeit ausgeführt wurde, einen wichtigen Stellenwert für den Lernerfolg. Im Klimalabor sprachen die Teilnehmer/innen während der Bearbeitung der drei Stationen jedoch im Schnitt nur 2,9 Minuten über den Inhalt der Untersuchungen.

Insgesamt konnten durch die Bearbeitung der dritten Forschungsfrage aussagekräftige Erkenntnisse über das Verhalten der Schüler/innen während der Kleingruppenarbeit gewonnen werden. Zusammenfassend sind dabei drei Aspekte hervorzuheben:

- Die Schüler/innen verbringen viel Zeit (25%) mit passiv unaufmerksamen oder zielfremdem Verhalten.
- In gleichen Zeitanteilen verhalten sie sich zwar passiv, folgen dem Lerngeschehen oder den Äußerungen der Mitschüler jedoch aufmerksam.
- In 40% der Zeit kann ein lernförderliches und aktives Verhalten beobachtet werden. Das Tätigen von inhaltsbezogenen Äußerungen hat daran allerdings nur einen geringen Anteil.

Mit dem Einsatz der erweiterten Anleitungen war die Erwartung verbunden, die Kleingruppenarbeitsprozesse, unter anderem im Hinblick auf den ersten und den letztgenannten Aspekt, optimieren zu können. Mit dem Ziel, den Wirkungszusammenhang zwischen der Form der Instruktion und den beobachteten verbalen und non-verbalen Tätigkeiten aufzuklären, werden nachfolgend die Ergebnisse der Interventionsstudie bezüglich des Versuchsgruppenvergleichs diskutiert.

7.4 Die Wirkung der Instruktionsform auf das Lernverhalten

Um die Frage vierte und letzte Forschungsfrage

„Inwiefern können erweiterte Untersuchungsanleitungen im Vergleich zu Schritt-für-Schritt-Anleitungen Änderungen im Lernverhalten der Schüler bei der Durchführung von naturwissenschaftlichen Untersuchungen in Kleingruppenarbeit bewirken?“

beantworten zu können, wurden Unterschiede in den Versuchsgruppen für jede einzelne Verhaltenskategorie differenziert nach zentraler Tendenz, Werteverteilung und Geschlecht untersucht.

Dieser Detailanalyse einzelner Verhaltensaspekte ging zunächst eine Gesamtbetrachtung des Schülerverhaltens im Versuchsgruppenvergleich voraus. Diesbezüglich wurde folgende Hypothese aufgestellt:

„Im Vergleich zu einer schrittbasierten Anleitung bewirkt der Einsatz der erweiterten Anleitung insgesamt einen erhöhten Anteil an lernförderlichen Aktivitäten.“

Die quantitative Auswertung der Messwerte ergab, dass die Versuchsgruppe mit den erweiterten Anleitungen einen durchschnittlichen Zeitanteil 71% in lernförderlichen Verhaltenskategorien hatte, wohingegen die Versuchsgruppe mit herkömmlichen Schritt-für-Schritt-Anleitungen einen niedrigeren Wert von 64% erreichte. Diese Differenz verfehlt nach inferenzstatistischen Maßstäben allerdings knapp die Signifikanzgrenze, weshalb die Hypothese daran gemessen falsifiziert werden muss.

Allerdings konnte im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ein evidenter Zusammenhang zwischen der Form der Instruktion und dem Anteil an zielfremdem Verhalten nachgewiesen werden. Für diese Kategorie beträgt die Differenz der Mittelwerte deutliche 45% und anhand der statistischen Testwerte lässt sich sowohl die Signifikanz als auch der Effekt belegen. Offensichtlich fördert die gleichmäßige Verteilung der Aufgaben über die Versuchskarten, dass die Gruppenmitglieder/innen mehr Verantwortung für das Gelingen der Untersuchung und der Gruppenarbeit insgesamt übernehmen. Die individuelle Verantwortlichkeit wird gestärkt, die negativen Auswirkungen von zielfremdem und störendem Verhalten verringert. Selbstverständlich kann negatives Lernverhalten auch nicht durch die neu entwickelte Form der Anleitung gänzlich verhindert werden, aber die signifikante Reduktion des Zeitanteils in dieser Kategorie verdeutlicht, dass sie in dieser Hinsicht zu einer Optimierung des Gruppenarbeitsprozesses beiträgt.

Neben dem Vergleich der zentralen Tendenzen in der Arbeitszeitverteilung bestand ein wesentlicher Teil des Forschungsinteresses darin, die Arbeitsverteilung innerhalb der Kleingruppen genauer zu untersuchen. Im theoretischen Teil dieser Arbeit wurde bereits aufgezeigt, welche Effekte dazu führen können, dass die Aufgaben innerhalb einer Gruppe ungleich verteilt sind (siehe Abschnitt 2.3.4). Mit den erweiterten Anleitungen wurde versucht diese Effekte zu vermeiden, in dem die Teilaufgaben, die zum Durchführen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung erforderlich sind, mit Hilfe der Versuchskarten auf alle Mitglieder/innen der Gruppe verteilt wurden. Anhand der folgenden Hypothese wurde überprüft, inwiefern dies realisiert werden konnte:

„Im Vergleich zu einer schrittbasierten Anleitung bewirkt der Einsatz der erweiterten Anleitung eine gleichmäßigere Verteilung einzelner lernförderlicher Aktivitäten auf die Kleingruppenmitglieder."

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung kann diese Hypothese für die Kategorien „Durchführung", Aussage (Inhalt) sowie „Vorlesen" im vollem Umfang und für die Kategorien „Protokoll" und „Abbau" in Teilen verifiziert werden.

Das Ergebnis in der Kategorie „Vorlesen" wird an dieser Stelle nicht weiter diskutiert, da diese Tätigkeit aufgrund der Verwendung der Versuchskarten nur bei den erweiterten Anleitungen ein wesentlicher Bestandteil der Gruppenarbeit war.

Von zentraler Bedeutung ist hingegen das Ergebnis in der Kategorie „Durchführung". Die Daten zur Werteverteilung belegen eindeutig, dass diese Tätigkeit durch die erweiterten Anleitungen auf mehrere Personen verteilt wurde. Es gab in allen Kleingruppen dieser Versuchsgruppe nicht eine Person, die an der an der Durchführung unbeteiligt war. In der Versuchsgruppe, die mit der schrittbasierten Anleitung ohne konkreten Vorgaben zur Arbeitsverteilung gearbeitet wurde, haben einzelne Schüler einen sehr hohen Zeitanteil an dieser Kategorie. Durch die Videobeobachtungen wird deutlich, dass das Durchführen der Untersuchung in dieser Versuchsgruppe mehrheitlich von nur einem oder zwei Schülern/innen übernommen wurde. In der Studie von Scharfenberg, Bogner & Klautke (2008) wird dieser Aktivitätstyp treffend als „High-Experimenter" bezeichnet. Durch die geschlechtsspezifische Verteilung wird ersichtlich, dass dies in der Regel die männlichen Probanden waren. Interessant ist diesbezüglich auch der Befund, dass nur in dieser Versuchsgruppe die Kategorie „Durchführung" mit den Sachinteressen am Experimentieren korreliert. Offenbar wird die Tätigkeit denjenigen überlassen, die ohnehin

schon das größte Interesse daran haben oder wird von den Schülerinnen und Schülern übernommen, die ihr Interesse daran am besten zur Geltung bringen können. Um jedoch sowohl das Interesse als auch die Fähigkeiten und Fertigkeiten aller Schüler/innen gleichermaßen fördern zu können, sollte ihnen zumindest die Möglichkeit gegeben werden, sich an der Untersuchung direkt zu beteiligen. Bei nicht vorhandenem Interesse an der Durchführung mitzuwirken, hätten die Schüler/innen aus Versuchsgruppe B ihre Karten auch weiterreichen können, doch die Messergebnisse verdeutlichen, dass die Möglichkeit zur Beteiligung von vielen Schüler/innen angenommen und umgesetzt wurde.

Für die Kategorie „Protokoll" kann die Hypothese nur bedingt verifiziert werden, da sich die Zeitanteile nur in einigen der Kleingruppen der Versuchsgruppe B auf mehrere Personen verteilen. Mehrheitlich wird diese Tätigkeit selbstständig von der Kleingruppe aufgeteilt oder einer Person zugewiesen ohne dabei die Vorgabe der Versuchskarten zu berücksichtigen.

Der Befunde wird durch das Ergebnis untermauert, dass in drei Viertel aller Fälle mindestens eine Person aus der Kleingruppe unbeteiligt am Protokollieren ist. Aus diesem Grund ist für diese Kategorie eine zu Beginn der Untersuchung zufällig vorgenommene Rollenzuweisung möglicherweise sinnvoller.

In der Kategorie „Abbau" unterscheidet sich die Verteilung auf die Kleingruppenmitglieder insofern, als dass in der Gruppe mit den erweiterten Anleitungen mehr weibliche Probanden am Abbau beteiligt waren. Da der Abbau der Untersuchung in beiden Formen der Anleitung jedoch stets für alle Gruppenmitglieder vorgesehen war, kann dieses Ergebnis nicht direkt auf die Anleitung bezogen werden. Es ist durchaus denkbar, dass die stets vorhandene Gleichgewichtung bei der Aufgabenverteilung indirekt dazu beiträgt, dass auch der Abbau gemeinsam erfolgt, aber dies kann nicht durch Daten belegt werden.

Gut zu belegen sind hingegen die Abweichungen, die sich in der Kategorie „Aussage (Inhalt)" zwischen den Versuchsgruppen ergeben haben. Die erhobenen Daten zeigen deutlich, dass in den Kleingruppen, die mit den erweiterten Anleitungen gearbeitet haben, mehr Personen eine inhaltsbezogene Äußerung getätigt haben.

Durch die Bereitstellung einer Lernhilfe, die das Finden einer Erklärung für das Untersuchungsergebnis und das beobachtete Phänomen unterstützt, sollte die verbale Kommunikation zum fachlichen Inhalt erhöht werden. Doch nicht nur die Quantität, sondern

auch die Qualität der Äußerungen war Gegenstand der vorliegenden Studie. Diesbezüglich wurde folgende Hypothese formuliert:

„Im Vergleich zu einer schrittbasierten Anleitung bewirkt der Einsatz der erweiterten Anleitung eine Steigerung der Anzahl und der Qualität von inhaltsbezogenen Äußerungen."

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung kann diese Hypothese nur in Teilen verifiziert werden. Im Hinblick auf die Häufigkeit an inhaltbezogenen Äußerung konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Auch wenn der Zeitanteil in dieser Kategorie in der Versuchsgruppe mit erweiterten Anleitungen insgesamt höher ist, sind die quantitativen Unterschiede in der durchschnittlichen Anzahl an Äußerungen statistisch nicht bedeutsam.

Bei der Analyse der Qualität der getätigten Aussagen ergaben sich allerdings Abweichungen zwischen den Versuchsgruppen. In der vorliegenden Studie wurden die inhaltsbezogenen Äußerungen in Anlehnung an Knobloch (2011) zunächst im Komplexitätsniveau nach Fakten und Zusammenhängen differenziert. Während sich bei der Anzahl an Aussagen auf Faktenniveau kaum Unterschiede ergaben, konnten für die Häufigkeit der Nennungen auf Zusammenhangsniveau signifikante Abweichungen bestätigt werden. In diesem Bereich tätigte die Versuchsgruppe, die eigenständig mit der Lernhilfe arbeitete, doppelt so viele Äußerungen wie die Versuchsgruppe, die zur Hilfe den Versuchsleiter kontaktieren konnte. Dabei waren vor allem die kognitiven Prozesse Selegieren und Integrieren häufiger beteiligt. Durch die Lernhilfen gelingt es den Schülern offenbar besser die zur Lösung notwendigen Informationen zu ermitteln und diese auf das System Ozean zu übertragen. Weiterhin konnte belegt werden, dass diese Versuchsgruppe deutlich weniger inhaltliche Fragen oder Probleme bei der Bearbeitung der Aufgaben hatte.

Obgleich durch die vergleichende Betrachtung leichte Vorteile für die erweiterten Anleitungen ermittelt werden konnten, muss in der Gesamtbetrachtung berücksichtigt werden, dass die Ergebnisse zur Qualität der Schüleräußerungen sich in beiden Versuchsgruppen auf recht niedrigem Niveau bewegen. Auch mit einer Lernhilfe tätigten die Schüler im Schnitt nur knapp fünf Fakten- und weniger als drei Zusammenhangsäußerungen. In Anbetracht der Anzahl an Untersuchungen, die während des Besuchs des Klimalabors durchgeführt wurden, ist die Anzahl an inhaltbezogenen Aussagen als zu gering einzustufen.

Dieses Ergebnis verdeutlicht, dass das Schaffen von Gesprächsanlässen, das direkte Beantworten von Fragen und das gezielte Nachfragen durch eine Lehrperson nicht zu ersetzen sind.

Dennoch kann festgehalten werden, dass der Einsatz der erweiterten Anleitungen im Vergleich zu den Schritt-für-Schritt-Anleitungen mit eindeutigen Vorteilen verbunden ist. Im Rahmen dieser Studie ergaben sich diese vor allem im Hinblick auf eine gleichmäßigere Aufgabenverteilung bei der Durchführung der Untersuchung. Darüber hinaus konnte eine signifikante Steigerung der Anzahl und der Qualität von inhaltsbezogenen Schüleräußerungen auf Zusammenhangsniveau erreicht werden.

Um diese noch weiter zu steigern erscheint es sinnvoll, die Betreuungsrelation bei der Weiterentwicklung des Lehr- Lernlabors zukünftig durch das Einbeziehen von Studierenden und studentischen Hilfskräften zu erhöhen. Die Wechselwirkungen zwischen eigenständigem Lernen in offener Umgebung und der zielgerichteten persönlichen Interaktion eröffnen zusätzliche Forschungsperspektiven, nicht nur für das Klimalabor.

Darüber hinaus gibt das Ergebnis im Bereich der wertbezogenen Komponente des aktuellen Interesses Hinweise darauf, dass das recht abstrakte Themenfeld Klimawandel stärker mit persönlich erfahrbaren Zugängen aufgegriffen werden sollte. Zukünftig könnte das Klimalabor um ein Angebot erweitert werden, dass nicht nur die Auswirkungen auf die Ozeane im Allgemeinen, sondern auf die Ostsee im Speziellen beinhaltet. Weiterhin erscheint es sinnvoll, ein solches Angebot mit der direkten Naturbegegnung zu verknüpfen. Die Erforschung der Wirkung einer solchen Kombination der Lernorte eröffnet weitere vielfältige Perspektiven für zukünftige Studien im Bereich der Schülerlaborforschung.

8 Zusammenfassung

Schülerlabore sind eine Form des außerschulischen Lernens, in der Schüler/innen eigenständig naturwissenschaftliche Untersuchungen durchführen. Dadurch soll fachliches Wissen erworben, die wissenschaftsmethodische Kompetenz erweitert und das Interesse an naturwissenschaftlichen Themen und Tätigkeiten gefördert werden.

Die Wahl der Instruktionsform für die Untersuchungen ist abhängig von diesen Vermittlungszielen und kann zwischen verschiedenen Öffnungsgraden variieren. Während in offenen Lernumgebungen vorrangig Fähigkeiten und Fertigkeiten gefördert werden, die auf den Erkenntnisprozess und naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen bezogen sind, werden bei vorstrukturierten Formen eher fachinhaltliche Vermittlungsziele verfolgt. In schriftlichen Anleitungen erfolgt die Vorstrukturierung in der Regel durch das Unterteilen der Untersuchung in einzelne Schritte, die dann in einer festgelegten Reihenfolge abgearbeitet werden sollen. Bei der Durchführung einer Untersuchung in Kleingruppen kann dieses Vorgehen jedoch mehrere negative Auswirkungen implizieren, wie z.B. eine fehlende kognitive Aktivierung oder eine ungleichmäßige Verteilung der Aufgaben innerhalb der Gruppe.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde das Konzept für ein außerschulisches Lehr-/Lernlabor zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Ozeane entwickelt. Es beinhaltet den Einsatz von vorstrukturierten Anleitungen zum Durchführen naturwissenschaftlicher Untersuchungen, die den Lernprozess der Schüler/innen besser organisieren, die Probleme bei der Arbeit in Gruppen reduzieren und den Lernerfolg im kognitiven Bereich optimieren sollen.

Durch eine empirische Interventionsstudie sollte herausgefunden werden, inwiefern diese Anleitungen eine Optimierung der Kleingruppenarbeit bewirken können. Darüber hinaus wurde das entwickelte Schülerlabor in seiner Wirkung auf den fachlichen Wissenszuwachs und das aktuelle Interesse überprüft.

Zur Beantwortung der auf die Gesamtwirkung der Intervention bezogenen Fragen wurden schriftliche Testverfahren eingesetzt. Um Aussagen über den Lernerfolg im kognitiven Bereich treffen zu können, wurde im Rahmen dieser Arbeit ein Fachwissenstest entwickelt und verwendet. Die Ergebnisse belegen, dass die Schüler/innen durch den Besuch des Labors einen signifikanten Zuwachs an themenspezifischem Wissen erworben haben

und dieses Wissen in großen Teilen auch mehrere Wochen nach dem Besuch noch abrufen können.

Das aktuelle Interesse wurde über eine Skala operationalisiert, die in dieser oder ähnlicher Form schon in mehreren Studien zum Einsatz gekommen ist. Auf diese Weise war es möglich, die Wirkung des konzipierten Schülerlabors im Hinblick auf die Entstehung und Entwicklung von aktuellem Interesse mit der von anderen Schülerlaboren zu vergleichen. Im emotionalen Bereich des aktuellen Interesses erzielte die Intervention eine deutliche und längerfristige Wirkung, wohingegen die wertbezogene und die epistemische Komponente im Vergleich zu anderen Studien schwächer ausgeprägt ist.

In der vorliegenden Studie konnte durch die Entwicklung und den Einsatz eines Kategoriesystems das Schülerverhalten und die dynamischen Gruppenarbeitsprozesse im Labor videogestützt beobachtet und messbar gemacht werden. Die Analyse der Aktivitäten der Schüler/innen zeigt, dass bei der Durchführung der naturwissenschaftlichen Untersuchungen Potential zur Steigerung der aktiven Lernzeit vorhanden ist. Es konnte belegt werden, dass die modifizierten Anleitungen zu einer Verringerung von nicht lernförderlichem Verhalten beitragen. Positive Auswirkungen konnten auch im Hinblick auf die Anzahl und die Qualität inhaltbezogener Schüleraussagen nachgewiesen werden. Darüber hinaus führten die in dieser Arbeit entwickelten Anleitungen dazu, dass die Aufgaben innerhalb der Gruppe gleichmäßiger aufgeteilt werden und somit alle Schüler/innen am Lernprozess teilhaben können.

9 Literaturverzeichnis

Aepkers, M., & Liebig, S. (2002): Entdeckendes, forschendes und genetisches Lernen. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Alao, S., & Guthrie, J. T. (1999): Predicting Conceptual Understanding With Cognitive and Motivational Variables. The Journal of Educational Research, 92(4), S. 243-254.

Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., & Tenenbaum, H. R. (2011): Does discovery-based instruction enhance learning? Journal of Educational Psychology, 103(1), S.1-18.

Arnold, J. (2015). Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim forschenden Lernen. Eine Interventionsstudie zur Förderung des wissenschaftlichen Denkens in der gymnasialen Oberstufe. Berlin: Logos Verlag.

Arnold, J., Kremer, K., & Mayer, J. (2017): Scaffolding beim Forschenden Lernen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23(1), 21-37. doi:10.1007/s40573-016-0053-0

Arzi, H. (2003): Enhancing science education laboratory environment. More than wall, benches and widgets. In: B. J. Fraser & K. G. Tobin (Hrsg.): International Handbook of Science Education (S. 595-608). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Ayala, C. C., Shavelson, R. J., Yin, Y., & Schultz, S. E. (2002): Reasoning Dimensions Underlying Science Achievement: The Case of Performance Assessment. Educational Assessment, 8(2), S. 101-121.

Banchi, H., & Bell, R. (2008): The Many Levels of Inquiry. Science and Children, 46(2), S. 26-29.

Barzel, B., Reinhoffer, B., & Schrenk, M. (2012): Experimentieren im Unterricht. In: W. Rieß, M. A. Wirtz, B. Barzel, & A. Schulz (Hrsg.): Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten (S. 103-127). Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.

Bauer, R. (2004): Offene Arbeitsformen. Nur schüleraktivierend, wenn schülergerecht. Beispiele aus der Praxis. Pädagogik (Weinheim), 56(1), S.16-20.

Baur, A. (2016): Problempunkte von Schülerinnen und Schülern bei der experimentellen Methode. Manuelle Fehler, methodische Fehler und Fehlkonzepte. In: U. Gebhard

& M. Hammann (Hrsg.): Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik 7 (S. 191-205). Innsbruck: Studien Verlag.

Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007): Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. Science Education, 91(3), S. 347-370. doi:10.1002/sce.20186

Berck, K.-H., & Graf, D. (2005): Biologiedidaktik Grundlagen und Methoden (3., aktualisierte Aufl.). Wiebelsheim: Quelle & Meyer.

Bertelsmannstiftung (2009): Jugend und die Zukunft der Welt. Ergebnisse einer repräsentativen Umfrage in Deutschland und Österreich „Jugend und Nachhaltigkeit" http://www.bertelsmannstiftung.de/fileadmin/files/BSt/Presse/imported/downloads/xcms_bst_dms_29232_29233_2.pdf (Abgerufen am 15.03.18)

BIOACID / Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel (2012) (Hrsg.): Das andere CO_2 Problem. Ozeanversauerung. Acht Experimente für Schüler und Lehrer. https://www.geomar.de/uploads/media/BIOACID_Experimente_2012.pdf (Abgerufen am 15.03.2018)

BMUB (2018): Zukunft? Jugend fragen! Nachhaltigkeit, Politik, Engagement. Eine Studie zu Einstellungen und Alltag junger Menschen. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Broschueren/jugendstudie_bf.pdf (Abgerufen am 15. März 2018).

Bortz, J., & Döring, N. (2006): Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. Heidelberg: Springer Verlag.

Brandt, A. (2005): Förderung von Motivation und Interesse durch außerschulische Experimentierlabors. Göttingen: Cuvillier.

Bruckermann, T., Arnold, J., Kremer, K., & Schlüter, K. (2017): Forschendes Lernen in der Biologie. In T. Bruckermann & K. Schlüter (Hrsg.): Forschendes Lernen im Experimentalpraktikum Biologie. Eine praktische Anleitung für die Lehramtsausbildung (S. 11-26). Berlin: Springer Spektrum.

Bühner, M. (2011): Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion (3., aktual. Aufl.). Hallbergmoos: Pearson

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 junior high school students` understanding of the construction of scientific knowledge. International Journal of Science Education, 11(5), S. 514-529.

Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989): Self-Explanations: How Students Study and Use Examples in Learning to Solve Problems. Cognitive Science, 13(2), S. 145-182. doi:10.1207/s15516709cog1302_1

Chi, M. T. H., De Leeuw, N., Chiu, M.-H., & Lavancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. Cognitive Science, 18(3), S.439-477.

Cleff, T. (2015): Deskriptive Statistik und Explorative Datenanalyse. Eine computergestützte Einführung mit Excel, SPSS und STATA (3.Aufl.). Berlin: Springer Spektrum

Cohen J. (1988): Statistical power analysis for the behavioral sciences (2 Aufl.). Hillsdale N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Damerau, K. (2012): Molekulare und Zell-Biologie im Schülerlabor fachliche Optimierung und Evaluation der Wirksamkeit im BeLL Bio (Bergisches Lehr-Lern-Labor Biologie). Elektronische Dissertation: http://elpub.bib.uni-wuppertal.de/edocs/dokumente/fbc/biologie/diss2012/damerau/?lang=de (Abgerufen am 15.3. 2018).

Deci, E. L., & Ryan, R. (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift für Pädagogik, 39. Jg. (Nr. 2), S. 224-238.

De Jong, A. J. M., & Van Joolingen, W. (1998): Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. Review of educational research, 68(2), S. 179-202.

Demuth, R., Gräsel, C., Parchmann, I., & Ralle, B. (Hrsg.). (2008): Chemie im Kontext. Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts. Münster: Waxmann.

DFG - Deutsche Forschungsgemeinschaft, & Deutsche Forschungsgemeinschaft Senatskommission für Ozeanographie (2000): Meeresforschung im nächsten Jahrzehnt. Denkschrift. Wiley-VCH: Weinheim

Domjahn, J. (2013): Integration von Schülerlabormodulen in eine längerfristige Unterrichtsreihe im Themenfeld Radioaktivität. LeLa magazin, 8, S. 5-7.

Engeln, K. (2004): Schülerlabors authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Berlin: Logos Verlag.

Engeln, K., & Euler, M. (2004): Forschen statt Pauken. Aktives Lernen im Schülerlabor. Physik Journal, 3(11).

Euler, M., Schüttler, T., & Hausamann, D. (2015): Schülerlabore: Lernen durch Forschen und Entwickeln. In: E. Kircher, R. Girwidz, & P. Häußler (Hrsg.): Physikdidaktik. Theorie und Praxis (3. Aufl., S. 759 - 782). Berlin Heidelberg: Springer Spektrum.

Falkenhausen, E. v. (1988): Wissenschaftspropädeutik im Biologieunterricht der gymnasialen Oberstufe (2., Aufl.). Köln: Aulis-Verlag Deubner.

Fechner, S. (2009): Effects of context oriented learning on student interest and achievement in chemistry education. Berlin: Logos.

Field, Andy (2009): Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics (3. Aufl.). Los Angeles, Calif: Sage.

Flick, L. B., & Lederman, N. G. (2006): Scientific Inquiry and Nature of Science Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education. New York: Springer

Franz, P., & Hager, N. (1991): Modell. In: Hörz, H., Liebscher, H., Löther, R., Schmutzer, E., & Wollgast, S. (Hrsg.): Philosophie und Naturwissenschaften. Wörterbuch zu den philosophischen Fragen der Naturwissenschaften (S. 613–619). Berlin: Hörtz.

Ganter, S. (2013): Experimentieren - ein Weg zum funktionalen Denken empirische Untersuchung zur Wirkung von Schülerexperimenten. Hamburg: Kovač.

Gebhard, U., Höttecke, D., Rehm, M. (2017): Pädagogik der Naturwissenschaften ein Studienbuch. Wiesbaden: Springer VS.

Gierloff-Emden, H.-G., Obst, E., & Schmithüsen, J. (1980): *Geographie des Meeres. Ozeane und Küsten. Lehrbuch der allgemeinen Geographie*. Band 5/2. Berlin: de Gruyter.

Glowinski, I. (2007): Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen. Elektronische Dissertation: https://macau.uni-

kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00002259/diss_gesamt10_15bibexp.pdf (Abgerufen am 15.3.2018).

Gniewosz, B. (2015). Experiment. In: Reinders, H., Ditton, H., Gräsel, C. & Gniewosz, B. (Hrsg.): Empirische Bildungsforschung. Strukturen und Methoden (2., überarbeitete Aufl.). Wiesbaden: Springer VS.

Gropengießer, H. (2016): Erkunden und Erkennen. In: Gropengießer, H., Harms, U., & Kattmann, U.: Fachdidaktik Biologie (10. Aufl.). S. 239-270). Köln: Aulis-Verlag Deubner.

Guderian, P. (2007): Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte. Elektronische Dissertation: http://dx.doi.org/10.18452/15610.

Guderian, P., & Priemer, B. (2008): Interessenförderung durch Schülerlaborbesuche. Eine Zusammenfassung der Forschung in Deutschland. PhyDid A, Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 7(2), S.27-36.

Hantel, M. & Haimberger (2016): Grundkurs Klima. Berlin: Springer Spektrum

Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J., & Gunstone, R. (2000): What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from doing experiments? Journal of Research in Science Teaching, 37(7), S.655-675.

Hattie, J. (2009): Visible learning a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. London New York: Routledge.

Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W., & Hempelmann, R. (2013): Schülerlabor - Begriffsschärfung und Kategorisierung. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 66(6), S.324-330.

Hidi, S., & Anderson, V. (1992): Situational interest and its impact on reading and expository writing. In K. A. Renninger, S. Hidi, & A. Krapp (Hrsg.): The role of interest in learning and development (S. 215-238). Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates

Hinze, U. (2004): Computergestütztes kooperatives Lernen. Einführung in Technik, Pädagogik und Organisation des CSCL. Münster: Waxmann.

Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007): Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and. Educational Psychologist, 42(2), S.99-107. doi:10.1080/00461520701263368

Hodson, D. (1993): Re-thinking Old Ways. Towards a more critical approach to practical work in school science. International Journal of Science Education, 22(1), 85-142.

Hof, S. (2011): Wissenschaftsmethodischer Kompetenzerwerb durch forschendes Lernen Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie. Kassel: Univ. Press.

Hofstein, A. & Lunetta, V. (2004): The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. Science Education, 88, S. 28-54.

Högström, P., Ottander, C., & Benckert, S. (2010): Lab Work and Learning in Secondary School Chemistry: The Importance of Teacher and Student Interaction. Research in Science Education, 40(4), S. 505-523. doi:10.1007/s11165-009-9131-3

Hopf, A. (1996): Grundschularbeit heute. Didaktische Antworten auf neue Lebensverhältnisse (2. Aufl.). München: Ehrenwirth.

Höttecke, D. (2001): Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der "Natur der Naturwissenschaften". Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 7, S. 7-23.

Höttecke, D. (2013): Forschend-entdeckenden Unterricht authentisch gestalten - ein Problemaufriss. In: Bernholt, S. (Hrsg.): Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. (S. 32-45). Kiel: IPN-Verlag.

Huber, O. (1995): Beobachtung. In: Roth, E. & Heidenreich, K. (Hrsg): Sozialwissenschaftliche Methoden. Lehr- und Handbuch für Forschung und Praxis (4. Aufl., S. 126-145). München: Oldenbourg.

Huber, O. (1999): Sozialwissenschaftliche Methoden Lehr- und Handbuch für Forschung und Praxis. In: Roth, E., Heidenreich, K. & Holling, H. (Hrsg.): Lehr- und Handbücher der Sozialwissenschaften (5. Aufl., S. 124-143). München: Oldenbourg.

Huck, J., Haan, G. d., & Plesse, M. (2010): Schülerlabor & Co. Außerschulische naturwissenschaftlich-technische Experimentierangebote als Ergänzung des Schulunterrichts in der Region Berlin-Brandenburg. Berlin: Regioverlag

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Chance. (2013). Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/#.UlvCnWQkIio (Abgerufen am 15.03.18)

Itzek-Greulich, H. (2014). Einbindung des Lernorts Schülerlabor in den naturwissenschaftlichen Unterricht. Empirische Untersuchung zu kognitiven und motivationalen Wirkungen eines naturwissenschaftlichen Lehr-Lernarrangements. http://dx.doi.org/10.15496/publikation-1979

Itzek-Greulich, H., & Schwarzer, S. (2017). Schülerlabore für die MINT-Bildung. Bestand und Perspektiven. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Zürich.

Johnson, D. W., Johnson, R. T. (1994): Learning Together. In: Sharan, S. (Hrsg.): Handbook of cooperative learning methods (S. 51 – 65). Westport & London: Greenwood Press.

Kandt, W. (2008). Offenes Experimentieren im Anfangsunterricht. Entwicklung und Evaluation von Lernaufgaben zur Einführung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen. Tönning; Lübeck; Marburg: Der Andere Verlag

Kammann, C. (2012): Analyse der Erkenntnisprozesse von Schülerinnen und Schülern in offen gestalteten Lernumgebungen. Eine qualitative Studie. Hamburg: Dr. Kovac

Kaufmann K., Chernyak D., Möller A. (2016): Rollenzuteilungen in Kleingruppen beim Forschenden Lernen im Schülerlabor: Wirkung auf Aktivitätstypen, intrinsische Motivation und kooperative Lernprozesse. In: Gebhard U. & Hammann M. (Hrsg.): Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik. Band 7. Bildung durch Biologieunterricht. Innsbruck: Studienverlag

Killermann, W., Hiering, P., & Starosta, B. (2005): Biologieunterricht heute. Eine moderne Fachdidaktik (11. überarb. u. aktual. Aufl.). Donauwörth: Auer.

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006): Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work. An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. Educational Psychologist, 41(2), S. 75-86.

Kizil, A., & Kattmann, U. (2014): Über den Effekt zur Erkenntnis. Eine empirische Untersuchung zum Experimentieren. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 67(5), S. 307-312.

Kleinhückelkotten, S. (2013): Jugend, Umwelt- und Klimaschutz. In: Menthe, J., Höttecke, D., Eilks, I., Hößle, C. (Hrsg.): Handeln in Zeiten des Klimawandels. Bewerten lernen als Bildungsaufgabe. Münster: Waxmann

Klieme, E. (Hrsg.) (2005): Problemlösekompetenz von Schülerinnen und Schülern. Diagnostische Ansätze, theoretische Grundlagen und empirische Befunde der deutschen PISA-2000-Studie. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

KMK (2005,a): Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss. München, Neuwied: Luchterhand.

KMK. (2005,b): Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss. München, Neuwied: Luchterhand.

KMK. (2005,c): Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss. München, Neuwied: Luchterhand.

Knobloch, R. (2011): Analyse der fachinhaltlichen Qualität von Schüleräußerungen und deren Einfluss auf den Lernerfolg eine Videostudie zu kooperativer Kleingruppenarbeit. Berlin: Logos Verlag.

Koenen, J., Emden, M., & Sumfleth, E. (Hrsg.) (2016): Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung. Münster: Waxmann.

Koenen, J. (2016): Gestaltung von Experimentiersituationen. Wahl verschiedener Öffnungsgrade. In: Koenen, J., Emden, M., & Sumfleth, E. (Hrsg.): Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung (S. 19 ff.). Münster: Waxmann.

Köhler, K. (2006): Welche fachgemäßen Arbeitsweisen werden im Biologieunterricht eingesetzt? In Spörhase-Eichmann, U. & Ruppert, W. (Hrsg.): Biologiedidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II (2. Aufl.). Berlin: Cornelsen.

Köhler, K., & Meisert, A. (2013): Welche Erkenntnismethoden sind für den Biologieunterricht relevant? In: Spörhase-Eichmann, U. (Hrsg.): Biologiedidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II (6. Aufl.,.). Berlin: Cornelsen Scriptor.

Konrad, K. (2014): Lernen lernen. Allein und mit anderen. Konzepte, Lösungen, Beispiele. Wiesbaden: Springer

Krapp, A. (1992): Das Interessenskonstrukt. Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In: Krapp, A. & Prenzel, M. (Hrsg.): Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung. Münster: Aschendorff.

Krapp, A. (1998): Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. Psychologie in Erziehung und Unterricht, 45, S. 186-203.

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

Krell, M., Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (2016): Modellkompetenz im Biologieunterricht. In: Sandmann, A. & Schmiemann, P. (Hrsg.): Biologie lernen und lehren 1. Biologiedidaktische Forschung. Schwerpunkte und Forschungsstände (S. 83-102). Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.

Kunter, M. & Trautwein, U. (2013): Psychologie des Unterrichts. Paderborn: Schöningh

Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016): Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning Effects of Guidance. Review of Educational Research, 86 (3), S. 681–718. doi:10.3102/0034654315627366

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002): Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. Journal of Research in Science Teaching, 39(6), 497-521. doi:10.1002/tea.10034

Léna, P. (2009): Europe Rethinks Education. Science, 326 (5952), 501-501. doi:10.1126/science.1175130

Lewalter, D., & Priemer, B. (2014): Außerschulische Lernumgebungen. Warum und wie nutzen? Schulmagazin 5 - 10, 82(5), 7-10.

Lunetta, V. N., Hofstein, A., & Clough, M. P. (2007): Teaching and learning in the school science laboratory. An analysis of research, theory, and practice. In: Abell, S. K. &

Lederman, N. G. (Hrsg.): Handbook of Research in Science Education (S. 393-431). Mahwah, New York: Lawrence Erlbaum Associates.

Lotz, M., Gabriel, K. & Lipowsky, F. (2013): Niedrig und hoch inferente Verfahren der Unterrichtsbeobachtung. Analysen zu deren gegenseitiger Validierung. Zeitschrift für Pädagogik, 59(3), 357-380.

Mahner, M., & Bunge, M. (2000): Philosophische Grundlagen der Biologie. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-57231-9

Mahr, B. (2008): Ein Modell des Modellseins: Ein Beitrag zur Aufklärung des Modellbegriffs. In Dirks, U. & Knobloch, E. (Hrsg): Modelle. Frankfurt am Main: Lang.

Maribus gGmbH (Hrsg.) (2010): Word Ocean Review. Hamburg: Maribus.

Maribus gGmbH (Hrsg.) (2015): Word Ocean Review 4. Der nachhaltige Umgang mit unseren Meeren. Hamburg: Maribus.

Martius, T., Delvenne, L., & Schlüter, K. (2016): Forschendes Lernen. Verschiedene Konzepte, ein gemeinsamer Kern? MNU Journal, 69(4), S. 220-228.

Mayer, J. (2007): Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In Krüger, D. & Vogt, H. (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden. Berlin, Heidelberg: Springer.

Mayer, J., & Ziemek, H.-P. (2006): Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. Unterricht Biologie, 30(317), S.4-12.

Meier, M., & Mayer, J. (2014): Selbständiges Experimentieren. Entwicklung und Einsatz eines anwendungsbezogenen Aufgabendesigns. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 67(1), S.4-10.

Messmer, K., Niederhäusern, R. v., Rempfler, A., & Wilhelm, M. (Hrsg.) (2011): Ausserschulische Lernorte. Positionen aus Geographie, Geschichte und Naturwissenschaften. Berlin: Lit.

Millar, R. (2005): Contextualised science course: Where next? In Nentwig, P. & Waddington, D. (Hrsg.): Making it relevant. Context based learning of science (S. 324-346). Münster: Waxmann.

Ministerium für Schule und Berufsbildung des Landes Schleswig-Holstein (2014): Fachanforderungen Naturwissenschaften allgemeinbildende Schulen, Sekundarstufe I.

Ministerium für Schule und Berufsbildung des Landes Schleswig-Holstein (2016): Fachanforderungen Weltkunde allgemeinbildende Schulen, Sekundarstufe I.

Mitchell, M. (1993): Situational interest: Its multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom. Journal of Educational Psychology, 85(3), S. 424-436.

Mulder, Y. G., Lazonder, A. W., & de Jong, T. (2014): Using heuristic worked examples to promote inquiry-based learning. Learning and Instruction, 29, 56-64. doi:https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.08.001

Müller, C., & Duit, R. (2004): Funktionen des Experiments. Vorstellungen von Lehrern und Unterrichtsrealität. In: Pitton, A. (Hrsg.). Chemie- und physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung. (S. 33-35). Münster: Lit.

National Research Council (1996): National Science Education Standards. Washingston, DC: The National Academic Press. doi:https://doi.ord/10.17226/4962

Nehring, A., Nowak, K. H., Upmeier zu Belzen, A., & Tiemann, R. d. (2015): Predicting Students' Skills in the Context of Scientific Inquiry with Cognitive, Motivational, and Sociodemographic Variables. International Journal of Science Education, 37(9), S. 1343-1363.

Nerdel, C. (2017): Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik. Berlin: Springer Spektrum.

Neuhaus-Siemon, E. (1989): Offener Unterricht - eine neue pädagogische Utopie? Pädagogische Welt, 43(9), S. 406-411.

Niebert, K. (2009): Es wird wärmer, weil mehr Sonne auf die Erde scheint! Wie Lernende sich die globale Erwärmung vorstellen. Naturwissenschaften im Unterricht. Physik, 20(111/112), S. 20-23.

Nolting, H.P. (2014): Störungen in der Schulklasse: Ein Leitfaden zur Vorbeugung und Konfliktlösung. Weinheim: Beltz

OECD (2009): Green at fifteen? How 15-year-olds perform in environmental science and geoscience in PISA 2006. Paris: OECD.

Olson, S., & Loucks-Horsley, S. (2000): Inquiry and the National Science Education Standards. A Guide for Teaching and Learning. Washingston, DC: The National Academies Press.

Parchmann, I., & Prenzel, M. (2003): Kompetenz entwickeln. Vom naturwissenschaftlichen Arbeiten zum naturwissenschaftlichen Denken. Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie, 14(76-77), 15-19.

Paschmann, A., Vries, T. d., Steinmann, M., & Parchmann, I. (2000): Die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser. CHEMKON, 7(2), S.85-86. doi:10.1002/ckon.20000070208

Pawek, C. (2012). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen. Elektronische Dissertation: http://www.dlr.de/schoollab/en/Portaldata/24/Resources/dokumente/Diss_Pawek.pdf (Abgerufen am 15.03.2018)

Popper, K. R. (1935). Logik der Forschung zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft. Wien: Springer.

Prenzel, M. (2008): PISA 2006. Wichtige Ergebnisse im Überblick. In: Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E. & Pekrun, R. (Hrsg.): PISA 2006 in Deutschland. Die Kompetenzen der Jugendlichen im dritten Ländervergleich. Zusammenfassung (S. 13-30). Kiel: IPN.

Rehm, M., & Parchmann, I. (2015): Lernvielfalt Naturwissenschaften. Ziele und Ansätze einer systematischen Vernetzung schulischen und außerschulischen Lernens. Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie, 26(147), S. 2-7.

Reid, D.J, Zhang, J. & Chen, Q. (2003): Supporting scientific discovery learning in a simulation environment. Journal of Computer Assisted Learning (19), S. 9-20.

Reinfried, S., Schuler, S., Aeschbacher, U., & Huber, E. (2008): Der Treibhauseffekt - Folge eines Lochs in der Atmosphäre? Wie sich Schüler ihre Vorstellungen bewusst machen und sie verändern können. Geographie heute, 30(265), 24-33.

Rieß, W., & Robin, N. (2012): Das Experimentieren in der fachdidaktischen empirischen Forschung. In W. Rieß, M. Wirtz, A. Schultz, & B. Barzel (Hrsg.): Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Theoretische Fundierung und empirische Befunde. Münster: Waxmann.

Rincke, K. (2016). Experimente und ihre Funktionen für das Lernen. http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:355-epub-364106 (Abgerufen am 15.03.18)

Ropohl, M., & Emden, M. (2017). Zwischen Neu-Entdecken und Nach-Entdecken. Experimentieren als naturwissenschaftliche Arbeitsweise im Unterricht. Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie, 28(158), S. 2-7.

Rumann, S. (2004): Kooperatives Experimentieren im Chemieunterricht. Berlin: Logos.

Sauerborn, P., & Brühne, T. (2014): Didaktik des außerschulischen Lernens (5. Aufl.). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Scharfenberg, F.-J. (2005): Experimenteller Biologieunterricht zu Aspekten der Gentechnik im Lernort Labor empirische Untersuchung zu Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse. Elektronische Dissertation: http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01dd10/5030073311.pdf (Abgerufen am 15.03.2018)

Scharfenberg, F.-J., Bogner, F. X., & Klautke, S. (2008): A Category-Based Video Analysis of Students' Activities in an Out-of-School Hands-on Gene Technology Lesson. International Journal of Science Education, 30(4), S. 451-467.

Schauble, L., Klopfer, L. E., & Raghavan, K. (1991): Students' Transition from an Engineering Model to a Science Model of Experimentation. Journal of Research in Science Teaching, 28(9), S. 859-882.

Schenzer, M. (2009): Phänolab. Mathematisch und naturwissenschaftlicher Unterricht Primar 1 (3). S.111-115.

Senger, V. (2009): Zum Einfluss eines Vorwissenaustausches auf die Zusammenarbeit von kollaborativ forschenden Schülern. Elektronische Dissertation: https://macau.uni-kiel.de/receive/dissertation_diss_00003800 (Abgerufen am 15.03.18)

Schiepe-Tiska, A., Schmidtner, S., Müller, K., Heine, J.-H., Neumann, K., & Lüdtke, O. (2016). Naturwissenschaftlicher Unterricht in Deutschland in PISA 2015 im internationalen Vergleich. In: Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E. & Köller, O. (Hrsg.), PISA 2015: Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation (S. 133-176). Münster: Waxmann.

Schmidkunz, H., & Lindemann, H. (1995): Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht (4., Aufl.). Magdeburg: Westarp.

Schmidt, I., Di Fuccia, D.-S., & Ralle, B. (2011): Außerschulische Lernstandorte. Erwartungen, Erfahrungen und Wirkungen aus der Sicht von Lehrkräften und Schulleitungen. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 64(6), S. 362-369.

Schmidt-Weigand, F., Franke-Braun, G., & Hänze, M. (2008): Erhöhen gestufte Lernhilfen die Effektivität von Lösungsbeispielen? Eine Studie zur kooperativen Bearbeitung von Aufgaben in den Naturwissenschaften. Unterrichtswissenschaft, 36(4), S. 365-384.

Schnell, R., Hill, P. B., & Esser, E. (1999): Methoden der empirischen Sozialforschung. München: Oldenbourg.

Schulz, Alexandra (2011): Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht . Eine Videostudie. Berlin: Logos

Schwarzer, S., & Itzek-Greulich, H. (2015): Möglichkeiten und Wirkungen von Schülerlaboren. Vor- und Nachbereitung zur Vernetzung mit dem Schulunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie, 26(147), S. 8-13.

Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T., & Härtig, H. (2016): Teaching the control-of-variables strategy. A meta-analysis. Developmental Review, 39, S. 37-63.

Slavin, R. E. (1995): Cooperative Learning. New York: Longman.

Staeck, L. (2010): Zeitgemäßer Biologieunterricht. Eine Didaktik für die Neue Schulbiologie (7. Aufl.). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.

Stäudel, L. (2004): Gasentwicklung von Brausetabletten. Versuchsergebnisse deuten und eine Lösungshypothese entwickeln. In: Duit, R., Gropengießer, H., Stäudel, L. (Hrsg.): Naturwissenschaftliches Arbeiten. Seelze: Friedrich.

Sterr, H. (2007): Folgen des Klimawandels für Ozeane und Küsten. In W. Endlicher & F.-W. Gerstengarbe (Hrsg.): Der Klimawandel - Einblicke, Rückblicke und Ausblicke (S. 86–97). Potsdam: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Humboldt-Universität zu Berlin.

Streller, M. (2016): The educational effects of pre and post-work in out-of-school laboratories. Dresden: Sächsische Landesbibliothek- Staats- und Universitätsbibliothek Dresden.

Terhart, E. (2000): Lehr-Lern-Methoden eine Einführung in Probleme der methodischen Organisation von Lehren und Lernen (3. Aufl.). Weinheim: Juventa

Tesch, M.; Duit, R. (2004): Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10, S. 51–69.

Trendel, G.; Fischer, H. E. (2007): Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen. MNU, 60(7), S. 388-394.

Upmeier zu Belzen, A. (2016): Unterrichten mit Modellen. In Gropengießer, H., Harms, U. & Kattmann, U. (Hrsg.): Fachdidaktik Biologie die Biologiedidaktik (10. Aufl.). Hallbergmoos: Aulis Verlag.

Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (2010): Modellkompetenz im Biologieunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16, S.41-57.

Veer, W. v. d., & Rijke, P. D. (1994): Die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser. Ein verblüffendes Experiment. CHEMKON, 1(2), 83-84. doi:10.1002/ckon.19940010205

Völlinger, V. A., Supanc, M., & Brunstein, J. C. (2018): Kooperatives Lernen in der Sekundarstufe. Häufigkeit, Qualität und Bedingungen des Einsatzes aus der Perspektive der Lehrkraft. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 21(1), S.159-176.

Wahser, I. (2008): Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. Berlin: Logos.

Walpuski, M. (2006): Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback. Eine empirische Studie. Berlin: Logos.

Walpuski, M., & Hauck, A. (2017): Experimente und Lernerfolg. Wie können Experimentierphasen optimiert werden, um Interesse und Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler zu erhöhen? Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie, 28(158), S. 8-13.

WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2006): Die Zukunft der Meere – zu warm, zu hoch, zu sauer. Sondergutachten. Berlin.

Wellnitz, N. (2012): Kompetenzstruktur und -niveaus von Methoden naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Berlin: Logos.

Wellnitz, N., Hecht, M., Heitmann, P., Kauertz, A., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2017): Modellierung des Kompetenzteilbereichs naturwissenschaftliche Untersuchungen. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 20(4), S. 556-584. doi:10.1007/s11618-016-0721-3

Wellnitz, N., & Mayer, J. (2012:. Beobachten, Vergleichen und Experimentieren: Wege der Erkenntnisgewinnung. In: Didaktik der Biologie. Standortbestimmung und Perspektiven. Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO, Bayreuth 2011 (S. 63-79). Innsbruck: Studien Verlag.

Wellnitz, N., & Mayer, J. (2013): Erkenntnismethoden in der Biologie. Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19, S. 315-345.

Wellnitz, N., & Mayer, J. (2016): Methoden der Erkenntnisgewinnung im Biologieunterricht. In: Sandmann, A. & Schmiemann, P. (Hrsg.): Biologiedidaktische Forschung. Schwerpunkte und Forschungsstände (S. 164 ff.). Berlin: Logos.

Welzel, M., Haller, K., Bandera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H., Aufschnaiter, S. v. (1998): Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden. Ergebnisse einer europäischen Umfrage. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 4(1), S.29-44.

Wilde, M., & Bätz, K. (2006): Einfluss unterrichtlicher Vorbereitung auf das Lernen im Naturkundemuseum. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12, S. 77-89.

Wilms, M., Kometz, A., & Veer, W. v. d. (2005): Die Abhängigkeit der Gaslöslichkeit von der Temperatur — ein Experiment mit Brausetabletten. CHEMKON, 12(1), S. 27. doi:10.1002/ckon.200590000

Wirtz, M. & Caspar, F. (2002): Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität: Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen. Göttingen: Hogrefe

Wüsten, S. (2010): Allgemeine und fachspezifische Merkmale der Unterrichtsqualität im Fach Biologie: eine Video- und Interventionsstudie, Berlin: Logos.

Zion, M., & Mendelovici, R. (2012): Moving from structured to open inquiry. Challenges and limits. Science Education International, 23(4), S. 383-399.

Anhang A: Befragung

Fragebogen Pre-Test

Europa-Universität Flensburg

1. Fragebogen zur Teilnahme am „Klimalabor"

Hallo!

Bitte lies dir jede der Fragen aufmerksam durch und beantworte sie. Du wirst diesen Fragebogen zu einem späteren Zeitpunkt noch einmal ausfüllen. Damit ich die Antworten miteinander vergleichen kann, benötige ich einen Code von dir.

Vielen Dank für deine Hilfe!

Dein persönlicher Code:

Die ersten beiden Buchstaben des Vornamens deiner Mutter		Welches sind die ersten beiden Zahlen deines Geburtstages? (bitte einkreisen)	
		0 1 2 3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Bitte vervollständige die Informationen über dich!

- **Ich bin ein** ☐ Mädchen ☐ Junge
- **Klasse:** _____
- **Schule** _____
- **Alter**_____ Jahre

Bei folgenden Fragen geht es um den Klimawandel. Kreuze die Antworten an, die du für richtig hälst. Pro Frage darfst du nur ein Kreuz setzen. Falls du die Antwort nicht weißt, kreuze bitte "*Weiß ich nicht*" an.

Bist du bereit? Los geht`s! →

a. **Das Klima der Erde…**

- ☐ … ist seit Entstehung der Erde stabil.
- ☐ … wird nach Meinung der meisten Wissenschaftler auch durch den Menschen beeinflusst.
- ☐ … hat sich nur bei der letzten Eiszeit gewandelt.
- ☐ … ändert sich nach Meinung der meisten Wissenschaftler in den nächsten 20 Jahren nicht.
- ☐ Weiß ich nicht.

b. **Was gilt nicht als Ursache von Meeresströmungen?**

- ☐ Winde
- ☐ Temperaturen
- ☐ Salzgehalte.
- ☐ Methan.
- ☐ Weiß ich nicht.

c. **Was passiert, wenn sich Wasser erwärmt?**

- ☐ Es wird dunkler.
- ☐ Es zieht sich zusammen.
- ☐ Es wird nur wärmer, sonst passiert nichts.
- ☐ Es dehnt sich aus.
- ☐ Weiß ich nicht.

d. **Was gilt als Ursache für einen Anstieg des Meeresspiegels?**

- ☐ Das Gefrieren von Festlandeis.
- ☐ Das Abschmelzen von Festlandeis.
- ☐ Das Abschmelzen von Meereis.
- ☐ Das Gefrieren von Meereis.
- ☐ Weiß ich nicht.

e. **Welchen Einfluss haben Ozeane und Wälder auf das Klima?**

- ☐ Beide verringern den CO_2- Gehalt in der Atmosphäre.
- ☐ Beide haben keinen Einfluss auf das Klima.
- ☐ Die Wälder speichern CO_2. Die Ozeane haben keinen Einfluss auf das Klima.
- ☐ Die Ozeane speichern CO_2. Die Wälder haben keinen Einfluss auf das Klima.
- ☐ Weiß ich nicht.

f. **Konvektion ist eine Bezeichnung für …**

- ☐ Eine Krümmung der Atmosphäre.
- ☐ Den Gasaustausch zwischen Atmosphäre und Land.
- ☐ Bewegung von Wassermassen.
- ☐ Wolkenbildung.
- ☐ Weiß ich nicht.

g. **Welchen Einfluss hat die Temperatur auf die Menge an CO_2, die im Wasser gelöst wird?**

- ☐ In warmem Wasser lösen sich größere Mengen CO_2 als in kaltem Wasser.
- ☐ In kaltem Wasser lösen sich größere Mengen CO_2 als in warmem Wasser.
- ☐ Die Temperatur hat darauf keinen Einfluss.
- ☐ CO_2 gibt es nur in der Luft und es löst sich nicht im Wasser.
- ☐ Weiß ich nicht.

h. **Welches ist eine wesentliche Eigenschaft von Treibhausgasen?**

- ☐ Sie zerstören kleine Teilchen in der Atmosphäre.
- ☐ Sie können Sonnenstrahlen aufnehmen. Dadurch kühlt die Erde ab.
- ☐ Sie sind durchlässig für Sonnenstrahlung, für Wärmestrahlung hingegen nicht.
- ☐ Sie nehmen Sonnenstrahlung auf und geben Kohlendioxid (CO_2) ab.
- ☐ Weiß ich nicht.

i. **Was ist die Ursache für den Treibhauseffekt auf der Erde?**

- ☐ Das Ozonloch.
- ☐ Die Sonne, die immer stärker scheint.
- ☐ Bestimmte Gase in der Atmosphäre.
- ☐ Giftiger Regen.
- ☐ Weiß ich nicht.

j. **Wo auf der Welt nehmen die Ozeane am meisten CO_2 auf?**

- ☐ In der Nähe des Äquators.
- ☐ Im Nordatlantik.
- ☐ Die Ozeane nehmen kein CO_2 auf.
- ☐ Im Mittelmeer.
- ☐ Weiß ich nicht.

k. **Je mehr CO_2 die Ozeane aufnehmen, desto ... wird das Wasser.**

- ☐ saurer.
- ☐ salziger.
- ☐ kälter.
- ☐ gelber.
- ☐ Weiß ich nicht.

l. Welche Lebewesen sind bei einer erhöhten CO_2 – Aufnahme durch die Ozeane als erstes gefährdet?

- ☐ Meeressäugetiere (wie zum Beispiel Wale oder Seehunde).
- ☐ Lebewesen, die zum Aufbau ihrer Skelette oder Schalen Kalk benötigen.
- ☐ Die Lebewesen im Meer sind dadurch nicht bedroht.
- ☐ Tiefseefische.
- ☐ Weiß ich nicht.

2) Der nächste Abschnitt betrifft deine Meinung und deine Einstellung zu Themen, die mit Naturwissenschaften zu tun haben.

> *"Naturwissenschaften"* bezieht sich auf alle Themen über Biologie, Chemie, Physik, Erdwissenschaften oder Weltraumforschung.

a. Gib an, wie sehr du den Aussagen zustimmst!

	stimmt völlig	stimmt ziemlich	stimmt teilweise	stimmt wenig	stimmt gar nicht
• Naturwissenschaften bringen mir Spaß.	☐	☐	☐	☐	☐
• Bei naturwissenschaftlichen Sendungen im Fernsehen schalte ich immer aus oder um	☐	☐	☐	☐	☐
• Naturwissenschaften gehören für mich persönlich zu den wichtigen Dingen.	☐	☐	☐	☐	☐
• Ich führe in meiner Freizeit nur ungern Gespräche über naturwissenschaftliche Themen. . . .	☐	☐	☐	☐	☐
• Ich finde es wichtig, mich mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen zu beschäftigen …	☐	☐	☐	☐	☐
• Naturwissenschaftliche Bücher oder naturwissenschaftliche Artikel in Zeitungen finde ich völlig uninteressant.	☐	☐	☐	☐	☐
• In meiner Freizeit habe ich besseres zu tun, als über naturwissenschaftliche Phänomene nachzudenken.	☐	☐	☐	☐	☐
• Wenn ich Experimente oder Versuche durchführe, kann es passieren, dass ich gar nicht merke wie die Zeit verfliegt.	☐	☐	☐	☐	☐
• Wenn ich Experimente oder Versuche durchführen kann, bin ich bereit, auch Freizeit dafür zu verwenden	☐	☐	☐	☐	☐
• Experimente oder Versuche durchzuführen macht mir einfach keinen Spaß.	☐	☐	☐	☐	☐

☺

Nun hast du es geschafft! Vielen Dank!

Pilotierung (revidierte Items)

Was ist die Atmosphäre?

- ☐ Ein Planet.
- ☐ Eine gasförmige Hülle um die Erde.
- ☐ Eine andere Bezeichnung für das Universum.
- ☐ Eine Hülle um die Erde, die keine Luft enthält.
- ☐ Weiß ich nicht.

Welche Aussage über fossile Brennstoffe ist richtig?

- ☐ Sie sind in den letzten 100 Jahren entstanden.
- ☐ Bei ihrer Verbrennung wird Kohlenstoffdioxid (CO_2) freigesetzt.
- ☐ Sie stehen unbegrenzt zur Verfügung.
- ☐ Bei ihrer Verbrennung verringert sich die Menge an CO_2 in der Luft.
- ☐ Weiß ich nicht.

Welche Aussage über Sauerstoff im Meer ist richtig?

- ☐ Alle Meeresorganismen sind auf Sauerstoff angewiesen.
- ☐ Kohlendioxid wird durch die Photosynthese und die Respiration freigesetzt.
- ☐ Der Sauerstoffkonzentration von Meerwasser ist immer gleich.
- ☐ Sauerstoff wird durch die Photosynthese freigesetzt und durch die Respiration verbraucht.
- ☐ Weiß ich nicht.

Was ist El Niño?

- ☐ Bezeichnung für veränderte Strömungen des Nordpolarmeers.
- ☐ Bezeichnung für die Ozeanversauerung.
- ☐ Bezeichnung für veränderte Strömungen des äquatorialen Pazifiks.
- ☐ Bezeichnung für die Erwärmung durch den Treibhauseffekt.
- ☐ Weiß ich nicht.

Welches ist eine Energiequelle aus dem Meer?

- ☐ Methanolhydrat.
- ☐ Methanhydronat.
- ☐ Methanolhydronat.
- ☐ Methanhydrat.
- ☐ Weiß ich nicht.

Was gilt als eine Dimension der Nachhaltigkeit?

- ☐ Philosophie.
- ☐ Ökonomie.
- ☐ Astronomie.
- ☐ Geometrie
- ☐ Weiß ich nicht.

Fragebogen Post-Test

Europa-Universität Flensburg

II. Fragebogen zur Teilnahme am „Klimalabor"

Vielen Dank, dass du heute am Klimalabor teilgenommen hast! Bitte lies dir alle Fragen aufmerksam durch und beantworte sie. Pro Frage darfst du nur ein Kreuz setzen.

Damit wir deine Aussagen mit dem ersten Fragebogen und den Videos vergleichen können, benötigen wir deinen Code und einige Infos über dein Aussehen.

Vielen Dank für deine Hilfe!

1) Mein persönlicher Code:

☐	Erster Buchstabe des Vornamens deiner Mutter
☐	Zweiter Buchstabe des Vornamens deiner Mutter
☐	Die ersten beiden Zahlen deines Geburtstags (z.B "08" beim 08.03.2001 oder "27" beim 27.08.1998)

2) Ich bin ein ... ☐ Mädchen. ☐ Junge.

3) Meine **Haarfarbe** ist _____.

3) Aus wieviel Personen bestand eure Gruppe?

Wir waren _____ Leute in der Gruppe. Davon waren _____ Mädchen und _____ Jungs.

4) Beschreibe das Oberteil, das du heute trägst!

Es ist... ☐ ein Pullover. ☐ ein T-Shirt. ☐ eine Jacke.

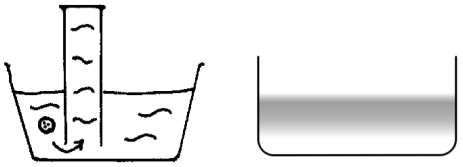
Es hat die Farbe _____.

Daran erkennt man es besonders gut (z.B ein Bild oder ein Schriftzug):

_____
_____
_____

5) Wie schwer waren die drei Stationen für dich? Bitte schätze auf der Skala von 1-9 deine geistige Anstrengung während der Arbeit an der Station ein (1=sehr, sehr gering bis 9 sehr, sehr hoch!)

Station 1

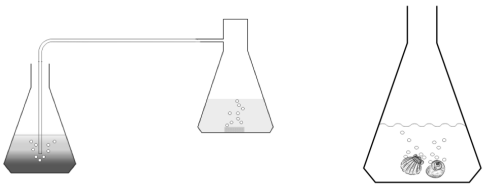


gering → → → → → → → → → → → → → → → → hoch

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Station 2

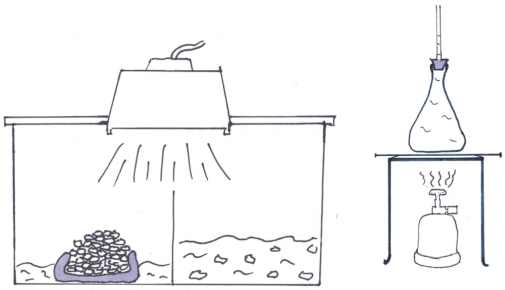


gering → → → → → → → → → → → → → → → → hoch

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Station 3



gering → → → → → → → → → → → → → → → → hoch

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

1 2 3 4 5 6 7 8 9

6) Bitte gib an, wie sehr du den Aussagen über die Versuche, die ihr durchgeführt habt, zustimmst!

	stimmt völlig	stimmt ziemlich	stimmt teilweise	stimmt wenig	stimmt gar nicht
• Die Suche nach Erklärungen für die Experimente hat Spaß gemacht.	☐	☐	☐	☐	☐
• Beim Experimentieren bin ich auf neue Ideen gekommen.	☐	☐	☐	☐	☐
• Das eigenständige Experimentieren war mir wichtig.	☐	☐	☐	☐	☐
• Ich würde gerne mehr über die Experimente lernen, die wir im Klimalabor durchgeführt haben.	☐	☐	☐	☐	☐
• Die Experimente waren für mich Interessant.	☐	☐	☐	☐	☐
• Die Experimente haben mir keinen Spaß gemacht.	☐	☐	☐	☐	☐
• Dass wir heute Experimente durchgeführt haben, erscheint mir sinnvoll.	☐	☐	☐	☐	☐
• Beim Experimentieren ist die Zeit sehr langsam vergangen.	☐	☐	☐	☐	☐
• Dass wir heute Experimente durchgeführt haben, ist mir persönlich wichtig.	☐	☐	☐	☐	☐
• Solche Experimente, wie wir sie im Klimalabor durchgeführt haben, würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.	☐	☐	☐	☐	☐
• Die Zusammenarbeit mit den Mitschülerinnen bzw. Schülern war mir wichtig.	☐	☐	☐	☐	☐
• Die Durchführung der Experimente war langweilig.	☐	☐	☐	☐	☐
• Beim Experimentieren habe ich interessante Anregungen erhalten.	☐	☐	☐	☐	☐

7) Wissenstest (identisch mit A1)

Follow-up-Test:

+ Wissenstest (identisch mit A1)

+ Skala aktuelles Interesse (identisch mit A2, 6))

Lehrerfragebogen

Europa-Universität Flensburg

Fragebogen zur Teilnahme am „Klimalabor“

Liebe Lehrerin,
Lieber Lehrer

vielen Dank, dass sie mit ihrer Klasse am Klimalabor teilnehmen! Wir würden uns freuen, wenn sie die begleitende empirische Untersuchung unterstützen, indem sie diesen Fragebogen ausfüllen. Wir versichern Ihnen, dass die Angaben vertraulich behandelt und anonymisiert werden.

1) Wie oft arbeiten die Schülerinnen und Schüler in ihrem Unterricht selbstständig in Kleingruppen?

☐ sehr oft ☐ oft ☐ gelegentlich ☐ selten ☐ sehr selten

2) Wie oft werden Experimente oder Versuche in Kleingruppen durchgeführt?

☐ sehr oft ☐ oft ☐ gelegentlich ☐ selten ☐ sehr selten

3) Bitte schätzen Sie auf der Skala von 1-9 die allgemeine Leistungsstärke ihrer Klasse ein!

gering → → → → → → hoch

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

1 2 3 4 5 6 7 8 9

4) Bitte schätzen Sie auf der Skala von 1-9 die Fähigkeit ihrer Klasse zum selbstständigen Arbeiten in Kleingruppen ein!

gering → → → → → → hoch

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

1 2 3 4 5 6 7 8 9

5) Haben Sie in den letzten zwei Wochen Unterrichtsinhalte zum Thema Klimawandel durchgenommen? Wenn ja, erläutern Sie bitte kurz die Inhalte und den Umfang.

6) Planen Sie in den nächsten sechs Wochen Unterricht zum Thema Klimawandel durchzuführen? Wenn ja, erläutern Sie bitte kurz die geplanten Inhalte und den Umfang.

7) Welche Verbesserungsvorschläge oder Anmerkungen haben Sie bezüglich des Klimalabors?

Wir danken Ihnen herzlich für Ihre Mitarbeit!

A.4 Einverständniserklärung

Europa-Universität Flensburg

An die Eltern der Klasse ___
___ Schule
24943 Flensburg

Flensburg, d.

Prof. Dr. Andreas Christian
Abteilung Biologie und Ihre Didaktik
Auf dem Campus 1
24943 Flensburg

Auskunft erteilt:
Arne Bockwoldt
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Gebäude HG | Raum 466
24943 Flensburg

Tel. +49 461 805 2312
+49 461 49 38 59 57
+49 176 20 18 21 96

arne-bockwoldt@uni-flensburg.de

Sekretariat
Silke Sünram

Raum 474
Tel. .+49 461 805 2321
Fax .+49 461 805 2322
sünram@uni-flensburg.de

www.uni-flensburg.de/biologie

Videoaufnahmen im "Klimalabor"

Liebe Eltern,

ihr Kind wird am __.__.2016 gemeinsam mit seiner/ihrer Klasse am "Klimalabor" der Abteilung Biologie der Universität Flensburg teilnehmen. Dabei handelt es sich um ein Schülerlabor, in dem die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe von Experimenten die Auswirkungen des Klimawandels auf die Ozeane erforschen können.

Im Rahmen eines Forschungsprojekts untersuchen wir derzeit die Wirkung unseres Bildungsangebots und den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler beim Durchführen der Experimente. Hierzu sollen die Teilnehmer einen kurzen Fragebogen ausfüllen und während des Experimentierens in Kleingruppen gefilmt werden.

Diese Untersuchung erfolgt anonym und die datenschutzrechtlichen Bestimmungen werden beachtet. Im Fragebogen werden keine personenbezogenen Daten erhoben. Die Namen der Schülerinnen und Schüler werden durch Buchstabenkombinationen verschlüsselt und damit anonymisiert. Die Videoaufzeichnungen und die Fragebogendaten werden elektronisch gespeichert und dienen ausschließlich der wissenschaftlichen Auswertung durch den Versuchsleiter. Die Daten werden nicht an Dritte weitergegeben und ausschließlich zu den genannten Untersuchungszwecken verwendet.

Ich würde mich freuen, wenn sie der Erhebung dieser Daten zustimmen und somit unser Forschungsvorhaben unterstützen. Sollten Sie Fragen oder Anmerkungen haben, können Sie sich gerne telefonisch oder per E-Mail an uns wenden.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr. Andreas Christian

✂ ✂ ✂

Einverständniserklärung

☐ JA, ich bin damit einverstanden, dass mein Kind während des Unterrichts gefilmt wird.

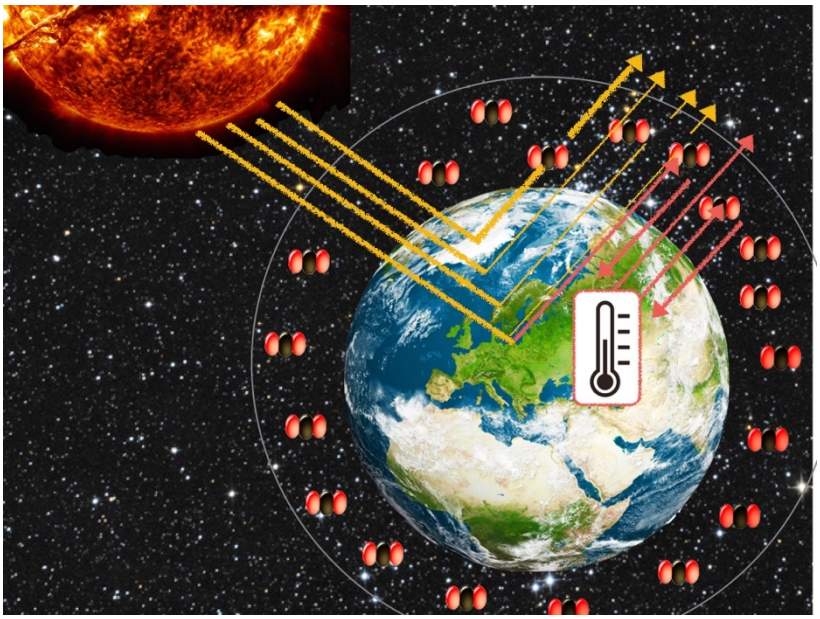
☐ NEIN, ich bin nicht damit einverstanden, dass mein Kind während des Unterrichts gefilmt wird.

(zutreffendes bitte ankreuzen)

(Ort, Datum) (Name des Kindes) (Unterschrift Erziehungsberechtigte/r)

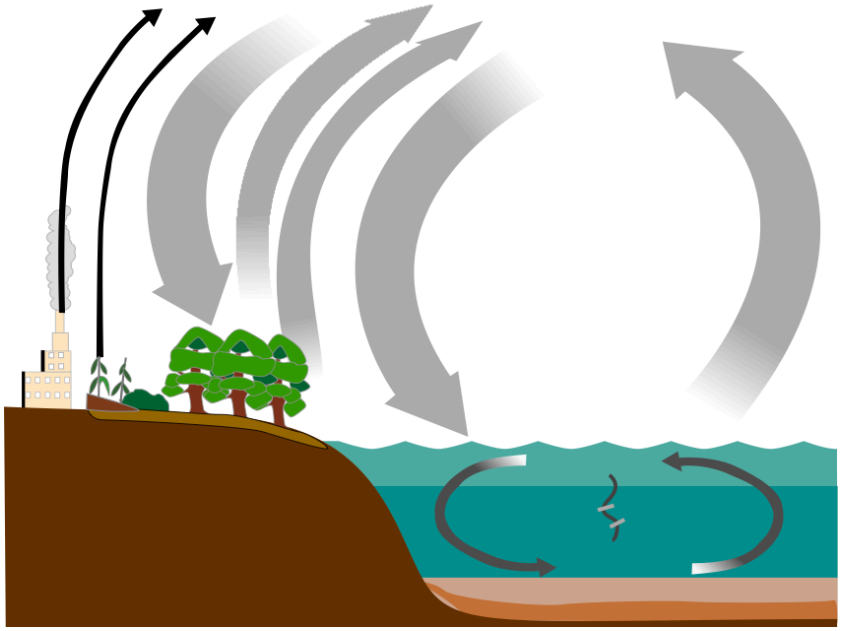
Anhang B: Lehr- und Lernmaterialien

B.1 Folien



Copyright-Informationen:

- Planet Erde: © Nadalina / fotolia
- Thermometer: © nikolae / fotolia
- Weltall: © vpardi / fotolia
- Sonne: Nasa / gemeinfrei
  https://www.nasa.gov/mission_pages/rbsp/news/third-belt.html
- CO_2-Molekül: © von Ingvald Straume (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html), CC-BY-SA-3.0 (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)



Copyright-Informationen:

- https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carbon_cycle-simple_diagram-pt.svg (bearbeitet) / gemeinfrei

B.2 Anleitungen (Versuchsgruppe A)

Kann kaltes oder warmes Wasser besser CO_2 speichern?

Das solltet ihr wissen

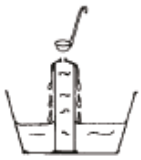
Durch den Klimawandel erwärmt sich nicht nur die Erde, sondern auch in den Ozeanen steigen die Wassertemperaturen. Die Ozeane können CO_2 aus der Luft aufnehmen und speichern und sind daher für unser Klimasystem sehr wichtig. Mit diesem Versuch könnt ihr herausfinden, ob eine Änderung der Temperatur diese Fähigkeit beeinflusst.

Durchführung

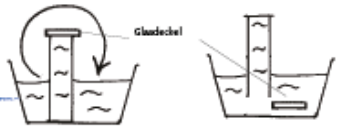
1) Notiere die Fragestellung und eure Vermutung im Versuchsprotokoll!

2) Fülle 2 Liter kaltes Wasser in eine der Schüsseln. In die andere Schüssel füllst du 1,5 Liter kaltes und 0,5 Liter heißes Wasser aus dem Wasserkocher. Miss anschließend die Temperaturen und notiere sie!

3) Nimm die Schüssel mit dem warmen Wasser und stelle die Schüssel mit kaltem Wasser zunächst beiseite. Stelle den Standzylinder in die Schüssel und fülle ihn bis zum Überlaufen mit Wasser.



4) Lege einen Glasdeckel auf den Zylinder. Stelle den Zylinder auf den Kopf, ohne dass dabei Wasser entweicht. Der Glasdeckel wird anschließend unter Wasser vorsichtig abgenommen und beiseite gelegt.



5) Lege eine Brausetablette in den Zylinder. Achte darauf, dass sie sich nur im Zylinder auflöst! Beobachte was im Zylinder passiert!

6) Miss mit dem Lineal die Größe des entstandenen Luftraums und notiere den Wert! Löse eine zweite Tablette in dem Zylinder auf. Notiere erneut die Größe des Luftraums.

7) Führe den Versuch noch ein Mal mit dem kalten Wasser durch! Tragt die Beobachtung und eine Erklärung im Protokoll ein

Copyright-Informationen:

- Hintergrundbild: By Rickard Törnblad [CC BY-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0)], from Wikimedia Commons https://commons.wikimedia.org/wiki/File:South_Pacific_Ocean,_Fiji_(2)_-_August_2016.jpg
- Papier und Stift Icon made by Recep Kutuk from www.flaticon.com, [CC BY-SA 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0)

Welchen Einfluss hat der Salzgehalt auf die Dichte von Wasser?

Das solltet ihr wissen

Durch Versuch 1A konnten wir herausfinden, dass kaltes Wasser besonders gut CO_2 speichert. Aus diesem Grund wird in den kalten Regionen am Nord- und Südpol am meisten CO_2 aus der Atmosphäre aufgenommen. Damit das Gas über einen längeren Zeitraum im Meer gespeichert werden kann, muss es von der Wasseroberfläche in die Tiefsee gelangen. Mit diesem Versuch könnt ihr herausfinden, ob der Salzgehalt bei diesem Vorgang eine Rolle spielt.

Durchführung

1) Notiere die Fragestellung und eure Vermutung im Versuchsprotokoll!

2) Befülle beide Messbecher mit 500 ml Leitungswasser

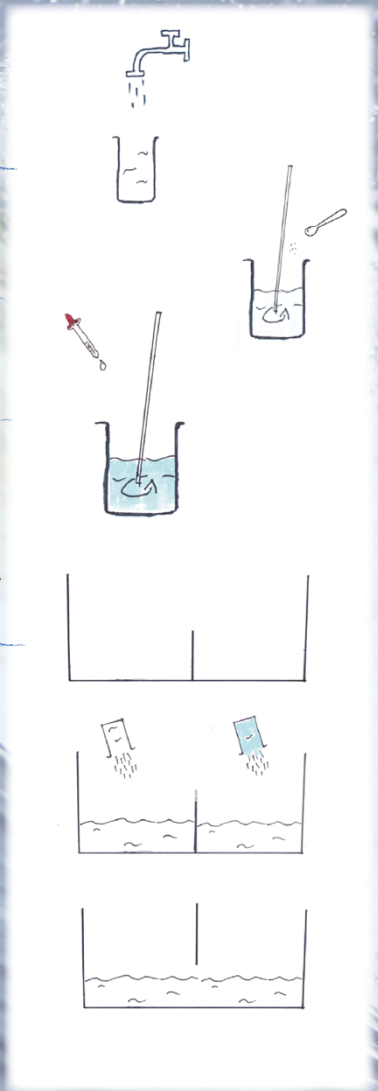
3) Gib in einen der beiden Messbecher einen Löffel Meersalz hinzu und verrühre gründlich.

4) Färbe das Wasser ohne Salz mit 10 Tropfen Tinte.

5) Nimm den Plastikbehälter und trenne ihn mit der Plastikscheibe in zwei Hälften.

6) Befülle die beiden Hälften des Plastikbehälters gleichzeitig und vorsichtig mit dem Wasser aus den Messbechern.

7) Ziehe die Plastikscheibe langsam nach oben hinaus. Beobachte den Plastikbehälter von der Seite, nicht von oben! Was kannst du erkennen?



Copyright-Informationen:

- Hintergrundbild: by Malene Thyssen [GFDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html), CC-BY-SA-3.0 (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/) or CC BY-SA 2.5 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5)], from Wikimedia Commons

Steigt der Meeresspiegel, wenn das Eis der Polarregionen schmilzt?

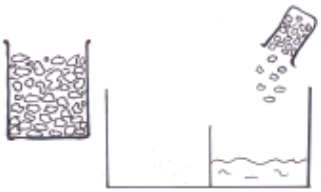
Das solltet ihr wissen

In den Medien wird oft davon berichtet, dass der Klimawandel die gewaltigen Eismassen am Nord- und am Südpol schmelzen lässt und, dass dadurch ein Anstieg des Meeresspiegels verursacht wird. Mit diesem Versuch könnt ihr herausfinden, ob der Meeresspiegel tatsächlich steigt, wenn das Eis der Polargebiete schmilzt. Dazu ist es wichtig zu wissen, dass es verschiedene Arten von Eis gibt. Seht euch dazu die Infografik an!

Durchführung

1) Stelle das Aquarium auf den dafür vorgesehenen Bereich auf dem Tisch. Hole 800 ml Wasser und fülle es in eine der beiden Hälften des Aquariums.

2) Befülle das kleinere Becherglas (500 ml) mit Eis aus dem Eimer. Anschließend gibst du das Eis zum Wasser im Aquarium hinzu.



3) Nimm die Schale aus Ton und befülle sie leicht gehäuft mit Eis aus dem Eimer. Lege die Schale mit Eis in die leere Hälfte des Aquariums.

4) Hole 200 ml Wasser und gieße es um die Tonschale herum in das Aquarium. Achte darauf, dass du das Wasser nicht direkt auf das Eis gießt!

5) Miss in beiden Hälften des Aquariums den Wasserstand mit dem Lineal und notiere die Werte im Protokoll! Wird das Wasser in beiden Hälften steigen? Kreuze eure Vermutung an!

6) Hole die Lampe. Stelle das Stativ so hin, dass die Lampe mittig über dem Aquarium ist und stecke den Stecker in die Steckdose!
Führt Versuch 3B aus, während das Eis schmilzt!

Copyright-Informationen:

- Hintergrundbild: By User: Andrewman327 [CC BY-SA 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0)], from Wikimedia Commons

Ändert sich das Volumen von Wasser bei Erwärmung?

Das solltet ihr wissen

Wasser dehnt sich aus, wenn es zu Wasser gefriert. Das weiß jeder, der schon einmal eine Glasflasche mit Wasser im Gefrierfach vergessen hat und dort anschließend nur noch ein Haufen Scherben im Eis vorfinden konnte. Doch wie ist es umgekehrt? Was passiert, wenn das Wasser erwärmt wird? Mit diesem Versuch könnt ihr es herausfinden!

Durchführung

1) Notiere Fragestellung und eure Vermutung im Protokoll!

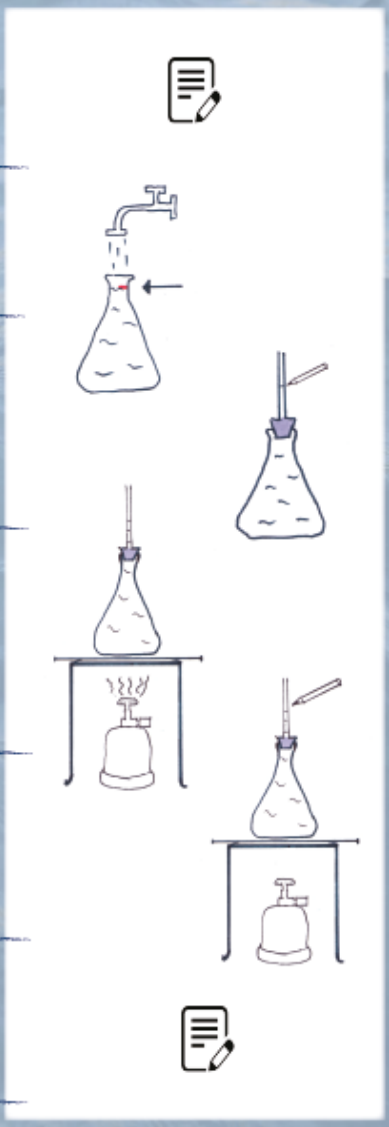
2) Befülle den Glaskolben bis zu dem Strich mit kaltem Wasser.

2) Drücke den Gummistopfen mit zwei Händen so auf den Glaskolben, dass das Wasser bis ungefähr zur Hälfte im Glasrohr steht. Markiere den Wasser stand im Glasrohr mit dem Stift.

3) Lege das Gitter auf den Ständer und stelle den Glasbehälter darauf. Starte den Gasbrenner mit dem Feuerzeug, stelle eine mittelstarke Flamme ein und erhitze damit den Glaskolben.

4) Beobachtet den Wasserstand für ca. zwei Minuten. Schalte den Gaskocher danach aus und markiere den neuen Wasserstand.

5) Notiere die Beobachtung und beantworte Frage 4 im Versuchsprotokoll!



Copyright-Informationen:

- Hintergrundbild: Adeeb Atwan [CC BY 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/3.0)], via Wikimedia Commons
- Papier und Stift Icon made by Recep Kutuk from www.flaticon.com, [CC BY-SA 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0)

Ändert sich der pH-Wert, wenn Wasser CO_2 aufnimmt?

Das solltet ihr wissen

Die Ozeane unserer Erde sind in der Lage CO_2 aus der Luft aufzunehmen. Sie speichern etwa 25% des vom Menschen verursachten CO_2. Dadurch verringert sich die Menge des Klimagases in der Luft. Je weniger CO_2 dort ist, desto langsamer erwärmt sich die Erde. Doch welche Auswirkungen hat das CO_2 auf die Chemie der Meere? Mit diesem Versuch könnt ihr herausfinden, wie das CO_2 ph-Wert beeinflusst. Falls ihr euch nicht sicher seid, was der ph-Wert ist, lest den Infotext.

Durchführung

1) Notiere die Fragestellung und eure Vermutung im Versuchsprotokoll!

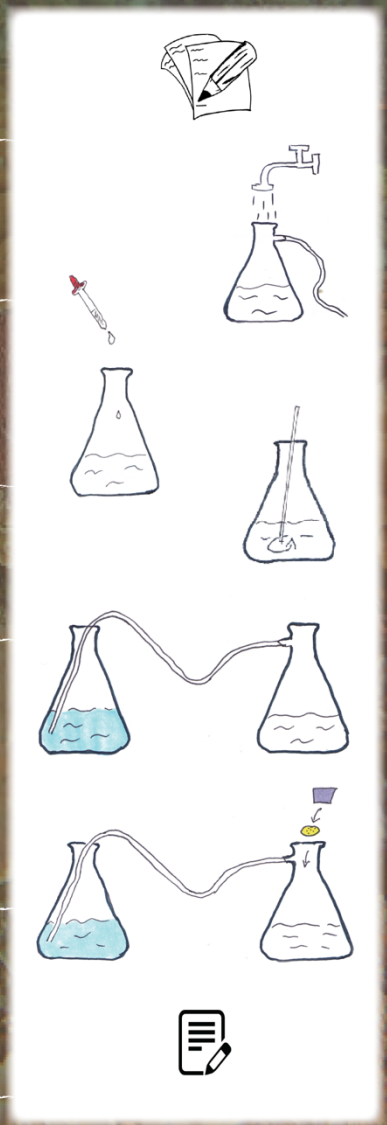
2) Fülle je 200 ml kaltes Leitungswasser in die Glaskolben.

3) Gib 10 Tropfen des Indikators in den Glaskolben ohne Schlauch und verrühre anschließend mit dem Glasstab.

3) Lege den Schlauch in das Wasser des anderen Glaskolbens und nimm dir eine Brausetablette.

4) Nimm den Gummistopfen in die Hand. Dein Partner/ deine Partnerin wirft gleich die Brausetablette in den Kolben mit dem Schlauch. Du verschließt ihn danach schnell mit dem Stopfen. Beobachtet was passiert! Wenn sich die erste Tablette aufgelöst hat, könnt ihr noch eine zweite in den Kolben werfen.

5) Was konntet ihr bei dem Versuch beobachten? Wie erklärt ihr euch diese Beobachtung? Notiere im Versuchsprotokoll



Copyright-Informationen:

- Hintergrundbild: By Nick Hobgood [CC BY-SA 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0) or GFDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)], from Wikimedia Commons; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Timor_Coral_Reef.jpg
- Papier und Stift Icon made by Recep Kutuk from www.flaticon.com, [CC BY-SA 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0)

Welchen Einfluss hat Säure auf die Schalen von Muscheln, Schnecken und Steinen?

Das solltet ihr wissen

Wie wir in Versuch 2A sehen konnten, wird Wasser durch die Hinzugabe von CO_2 saurer. Duch riesigen Mengen CO_2, die der Mensch produziert, sinkt in den Ozeanen unseres Planeten der pH-Wert. Diesen Prozess nennt man Ozeanversauerung. Jedes Lebewesen im Meer reagiert unterschiedlich auf die Zunahme an Co2. Mit diesem Versuch könnt ihr herausfinden wie Steine und die Schalen von Muscheln und Schnecken auf Säure reagieren.

1) Notiere die Fragestellung und eure Vermutung im Versuchsprotokoll!

2) Nimm einen der beiden Glaskolben und lege 4 kleine Steine hinein.

3) Nimm den anderen Glaskolben und lege je 2 Muschel- und Schneckenschalen hinein

4) Ziehe dir Plastikhandschuhe an. Fülle 50ml Essig-essenz in den Kolben mit den Steinen und ver-schließe ihn mit dem Gummistopfen.

4) Fülle 50ml Essigessenz in den Kolben mit den Muscheln und verschließe ihn mit dem Gummi-stopfen. Beobachtet anschließend gemeinsam für ca. 3 Minuten was in den Gläsern passiert.

5) Trage die Beobachtung und eine Erklärung im Protokoll ein!

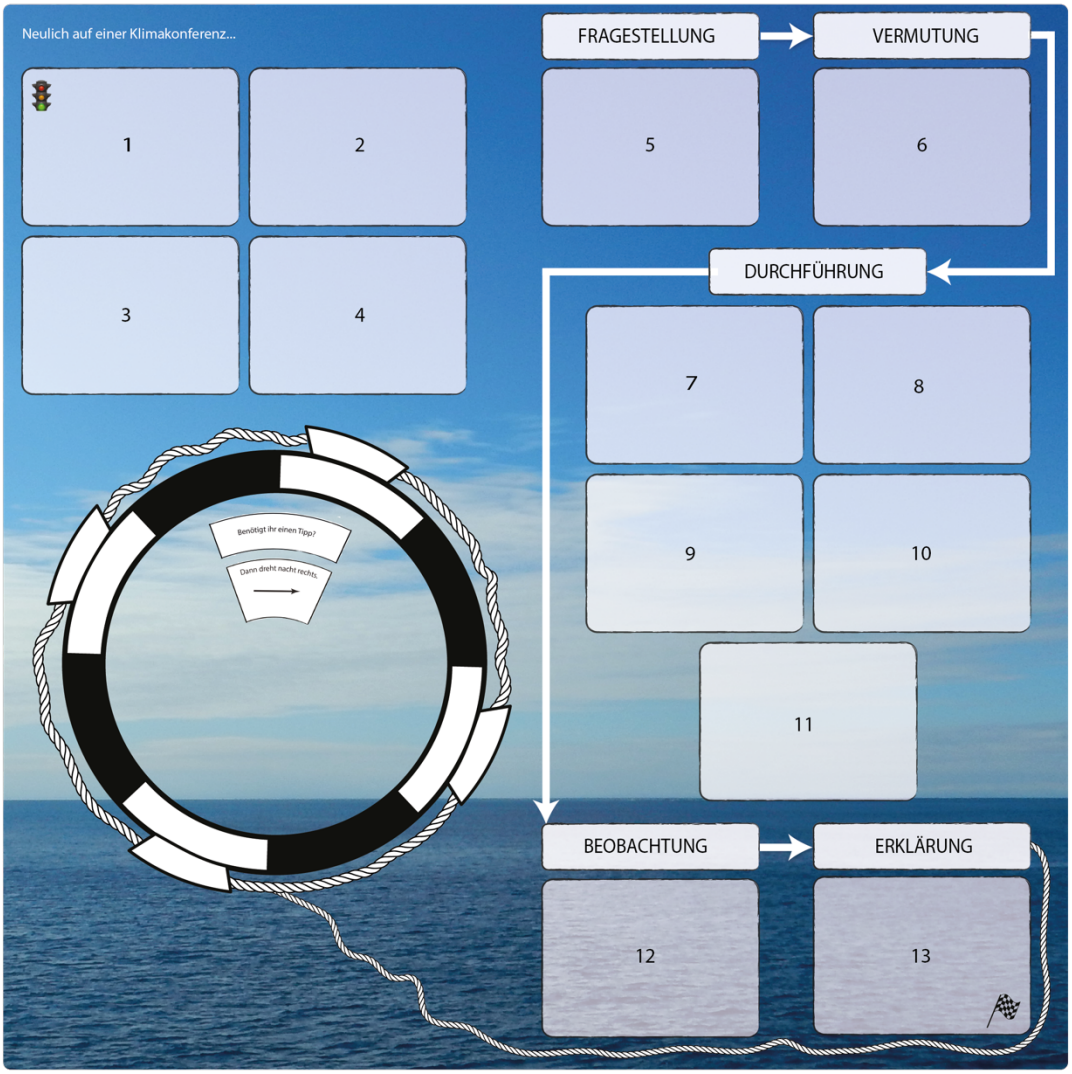
6) Räumt die Versuchsmaterialien zurück in die Kiste und vergleicht eure Erklärung mit dem Infotext in Kiste 2C.

Copyright-Informationen:

- https://www.freepik.com/free-photo/sandy-surface-with-seashells-and-blank-space_1145664.htm / Designed by Freepik / gemeinfrei

B.2 Anleitungen (Versuchsgruppe B)

Beispiel der Tischunterlage (verkleinert, Originalgröße 40 x 40 cm)



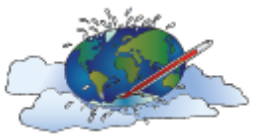
Copyright-Informationen:

- Hintergrundbild: By Rickard Törnblad [CC BY-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0)], from Wikimedia Commons https://commons.wikimedia.org/wiki/File:South_Pacific_Ocean,_Fiji_(2)_-_August_2016.jpg
- Ring: eigene Entwicklung
- Seil: Created by Layerace / Freepik.com / gemeinfrei

Anleitungskärtchen

Die Menschen verursachen durch den Ausstoß von Treibhausgasen (wie zum Beispiel CO_2) einen Klimawandel.

Dadurch erwärmt sich die Erde.



Doch nicht nur die Erde wird wärmer. Auch in den Ozeanen steigt die Wassertemperatur.

Wie wir bereits wissen, sind die Ozeane für unser Klimasystem sehr wichtig. Sie können CO_2 aus der Luft aufnehmen und speichern.

Ich frage mich, ob diese Fähigkeit durch die Erwärmung beeinflusst wird?

Was meint ihr? Kann kaltes oder warmes Wasser besser CO_2 speichern?

Wir vermuten, dass eine Änderung der Temperatur keine Auswirkungen hat. Ob warm oder kalt, Wasser ist Wasser und speichert immer gleich viel CO_2.

Mhh.. da wäre ich mir nicht so sicher.

Kann warmes oder kaltes Wasser besser CO_2 speichern?

Das ist eine gute Frage!

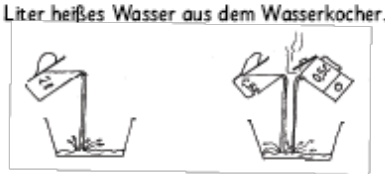
Lasst uns einen Versuch machen, um die Vermutung zu überprüfen!

Notiere die Fragestellung des Versuchs!

Wie lautet die Vermutung?

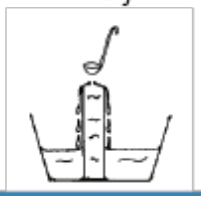
Notiere!

- Fülle 2 Liter kaltes Wasser in eine der Schüsseln.
- In die andere Schüssel füllst du 1,5 Liter kaltes und 0,5 Liter heißes Wasser aus dem Wasserkocher.



- Miss anschließend die Temperaturen und notiere sie!

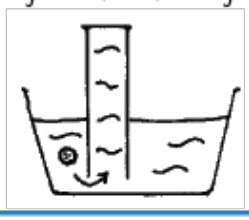
- Nimm die Schüssel mit dem warmen Wasser und stelle die Schüssel mit kaltem Wasser zunächst beiseite.
- Stelle den Standzylinder in die Schüssel und fülle ihn bis zum Überlaufen mit Wasser.



Copyright-Informationen: SongSpeckels / istock (Erde auf Karte 1)

- Lege einen Glasdeckel auf den Zylinder.
- Stelle den Zylinder auf den Kopf, ohne dass dabei Wasser entweicht.
- Der Glasdeckel wird anschließend unter Wasser vorsichtig abgenommen und beiseite gelegt.

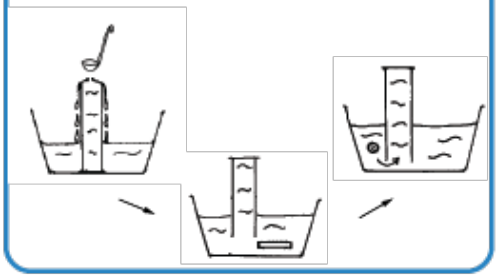
- Lege eine Brausetablette in den Zylinder.
- Achte darauf, dass sie sich nur im Zylinder auflöst!
- Beobachtet gemeinsam was im Zylinder passiert!



- Miss mit dem Lineal die Größe des entstandenen Luftraums und notiere den Wert!

- Löse eine zweite Tablette in dem Zylinder auf. Notiere erneut die Größe des Luftraums.

- Führe den Versuch noch ein mal mit dem kalten Wasser durch!



Überlegt gemeinsam:

War die Vermutung richtig?

Was konntet ihr beobachten?

Formuliert eine Erklärung für den Versuch!

Falls ihr dabei Hilfe benötigt, nutzt den Rettungsring!

Durch Versuch 1A konnten wir herausfinden, dass kaltes Wasser besonders gut CO_2 speichern kann.

Das bedeutet, dass das Meerwasser der Ozeane nicht überall gleich viel CO_2 speichert.

In den kalten Regionen am Nord- und Südpol wird am meisten CO_2 aus der Atmosphäre aufgenommen.

Doch damit das CO_2 über einen längeren Zeitraum im Meer gespeichert werden kann, muss es von der Wasseroberfläche in die Tiefsee gelangen.

Und wie geschieht das?

Das Wasser der Weltmeere ist unterschiedlich salzig. Möglicherweise beeinflusst der Salzgehalt, ob Wasser oben oder unten schwimmt?

Ja, das ist möglich.

Ich vermute, dass Salz das Wasser "schwerer" werden lässt und daher unten schwimmt.

Lasst uns einen Versuch machen, um dies zu überprüfen!

Wie lautet die Vermutung? Notiere!

Notiere die Fragestellung des Versuchs!

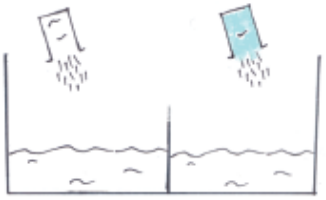
Nimm den Plastikbehälter und trenne ihn mit der Plastikscheibe in zwei Hälften.

Befülle beide Messbecher mit 500 ml Leitungswasser.

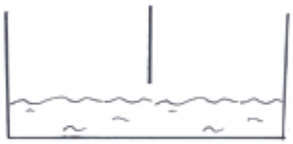
Gib in einen der beiden Messbecher einen Löffel Meersalz hinzu und verrühre gründlich.

Färbe das Wasser ohne Salz mit 10 Tropfen Tinte.

Befülle die beiden Hälften des Plastikbehälters gleichzeitig und vorsichtig mit dem Wasser aus den Messbechern.



Ziehe die Plastikscheibe langsam nach oben hinaus. Beobachte den Plastikbehälter von der Seite, nicht von oben! Was kannst du erkennen?



Was konntet ihr beobachten?

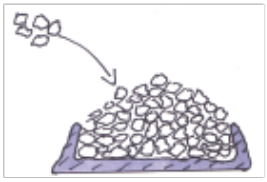
Notiere im Versuchsprotokoll!

Lies zur Erklärung den Informationstext!

Copyright-Informationen:

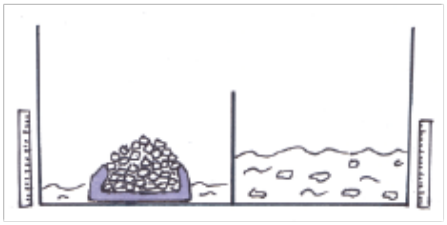
Hintergrundbild Karte 1: By Andrew Shiva / Wikipedia, from Wikimedia Commons https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c7/NOR-2016-Svalbard-Near_Polar_Ice_Cap_%2881%C2%B0_N%29-Ice_02.jpg

- Nimm die Schale aus Ton und befülle sie leicht gehäuft mit Eis aus dem Eimer.
- Lege die Schale mit Eis in die leere Hälfte des Aquariums.

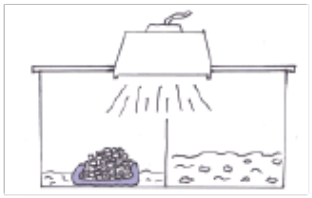


Hole 200 ml Wasser und gieße es um die Tonschale herum in das Aquarium. Achte darauf, dass du das Wasser nicht direkt auf das Eis gießt!

Miss in beiden Hälften des Aquariums den Wasserstand mit dem Lineal und notiere die Werte im Protokoll!



- Hole die Lampe. Stelle das Stativ so hin, dass dass die Lampe mittig über dem Aquarium ist.
- Stecke den Stecker in die Steckdose!



Führt Versuch 3B aus, während das Eis schmilzt!

Was konntet ihr bei dem Versuch beoachten?

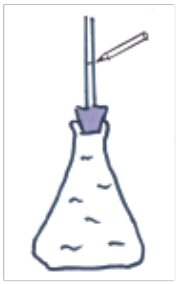
Kreuze im Versuchsprotokoll an!

Formuliert eine Erklärung für den Versuch!

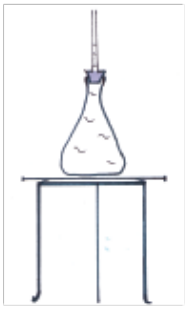
Falls ihr dabei Hilfe benötigt, dreht am Rettungsring!

Neulich habe ich eine mit Leitungswasser gefüllte Glasflasche in die Gefriertruhe getan. Nach einiger Zeit war dort nur noch ein Haufen Scherben im Eis!
Wie konnte das passieren?
Wasser dehnt sich aus, wenn es zu Eis gefriert. Es benötigt mehr Platz, deswegen zerspringt das Glas.
Aha! Und wie ist es umgekehrt? Was passiert, wenn Wasser erwärmt wird?
Ich vermute, dass dann das Gegenteil passiert. Das Wasser zieht sich zusammen und verringert sein Volumen.
Ändert sich das Volumen von Wasser bei Erwärmung?
Das ist eine gute Frage.
Lasst uns einen Versuch machen, um dies herauszufinden!
Wie lautet die Vermutung?
Notiere!
Notiere die Fragestellung des Versuchs!
Befülle den Glaskolben bis zu dem Strich mit kaltem Wasser.
Drücke den Gummistopfen mit zwei Händen so auf den Glaskolben, dass das Wasser bis ungefähr zur Hälfte im Glasrohr steht.

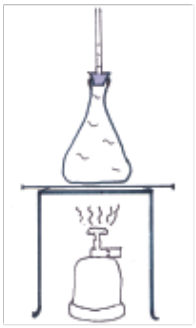
Markiere den Wasserstand im Glasrohr mit dem Stift.



Lege das Gitter auf den Ständer und stelle den Glasbehälter darauf.

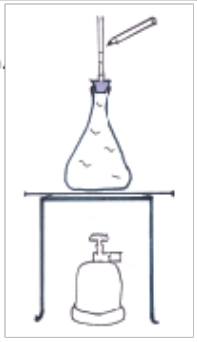


Starte den Gasbrenner mit dem Feuerzeug, stelle eine mittelstarke Flamme ein und erhitze damit den Glaskolben.



Beobachtet den Wasserstand für ca. zwei Minuten.

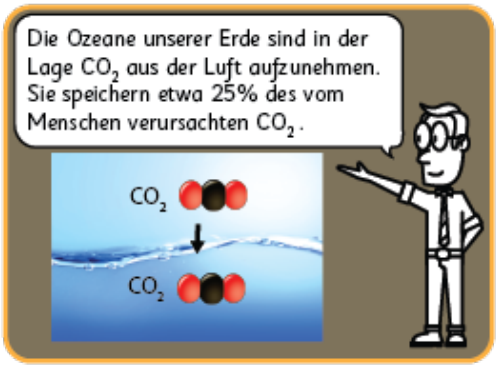
Schalte den Gaskocher danach aus und markiere den neuen Wasserstand.

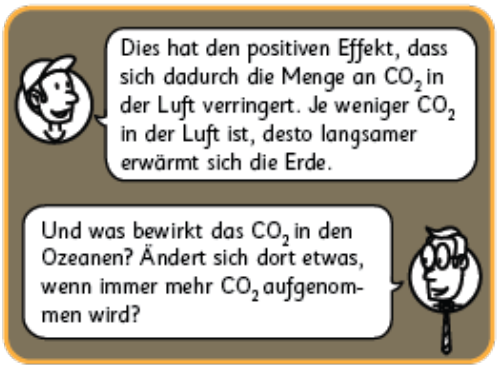


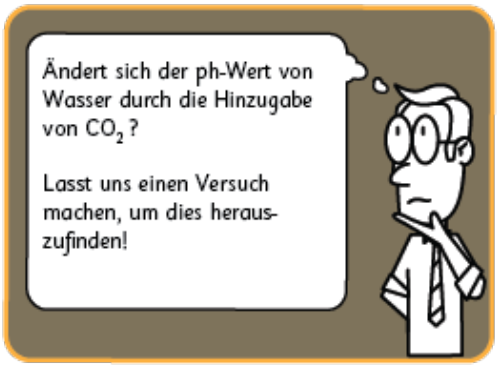
Trage die Beobachtung ins Versuchsprotokoll ein!

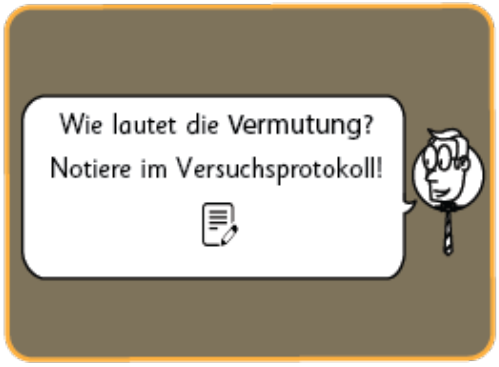
Beantwortet Aufgabe 4) im Versuchsprotokoll.

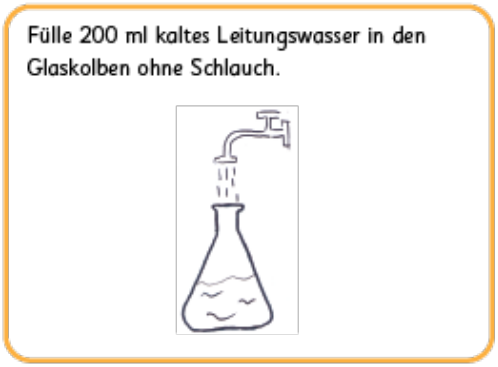
Beendet anschließend Versuch 3A.

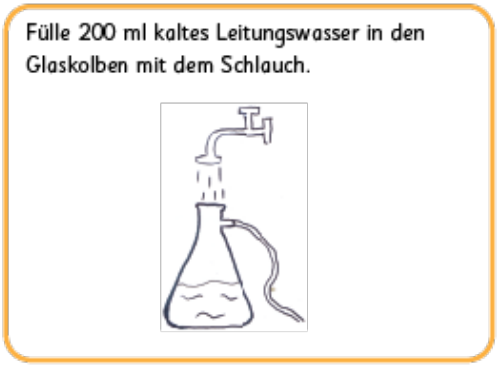










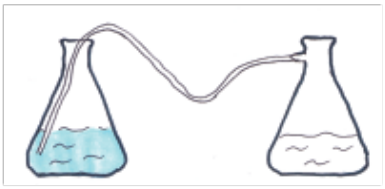


Copyright-Informationen:

Hintergrundbild Karte 1: Entworfen durch photoangel / Freepik: https://de.freepik.com/fotos-kostenlos/wasser-welle_949790.htm

Gib 10 Tropfen des Indikators in den Glaskolben ohne Schlauch und verrühre anschließend mit dem Glasstab.

Lege den Schlauch in das Wasser des anderen Glaskolbens und nimm dir eine Brausetablette.



Nimm den Gummistopfen in die Hand.

Dein Partner / deine Partnerin wirft gleich die Brausetablette in den Kolben mit dem Schlauch. Du verschließt ihn danach schnell mit dem Stopfen.

Was konntet ihr bei dem Versuch beoachten?

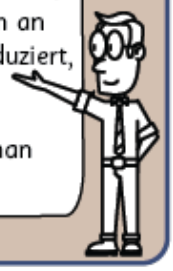
Notiere die Beobachtung im Versuchsprotokoll!

Formuliert eine Erklärung für den Versuch!

Falls ihr dabei Hilfe benötigt, nutzt den Rettungsring!

Durch Versuch 2A haben wir herausgefunden, dass der Ozean durch die riesigen Mengen an CO_2, die der Mensch produziert, immer saurer wird.

Diesen Prozess nennt man Ozeanversauerung.



Welche Auswirkungen hat dies auf die Lebewesen im Ozean?

Diese Frage ist schwer zu beantworten, denn jedes Lebewesen im Meer reagiert unterschiedlich auf die CO_2-Zunahme.

Wie ist es zum Beispiel bei Muscheln und Schnecken?

Welchen Einfluss hat Säure auf ihre Schalen?

Die Schalen von Muscheln und Schnecken sind ziemlich hart.

Ich vermute daher, dass die Schalen unbeschädigt bleiben.

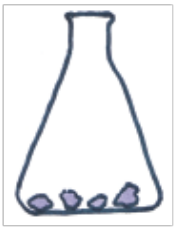
Lasst uns ein Experiment machen, um dies zu überprüfen!

Wie lautet die Vermutung?

Notiere im Versuchsprotokoll!

Notiere die Fragestellung des Versuchs!

Nimm einen der beiden Glaskolben und lege 4 kleine Steine hinein.



Nimm den anderen Glaskolben und lege je 2 Muschel- und Schneckenschalen hinein

Ziehe dir Plastikhandschuhe an!

Fülle 50ml Essigessenz in den Kolben mit den Steinen und verschließe ihn mit dem Gummistopfen.

Ziehe dir Plastikhandschuhe an!

Fülle 50ml Essigessenz in den Kolben mit den Muscheln und verschließe ihn mit dem Gummistopfen.

Beobachtet anschließend gemeinsam für 2-3 Minuten was in den Gläsern passiert.

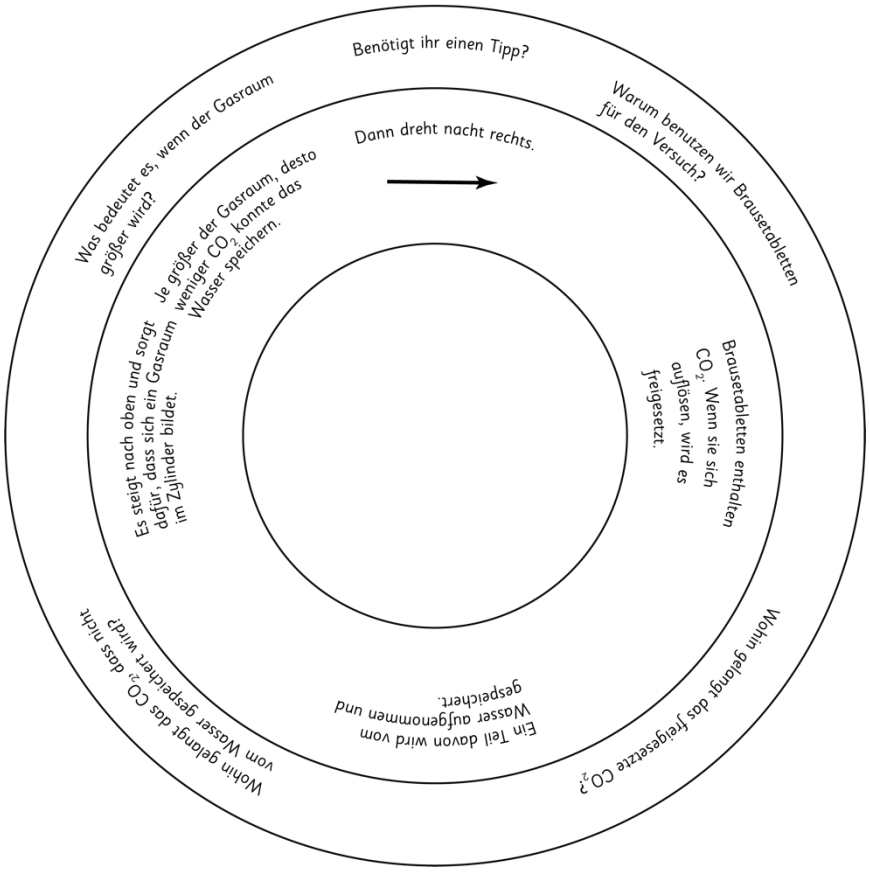
Was konntet ihr bei dem Versuch beoachten?

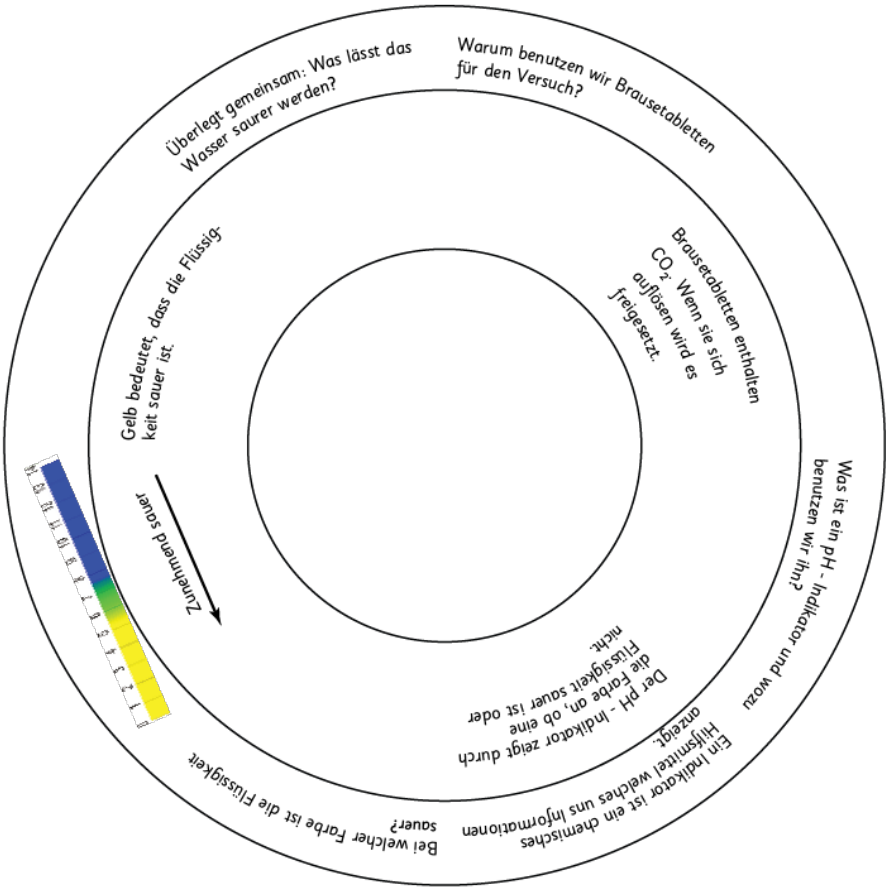
Notiere die Beobachtung im Versuchsprotokoll!

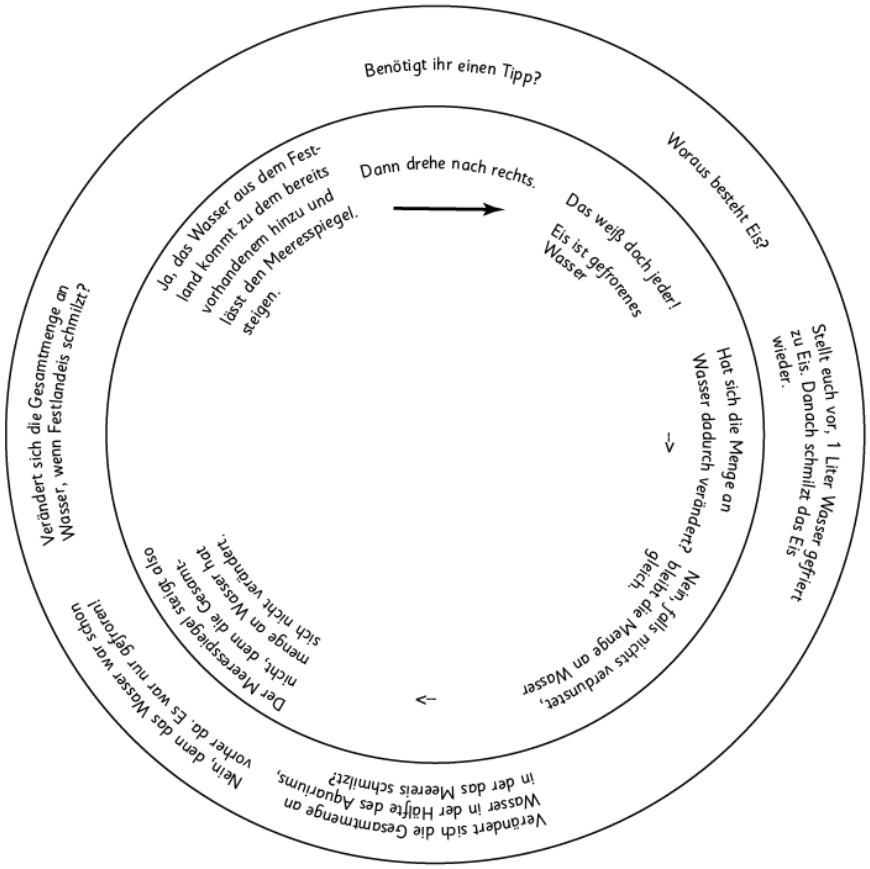
Räumt alle Materialien zurück in Box 2A und 2B.

Hole anschließend Kiste 2C und lies den Text vor!

Lernhilfen


Benötigt ihr einen Tipp?
Dann dreht nacht rechts.
Warum benutzen wir Brausetabletten für den Versuch?
Brausetabletten enthalten CO_2. Wenn sie sich auflösen, wird es freigesetzt.
Wohin gelangt das Freigesetzte CO_2?
Ein Teil davon wird vom Wasser aufgenommen und gespeichert.
Wohin gelangt das CO_2, das nicht vom Wasser gespeichert wird?
Es steigt nach oben und sorgt dafür, dass sich ein Gasraum im Zylinder bildet.
Je größer der Gasraum, desto weniger CO_2 konnte das Wasser speichern.
Was bedeutet es, wenn der Gasraum größer wird?


Überlegt gemeinsam: Was lässt das Wasser saurer werden?
Warum benutzen wir Brausetabletten für den Versuch?
Brausetabletten enthalten CO_2. Wenn sie sich auflösen wird es freigesetzt.
Was ist ein pH - Indikator und wozu benutzen wir ihn?
Ein Indikator ist ein chemisches Hilfsmittel welches uns Informationen anzeigt.
Der pH - Indikator zeigt durch die Farbe an, ob eine Flüssigkeit sauer ist oder nicht.
Bei welcher Farbe ist die Flüssigkeit sauer?
Gelb bedeutet, dass die Flüssigkeit sauer ist.
Zunehmend sauer


Benötigt ihr einen Tipp?
Woraus besteht Eis?
Stellt euch vor, 1 Liter Wasser gefriert zu Eis. Danach schmilzt das Eis wieder.
Hat sich die Menge an Wasser dadurch verändert?
Nein, falls nichts verdunstet, bleibt die Menge an Wasser gleich.
Verändert sich die Gesamtmenge an Wasser in der Hälfte des Aquariums, in der das Meereis schmilzt?
Der Meeresspiegel steigt also nicht, denn die Gesamtmenge an Wasser hat sich nicht verändert.
Verändert sich die Gesamtmenge an Wasser, wenn Festlandeis schmilzt?
Nein, denn das Wasser war schon vorher da. Es war nur gefroren!
Dann drehe nach rechts.
Das weiß doch jeder! Eis ist gefrorenes Wasser
Ja, das Wasser aus dem Festland kommt zu dem bereits vorhandenem hinzu und lässt den Meeresspiegel steigen.

Protokoll

Teamname	Schule	Klasse

Station 1A

Versuchsprotokoll

1. Fragestellung

2. Vermutung

3. Beobachtung

Wassertemperatur (kalt)	_____ °c	Wassertemperatur (warm)	_____ °c
Größe des Luftraums nach der 1. Tablette	_____ cm	Größe des Luftraums nach der 1. Tablette	_____ cm
Größe des Luftraums nach der 2. Tablette	_____ cm	Größe des Luftraums nach der 2. Tablette	_____ cm

4. Erklärung

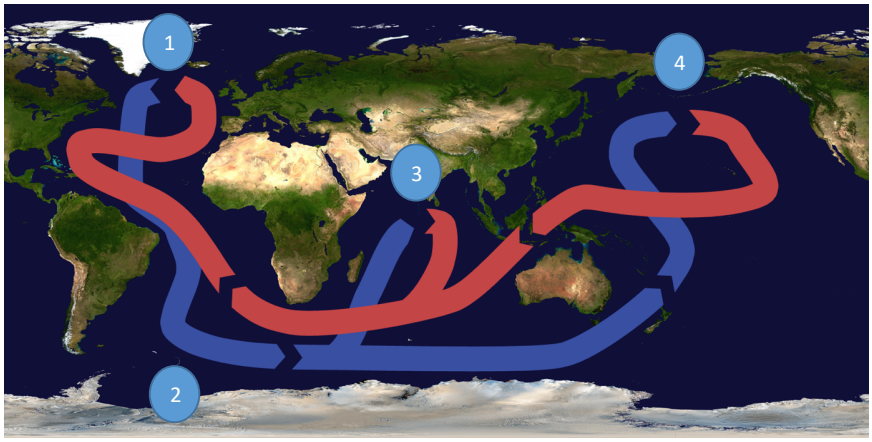
Nahrungsnetz

Informationsmaterial

Das Meer als CO_2-Speicher

In dem Versuch konnten wir beobachten, dass das salzige Wasser unten schwimmt. Löst man Salz in Wasser, so verteilen sich die Bestandteile von Salz (Ionen) zwischen den Wassermolekülen. Im Salzwasser sind also zusätzlich zu den Wasserteilchen die vergleichsweise schweren Salzteilchen enthalten. Dadurch ist seine Masse bezogen auf das Volumen, also seine Dichte, größer.

Durch Unterschiede im Salzgehalt und der Temperatur wird eine Meeresströmung in Gang gesetzt, die als eine Art Förderband die ganze Welt umspannt:



Angetrieben wird das Förderband im Nordatlantik (1). Dorthin strömt an der Meeresoberfläche warmes und sehr salziges Wasser. Auf dem Weg in den Norden kühlt sich das Wasser ab und nimmt CO_2 auf. Durch die Kälte und den hohen Salzgehalt wird die Dichte des Wassers erhöht. Das Wasser wird schwerer und sinkt in die Tiefe. In der Tiefsee strömt das CO_2 weiter und macht eine lange Reise durch den Ozean (2). Bis das Wasser wieder erwärmt wird und das CO_2 zurück an die Oberfläche gelangt (3 oder 4) dauert es einige hundert oder sogar bis zu 1000 Jahren. Da die Ozeane zur Zeit mehr CO_2 in der Tiefsee speichern als sie wieder an die Luft abgeben, bezeichnet man sie als CO_2-Speicher.

Bild: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thermohaline_circulation.png

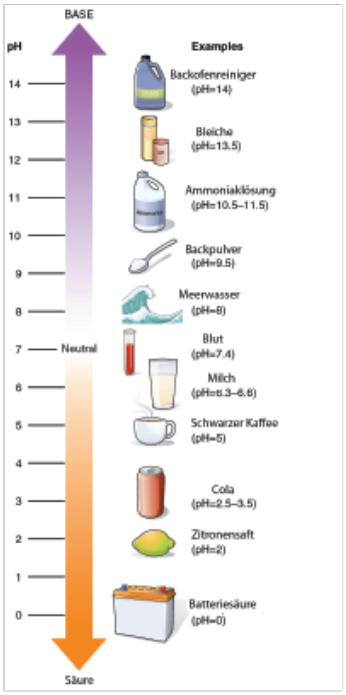
Der pH-Wert

Die pH-Skala ist ein Maßstab, der angibt, wie sauer eine Flüssigkeit ist. Die Skala reicht von 0 bis 14.

Die Werte von 0 bis 7 bedeuten:
Die Flüssigkeit ist eine Säure. Auf der Abbildung rechts siehst du einige Säuren, die wir aus dem Alltag kennen.

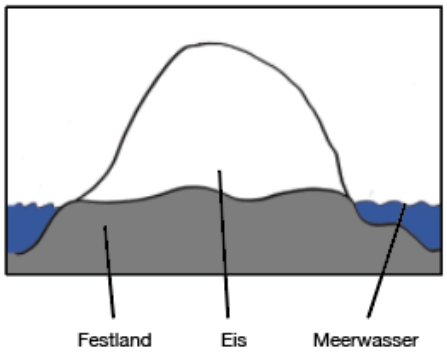
Die Skala liest sich verkehrt herum . Je kleiner der ph-Wert, desto saurer ist die Flüssigkeit!
Von 7-14 ist eine Flüssigkeit das Gegenteil von sauer. Man bezeichnet sie dann als Base. Basische Flüssligkeiten schmecken bitter und fühlen sich auf der Haut glitschig an. Waschmittel und Seife sind dafür gute Beispiele.

Genau in der Mitte, also bei einem Wert von 7, ist eine Flüssigkeit weder sauer noch basisch. Sie ist neutral.

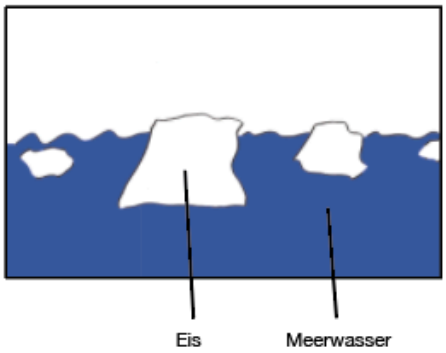


Eis an den Polarmeeren

Festlandeis ist Eis, das sich auf festem Untergrund auf dem Land gebildet hat.



Meereis ist Eis, das auf oder in dem Wasser schwimmt.



Copyright-Informationen:

pH-Skala: By OpenStax College [CC BY 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/3.0)], via Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:216_pH_Scale-01.jpg (bearbeitet)

Die Ozeanversauerung und ihre Folgen

Bei dem Versuch konnten wir sehen, dass die Schalen der Muscheln und Schnecken von der Säure angegriffen werden. Die Ursache hierfür ist, dass Muscheln und Schnecken im Gegensatz zu Steinen zu einem großen Teil aus Kalk bestehen.

In Kalk sind so genannte Karbonat-Teilchen enthalten. Bei der Reaktion mit einer Säure löst sich der Kalk und die Karbonat-Teilchen werden zu Kohlensäure umgewandelt. In dem Versuch konnten wir die Kohlensäure an den kleinen aufsteigenden Bläschen erkennen.

Bei der Versauerung der Ozeane spielt sich ein ähnlicher Prozess ab:

Das CO_2, das aus der Atmosphäre in die Ozeane gelangt, verringert dort die Konzentration von *Karbonat-Teilchen*. Diese Teilchen enthalten den Baustoff für alle Lebewesen im Meer, deren Schalen oder Skelette aus Kalk bestehen. Wenn den Lebewesen dieser Baustoff fehlt, wird ihre Wachstums- und Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigt. Wird das Wasser noch saurer, beginnen die Kalkschalen sich aufzulösen.

Aufgaben

1) Bildet aus den abgebildeten Tiergruppen ein korrektes Nahrungsnetz.

2) In welchen Tiergruppen gibt es Lebewesen, die Kalk benötigen? Markiert sie mit einem weißen Kreis!

3) Vergleicht eure Lösung mit dem Lösungszettel auf dem Pult.

Erklärung

„Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und andere als in der Dissertation angegebene Hilfsmittel nicht benutzt habe; die aus fremden Quellen (einschließlich elektronischer Quellen, dem Internet und mündlicher Kommunikation) direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind ausnahmslos unter genauer Quellenangabe als solche kenntlich gemacht. Zentrale Inhalte der Dissertation sind nicht schon zuvor für eine andere Qualifikationsarbeit verwendet worden. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe sogenannter Promotionsberaterinnen bzw. Promotionsberater in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar Geld oder geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen. Die Arbeit wurde bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt. Auf die Bedeutung einer eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer, auch fahrlässigen, falschen oder unvollständigen eidesstattlichen Versicherung und die Bestimmungen der §§ 156, 161 StGB bin ich hingewiesen worden.“

Ort, Datum

Arne Bockwoldt