

# Empirische Studien zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht

*Kompetenzförderung, Interessenentwicklung,  
Wahlmotive und Lehrerperspektive*

## Dissertation

zur Erlangung des akademischen Doktorgrades  
doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)

vorgelegt dem Rat der Chemisch-Geowissenschaftlichen Fakultät der  
Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Marian Busch  
geboren am 26.05.1983 in Erfurt

Gutachter:

Prof. Dr. Volker Woest (Friedrich-Schiller-Universität Jena)

Prof. Dr. Bernd Ralle (Technische Universität Dortmund)

Prof. Dr. Ilka Parchmann (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel)

Tag der Disputation: 25. Mai 2016

---

 Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht</b> .....	<b>5</b>
2.1	Typologie – Organisationsformen .....	5
2.2	Typologie – Curriculare Formen.....	6
2.3	Legitimation für fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht .....	7
2.3.1	Bildungstheoretische Begründung .....	7
2.3.2	Lerntheoretische Begründung.....	10
2.3.3	Weitere Begründungen .....	11
2.3.4	Gegenstandpunkte.....	12
2.4	Entwicklung integrativer Ansätze seit den 1960er Jahren .....	13
2.4.1	Gesamtschulidee und das Fach Naturwissenschaften.....	13
2.4.2	Diskussion integrativer Ansätze in den 1970er Jahren.....	15
2.4.3	Curriculare Entwicklungsprojekte ab den 1990er Jahren .....	19
2.4.4	Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht bis heute.....	22
<b>3</b>	<b>Naturwissenschaftliche Grundbildung</b> .....	<b>26</b>
3.1	Scientific Literacy.....	26
3.2	Naturwissenschaftliche Grundbildung bei PISA .....	28
3.3	Identifikation naturwissenschaftlicher Fragestellungen .....	30
<b>4</b>	<b>Studien zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht</b> .....	<b>33</b>
4.1	Studien zur Kompetenz- und Interessenentwicklung.....	33
4.1.1	Systematisches Review von Bennett, Lubben & Hogarth (2007).....	33
4.1.2	Quasi-experimentelle Längsschnittstudie von Klos (2008) .....	34
4.1.3	Querschnittsuntersuchung von Åström (2007).....	36
4.1.4	Zwischenbilanz .....	37
4.2	Studien zur Lehrerperspektive.....	38

<b>5 Zielsetzung und Design der Studien .....</b>	<b>40</b>
5.1 Wirkung von fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht .....	41
5.1.1 Forschungsfragen und Hypothesen .....	41
5.1.2 Untersuchungsdesign und Stichprobe .....	42
5.2 Lehrerperspektive zu fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht ...	43
5.2.1 Forschungsfrage und Hypothesen .....	43
5.2.2 Untersuchungsdesign und Stichprobe .....	45
<b>6 Entwicklung der Testinstrumente und Datenanalyse .....</b>	<b>46</b>
6.1 Wirkung von fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht .....	46
6.1.1 Schülerfragebogen .....	46
6.1.2 Kompetenztest .....	48
6.1.3 Datenanalyse .....	53
6.2 Lehrerperspektive zu fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht ...	55
<b>7 Ergebnisse der Studien .....</b>	<b>59</b>
7.1 Wirkung von fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht .....	59
7.1.1 Ausschöpfung und Struktur der Stichprobe .....	59
7.1.2 Naturwissenschaftliches Interesse .....	61
7.1.3 Naturwissenschaftliche Kompetenzen .....	64
7.1.4 Wahlmotive für das Wahlpflichtfach NWuT .....	69
7.1.5 Zwischenbilanz und Diskussion .....	75
7.2 Lehrerperspektive zu fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht ...	78
7.2.1 Effektiver Rücklauf und Struktur der Stichprobe .....	78
7.2.2 Allgemeine Zustimmungsstruktur .....	79
7.2.3 Erfahrung, Lehrbefähigung und Fächerkombination .....	80
7.2.4 Bedeutung der Kooperation im Kollegium – Clusteranalyse .....	83
7.2.5 Zwischenbilanz und Diskussion .....	86

---

<b>8 Entwicklung einer curricularen Einheit .....</b>	<b>89</b>
8.1 Anforderungen.....	89
8.1.1 Bedeutung des Themenkomplexes .....	89
8.1.2 Schwerpunkte der Kompetenzförderung.....	91
8.1.3 Unterrichtskonzept und Methoden.....	94
8.2 Konzeption.....	96
8.2.1 Umweltprobleme .....	98
8.2.2 Globale Erwärmung und Treibhauseffekt .....	99
8.2.3 Treibhauseffekt .....	102
8.2.4 Globaler Kohlenstoffkreislauf .....	106
8.2.5 Klimawandel.....	112
8.2.6 Persönliche und institutionelle Maßnahmen .....	115
8.3 Begleituntersuchung.....	116
<b>9 Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>121</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>127</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>142</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>145</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>147</b>



## 1 Einleitung

Die Forderung nach einer Verstärkung der horizontalen Vernetzung im naturwissenschaftlichen Unterricht wird immer wieder in den Diskurs um das Curriculum des naturwissenschaftlichen Unterrichts in Deutschland eingebracht (Frey & Häussler 1973; Stäudel & Kremer 1992, S. 6f; Gräber 2002, S. 13). Ein Ergebnis dieser fortwährenden Auseinandersetzung ist die Entwicklung von bildungs-, lern- und wissenschaftstheoretischen Begründungslinien für einen fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht (Labudde 2003, S. 50ff.). Diese Theorieansätze sind insofern bedeutsam, als dass sie die Grundlage für bildungspolitische Entscheidungen schaffen – für die Implementation von fächerübergreifendem Unterricht in einem eigenständigen Schulfach. So wurden seit 2004 in den meisten Bundesländern Fächer für den naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht in der Orientierungsstufe der Sekundarstufe I als Bindeglied zwischen dem Sachkundeunterricht der Grundschule und dem nachfolgenden disziplinentorientierten Unterricht implementiert (Graube, Mammes & Tuncsoy 2013; Stäudel 2012). Diese Schulfächer verfolgen einen integrativen Ansatz, in dem die Konzepte und Methoden der Bezugsdisziplinen Biologie, Chemie, Physik u. a. wechselseitig aufeinander bezogen werden. Bildungspolitische Entscheidungsträger der deutschen Bundesländer schaffen mit der Entscheidung für solche Ansätze Schulfächer, die in Kanada, Australien, Schweden, der Schweiz und in anderen Ländern zum Teil seit Jahrzehnten und zudem bis in die höheren Jahrgangsstufen der Sekundarstufe I Teil des Fächerkanons sind (Möller 2007, S. 98–99; Rehm et al. 2008, S. 103).

In Deutschland läuft die Implementierung von fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern in den höheren Jahrgangsstufen der Sekundarstufe I eher zurückhaltend. Lediglich in sieben Bundesländern wurden in den letzten Jahren<sup>1</sup> gesetzlich entsprechende Möglichkeiten geschaffen. Zuletzt wurde in Thüringen das Wahlpflichtfach „Naturwissenschaften und Technik“ für die Jahrgangsstufe 9/10 am Gymnasium eingeführt. Diese bildungsplanerische Zurückhaltung ist einerseits Ausdruck der domänenspezifischen Orientierung der in den nationalen Bildungsstandards formulierten Kompetenzen. Eine Ursache hierfür ist die zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards eingeholte Expertise von Klieme et al. (2003), die davon ausgeht, dass Kompetenzen die „grundlegenden Handlungsanforderungen [spiegeln], denen Schülerinnen und Schüler in der Domäne ausgesetzt sind“ (Klieme et al. 2003, S. 22). Andererseits findet sich diese Zurückhaltung mit Einschränkung auch in der

---

<sup>1</sup> Nach Recherche in der Datenbank des Deutschen Bildungsservers ([www.bildungserver.de](http://www.bildungserver.de)) wurde zuerst in Brandenburg ein Fach für den fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht in den höheren Jahrgangsstufen der Sekundarstufe I eingerichtet (MBS BB 2002).

fachdidaktischen Publikationslandschaft wieder. Zwar gibt es eine Reihe an publizierten Unterrichtsvorschlägen, jedoch nur wenige wissenschaftliche Untersuchungen zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht. Vor allem fehlt es an empirischen Studien zur Wirksamkeit (Labudde 2014, S. 19, 23).

Im Wesentlichen liegen hierzu drei bedeutende Studien vor. Hierzu zählen das systematische Review von Bennett, Lubben & Hogarth (2007), die 17 Interventionsstudien zur Einstellung von Schülern<sup>2</sup> zum STS-orientierten Unterricht vergleichen, und die Längsschnittstudie von Klos (2008), die die Interessen- und Kompetenzförderung im integrierten naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht untersucht. Daneben prüft Åström (2007) über eine Querschnittsuntersuchung den Einfluss integrierter Ansätze auf PISA-Ergebnisse im Bereich Naturwissenschaften. Mit der schwedischen Studie von Åström werden zwar für den höheren Sekundarbereich I erste Befunde zu naturwissenschaftlichen Kompetenzniveaus in Abhängigkeit des Unterrichtskonzepts generiert, jedoch sind für diesen Bereich weder Daten aus Längsschnittstudien noch aus replikativen Querschnittsuntersuchungen verfügbar, die Aussagen zur Entwicklung dieser Kompetenzen zulassen (1. Desiderat).

Lehrkräfte für einen fächerübergreifenden Unterricht sind als operative Akteure mit ihrer Fächersozialisation, ihrem Engagement, ihren Erfahrungen und selbstbezogenen Überzeugungen von zentraler Bedeutung für die erfolgreiche Einführung und Umsetzung solcher Fächer. Trotz zahlreicher fachdidaktischer Veröffentlichungen zur Legitimation fächerübergreifender Ansätze, stehen Lehrkräfte diesem Konzept nicht selten skeptisch bis ablehnend gegenüber (Busch & Woest 2014, S. 424). Daher ist es bei der Evaluation von fächerübergreifendem Unterricht notwendig, auch die Perspektive der Lehrenden in den Mittelpunkt zu rücken. Hierzu gibt es bezüglich des deutschen Bildungssystems für die höheren Jahrgangsstufen des Sekundarbereichs I – neben zahlreichen qualitativen Erfahrungsberichten – kaum statistisch abgesicherte Befunde. Lediglich Bröll & Friedrich (2012) untersuchen quantitativ die Interessenstruktur und selbstbezogenen Überzeugungen zur fachlichen Qualifikation von Realschullehrkräften für das Fach „Naturwissenschaftliches Arbeiten“ in Baden-Württemberg. Ein empirisch gestütztes Meinungsspektrum von Lehrkräften zum Potenzial und den Grenzen fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts im Allgemeinen und o. g. Fächerverbänden im Speziellen liegt nicht vor (2. Desiderat).

---

<sup>2</sup> In der vorliegenden Arbeit werden hierunter stets alle Geschlechter verstanden. Geschlechterspezifische Nennungen werden nur vorgenommen, sofern dies inhaltlich erforderlich ist.

Mit der vorliegenden Arbeit werden insgesamt zwei aus den dargestellten Desiderata abgeleitete Forschungsfragen bearbeitet, die zusammen den Fokus auf den Lernprozess und die an ihm beteiligten Lehrer und Schüler richten, Abbildung 1-1.

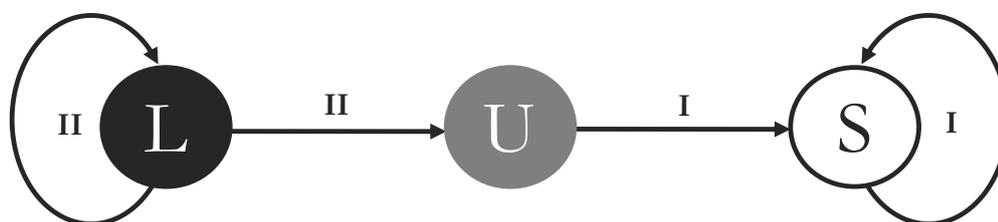


Abbildung 1-1: Fokus der Forschungsfragen auf Unterrichtsebene (Lehrer, Unterricht, Schüler)

- I) Inwieweit erhöht ein Schulfach für fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht in den höheren Jahrgangsstufen des Sekundarbereichs I die Kompetenzen zur Identifikation naturwissenschaftlicher Fragestellungen?

Für diesen Kompetenzbereich wurde ein Testinstrument entwickelt, das sich an der Struktur der Sub-Skala *Identifikation naturwissenschaftlicher Fragestellungen* des PISA-Naturwissenschaftstests 2006 orientiert. In einer replikativen Querschnittsuntersuchung (Quasi-Längsschnitt) wurden die entsprechenden Kompetenzen und das naturwissenschaftliche Interesse von Gymnasialschülern am Ende der Jahrgangsstufe 8 und 10 verglichen. Daneben wurden Wahlmotive für das Thüringer Wahlpflichtfach „Naturwissenschaften und Technik“ erhoben. Zusätzlich wurde ein fächerübergreifendes Lernset entwickelt, das die Förderung dieses Kompetenzbereichs berücksichtigt. Die Wirkung wurde mit einer Längsschnittstudie im Prä-Post-Design evaluiert.

- II) Inwieweit beeinflussen Fächersozialisation, Erfahrungen, Überzeugungen und die pädagogische Selbstorganisation die Einstellung von naturwissenschaftlichen Lehrkräften gegenüber einem fächerübergreifenden Unterricht im Allgemeinen sowie im Speziellen gegenüber einem entsprechenden Wahlpflichtfach in den höheren Jahrgangsstufen?

Nach Einführung des Wahlpflichtfaches „Naturwissenschaften und Technik“ in Thüringen 2013/14 wurde eine landesweite Fragebogenstudie durchgeführt. Der entwickelte Fragebogen orientiert sich strukturell an den Ebenen der Schulentwicklungsforschung.

Diese Arbeit ist in neun Abschnitte gegliedert. Im theoretischen Teil der Arbeit (Kapitel 2 und 3) werden zunächst aktuelle Theorien und Grundlagen zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht und zur naturwissenschaftlichen Grundbildung vorgestellt. Daneben wird die Entwicklung integrierter Ansätze ab den 1960er Jahren skizziert. Danach werden in Kapitel 4 empirische Befunde zur Lehrerperspektive auf naturwissenschaftlichen Unterricht im deutschen Bildungssystem sowie empirische Befunde zur Wirkung von

fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht auf die Kompetenz- und Interessenentwicklung im Sekundarbereich zusammengefasst.

Auf Grundlage der in den Theoriekapiteln gewonnenen Erkenntnisse werden in den Kapiteln 5 und 6 Forschungsfragen und Hypothesen abgeleitet und das jeweilige Untersuchungsdesign beschrieben sowie die entwickelten Messinstrumente vorgestellt. Mit dem Kapitel 7 werden die empirischen Befunde dargestellt und die Forschungsfragen bearbeitet. Im darauffolgenden Kapitel 8 wird die Konzeption einer curricularen Einheit zum Thema „Globale Umweltprobleme“ dokumentiert. In Kapitel 9 werden die gewonnenen Befunde zusammengefasst sowie bildungspolitisch notwendige Maßnahmen und weitere Forschungsdesiderata abgeleitet.

## 2 Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht

### 2.1 Typologie – Organisationsformen

Fachdidaktische Publikationen zu fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht insbesondere der 1990er Jahre arbeiten teilweise mit verschiedenen Systematisierungen für die schulische Organisationsform eines derartigen Unterrichts (Labudde 2003, S. 55). Dabei hat sich in dieser Zeit der Begriff *fächerübergreifender Unterricht* als allgemein anerkannter Oberbegriff herausgebildet. Die Systematisierung von Labudde (2003, S. 53–55), die inhaltlich identisch mit Huber & Effe-Stumpf (1994, S. 64–66) ist, hat sich in der vergangenen Dekade durchgesetzt. Die Systematik unterscheidet auf zwei Ebenen fünf Organisationsformen, die in Tabelle 2-1 aufgelistet sind.

Tabelle 2-1: *Organisationsformen fächerübergreifenden Unterrichts nach Huber & Effe-Stumpf (1994) und Labudde (2003)*

Ebene der Fachdisziplinen	fachüberschreitend
	fächerverknüpfend
	themenzentriert
Ebene der Studentafel	fächerergänzend
	integriert

Im *fachüberschreitenden* Unterricht werden im jeweiligen disziplinentorientierten Unterricht Sichtweisen aus anderen Disziplinen eingebracht. So können im Biologieunterricht bei Fragen zum Pflanzenwachstum Erkenntnisse zur Fotosynthese aus der Chemie hinzugezogen werden. Eine Erweiterung stellt der *fächerverknüpfende* Unterricht dar. Hier wird wechselseitig aus mindestens zwei Fachdisziplinen auf gemeinsam genutzte Methoden und Konzepte verwiesen. Dies trifft etwa bei der Klärung der Funktionsweise eines Blutdruckmessgerätes zu, da hierfür die Biologie Erkenntnisse zum menschlichen Herzkreislaufsystem und die Physik Erkenntnisse aus der Strömungslehre liefert. Mit dem *themenzentrierten* Unterricht läuft der Unterricht in mindestens zwei Disziplinen planmäßig synchronisiert ab, um übergeordnete Themen zu bearbeiten. Dies ist regelmäßig bei der Auseinandersetzung mit globalen Umweltproblemen der Fall, die zur Bearbeitung die gesammelte Expertise der Biologie, Chemie und Physik erfordern.

Auf der Ebene der Studentafel vervollständigt ein *fächerergänzender* Unterricht in einem eigenen Schulfach den parallel laufenden disziplinentorientierten Unterricht. Dies trifft beispielsweise auf die naturwissenschaftlichen Wahlpflichtfächer für die höheren Jahrgangsstufen des gymnasialen Sekundarbereichs in Baden-Württemberg und Thüringen zu. Der *integrierte* Unterricht

läuft nicht in Ergänzung sondern als Ersatz des disziplinierten Unterrichts. Beispiele sind der Sachkundeunterricht in der Primarstufe und die Schulfächer für den naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht, wie z. B. das Fach „Mensch-Natur-Technik“ in Thüringen für die Jahrgangsstufen 5/6.

## 2.2 Typologie – Curriculare Formen

In den 1990er Jahren wurden weitere Systematisierungsansätze für den fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht entwickelt. Zu nennen sind hier Systematisierungen nach der Orientierung der didaktischen Konzepte (Häußler 1973, S. 37–45), nach der didaktischen Funktion (Hiller-Ketterer & Hiller 1997, S. 179ff.), nach der inhaltlichen Beziehung der einbezogenen Disziplinen (Huber & Effe-Stumpf 1994, S. 66f.) und nach Art des fächerübergreifenden Lernens (Popp 1997, S. 149f.). Letztere Systematisierung hat durch Rehm et al. (2008, S. 119f.) eine Weiterentwicklung erfahren, die im Folgenden näher dargestellt werden soll, da sie die naturwissenschaftsdidaktische Diskussion momentan stark mitbestimmt.

Popp (1997, S. 149f.), der neben der domänenspezifischen Spezialisierung die Notwendigkeit einer Spezialisierung auf Zusammenhänge erkennt, geht zunächst von zwei Arten des fächerübergreifenden Lernens aus – additiv und integrativ. Das additive Verfahren entspricht mit Einschränkung der oben dargestellten fächerüberschreitenden bzw. -verknüpfenden Organisationsform. Dabei liegt die Aufgabe bei den Lernenden selbst, die in den jeweiligen Disziplinen genutzten Konzepte, Methoden und Begriffe zu integrieren. Zu den integrativen Verfahren zählen alle Unterrichtskonzepte, die die notwendige Integrationsleistung der Lernenden vermindern (Abbildung 2-1).

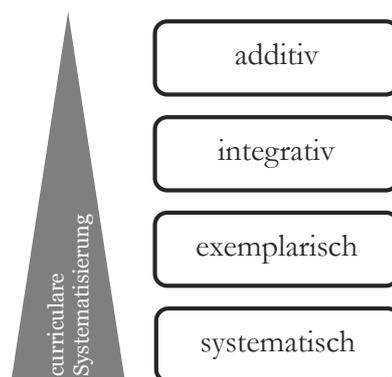


Abbildung 2-1: Typologie nach curricularer Systematisierung

Rehm et al. (2008, S. 119f.) adaptieren diese Systematik derart, dass nicht mehr nur der fächerübergreifende Lerner im Mittelpunkt steht, sondern auch der Grad der curricularen Systematisierung der Lerninhalte (vgl. Abbildung 2-1). Das *additive* Konzept entspricht hier eher dem

einer themenzentrierten Organisationsform. Der Unterricht in den disziplinentorientierten Schulfächern wird modular von einem Thema her geplant. Das *integrative* Konzept vermindert auch hier die notwendige Integrationsleistung, in dem der Unterricht von einem naturwissenschaftlichen Prinzip aus konzipiert wird, wie z. B. der experimentellen Methode. Die Idee der Kompetenz rückt dabei in den Mittelpunkt, wie im Schulfach „Heimat- und Sachkunde“ in Thüringen (TMBJS 2015b, S. 6f.). Ein weiteres Konzept orientiert sich an Wagenschein (1956, S. 4f.) und setzt ein sorgfältig ausgewähltes Thema voraus, das *exemplarisch* für die gesamte Naturwissenschaft steht. So kann die Frage nach der Ursache des freien Falls eines Körpers den Ausgangspunkt zur Entdeckung und Untersuchung der Klassischen Mechanik genutzt werden, da dies im Verständnis die „Bahn zurück [lässt], die auch bei anderer Gelegenheit gebraucht werden kann“ (Lichtenberg o. J. zit. n. Wagenschein 1956, S. 4). Das Schulfach „Naturwissenschaftliches Arbeiten“ in Baden-Württemberg versucht diesem Konzept zu entsprechen. Nach dem zugrunde liegenden Bildungsplan soll die naturwissenschaftliche Bildung u. a. auf „der Basis von wenigen welterschließenden Begriffen und Strukturen“ gefördert werden (KM BW 2004, S. 96). Unter dem vierten Konzept verstehen Rehm et al. (2008, S. 119f.) die höchste Stufe der curricularen Systematisierung, nach der es nur ein Schulfach Naturwissenschaft (Singular!) gibt, dessen Unterricht über mehrere Jahre hinweg genau vorgeplant ist.

Die vorgestellten Konzepte der curricularen Formen sind nicht überschneidungsfrei, insbesondere können in Lehrplänen und Bildungsstandards für Schulfächer Zwischenformen auftreten. Dies ist bei dem Wahlpflichtfach „Naturwissenschaften und Technik“ in Thüringen der Fall, da es nicht ohne Einschränkungen eindeutig zugeordnet werden kann. Erst im Zusammenhang mit dem parallel laufenden disziplinentorientierten Unterricht kann das Schulfach aufgrund der Themenzentrierung dem additiven Konzept zugewiesen werden. Zusätzlich kann es dem integrativen Konzept zugeordnet werden, da die Verwendung naturwissenschaftlicher Methoden zur Erkenntnisgewinnung einen Schwerpunkt bildet (TMBWK 2013, S. 8ff.).

### 2.3 Legitimation für fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht

Bildungs- und lerntheoretische Begründungen für fächerübergreifenden Unterricht stellen neben der Entwicklung von Ansätzen zur Systematisierung und der Bestimmung von fächerübergreifenden Lerninhalten ein wichtiges Ergebnis der Diskussion um naturwissenschaftlichen Unterricht dar.

#### 2.3.1 Bildungstheoretische Begründung

Im deutschen Schulsystem findet sich im Ziel der Vermittlung einer Allgemeinbildung noch heute das Humboldt'sche Bildungsideal wieder. Diese (literatur-)humanistische Menschenbildung dient zunächst der Selbstbildung und der gesellschaftlichen Emanzipation (Bruning

2005, S. 290). Naturwissenschaften zählen hier nur eingeschränkt zu den Grundbestandteilen des Unterrichts allgemeinbildender Schulen (Kutschmann 1999, 74). Diese Allgemeinbildung muss aber im Sinne W. v. Humboldts gleichzeitig auf die im Beruf benötigte Spezialbildung so vorbereiten, dass „nur für wenige Gewerbe noch unverstandene, und also nie auf den Menschen zurückwirkende Fertigkeit übrigbleibe“ (Humboldt 1809/1964a, 23 zit. n. Hörner, Drinck & Jobst 2008, S. 22). Wird diese Forderung, die aus der Zeit einer vorindustriellen Gesellschaft stammt, auf eine industrialisierte Gesellschaft übertragen, die sowohl ökonomisch als auch sozial vom technologischen Fortschritt geprägt ist, begründet dies eine besondere Stellung der Naturwissenschaften und Technik innerhalb einer subjektorientierten Allgemeinbildung. Da sich viele naturwissenschaftliche Forschungsprojekte und Innovationen durch Interdisziplinarität auszeichnen, ist – wenn Allgemeinbildung die Teilhabe des Individuums an dieser Gesellschaft ermöglichen soll – schon ein soziologischer Hinweis auf die Notwendigkeit eines fächerübergreifenden Ansatzes im Rahmen formaler Bildung gegeben.

Die Frage nach der Disziplinerorientierung formaler naturwissenschaftlicher Ausbildung bleibt zu beantworten. Rehm et al. (2008) geben Hinweise für eine Begründung des fächerübergreifenden Ansatzes und beziehen sich auf Arbeiten u. a. von Litt (1959) und Kutschmann (1999). Litt greift das neuhumanistische Bildungsideal der deutschen Klassik auf und entwickelt es für eine moderne (industrialisierte) Gesellschaft weiter (Kutschmann 1999, S. 51).

Rehm et al. (2008, 104ff.) unterscheiden zunächst zwischen Natur und Kultur durch die Abwesenheit bzw. Anwesenheit menschlicher Aktivität – eine Unterscheidung, die die Naturwissenschaften zur Kulturleistung macht. Die Naturwissenschaften bieten mit ihren Deutungsmustern (Basiskonzepten) einen Zugriff auf die Natur. Dabei ist die aus den jeweiligen naturwissenschaftlichen Disziplinen betrachtete Natur jeweils eine andere. So unterscheidet sich die Natur der Lebewesen in der Biologie von der Natur der Stoffeigenschaften und ihrer Umwandlung in der Chemie. Damit wird die Natur zu einem Konstrukt des Menschen und somit ebenfalls zu einer Kulturleistung. Dadurch wird auch deutlich, dass in den rein disziplinerorientierten naturwissenschaftlichen Schulfächern keine Wissenschaft der Natur selbst vermittelt wird, sondern eine Wissenschaft der Fachdisziplin Biologie, Chemie oder Physik. Die „Natur kennt die[se] Aufspaltung [jedoch] nicht in hier Natur der Lebewesen, da Natur der Stoffe und dort Natur der mathematisch fassbaren Gesetzmäßigkeiten“ (Rehm et al. 2008, 105).

Was ist aber „die eigentliche, die wirkliche Welt – die sich in der Unmittelbarkeit der sinnlichen Eindrücke uns darbietende *oder* die durch die rechnende Naturwissenschaft erschlossene?“ (Litt 1959, S. 17). Nach Litt begegnet dem Menschen die Natur in zwei gleichwertigen Konstellationen – der Erlebniskonstellatation und der Erkenntniskonstellatation. In der Erlebniskon-

tellation wird die Erfahrung der Natur zu einer Erfahrung durch die Sinne. In dieser Konstellation erlebt der Mensch die Natur mit ihren Phänomenen in direkter Beziehung als „sprechendes Antlitz der Mitwelt“ [, was den] „Horizont für ein Sich-Einlassen und Sich-Einfügen des Menschen mit samt seiner Sinne in den naiv gedeuteten Naturzusammenhang bildet“ (Kutschmann 1999, S. 56). In der Erkenntniskonstellation hingegen wird die Natur zum Objektiven, zum Abstrakten sowie zum instrumentell Messbaren und Veränderbaren.

Zur Illustration der Gegensätzlichkeit dieser beiden Naturbegriffe kann die Kritik Goethes an der Optik Newtons herangezogen werden. Newton bewies 1704 durch Experimente mit Prismen, dass das weiße Sonnenlicht aus Spektralfarben additiv zusammengesetzt ist, dem Goethe 1810 mit seiner Farblehre widersprach. Goethe wiederholte Newtons Experimente in einem abgedunkelten Raum und stellte fest, dass das aus dem Prisma austretende Licht mit einigem Abstand zu einem Schirm die von Newton beschriebenen Farben zeigt (siehe Abbildung 2-2). Jedoch kann auf einem Schirm kurz hinter dem Prisma keine vollständige Aufspaltung projiziert werden, es erscheint anstelle des grünen Spektralbereichs ein weißer Fleck. Dieser entspricht dem weißen Keil in der Abbildung. Newton war dieses Phänomen bewusst und führte den weißen Keil auf den Umstand zurück, dass sich die Spektralfarben zwischen den beiden Spektren  $P\Gamma$  und  $\pi\Gamma$  kurz hinter dem Prisma additiv zum Sinneseindruck Weiß mischen. Goethe (1810) hingegen stellte zur Erklärung des Phänomens nur die Objekte voran, die ihm augenscheinlich zugänglich waren – das Licht im weißen Keil und die Dunkelheit im Raum – und nannte den Begriff der sogenannten „prismatischen Verrückung“. Dieser Begriff steht für die Vorstellung, dass Farben durch das Aufeinandertreffen von weißem Licht und Finsternis entstehen, d. h. nicht durch eine spektrale Aufspaltung von weißem Licht. Bezogen auf die Abbildung führt nach Goethe das Aufeinandertreffen des weißen Keils zwischen den Strahlen T und  $\pi$  mit der Finsternis außerhalb des zwischen P bis  $\Gamma$  liegenden Gesamtspektrums zu einer Verrückung und so zur Entstehung der Farben (Göbel 2012, S. 44f.).

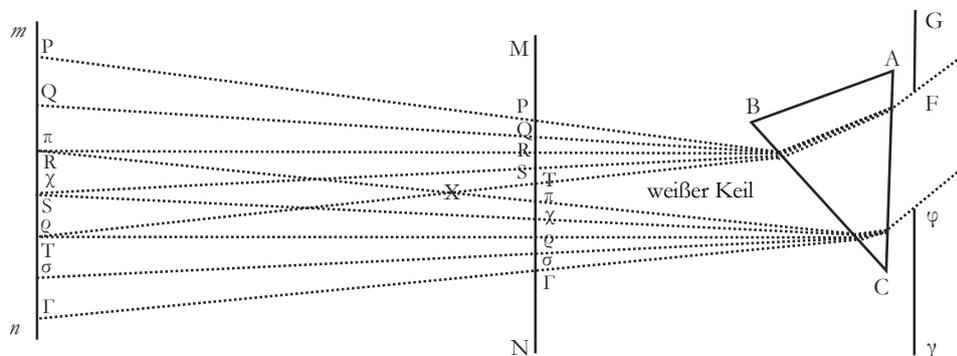


Abbildung 2-2: Darstellung zur Erklärung des weißen Keils nach Newton (1730, S. 163) (einfallendes Licht durch den Spalt Fφ. Schirm MN auf kurzer Distanz; Schirm mn auf langer Distanz)

Goethe zeigt damit, dass er ausschließlich auf seine Sinneswahrnehmung vertraute und nicht wie Newton von einer naturwissenschaftlichen Hypothese ausging. Aber auch Newton irrte teilweise in der Annahme, das Licht bestehe aus Korpuskeln (Teilchen), wie später Erkenntnisse der Quantenmechanik gezeigt haben. Damit wurde die Kritik Goethes aber in einem Punkt bestätigt, denn er warf Newton vor, dass er „Hypothesen an die Spitze gesetzt [hatte], nach welchen man [also Newton] die Phänomene künstlich zu ordnen wusste“ (Goethe 1810, S. 356).

Der Bildungsbegriff von Litt (1959, S. 11) geht von einem Zustand des Menschen aus, der ihn in die Lage versetzt, sich selbst und seine Beziehung zur Umwelt zu ordnen. Hierfür sind sowohl Erfahrungen an Natur durch die Sinne und mit der Natur durch Abstraktion erforderlich. Auf das historische Beispiel bezogen haben beide ihre Berechtigung – sowohl der der Erkenntniskonstellation zuzurechnende Newton als auch der der Erfahrungskonstellation zuzurechnende Goethe. Auch für den Bildungsprozess sind damit beide Konstellationen relevant, wobei die Erfahrungskonstellation relevant ist für die Bildung an Natur und die Erkenntniskonstellation für die Bildung durch die Naturwissenschaft(en). Um im naturwissenschaftlichen Unterricht beide Zugriffe auf Natur einzubinden, ist ein integrativer Ansatz notwendig. Dies kann nach der Typologie der Fächerorganisation eine integrative Form sein, aber eine fächerergänzende Form ist ebenso denkbar.

### 2.3.2 Lerntheoretische Begründung

In der Lehr-Lern-Forschung hat sich in den vergangenen Jahrzehnten ein grundlegender Wandel der Lernauffassung vollzogen, der mit der Entwicklung konstruktivistischer Strömungen zusammenhängt. Standen zuvor aus kognitivistischer Sicht die Informationsverarbeitungsprozesse zur Erklärung der Vorgänge in einer behavioristischen Blackbox im Fokus, haben diese Lernprozesse später eine deutliche Individualisierung erfahren. Es wird nicht mehr davon ausgegangen, dass die Informationen (Reize), die das Individuum aktiv und selbstständig verarbeitet, von einer realen Umwelt entspringen, die das Individuum umgibt. Im moderaten Konstruktivismus wird die Existenz einer Realität außerhalb des Geistes nicht grundsätzlich infrage gestellt, wie dies mit dem radikalen Konstruktivismus erfolgt, sondern nur die Möglichkeit der objektiven Wahrnehmung (Baumgartner & Payr 1997, S. 93). Damit wird das Lernen zu einem individuellen Aneignungsprozess, der zu einer individuellen Konstruktion von Wissen führt. Ein konstruktivistisch orientierter Unterricht geht von folgenden Grundannahmen aus (Labudde 2003, S. 50):

- Lernen als aktiver Prozess: Lernende konstruieren ihr Wissen.
- Integrieren des Vorverständnisses: Wichtige Ausgangspunkte des Lernprozesses sind neben dem Vorwissen und den Vorerfahrungen auch die Interessen, Überzeugungen und die Identifikation mit den Lerninhalten.
- Kontextbezug: Zur Nutzung der oben genannten Ausgangspunkte muss Lernen in einem für den Lernenden relevanten Kontext stattfinden, also lebens- oder berufsnah sein sowie eher komplex als didaktisch reduziert und strukturiert.

Ein naturwissenschaftlicher Unterricht, der sich an den oben genannten Grundprinzipien orientiert, führt kausal zum fächerübergreifenden Unterricht. Lernende, die an ihr Vorverständnis anknüpfen können und neue Wissensbestände aktiv in einem für sie relevanten Kontext aufbauen, werden dies nicht im Raster der naturwissenschaftlichen Fachstrukturen vollziehen.

### 2.3.3 Weitere Begründungen

Neben bildungs- und lerntheoretischen Begründungen weisen weitere Legitimationsbemühungen auf wissenschaftspropädeutische Überlegungen, auf die Bearbeitung von Schlüsselproblemen der Menschheit, auf die Förderung überfachlicher Kompetenzen und auf Probleme der Geschlechtergerechtigkeit des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Hier erfolgt lediglich eine kurze Beschreibung der Argumentationen (ausführliche Darstellung in Labudde (2003)).

Insbesondere für den Sekundarbereich II sieht Labudde die Stärken eines fächerübergreifenden Unterrichts in der Förderung *von wissenschaftspropädeutischen Kompetenzen* und nennt neben naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen auch die Sichtbarmachung der Chancen und Grenzen der einzelnen Disziplinen als wichtigen Beitrag. Daneben wird die Notwendigkeit der fächerübergreifenden Bearbeitung *epochaltypischer Schlüsselprobleme* genannt, wie sie als Gegenstand einer gegenwarts- und zukunftsorientierten Bildung von Klafki (2007, S. 56–60) genannt werden. Hierzu gehören u. a. die Probleme gesellschaftlich bedingter Ungleichheit, Umweltfragen und die Gefahren und Möglichkeiten neuer Technologien. Hinsichtlich der Möglichkeiten der Förderung *überfachlicher Kompetenzen* geht Labudde von einer Gleichwertigkeit von fächerübergreifenden und disziplinentorientierten Unterricht aus und nennt u. a. Selbstreflexion, relative Autonomie, Kreativität, Coping-Strategien (Bewältigungsstrategien), Kooperations- und Kritikfähigkeit sowie Ambiguitätstoleranz (Unsicherheitstoleranz), Umweltkompetenz und differenziertes Denken. Er geht davon aus, dass in der Schulrealität die drei letztgenannten Bereiche durch einen fächerübergreifenden Unterricht besser gefördert werden können als durch einen traditionell differenzierten Unterricht. Weiterhin verbindet sich mit einem fächerübergreifenden Konzept die Vorstellung die Beliebtheit von Schulfächer,

die in der Schulpraxis starke *geschlechterspezifische Unterschiede* in Leistung und Selbsteinschätzung hervorrufen, zu verbessern. (Labudde 2003, S. 50ff.)

### 2.3.4 Gegenstandspunkte

Die Diskussion um fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere als eigenständiges Unterrichtsfach, hat eine Reihe an Problemfeldern lokalisiert, die je nach Argumentation entweder eine Weiterentwicklung der gegenwärtigen Praxis erfordern oder die Implementation solcher Fächer grundsätzlich infrage stellen. Die Problemfelder können jeweils den Ebenen der Schulentwicklungsforschung zugeordnet werden (Mikro-, Meso- und Makroebene).

Auf der Mikroebene rücken der Unterricht und die Beteiligten selbst in den Fokus. Hinsichtlich der Wirkung fächerübergreifenden Unterrichts in einem eigenständigen Fach sehen Jürgensen & Schieber (2001, S. 489) die Gefahr einer lediglich feuilletonistischen, episodenhaften Sicht auf die traditionellen Domänen. Labudde (2004, S. 65) nennt zudem unter Rückgriff auf Studien zur Evaluation des fächerübergreifenden Unterrichts die Gefahr der fachlichen Untiefe, wenngleich Küster (2014, S. 111) und Labudde (2014, S. 23) insbesondere im Bereich der Kompetenzentwicklung noch Forschungsdesiderata feststellen. Weitere Gegenargumente auf dieser Ebene zielen auf die fachliche Eignung der Lehrkräfte ab, die durch ihre Fächersozialisation determiniert sind (Kremer & Stäudel 1997, S. 60; Busch & Woest in Druck) und dazu neigen im fächerübergreifenden Unterricht fachfremde Aspekte zu meiden (Döriges 2001, S. 232). Es wird davon ausgegangen, dass fachfremd unterrichtende Lehrkräfte v. a. in den höheren Jahrgangsstufen einen geringeren Überblick über die jeweiligen fachlichen Perspektiven haben (Jürgensen & Schieber 2001, S. 490).

Auf der Mesoebene, auf der vor allem schulinterne Abläufe eine Rolle spielen, könnte z. B. Team-Teaching durch eine Kooperation von Lehrkräften komplementärer Fächer die oben genannten Probleme, die auf die Fächersozialisation zurückgehen, teilweise lösen. Kremer & Stäudel (1997, S. 60) stellen jedoch fest, dass dies in der Schulrealität aus stundenplanerischen Gründen kaum möglich sein wird. Aber auch das Angebot von Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen wird u. a. durch Grasser (2010, S. 191), Döriges (2001, S. 232) sowie Busch & Woest in Druck als nicht zufriedenstellend beurteilt. Schecker et al. (1996, S. 492) argumentieren auf dieser Ebene globaler und lehnen ein Schulfach für Naturwissenschaft(en) ab. Sie erkennen zwar die Notwendigkeit fächerübergreifenden Arbeitens, sehen jedoch durch die äußere Fachintegration der drei Naturwissenschaften eine unterrichtsorganisatorische (formale) Scheinlösung, die die Weiterentwicklung der schulischen Fachdisziplinen hemmt. Der MNU-

Bundesverband (2015, S. 2) zieht die Konsequenz, dass die naturwissenschaftliche Ausbildung in weiterführenden Schulen domänenspezifisch organisiert sein sollte.

Auf der Makroebene betreffen die Problemfelder v. a. die curricularen Vorgaben. So nennt Küster (2014, S. 111) als Problem, dass bestehenden Curricula für den integrierten Naturwissenschaftsunterricht noch nicht durchgängig auf den aktuellen Erkenntnissen der Bildungsforschung und Unterrichtsentwicklung basieren (Kompetenzorientierung und Orientierung an Bildungsstandards). In diesem Zusammenhang wird auch der Mangel an einer fundierten Konzeption zur Integration von Wissen, Fachmethoden, Modelle und Theorien der Fachdidaktiken festgestellt.

## 2.4 Entwicklung integrativer Ansätze seit den 1960er Jahren

Die Entwicklung fächerübergreifender Ansätze sowie die Implementation entsprechender Curricula in den Sekundarstufen ist in der BRD eng verbunden mit der Entwicklung der Gesamtschulidee in den 1960er Jahren, der öffentlichen Diskussion um Inhalte der Allgemeinbildung in den 1980er Jahren sowie der Inhalts- und Methodenkrise des naturwissenschaftlichen Unterrichts ab den späten 1990er Jahren (Reinhold & Bündler 2001, S. 334ff.). Die Entwicklung wird im Folgenden skizziert, um zu zeigen, in welcher Tradition aktuelle, deutsche Curricula für fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht stehen.

### 2.4.1 Gesamtschulidee und das Fach Naturwissenschaften

Gleich mehrere Umstände stellten das Bildungssystem der BRD in den 1960er Jahren vor besondere Herausforderungen. Zum einen zeigte der sogenannte „Sputnik-Schock“ als politisch-gesellschaftliche Reaktion in den USA und Westeuropa auf den ersten erfolgreichen Start eines sowjetischen Erdsatelliten 1957, dass die beiden Machtblöcke des „Kalten Krieges“ hinsichtlich Rüstung und technologischer Entwicklung zumindest ebenbürtig waren. Die daraufhin in den USA und England einsetzende Modernisierung des Schulwesens, verlangte auch in der BRD nach „Ausschöpfung der Bildungsreserven“ mit dem Ziel der Reorganisation von Schule und deren Effizienzsteigerung (Kremer & Stäudel 1997, S. 52).

Zum anderen wurden 1963 mit der Veröffentlichung der „Bedarfsfeststellung 1961-1970“ durch die Kultusminister der 11 Länder der BRD schulpolitische Versäumnisse offengelegt. Es wurde ein Anstieg der Schülerzahlen um 23 % bei parallel altersbedingt sinkenden Lehrerzahlen um 44 % prognostiziert (Picht 1964, S. 18f.). Die in dieser Zeit diskutierten Auswir-

kungen betrafen vor allem die Sorge über zu geringe Abiturientenzahlen und einen damit verbundenen raschen Rückgang des Wirtschaftswachstums vor dem Hintergrund des Wirtschaftswunders der Nachkriegszeit (Drewek 1994, S. 247).

Die Diskussion umfasste nicht nur Forderungen nach einer Expansion des Sekundarstufenbereichs – auch die Nähe zu sozialpolitischen Belangen wurde erkannt, allen voran mit der Forderung nach einer gerechteren Verteilung von Bildungschancen, um Möglichkeiten eines sozialen Aufstiegs zu eröffnen (Picht 1964, S. 31). Diese Forderung entsprach auch der amerikanischen Perspektive auf das vertikal aufgebaute Schulsystem der BRD, die in der Unterscheidung zwischen Volksschulen und höheren Schulen in der Nachkriegszeit ein wesentliches Hindernis für gesellschaftliche Modernisierung und politische Demokratisierung sah. Die mit Beginn dieser bildungspolitischen Diskussion einsetzenden Reformbemühungen zielten darauf ab, das deutsche Schulsystem aus seiner Traditionsverhaftung im 19. Jahrhundert herauszulösen, und einen Anschluss an eine moderne sozialstaatliche Entwicklung zu gewährleisten. Zu diesen Bemühungen zählen solche, die die äußere Struktur des Bildungssystems betreffen (z. B. die Auflösung des dreigliedrigen Schulsystems) und solche, die auf eine innere Schulreform angelegt sind (z. B. eine inhaltliche Annäherung der Curricula der drei Sekundarschulformen). Durch die 1949 grundgesetzlich geregelte Kulturhoheit der Bundesländer der BRD war eine länderübergreifende Gesamtreform nur eingeschränkt möglich. Wege zur länderübergreifenden Bildungspolitik boten kooperative Einrichtung wie etwa die Kultusministerkonferenz, der Deutsche Ausschuss und der Deutsche Wissenschaftsrat. Länderübergreifende Vereinbarungen betrafen vor allem die Reform der Oberstufe. (Drewek 1994, S. 235, 248ff.)

Das bedeutendste Politikberatungsgremium war der 1965 gegründete Deutsche Bildungsrat, der 1969 die folgenreiche Empfehlung zur „Einrichtung von Schulversuchen mit Gesamtschulen“ ausgab, um länderübergreifende Reformbemühungen, die die äußere und innere Struktur des Bildungssystems betrafen, mit praktischer Erfahrung und wissenschaftlichen Erkenntnissen zu unterlegen. Entwicklungsaufgaben dieser Schulen sollten im Bereich der Lehrplanrevision, der Einrichtung pädagogischer Schulberatungen, der Reform der Leistungsbeurteilung und der Veränderung der Schulorganisation liegen. (Deutscher Bildungsrat 1969, S. 13, 17)

Die Einführung solcher Schulformen als Gegenentwurf zum mehrgliedrigen Schulsystem ist dabei keineswegs neu. Bereits in den 1950er und 1960er Jahren sind international in einer Reihe von Ländern bildungspolitische Strukturreformen angegangen worden, die zu einer gesamtschulartigen Organisation des Schulwesens führten, z. B. in England, Frankreich, Schweden und USA (Thomas 1969, S. 91). Insbesondere in der SBZ wurden 1946 entsprechende

Reformen mit dem *Gesetz zur Demokratisierung der deutschen Schule* angestoßen, die zur Einrichtung von Einheitsschulen in der DDR führten, die durch die spätere Polytechnisierung auch fächerübergreifende Aspekte in ihre Lehrplanwerke aufnahm (Frankiewicz 1979, S. 149).

Bezüglich der Entwicklung in der BRD sind die vom Bildungsrat unterbreiteten Vorschläge zur Curriculumsrevision im Bereich der Naturwissenschaften von besonderem Interesse. Der didaktische Stellenwert des naturwissenschaftlichen Unterrichts wurde mit der vermehrten Vermittlung von wissenschaftlichen Erkenntnismethoden und einem Verständnis der großen Zusammenhänge begründet. Um entsprechende „[...] Zusammenhänge zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern auf einer frühen Altersstufe bewußtzumachen, sollte der naturwissenschaftliche Unterricht bereits in der Eingangsstufe alle Teilgebiete der Naturwissenschaften berücksichtigen.“ (Hassenstein & Becksmann 1969, S. 74). Die traditionellen Disziplinen sollten als propädeutische Naturwissenschaft ab der Jahrgangsstufe 5 integriert unterrichtet werden.

#### 2.4.2 Diskussion integrativer Ansätze in den 1970er Jahren

Die Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung verabschiedete 1973 einen Gesamtbildungsplan, der die Vorschläge der Bildungskommission des Deutschen Bildungsrates weiter konkretisierte. Die länderübergreifende Umsetzung scheiterte aufgrund von Finanzierungsproblemen vor dem Hintergrund der Ölkrise 1973. Dennoch wurde die Einrichtung von Gesamtschulen je nach parteipolitischer Ausrichtung der Regierungen mehr oder minder zügig in den einzelnen Bundesländern vorangetrieben (Blömer 2011, S. 63ff.). So entstanden insbesondere in den frühen 1970er Jahren zahlreiche solcher Einrichtungen, z. B. nahmen in Hessen bis 1974 insgesamt 64 integrative und 53 kooperative Gesamtschulen ihre Arbeit auf (Dörger 2010).

Mit dieser Entwicklung intensivierte sich die gesamtschulspezifische Diskussion<sup>3</sup> um das Fach Naturwissenschaften als ein wichtiges Kernstück einer Curriculumreform. An diese Reformen waren Erwartungen nach einer Steigerung der schulischen Effizienz geknüpft. Kremer & Stäudel (1997, S. 56) sehen in diesem Erwartungsbild die Ursache dafür, dass die Theoriebildung für integrative Ansätze in den 1970er Jahren nur ausschnittsweise über den Stand der anglo-amerikanischen Vorbilder hinausging und im Wesentlichen einer Einzeldarstellung entwickel-

---

<sup>3</sup> Diskussion integrativer Ansätzen in der BRD bereits in Freise, Buck & Pukies (1971) und Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften Kiel (1971).

ter Programme verhaftet blieb (Überblick bedeutender angloamerikanischer Projekte in Häußler (1973, S. 56ff.). Einen wichtigen Beitrag zur Theoriebildung leistete das Arbeitsprojekt „Integriertes Curriculum Naturwissenschaft“ am IPN Kiel, das über zwei große Symposien 1973/74 Grundlagenstrukturen zur Konstruktion und Implementation fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Curricula erörterte (Frey & Häussler 1973). Hier wurden zwei didaktische Konzepte und ihre möglichen Ansätze diskutiert, die es ermöglichen, die in den traditionellen Disziplinen angesiedelten Informationen mithilfe eines strukturgebenden Kriteriums in ein Curriculum für das Fach Naturwissenschaft zu integrieren (Häußler 1973, S. 37–45) (Tabelle 2-2). Im Folgenden werden die Konzepte exemplarisch durch eine Auswahl der Ansätze vorgestellt.

Tabelle 2-2: Didaktische Konzepte zur Integration der Informationen traditioneller Disziplinen (\* nähere Erläuterung im Text)

naturwissenschaftsimmanente Konzepte	konzeptorientierter Ansatz*
	prozessorientierter Ansatz*
	konzept-/prozessorientierter Ansatz
	kybernetischer Ansatz*
	theorieorientierter Ansatz
an externe Bezugssysteme orientierte Konzepte	objektorientierter Ansatz*
	problemorientierter Ansatz*
	umweltorientierter Ansatz
	anwendungsorientierter Ansatz
	lernorientierter Ansatz

Die naturwissenschaftsimmanenten, didaktischen Konzepte standen zu dieser Zeit in direkter Tradition der angloamerikanischen Curricula (Kremer & Stäudel 1997, S. 57). Mit dem *konzeptorientierten Ansatz* wird von der Annahme ausgegangen, dass es ein System von Konzepten gibt, welches alle Disziplinen umfasst. So beschreibt das curriculare Projekt NSTA der amerikanischen National Science Teachers Association von 1964 Konzepte für verschiedene Bildungsstufen, die den heute etablierten Basiskonzepten ähneln, wie etwa dem Struktur-Funktions-Konzept der Biologie oder dem Struktur-Eigenschafts-Konzept der Chemie. Mit dem *prozessorientierten Ansatz* wird von einem System wissenschaftlicher Methoden der Erkenntnisgewinnung als strukturierendes Merkmal ausgegangen. Das Elementarstufen-Curriculum S-APA der American Association for the Advancement of Science von 1968 erreicht die Integration inhaltlicher Elemente der traditionellen Disziplinen über das Einüben von Prozessen, wie z. B. Wahrnehmen, Klassifizieren, Kontrolle von Variablen und Vorhersagen. Beim *kybernetischen Ansatz* stehen formale Gemeinsamkeiten der Disziplinen im Vordergrund, insbesondere eine formalisierte Sprache, die auf kybernetische Begriffe wie etwa System, Regelkreis

oder Input zurückgreift. (Häußler 1973, S. 46–54) Diese wissenschaftsorientierten Ansätze und deren Derivate fanden ihren Niederschlag in Lehrplänen der Primar- und Sekundarstufe der BRD (Kremer & Stäudel 1997, S. 57).

Die an externen Systemen orientierten, didaktischen Konzepte können aufgrund ihrer stärkeren Subjektorientierung als Gegenentwurf zu den naturwissenschaftsimmanenten Konzepten aufgefasst werden. Diese Konzepte zeichnen sich durch eine Einbindung nicht-naturwissenschaftlicher Disziplinen aus (z. B. Politik, Wirtschaft und Geschichte) um gesellschaftliche und alltagsorientierte Fragen zu bearbeiten. Mit dem *objektorientierten Ansatz* werden Themen aus unterschiedlichen Perspektiven untersucht, z. B. das Thema Wasser durch die Betrachtung als Lebensraum, die Untersuchung der chemischen Zusammensetzung und das Problem der Wasserverschmutzung. Curriculare Einheiten zu den Themen Luft, Erde, Insekten und Elektrizität können hier auch durch einen solchen Ansatz zugänglich gemacht werden, wie es auch durch das englische Mittelstufen-Projekt der Nuffield Foundation von 1965 vorgeschlagen wurde. Der Ausgangspunkt des *problemorientierten Ansatzes* sind gesellschaftlich relevante und kontroverse Themen, die keiner vorgefertigten Lösung zugänglich sind, z. B. Sexualität, Umweltverschmutzung und Massenmedien. Exemplarisch sei hier auf das Mittelstufen-Projekt des Educational Research Council of America von 1965 verwiesen, das bei der Behandlung des Themas Umweltverschmutzung neben biologischen und physikalischen Sachverhalten auch Fragen der wirtschaftlichen Interessen der Industrie und der Möglichkeiten staatlicher und privater Maßnahmen zur Eindämmung der Verschmutzung anspricht. (Häußler 1973, S. 62ff.)

In den 1970er Jahren entstanden in der BRD zahlreiche naturwissenschaftliche Curricula, die in starker Anlehnung an die oben dargestellten Ansätze konstruiert worden sind. So stellt Fischler (1978, S. 292ff.) in seiner Zusammenschau aktueller curricularer Entwürfe fest, dass insbesondere konzeptionelle Mischformen mit alternierender Abfolge von wissenschafts- und problemorientierten bzw. umweltorientierten Phasen genutzt wurden (ausgewählte Beispiele: Modellversuch PINC (1978) im Land Berlin; Gesamtprojekt CUNA-Autorengruppe (1981) mit Schulversuchen an der Integrierten Gesamtschule Hannover-Garbsen und an der Laborschule Bielefeld; Integrationsfach „Umwelterziehung“ der Theodor-Heuss-Schule Baunatal/Kassel (Fischler 1978, S. 293f.); IPN-Curriculum Physik (Niedderer et al. 1974)).

Trotz dieser Bemühungen blieb auch aufgrund des Widerstands traditioneller Fachverbände das dominierende Unterrichtsprinzip die Disziplinorientierung. Auch die Frage nach der praktischen Tragweite der fachübergreifenden Konzepte blieb wissenschaftlich ungeklärt. Daher ist es kaum verwunderlich, dass ein Großteil der Anfang der 1970er Jahre entwickelten Ansätze wieder aus der Diskussion um fächerübergreifenden Unterricht verschwand. Lediglich in pä-

dagogischen Nischen wie im Wahlpflichtbereich der Gesamtschulen sowie in einzelnen Unterrichtsprojekten wurden diese Ansätze weiter verfolgt. Im Unterschied zur gesamtschulspezifischen Situation in der BRD fand im angloamerikanischen Raum eine Weiterentwicklung dieser Ansätze statt, deren Integrationsanspruch deutlicher als in den oben skizzierten Ansätzen über die Naturwissenschaften hinausreicht (Kremer & Stäudel 1997, S. 57). Zu nennen sind hier die Bewegung der Science-Technology-Society (STS) Education sowie deren Weiterentwicklung als Science-Technology-Society-Environment (STS-E) Education.

Grundsätzlich liegt dem STS-Ansatz eine Schülerorientierung zugrunde, bei der davon ausgegangen wird, dass die Lernenden ihre Konzepte über ihre natürliche, künstliche und soziale Umwelt automatisch integrieren und als miteinander zusammenhängend betrachten. Als Konsequenzen sollten Naturwissenschaft, Technologie und Gesellschaft in einem naturwissenschaftlichen Unterricht unterrichtet werden (Aikenhead 1994, S. 48). Mit dem STS-E-Ansatz wird darüber hinaus zwischen Natur und (Natur-)Wissenschaft unterschieden, um damit Umweltaspekte stärker zu berücksichtigen (siehe Abbildung 2-3).

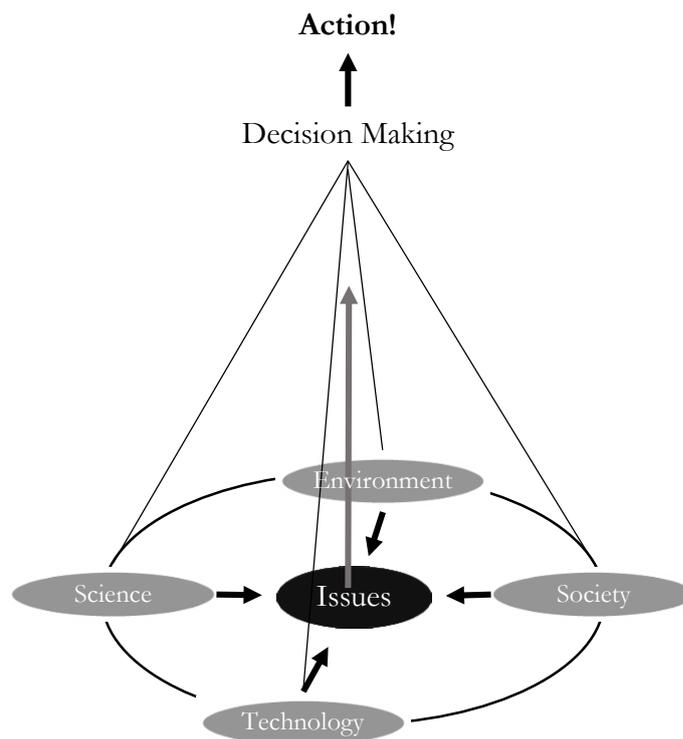


Abbildung 2-3: Konzept des STS-E Ansatzes nach Pedretti & Little (2008, S. 73)

Die vier Bereiche Wissenschaft, Technologie, Gesellschaft und natürliche Umwelt bilden die Grundlage zur Entwicklung von kontroversen Fragestellungen mit starkem Lebens- und All-

tagsweltbezug. In einem hiernach konzipierten Unterrichtsgang sollen Schüler durch die Analyse der Fakten zu einer Entscheidungsfindung gelangen, die ihnen Handlungsalternativen eröffnen (Action!) (Pedretti & Little 2008, S. 73). Diese Ansätze haben in unterschiedlichen Ausprägung Eingang in angloamerikanische und skandinavische Curricula gefunden (Aikenhead 2005, S. 384f.).

### 2.4.3 Curriculare Entwicklungsprojekte ab den 1990er Jahren

Durch zahlreiche Neugründungen von Gesamtschulen der zweiten Generation<sup>4</sup> und eine wieder aufgenommene Diskussion um Bestandteile einer Allgemeinbildung Ende der 1980er Jahre bekam auch die Diskussion um fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht neuen Aufschwung. Einen wesentlichen Beitrag zur Bestimmung und Legitimation entsprechender Unterrichtsinhalte leistete Klafki durch seine 1985 veröffentlichten epochaltypischen Schlüsselprobleme der Menschheit, die als Teil der Allgemeinbildung verstanden werden und nur durch einen fächerübergreifenden Zugriff erschlossen werden können. Vor diesem Hintergrund entstanden für die schulische Praxis bedeutsame curriculare Entwicklungsprojekte:

- FUN: Fächerübergreifender Unterricht Naturwissenschaft
- PING: Praxis integrierter naturwissenschaftlicher Grundbildung
- BINGO: Berufsorientierung und Schlüsselprobleme im fachübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht der gymnasialen Oberstufe

Das Arbeitsprojekt *FUN* wurde 1989 durch das Landesinstitut für Schule und Weiterbildung Nordrhein-Westfalen initiiert. Der Schwerpunkt lag auf der Entwicklung und Erprobung fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe I. Konzeptionell orientieren sich die *FUN*-Unterrichtsmaterialien an den bildungstheoretischen Prämissen von Klafki's Schlüsselproblemen sowie didaktisch an den folgenden Strukturelementen (Kremer & Stäudel 1992):

- Orientierung der Inhalte an der gegenwärtigen und zukünftigen *Lebenswelt* der Schüler
- Thematisierung von Problemstellungen aus dem Überschneidungsbereich von *Natur, Technik und Umwelt*
- inhaltliche und methodische *Offenheit* der Bearbeitung kontroverser Probleme ohne vorgefertigte Lösungen

---

<sup>4</sup> In Abgrenzung zu den in den 1970er Jahren als Schulversuch gegründeten Gesamtschulen.

- Entgegenwirkung ungünstiger *Sozialisations-effekte* und Förderung der Bedürfnisse und *Interessen* von Mädchen
- Berücksichtigung des *pädagogischen Profils von Gesamtschulen* durch Einsatz differenzierter inhaltlicher und methodischer Organisationsformen im fächerübergreifenden Unterricht

Durch das FUN-Projekt entstand eine Liste an Themenbausteinen mit zugehörigen lebensweltlichen Aspekten (siehe Tabelle 2-3), die langfristig als Grundlage zur Entwicklung eines fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Curriculums dienen sollte. Diese Bausteine, die sich als unterrichtsrelevant erwiesen hatten, fanden sich nach Stäudel & Rehm (2012, S. 6) mit einiger Abwandlung teilweise in späteren Lehrplänen wieder.

Tabelle 2-3: *Auswahl von FUN-Themenbausteinen und lebensweltlichen Aspekten*

Thema	Bausteine	lebensweltliche Aspekte
Umwelten/Lebensräume/Lebensgemeinschaften	Boden: Entstehung, Bodenarten, Bodenvegetation,...	Dünge- und Pflanzenschutzmittel/Landwirtschaft
	Wetter: Beobachtung und Messung	Ozonloch
Schwimmen, Fliegen, Laufen, Fahren	vom Geißeltierchen zum U-Boot	Evolution der Bewegung
	Vögel, Flugzeug, Raketen,...	Der Traum vom Fliegen - Ikarus

Das Forschungsprojekt *PING* wurde 1989 als BLK-Modellversuch initiiert. Der Schwerpunkt der Arbeiten lag auf der Entwicklung fächerübergreifender Unterrichtsmaterialien für den Lernbereich Naturwissenschaften der Sekundarstufe I, die in enger Kooperation zwischen den Mitarbeitern des IPN Kiel und den Vertretern der schulischen Praxis weiterentwickelt wurden. Mit dem *PING*-Konzept wird ein Ansatz verfolgt, der didaktisch durch angloamerikanische STS- bzw. STS-E-Ansätze beeinflusst wurde und auf eine starke Kontextualisierung der Lerninhalte setzt. Im Mittelpunkt der Materialien steht das Verhältnis von Mensch und Natur. Darüber hinaus zeigt das Konzept eine entwicklungspsychologische Orientierung, da die Komplexität der zu bearbeitenden Inhalte nach dem Entwicklungsstand der Schüler bestimmt wird. Während in den Jahrgangsstufen 5/6 Lerninhalte mit einfachen unmittelbaren Bezug zur Lebenswelt der Schüler aufgegriffen werden, stehen in den Jahrgangsstufen 7/8 eher technisch-funktionale Prozesse im Vordergrund. Erst in den höheren Jahrgangsstufen werden komplexe, gesellschaftlich relevante Themen behandelt (siehe Tabelle 2-4). Die Unterrichtsmaterialien, die kooperatives Lernen und Neigungsdifferenzierung ermöglichen sollen, orientieren sich an

Methoden individueller und gesellschaftlicher Erkenntnisentwicklung, um naturverträgliches und menschengerechtes Handeln zu fördern.

Tabelle 2.4: Auswahl an PING-Unterrichtsthemen nach Jahrgangsstufen (Reinhold & Bündler 2001, S. 343)

Jahrgangsstufe 5/6	Jahrgangsstufe 7/8	Jahrgangsstufe 9/10
Ich und das Wasser	Wir orientieren uns	Menschen nutzen Energie neu
Ich und die Luft	Wir erhalten uns gesund	Menschen schaffen Lebewesen neu
Ich und die Sonne	Wir kommunizieren	Menschen gestalten Lebensräume
Ich und die Tiere	Wir stellen Werkzeuge her	Menschen denken neues Wissen

Die Ergebnisse der Begleituntersuchung zum PING-Projekt zeigen, dass auch die erprobenden Lehrkräfte der Vermittlung von Wegen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung großen Wert beimessen. Allerdings stehen die Schüler im Laufe des Unterrichts der Vermittlung von Wegen der Erkenntnisgewinnung zunehmend skeptisch gegenüber (Lang 1997, S. 135).

BINGO ist ein von 1996-1999 durchgeführter BLK-Modellversuch zur Konzeption eines fächerverbindenden Unterrichts in der gymnasialen Oberstufe. Der inhaltliche Schwerpunkt des BINGO-Konzepts lag auf der Berücksichtigung gesellschaftlich relevanter Schlüsselprobleme, der Förderung von berufs- und studienrelevanten Schlüsselqualifikationen und der Fächerverbindung zwischen den traditionellen Disziplinen (Schecker & Winter 2000, S. 13–24). Im BINGO-Projekt arbeiteten jahrgangsbezogen Lehrkräfte und Schüler in Physik-, Biologie- und Chemiekursen in einem eng miteinander abgestimmten Fachunterricht an folgenden, gemeinsam festgelegten Rahmenthemen:

- Messen, Beschreiben, Strukturieren am Beispiel ökologischer Untersuchungen an einem Sandentnahmesee
- Das Klima der Erde, der Treibhauseffekt
- Kontinuität und Veränderung des Lebens – Gentechnik
- Natur und Medizin
- Analyse eines Produktionsbereichs

Dabei dienen die fachspezifischen Phasen der inhaltlichen Vorbereitung auf kurs- und fächerübergreifende Aktivitäten, z. B. Fallstudien und schulinterne Präsentationen von Arbeitsergebnissen. Ziel dieser Aktivitäten ist die Zusammenarbeit von „Schülerexperten“ unterschiedlicher Fächer, die ihre spezifischen Kompetenzen zur Lösung von Aufgaben einbringen. Die Kooperation zwischen den Lehrkräften und Schülern wurde wissenschaftlich durch das Institut für Didaktik der Physik in Bremen begleitet. Im Ergebnis wird der BINGO-Ansatz von

den Schülern zwar als eigenständige, neue Gesamtkonzeption wahrgenommen und deren Handlungsorientierung geschätzt, jedoch befürchteten die Schüler eine schlechtere Vorbereitung auf die Abiturprüfungen. Darüber hinaus wurde das fächerverbindende Arbeiten von den Schülern mitgetragen, unter der Voraussetzung der Handlungsorientierung und Offenheit bzw. Selbstorganisation des Unterrichts. Resümierend halten Schecker & Winter fest, dass durch die Förderung des Modellversuches besondere Bedingungen geschaffen wurden, die im normalen Schulbetrieb nicht gegeben sind, sodass die BINGO-Konzeption nicht ohne Anpassungen an anderen Schulen integrierbar ist. (Schecker & Winter 2000, S. 23f., 29, 77ff.)

Die hier beschriebenen Entwicklungsprojekte weisen einige Gemeinsamkeiten auf, wie z. B. die bildungstheoretische Orientierung an Klafki's Schlüsselproblemen, die eine große inhaltliche Schnittmenge mit den entwickelten Problemstellungen der STS- bzw. STS-E-Ansätze haben. Dabei unterscheiden sich die Projekte vor allem in der curricularen Systematisierung (zum Begriff der curricularen Systematisierung siehe Kapitel 2.2, S. 6). Im FUN-Projekt werden mit nur wenigen Strukturelementen Unterrichtsmaterialien zu verschiedensten Themen bearbeitet und im BINGO-Projekt Unterrichtsvorlagen zu ausgewählten Rahmenthemen nur innerhalb der gymnasialen Oberstufe entwickelt. Gegenüber diesen Projekten ist das Vorgehen im PING-Projekt durch die stärkere theoretische Fundierung einerseits wesentlich deduktiver und andererseits durch die entwicklungspsychologische Orientierung des Konzepts hinsichtlich des entwickelten Curriculums systematischer.

### 2.4.4 Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht bis heute

Die Diskussion um fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht gewinnt in den späten 1990er Jahren zusätzlich an Bedeutung. Erneut geht es ähnlich wie in den 1970er Jahren um die Auseinandersetzung mit Problemen der fachlichen Differenzierung und einer sinnvollen Integration naturwissenschaftlicher Elemente. Gründe hierfür sind in den wenig überzeugenden Testergebnissen deutscher Schüler im Rahmen der TIMS-Studie zu finden (Baumert, Rainer & Lehrke 1997). Daneben zeichnet sich auch ein hoher Interessenverlust bei Schülern in den traditionellen Naturwissenschaftsdisziplinen ab (Hoffmann, Häußler & Lehrke 1998, S. 20ff.; Baumert & Köller 1998, S. 243f.) sowie eine deutliche Diskrepanz zwischen dem wahrgenommenen Angebot von Unterrichtsthemen bzw. Kontexten und dem Interesse sowie der Erwünschtheit von Themen (siehe Abbildung 2-4).

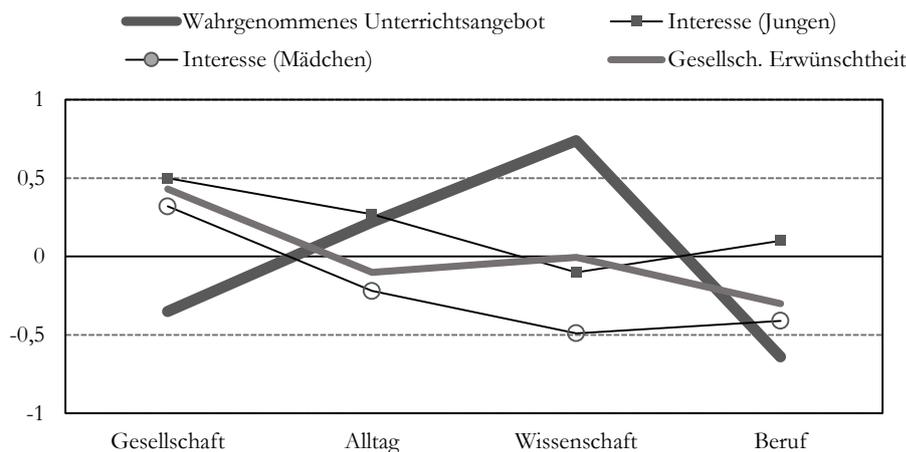


Abbildung 2-4: *Wahrgenommenes Unterrichtsangebot, Interesse und gesellschaftliche Erwünschtheit verschiedener Kontexte physikalischer Bildung (Häußler & Hoffmann 1998, S. 54) (Ordinate zeigt um 0 zentrierte Mittelwerte jeweils 5-stufiger Skalen)*

Da die hier benannten Problemfelder vor allem den disziplinierten Naturwissenschaftsunterricht betreffen, ist die Situation eine andere als in den 1970er Jahren, da nun der gesamte naturwissenschaftliche Unterricht in die Diskussion im Rahmen der Bestimmung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung einbezogen wurde (Reinhold & Bündler 2001, S. 337), siehe Kapitel 3, S. 26.

Verschiedene Interessenverbände sahen zu Beginn der 2000er Jahre in der Einführung eines integrierten Faches für Naturwissenschaften eine Möglichkeit den inhaltlichen und methodischen Problemen des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu begegnen. Zwei dieser Empfehlungen seien hier stellvertretend genannt. Die Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte e. V. fordert mit der Denkschrift „Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften“ lediglich einen fächerüberschreitenden und -verbindenden naturwissenschaftlichen Unterricht, da sie keinen Qualitätsgewinn durch einen integrierten Naturwissenschaftsunterricht erwartet (Prenzel 2002, S. 23). Im Gegensatz hierzu empfehlen die Hessische Industrie- und Handelskammer gemeinsam mit weiteren nationalen Interessenverbänden (GDCh, VCI und VDI) die Etablierung eines integrierten Faches „Naturphänomene“ in der 5. und 6. Jahrgangsstufe nach baden-württembergischem Vorbild, um die Lücke zwischen den naturwissenschaftlichen Inhalten des Sachunterrichts in der Grundschule und der Einführung des disziplinierten Fachunterrichts in den weiterführenden Schulen zu schließen (IHK HE 2003, S. 12).

Mit Rückgriff auf die Praxiserfahrung von Lehrkräften mit fächerüberschreitenden und -verbindenden Unterricht und die Ergebnisse curricularer Entwicklungsprojekte der späten 1990er

Jahren sowie der frühen 2000er Jahre<sup>5</sup> wurden in der Mehrzahl der deutschen Bundesländern Entwicklungen vorangebracht, die im darauffolgenden Jahrzehnt zur Implementierung integrierter Fächer für den naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht führten (siehe Abbildung 2-5). Mit Ausnahme von Bayern, Niedersachsen, Sachsen und Sachsen-Anhalt haben alle Bundesländer in allen Schulformen ein integriertes Fach für Naturwissenschaften in die Jahrgangsstufen 5/6 eingeführt. Diese länderspezifischen Entwicklungen haben auch aufgrund der 2004 eingeführten Nationalen Bildungsstandards den gemeinsamen Fokus auf das naturwissenschaftliche Arbeiten gelegt. (Stäudel & Rehm 2012, S. 10)

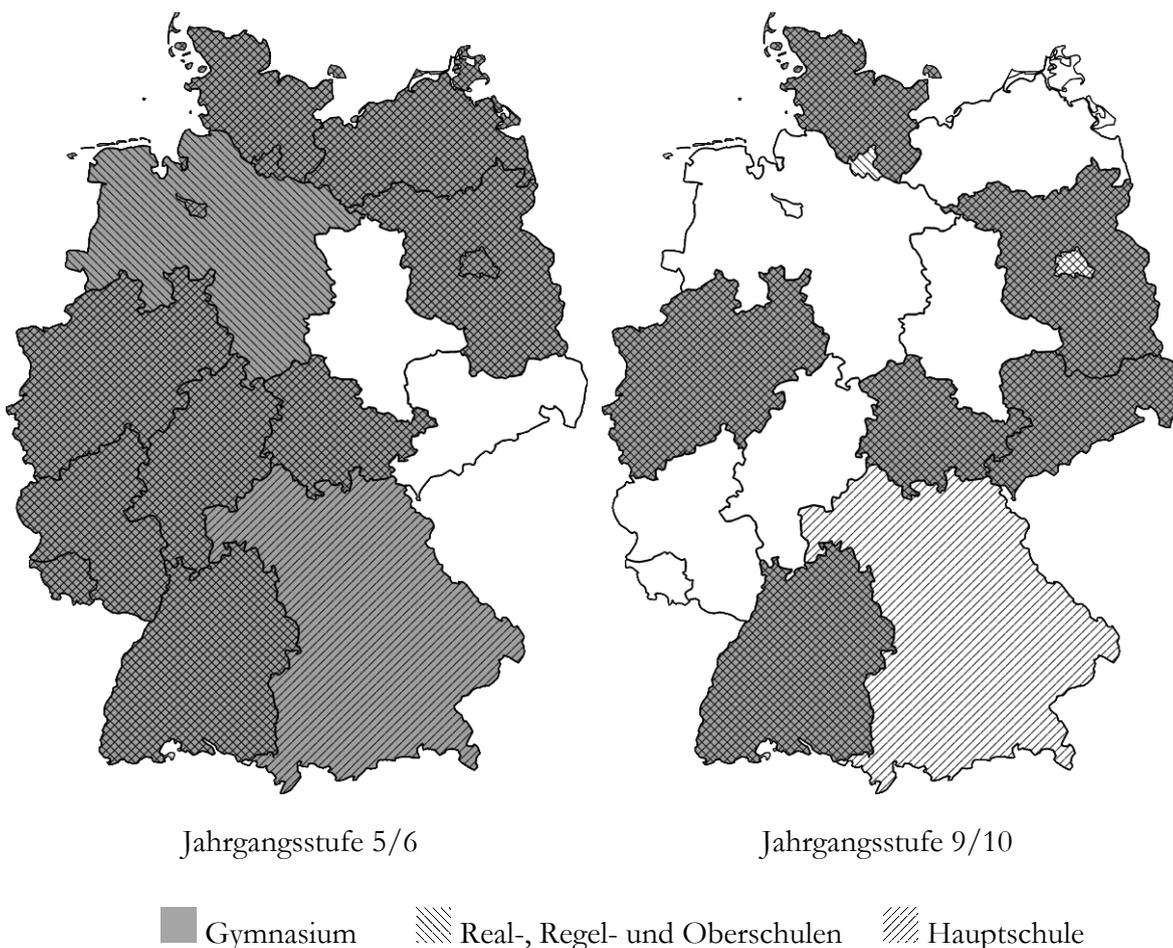


Abbildung 2-5: Fächer des fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterrichts – Situation der Bundesländer nach Schulform und Jahrgangsstufen (aktualisiert und erweitert aus Daten nach Stäudel & Rehm 2012, S. 12; Busch & Woest 2014, S. 423) (weiße Felder  $\hat{=}$  disziplinorientierter Unterricht in allen Schulformen)

---

<sup>5</sup> Den Entwicklungsprojekten der 1990er Jahren folgten in den darauffolgenden Jahren weitere Aktivitäten. Zu nennen sind hier vor allem Parchmann et al. (2001), die mit dem Projekt Chemie im Kontext (ChiK) fächerübergreifenden Unterricht in der Sekundarstufe I und II für den Chemieunterricht umsetzen, ferner auch Hübinger & Sumfleth (2006), die fächerübergreifende Unterrichtsmaterialien für einen experimentellen naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht erarbeiten, die in besonderem Maße prozessbezogene Kompetenzen berücksichtigen.

Darüber hinaus entstanden auch in den höheren Jahrgangsstufen der Sekundarstufe I Fächer für einen fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht<sup>6</sup>, der zumeist als Fächerergänzung zu den traditionellen Disziplinen in einem Wahlpflichtbereich angeboten wird. In sechs Bundesländern wurden für alle Schulformen entsprechende Unterrichtsangebote geschaffen. Auch hier neigen die länderspezifischen Entwicklungen durch die grundlegenden Nationalen Bildungsstandards in einigen Punkten zur Konvergenz. So weisen die für die vorliegende Arbeit relevanten Curricula für Gymnasien<sup>7</sup> insbesondere folgende Ziele und Aufgaben aus:

- Vertiefung der naturwissenschaftlichen Grundbildung durch fächerübergreifende Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen und technischen Problemstellungen
- Vertiefung der Methodenkompetenz:
  - » Methoden der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung
  - » Bewertung und Beurteilung von Sachverhalten mit Gesellschafts- und Alltagsrelevanz
- Vertiefung der Fachkenntnisse über Systeme der belebten und unbelebten Natur sowie der Technik, z. B.
  - » Globale Umweltprobleme (Ozon, Treibhauseffekt, ...)
  - » Bionik (Medizintechnik, Sensorik, Flugkörperkonstruktion, ...)
  - » Mobilität (Antriebskonzepte, Energiespeicher, Raumfahrt, ...)
  - » Ökosysteme (Boden, Lebensraum, Biodiversität, ...)
- Orientierung der zu fördernden Sachkompetenz an Basiskonzepten der traditionellen Disziplinen, z. B. Struktur-Eigenschafts-Konzept, Energie-Konzept und System-Konzept

Durch die konzeptionelle Orientierung auf Methoden der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung sowie auf Problemfelder mit Gesellschafts- und Alltagsrelevanz zeigen die herangezogenen Curricula eine Gemeinsamkeit mit früheren Entwicklungsprojekten der 1990er Jahre.

---

<sup>6</sup> Mit Blick auf den deutschsprachigen Raum stellt die Einführung von Unterrichtsfächern für einen fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht in der BRD eine eher späte Entwicklung dar, da bereits 1995 in Teilen der Schweiz ein entsprechender Lehrplan für die Jahrgangsstufen 7 bis 9 an Real- und Sekundarschulen in Kraft trat (EZD Bern 1995; Labudde 2004).

<sup>7</sup> Bildungspläne und Rahmenlehrpläne von Baden-Württemberg, Brandenburg, Sachsen und Thüringen: LIS BW 2014; MBS BB 2002; SSK 2009; TMBWK 2013.

### 3 Naturwissenschaftliche Grundbildung

#### 3.1 Scientific Literacy

Der Ausdruck *Scientific Literacy* wird in der deutschsprachigen naturwissenschaftsdidaktischen und erziehungswissenschaftlichen Literatur mit dem Begriff der naturwissenschaftlichen Grund- oder Allgemeinbildung übersetzt und findet sich inzwischen sowohl in den Nationalen Bildungsstandards als auch in allen deutschen Lehrplänen der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer wieder. *Scientific Literacy* kennzeichnet eine Sammlung von Kompetenzen, die Individuen innerhalb eines Bildungsabschnittes erwerben und im Laufe ihres Lebens weiterentwickeln sollen.

Dieser Ausdruck geht vermutlich auf den US-amerikanischen Bildungswissenschaftler Paul D. Hurd (1958) zurück, der vor dem Hintergrund des „Sputnik-Schocks“ von 1957 die klaffende Lücke zwischen dem Reichtum naturwissenschaftlicher Forschungsleistungen und der geringen naturwissenschaftlichen Alphabetisierung zur Bildungskrise erhebt. In der darauffolgenden Dekade wurde *Scientific Literacy* zu einem bedeutenden Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts qualifiziert, wobei hierunter primär inhaltsbezogene Kompetenzen subsumiert wurden (Christensen 2002, S. 6). Der Charakter der Kompetenzen lässt aufgrund des Bezugs auf naturwissenschaftliche Wissensbestände ein eher normatives Verständnis von Grundbildung erkennen (Übersicht zur Begriffsgeschichte ausführlich in Bybee (2002), Christensen (2002) und DeBoer (2000)).

Neueren Positionen ist gemein, dass *Scientific Literacy* wesentlich funktionaler bestimmt wird (Menthe 2006, S. 9). Einerseits bezieht sich *Scientific Literacy* hier auch auf die Struktur des Wissens, die Methoden der Erkenntnisgewinnung sowie die kritische Reflexion der Wissenschaft und ihrer Methoden (Oelkers 1997, S. 5, 8). Andererseits haben solche Kompetenzen besonderen Wert, die für die Bewältigung des gegenwärtigen und zukünftigen Lebens der Schüler bedeutsam sind (Bund-Länder-Kommission 1997, S. 9f.). Damit ändern sich die zugeordneten Kompetenzen mit den gesellschaftlichen Rahmenbedingungen. Hier sind insbesondere die Ansätze der US-amerikanischen National Science Education Standards zu nennen, deren Bearbeitung maßgeblich von Rodger Bybee vorangetrieben wurde (Gräber 2002, S. 8):

“Scientific literacy is the knowledge and understanding of scientific concepts and processes required for personal decision making, participation in civic and cultural affairs, and economic productivity. [...] Scientific literacy means that a person can ask, find, or determine answers to questions derived from curiosity about everyday experiences. It means that a person has the ability to describe, explain, and predict natural phenomena. [...] Scientific literacy implies that a person can identify scientific

issues underlying national and local decisions and express positions that are scientifically and technologically informed. [...] Scientific literacy has different degrees and forms [...]” (NRC 1996, S. 22)

Mit dieser Begriffsbestimmung ist bereits auch ein Hinweis auf den graduellen Charakter von *Scientific Literacy* gegeben. Bybee entwickelt ein hierarchisches Modell, nachdem Individuen *Scientific Literacy*<sup>8</sup> stufenweise entwickeln können (1997, S. 69–86; 2002):

(1) nominale Scientific Literacy

- der Lernende identifiziert Begriffe und Fragen als naturwissenschaftlich, zeigt jedoch ein falsches Verständnis über Themen, Probleme, Informationen und Wissen
- falsche Vorstellung von naturwissenschaftlichen Konzepten und Prozessen
- nicht zufriedenstellende Erklärung naturwissenschaftlicher Phänomene
- aktuelle Äußerungen zur Naturwissenschaft sind naiv

(2) funktionale Scientific Literacy

- verwendet naturwissenschaftliches Vokabular
- definiert naturwissenschaftliche Begriffe korrekt
- lernt technische Ausdrücke auswendig
- versteht in Ansätzen größere Konzepte der Naturwissenschaften ohne diese miteinander vernetzen zu können

(3) konzeptuale und prozedurale Scientific Literacy

- versteht Konzepte der Naturwissenschaften
- versteht prozedurales Wissen und Fertigkeiten der Naturwissenschaften
- versteht Beziehung zwischen einzelnen Teilen naturwissenschaftlicher Disziplinen
- versteht grundlegende Prozesse und Prinzipien der Naturwissenschaften

(4) multidimensionale Scientific Literacy

- versteht die Besonderheiten der Naturwissenschaften
- unterscheidet Naturwissenschaft von anderen Disziplinen
- kennt Geschichte und Wesen der naturwissenschaftlichen Disziplinen
- begreift Naturwissenschaften in ihrem sozialen Kontext

---

<sup>8</sup> In Bybee (1997, S. 69–86) stets „scientific and technological literacy“ genannt.

In der deutschsprachigen naturwissenschaftsdidaktischen Literatur wurden aufbauend auf Bybee's Begriffsbestimmung ähnliche Ansätze entwickelt. Menthe (2006, S. 5–9) fasst mögliche Themenfelder einer *Scientific Literacy* zu drei Bereichen zusammen und bindet ähnlich wie die angloamerikanischen Begriffsbestimmungen der STS-Bewegung (Osborne 2010) explizit gesellschaftspolitische Bereiche zur Förderung der individuellen Handlungsfähigkeit ein:

- über Basiswissen verfügen: nicht enzyklopädisches Wissen traditioneller Naturwissenschaften, sondern Überblickswissen
- Wesen der Naturwissenschaften verstehen: Verständnis für Wege der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung
- Bewerten und Beurteilen: Transfer schulischen Wissens in reale Situationen, Messung eigener Entscheidungen an individuellen oder gesellschaftlichen Werten und Beurteilung von Verhaltensentscheidungen

International knüpft auch das PISA-Konsortium der OECD an Bybee's Modell an und sieht vor allem in der dritten Stufe (konzeptuale und prozedurale *Scientific Literacy*) den naturwissenschaftlichen Kompetenzbereich, der für 15-jährige Schüler wünschenswert ist. PISA versucht dabei die naturwissenschaftliche Grundbildung über ein theoretisches Kompetenzmodell abzubilden, welches seit den Erhebungsrounden 2006<sup>9</sup> im besonderen Maße auch affektive Aspekte des naturwissenschaftlichen Kompetenzerwerbs berücksichtigt. Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Studien basieren auf Ausschnitten des Kompetenzmodells der PISA-Erhebung 2006<sup>10</sup>, welches im Folgenden detailliert dargestellt wird.

### 3.2 Naturwissenschaftliche Grundbildung bei PISA

Die naturwissenschaftliche Grundbildung wird bei PISA über ein theoretisches Kompetenzmodell abgebildet, welches drei Teilkompetenzen unterscheidet (Schiepe-Tiska et al. 2013, S. 192). Diese sind das *Erkennen naturwissenschaftlicher Fragestellungen*, das *Beschreiben und Erklären naturwissenschaftlicher Phänomene* sowie das *Interpretieren naturwissenschaftlicher Evidenz* (siehe Abbildung 3-1). Diese Teilkompetenzen sind in vielfältige, lebensnahe Kontexte eingebettet, in denen Naturwissenschaften und Technik eine Rolle spielen. Kontexte beziehen sich auf persönliche Lebenssituationen, soziale und gemeinschaftliche Situationen sowie globale Situationen.

---

<sup>9</sup> In den PISA-Erhebungsrounden, in denen die Naturwissenschaften die Hauptdomäne darstellen (hier: 2006 und 2015), werden auch affektive Aspekte naturwissenschaftlicher Grundbildung berücksichtigt.

<sup>10</sup> Die PISA-Rahmenkonzeption für die naturwissenschaftliche Grundbildung aus der Erhebungsrunde 2006 wurde für die PISA-Erhebung 2015 überarbeitet und erweitert. Insbesondere wurde der Begriff „Wissen über Naturwissenschaften“ in die Komponenten prozedurales und epistemologisches Wissen untergliedert (OECD 2013, S. 9f.)

Dabei bilden zwei Wissensaspekte die Grundlage für diese Teilkompetenzen (naturwissenschaftliches Wissen und naturwissenschaftliches (Meta-) Wissen über Naturwissenschaften). Die Entwicklung dieser Teilkompetenzen basiert daneben auf der jeweiligen motivationalen Orientierung einer Person, also auf Einstellungen und Überzeugungen bezüglich der Naturwissenschaften (Interesse an Naturwissenschaften, Wertschätzung naturwissenschaftlichen Forschens, Verantwortungsbewusstsein gegenüber der Umwelt und natürlichen Ressourcen).

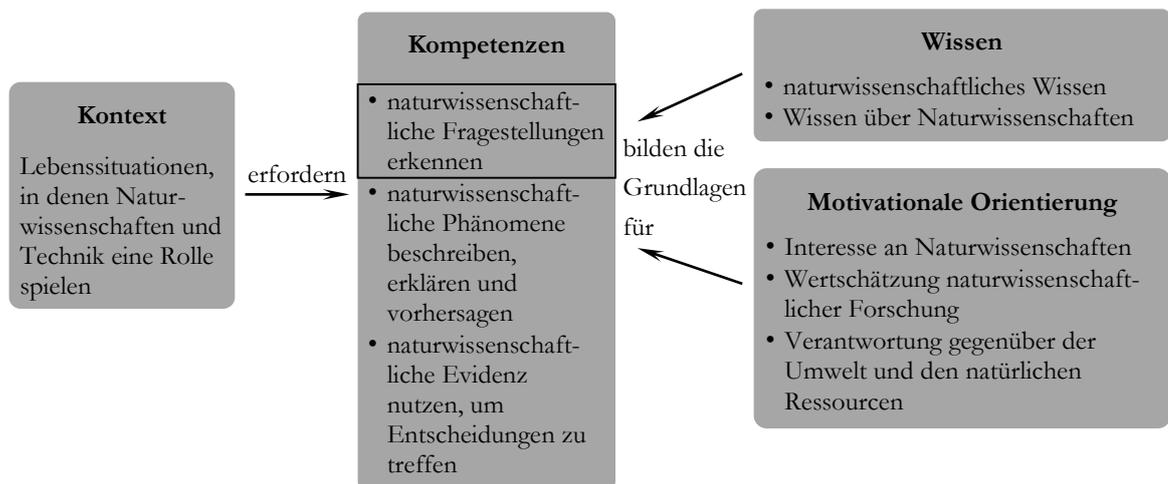


Abbildung 3-1: PISA-Rahmenkonzeption naturwissenschaftlicher Grundbildung (Schiepe-Tiska et al. 2013, S. 193)

Für die drei Kompetenzbereiche wurden entsprechende Skalen entwickelt, die taxonomisch über sechs Stufen allgemeine Dispositionen beschreiben, welche Probanden zur erfolgreichen Bearbeitung der vom PISA-Konsortium hierzu entwickelten Testaufgaben benötigen.

Die Frage, inwieweit mit diesem und weiteren PISA-Konstrukten naturwissenschaftliche und mathematische Grundbildung sowie Lesekompetenz abgebildet wird, ist seit den 1997 laufenden Schulvergleichsstudien Gegenstand zahlreicher Publikationen. Diese sind zum Teil über nicht-wissenschaftliche Publikationsorgane veröffentlicht worden (Überblick zur PISA-Kritik in Bank & Heidecke (2009)). Die Kritik bezieht sich einerseits auf verschiedene Gütekriterien empirischer Forschung in Verbindung mit dem Problem der externen Nachprüfbarkeit und andererseits auf die Kompetenzmodelle selbst. So wird bemängelt, dass international die Einbeziehung von benachteiligten Schülern in die Population zur Stichprobenziehung nicht einheitlich durchgeführt wird (Problem der Durchführungsobjektivität infolge eines Auswahl-Bias<sup>11</sup>). Die Kritik betrifft auch die Formulierungen einiger veröffentlichter Aufgaben und den Ausschluss der Nachprüfbarkeit der Validität der Aufgaben infolge der Geheimhaltung der aufwendig entwickelten Testaufgaben (Konstruktvalidität). Es ist auch zu fragen, inwieweit sozial erwünschtes Verhalten die valide Messung von Verantwortungsbewusstsein als Teil der

<sup>11</sup> Die Zusammensetzung der Stichprobe ist gegenüber der Grundgesamtheit verzerrt.

motivationalen Orientierung über schriftliche Tests beeinträchtigt. Die internationale Vergleichbarkeit der erzielten Leistungsergebnisse wird im Ansatz kritisiert, da die entwickelten Kompetenzmodelle auf politisch, ökonomisch und kulturell verschiedene Gesellschaften angewendet werden (Vergleichbarkeit der Daten). Die Inhaltsbereiche, wie etwa für eine naturwissenschaftliche Grundbildung, sollten sich auch im Sinne einer Bildung zur pragmatischen Lebensbewältigung mit den gesellschaftlichen Rahmenbedingungen ändern. Dies ist jedoch kein reines Problemfeld der PISA-Studie, die ohnehin nicht vorgibt gesellschaftsspezifische Unterschiede abbilden zu wollen. Die Kritik bezieht sich vielmehr allgemein auf das Problem internationaler Leistungsvergleichsmessungen. (Bank & Heidecke 2009)

Hinsichtlich der Kompetenzmodelle kann auch gefragt werden, inwieweit die entwickelten Konstrukte umfassend solche Gebilde wie naturwissenschaftliche Grundbildung abbilden können. Damit stellt sich wieder die Frage nach der Definition, die solchen Konstrukten hinterlegt ist. So werden im Rahmen des Kompetenzmodells für die naturwissenschaftliche Grundbildung psychomotorische Fertigkeiten beim Experimentieren sowie der Umgang mit Messgeräten bzw. Computer-Algebra-Systemen nicht erfasst. Diese Fertigkeiten werden zwar im naturwissenschaftlichen Unterricht der deutschen Bundesländer gefördert, können aber aufgrund der Methode der Datenerhebung nicht mit einbezogen werden. Weitreichender ist auch zu fragen, inwieweit es gelingen kann, eine so umfassende, latente Variable wie naturwissenschaftliche Grundbildung vollständig über standardisierte Kompetenzmodelle zu erfassen.

Dem PISA-Konsortium der OECD ist es dennoch gelungen, die Diskussion um Inhalte der naturwissenschaftlichen Grundbildung durch die Entwicklung eines entsprechenden Konstrukts und deren Konkretisierung über Kompetenzskalen zu bereichern. Gleichwohl mithilfe dieses Konstruktes nicht alle wünschenswerten Bereiche naturwissenschaftlicher Grundbildung abgebildet werden können, erscheint es opportun, einzelne Kompetenzbereiche detaillierter zu betrachten und diese unter Dokumentation der Güteparameter empirischer Forschung für weitere Erhebungen nutzbar zu machen.

### 3.3 Identifikation naturwissenschaftlicher Fragestellungen

Für die in Abbildung 3-1 dargestellten Wissensbereiche (naturwissenschaftliches Wissen und Wissen über Naturwissenschaften) ist der Kompetenzbereich *naturwissenschaftliche Fragestellungen erkennen* auch in Hinblick auf das Grundbildungsverständnis der Nationalen Bildungsstandards von besonderer Bedeutung. Grundlegend für das Erschließen von Erkenntnissen ist die Fähigkeit, naturwissenschaftliche Fragestellungen zu erkennen bzw. zu formulieren sowie geeignete Untersuchungsmethoden anzuwenden (KMK 2005a, S. 10; KMK 2005b, S. 9; KMK

2005c, S. 10). Bei diesem Kompetenzbereich geht es somit um die Identifikation von Sachverhalten, die sich auf naturwissenschaftlichem Wege klären lassen, sowie darum, die entscheidenden Merkmale einer naturwissenschaftlichen Untersuchung zu erkennen. Dabei kommt es insbesondere auf das Verständnis naturwissenschaftlicher Prozesse an (OECD 2007b, S. 92).

Aus der Beschreibung der Dispositionen der Sub-Skala *Erkennen von naturwissenschaftlichen Fragestellungen*, die den PISA-Erhebungen 2006-2012 unterlegt war (siehe Anlage 1, S. 148), lassen sich sechs Kompetenzbereiche extrahieren:

- Umgang mit Informationsquellen
- Erkennen naturwissenschaftlicher Fragestellungen
- Messen von Variablen
- Umgang mit unabhängigen und abhängigen Variablen
- Umgang mit Kontroll- und Störvariablen
- Verstehen von Versuchsanordnung und -ablauf

Innerhalb dieser Bereiche können die einzelnen Teilkompetenzen taxonomisch angeordnet werden. Tabelle 3-1 zeigt dies für die Bereiche *Erkennen naturwissenschaftlicher Fragestellungen* sowie *Umgang mit unabhängigen und abhängigen Variablen* (vollständige Zuordnung siehe Anlage 2, S. 150).

Tabelle 3-1: Kompetenzbereiche der Skala Erkennen von naturwissenschaftlichen Fragestellungen (Ausschnitt)

Stufe	1	2	3	4	5
NaWi-Fragestellungen		Untersuchungszweck selektieren		Organisation von Fragestellungen zu beschriebenen Versuch	freie Formulierung von NaWi-Fragestellung zu gegebenen Thema
unabhängige und abhängige Variablen	Identifikation sich ändernder Größen in einfachen Szenarien	Identifikation von unabhängiger Variable	Identifizierung von unabhängiger und abhängiger Variable		
			Bestimmung der Vergleichbarkeit von Versuchen		

Eine kurze Beschreibung des Kompetenzbereiches zum Umgang mit unabhängigen und abhängigen Variablen soll die taxonomische Anordnung an einem beispielhaften Versuch illustriert. In diesem Versuch sei die Geschwindigkeit der Fotosynthese einer Wasserpest-Sprosse in Abhängigkeit der Belichtungsstärke untersucht. Zur Veränderung der Belichtungsstärke wird der Abstand zur Lichtquelle variiert. Die Messung der Geschwindigkeit erfolgt über die Anzahl an Sauerstoff-Bläschen gleicher Größe, die aus dem Ende der Sprosse austreten.

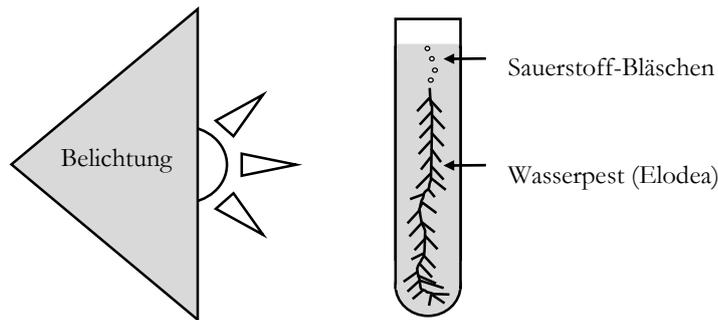


Abbildung 3-2: Versuchsaufbau zur Untersuchung der Fotosynthesegeschwindigkeit in Abhängigkeit von abiotischen Faktoren

Auf der ersten Kompetenzstufe ist es erforderlich, aus der Beschreibung des Szenarios alle Größen zu identifizieren, die einer Veränderung unterliegen (Abstand zur Belichtungsquelle, Anzahl der Sauerstoff-Bläschen pro Zeiteinheit). Auf der nächsten Stufe soll die unabhängige Variable, die direkt geändert wird, identifiziert werden (Abstand zur Belichtungsquelle). Auf der dritten Stufe sollen beide Größen hinsichtlich ihrer Abhängigkeit unterschieden werden und Voraussetzungen für die Vergleichbarkeit mit anderen Versuchen genannt werden (gleiche Masse und Länge der Wasserpest-Sprossen, vergleichbarer Sprossachsenquerschnitt etc.).

Die oben dargestellten Kompetenzbereiche dienen im Rahmen der vorliegenden Arbeit als Grundlage zur Konstruktion eines Kompetenztestes zu Messung der Kompetenzen im Bereich *Erkennen naturwissenschaftlicher Fragestellungen* (siehe Kapitel 6.1, S. 46).

## 4 Studien zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht

### 4.1 Studien zur Kompetenz- und Interessenentwicklung

Gleichwohl die Entwicklung von fächerübergreifendem Naturwissenschaftsunterricht international bis in die 1950er Jahre zurückreicht, gibt es nur wenige Untersuchungen zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht (Labudde 2014, S. 19, 23) – insbesondere zu dessen Wirksamkeit hinsichtlich einer Interessen- und Kompetenzentwicklung. Hierzu liegen drei paradigmatische Studien vor, die im Folgenden pointiert dargestellt werden. Ziel ist es, zu überprüfen, inwieweit die jeweiligen Befunde zur Wirkung von fächerübergreifendem Naturwissenschaftsunterricht in den höheren Jahrgangsstufen der Sekundarstufe I in Deutschland übertragbar sind.

#### 4.1.1 Systematisches Review von Bennett, Lubben & Hogarth (2007)

Bennett, Lubben & Hogarth (2007) untersuchen in ihrem systematischen Review „Bringing Science to Life“ die Ergebnisse von insgesamt 17 englischsprachigen Interventionsstudien im Kontrollgruppendesign zum Verständnis von und zur Einstellung zu Naturwissenschaften in kontext- bzw. STS-orientierten Unterrichtsansätzen. Die berücksichtigten Studien erfassen Interventionen mit Schülern zwischen 11 und 18 Jahren und wurden zwischen 1980 und 2003 veröffentlicht. Der Interventionszeitraum von 15 der 17 Studien beträgt mindestens ein Schuljahr.

Zur Bearbeitung der Frage, inwiefern kontext- bzw. STS-orientierter Unterricht das naturwissenschaftliche Verständnis stärker als ein konventioneller Unterricht fördert, wurden zwölf Studien herangezogen. Diese erfassen das Verständnis über diagnostische Fragebögen oder reguläre Elemente zur Leistungsfeststellung im Unterricht. Während in acht Studien über vergleichbare Ergebnisse in den Interventions- und Kontrollgruppen berichtet wird, führen nach Resultaten der anderen vier Studien kontext- bzw. STS-orientierte Ansätze zu einer stärkeren Förderung. Allerdings lässt die statistische Auswertung des Datenmaterials in gerade einmal zwei Studien Aussagen über die Stärke des entsprechenden Effektes zu – also Aussagen über die praktische Relevanz der Unterschiede zwischen Interventions- und Kontrollgruppe. Winthur & Volk (1994) vergleichen Ergebnisse eines Kompetenztests für Chemie von Schülern im Alter zwischen 15 und 19 Jahren einer amerikanischen High School ( $N_{\text{Intervention}} = 42$ ;  $N_{\text{Kontrolle}} = 51$ ) nach einer einjährigen Interventionsdauer. Sie berichten die Ergebnisse des  $t$ -Tests, auf deren Grundlagen das Effektstärkemaß Cohens  $d$  berechnet werden kann (hier: große Effektstärke mit  $d_{\text{cohens}} = 0,63$ ). Yager & Weld (1999) messen das naturwissenschaftliche Verständnis von Schülern zwischen 12 und 14 Jahren mehrerer amerikanischer High Schools ( $N_{\text{In-}}$

tervention = 5270;  $N_{\text{Kontrolle}} = 1320$ ). Nach einer Interventionsdauer von 5 Jahren lässt sich im Ergebnis auch hier von einer großen Effektstärke berichten ( $d_{\text{cohens}} = 1,52$ ). Obgleich hier große Effektstärken vorliegen, sollte beachtet werden, dass sich Gruppenunterschiede mit großen Effektstärken vor allem dann ergeben, wenn die Interventionsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe allein durch die Orientierung der Testfragen einen Vorteil hat (hier: Tests mit vorrangig kontextbezogenen Fragen).

Zur Bearbeitung der Frage, inwiefern kontext- bzw. STS-orientierter Unterricht die Einstellung gegenüber naturwissenschaftlichem Unterricht und den Naturwissenschaften stärker als ein konventioneller Unterricht fördert, wurden neun Studien herangezogen. Hier wurde zu meist die Zustimmung zu Aussagen über naturwissenschaftliches Interesse und Wertschätzung der Naturwissenschaften mithilfe von Likert-Skalen erfasst. Sieben Studien berichten hier einen Mehrwert durch einen kontext- bzw. STS-orientierten Unterricht. Nur die statistische Analyse einer veröffentlichten Studie (Yager & Weld 1999) ermöglicht die Angabe einer Effektgröße (hier: große Effektstärke mit  $d_{\text{cohens}} = 0,67$ ).

Bennett, Lubben & Hogarth (2007) resümieren, dass ein kontext- bzw. STS-orientierter Unterricht teilweise zu einem besseren naturwissenschaftlichen Verständnis sowie zu einer positiveren Einstellung gegenüber dem naturwissenschaftlichen Unterricht und partiell auch zu den Naturwissenschaften führen kann als ein konventioneller Unterricht. Daneben wird auf die nivellierende Wirkung von kontext- bzw. STS-orientiertem Unterricht auf geschlechter-spezifische Unterschiede zugunsten von weiblichen Schülern hingewiesen.

### 4.1.2 Quasi-experimentelle Längsschnittstudie von Klos (2008)

Demgegenüber liegen mit der Längsschnittstudie von Klos (2008) zur Interessen- und Kompetenzförderung im integrierten Naturwissenschaftsunterricht der Orientierungsphase der Sekundarstufe I auch empirische Daten für die Unterrichtspraxis aus Deutschland vor. Klos untersucht in einem Quasi-Experiment, inwieweit das integrierte Unterrichtskonzept für das schulformübergreifende Fach „Naturwissenschaft“ in Nordrhein-Westfalen gegenüber dem traditionell differenzierten Naturwissenschaftsunterricht in folgenden Bereichen erfolgreicher ist:

- Wissen über prozessbezogene Kompetenzen
- experimentell-naturwissenschaftliches Arbeiten
- Fachwissen im Bereich Chemie
- naturwissenschaftliches Sach- und Fachinteresse

Hierzu wurden zwei Gruppen von Schülern aus 21 Klassen der 7. Jahrgangsstufe zu Beginn und am Ende des Schuljahres befragt und getestet ( $N = 600$ ) (siehe Abbildung 4-1). Eine Gruppe wurde zuvor integriert unterrichtet, während die Vergleichsgruppe in Biologie und Physik differenziert unterrichtet wurde. Zwischen den beiden Messzeitpunkten wurden die Schüler in Biologie und Chemie fächerdifferenziert unterrichtet.

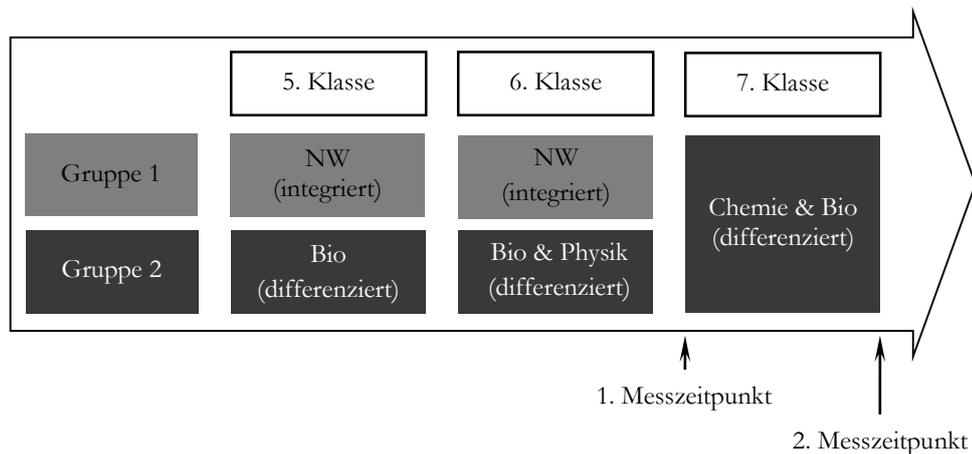


Abbildung 4-1: Quasi-experimentelles Untersuchungsdesign nach Klos (2008, S. 48)

Zum zweiten Messzeitpunkt konnten nur wenige Unterschiede nachgewiesen werden. Im Fachtest Chemie sowie im Test zu prozessbezogenen Kompetenzen konnten keine signifikanten Unterschiede zugunsten des integrierten oder des differenzierten Unterrichtskonzepts festgestellt werden. Auch durch den Test zum experimentell-naturwissenschaftlichen Arbeiten konnte kein Mehrwert durch die integrierte Unterrichtsform nachgewiesen werden. Allerdings konnte gezeigt werden, dass weibliche Schüler auch zum Ende der Jahrgangsstufe 7 hier einen leichten Vorteil gegenüber ihren männlichen Mitschülern hatten, der durch das integrierte Unterrichtskonzept verstärkt wurde ( $p < 0,05$ ;  $\eta^2 = 0,009$ ).

Klos berichtet zudem über eine Abnahme des Sachinteresses in allen Fächern (Biologie, Chemie und Physik) bei allen Probanden im Laufe der Jahrgangsstufe 7. Ein Unterschied im Sachinteresse konnte in Physik zu Beginn der Jahrgangsstufe 7 zugunsten der integriert unterrichteten Schülergruppe festgestellt werden. Dieser Unterschied verstärkte sich noch zum zweiten Messzeitpunkt hin ( $p < 0,06$ ;  $d_{\text{cohens}} = 0,17$ ). Geschlechterspezifische Unterschiede im Sachinteresse für Biologie und Physik des ersten Messzeitpunktes sind auch im zweiten Messzeitpunkt nachweisbar. Weibliche Schüler haben hier ein höheres Sachinteresse an der Biologie ( $p < 0,001$ ;  $d_{\text{cohens}} = 0,74$ ) und männliche Schüler ein höheres Sachinteresse an der Physik ( $p < 0,001$ ;  $d_{\text{cohens}} = 0,63$ ). Hinsichtlich des Fachinteresses konnte gezeigt werden, dass die integriert unterrichtete Schülergruppe auch zum zweiten Messzeitpunkt ein signifikant höheres Fachinteresse an der Biologie hat ( $p < 0,05$ ;  $d_{\text{cohens}} = 0,47$ ).

Resümierend kann festgehalten werden, dass die unterrichtspraktische Umsetzung des integrierten Konzepts des Faches „Naturwissenschaft“ in Nordrhein-Westfalen vor allem auf die Interessenentwicklung Einfluss hat, insbesondere auf die geschlechterspezifische Entwicklung, wie bereits durch Bennett, Lubben & Hogarth (2007) gezeigt werden konnte. Hinsichtlich des Erwerbs von naturwissenschaftlichem Fachwissen konnte weder der einen noch der anderen Unterrichtsform ein Mehrwert zugeschrieben werden.

#### 4.1.3 Querschnittsuntersuchung von Åström (2007)

Åström (2007) untersucht im Rahmen ihrer Publikationsdissertation in einer Querschnittsuntersuchung den Einfluss integrierter Ansätze auf die Ergebnisse des PISA-Naturwissenschaftstests 2006 in Schweden (zur Darstellung der PISA-Rahmenkonzeption siehe Kapitel 3.2, S. 28). Hierzu unterscheidet Åström zunächst drei verschiedene konzeptionelle Ansätze. Hierzu zählen der integrierte (integrated), der traditionell differenzierte (subject-specific) und der fächerergänzende (mixed) Ansatz (Åström & Karlsson 2007, S. 123). Da schwedische Sekundarschulen durch einen schulinternen Beschluss entscheiden können, ob die traditionellen Disziplinen integriert, differenziert oder fächerergänzend organisiert werden, konnten die PISA-Testergebnisse der Schüler ( $N = 4140$ ) mithilfe einer entsprechenden unabhängigen Variable gruppiert werden. Åström hält unter anderem zwei Ergebnisse zu statistisch signifikanten Unterschieden fest (2007, S. 50ff.).

Schüler, die integriert unterrichtet werden, unterscheiden sich von denjenigen, die fächerergänzend unterrichtet werden. Die Unterschiede spiegeln sich im Gesamtergebnis sowie im Ergebnis hinsichtlich der Sub-Skalen *Beschreiben und Erklären naturwissenschaftlicher Phänomene* sowie *Interpretieren naturwissenschaftlicher Evidenz* wider. Bedauerlich ist nur, dass das in der Publikationsdissertation viel zitierte Papier bislang nicht veröffentlicht wurde und die Publikationsdissertation keine Angaben zur Richtung der Unterschiede macht, sodass über diese hier nicht berichtet werden kann. Ein Vergleich der Ergebnisse zwischen Schülern, die integriert unterrichtet wurden, mit denen, die traditionell differenziert unterrichtet wurden, zeigt keine signifikanten Unterschiede.

Das zweite Ergebnis bezieht sich auf geschlechterspezifische Unterschiede. Zwar zeigen die Ergebnisse der männlichen Schüler zwischen den naturwissenschaftlichen Organisationsformen keine Unterschiede, wohl aber die Ergebnisse der weiblichen Schüler. Hier konnten Unterschiede zwischen den integriert und differenziert unterrichteten sowie den integriert und fächerergänzend unterrichteten weiblichen Schülern festgestellt werden. Åström schlussfol-

gert, dass weibliche Schüler nicht vom integrierten Naturwissenschaftsunterricht an schwedischen Schulen profitieren (2007, S. 62f.), sodass die Unterschiede zugunsten der nicht integriert unterrichteten weiblichen Schüler zu deuten sind.

#### 4.1.4 Zwischenbilanz

Die hier vorgestellten Studien sind bezogen auf die inhaltlichen Elemente der Tests und die untersuchten Objekte sehr heterogen. Insbesondere werden durch die Studien nicht vordergründig die fächerübergreifenden Konzepte evaluiert, sondern deren schulpraktische Umsetzung vor dem Hintergrund der jeweiligen schulischen Bedingungen. Dennoch gibt die Zusammenschau Anlass zu folgenden Vermutungen:

- Kontext- bzw. STS-orientierter Unterricht kann zu einer stärkeren Förderung naturwissenschaftlicher Kompetenzen führen als ein traditioneller Unterricht.
- Fächerübergreifender Unterricht – insbesondere integrierter Naturwissenschaftsunterricht – kann zu einer stärkeren Förderung des Interesses an Naturwissenschaft führen.
- Fächerübergreifender Unterricht kann geschlechterspezifische Unterschiede günstig beeinflussen.

Mit der schwedischen Studie von Åström (2007) sowie in Teilen auch mit dem Review von Bennett, Lubben & Hogarth (2007) werden für den höheren Sekundarbereich I wichtige Befunde zu naturwissenschaftlichen Kompetenzniveaus in Abhängigkeit des Unterrichtskonzepts generiert. Jedoch liegen für diesen Bereich wie bei Åström einerseits keine Daten aus Längsschnittstudien oder replikativen Querschnittsuntersuchungen vor, die Aussagen zur Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen und Interessen zulassen. Andererseits ist die unterrichtspraktische Umsetzung in den betreffenden deutschen Bundesländern kaum mit der der angloamerikanischen Länder vergleichbar wie bei Bennett, Lubben & Hogarth, da

- in Deutschland der naturwissenschaftliche Unterricht sehr viel stärker in der Tradition differenzierter Unterrichtsfächer steht (vgl. Kapitel 2.4.2, S. 15),
- kaum geeignete Maßnahmen zur Aus- und Weiterbildung betreffender naturwissenschaftlicher Lehrkräfte vorliegen (Busch & Woest in Druck) und
- fächerübergreifender Unterricht in den höheren Jahrgangsstufen insbesondere in der gymnasialen Sekundarstufe I fächerergänzend organisiert ist (vgl. Kapitel 2.4.4, S. 22).

Daher wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Wirkung von fächerergänzendem Unterricht auf die Kompetenz- und Interessenentwicklung von Schüler des Thüringer Faches „Naturwissenschaften und Technik“ für die Jahrgangsstufe 9/10 der gymnasialen Sekundarstufe I evaluiert. Hierzu wurden ausgewählter naturwissenschaftlicher Teilkompetenzen getestet und das naturwissenschaftliche Interesse erfasst.

4.2 Studien zur Lehrerperspektive

Lehrkräfte für fächerübergreifende Unterrichtsfächer sind als operative Akteure mit ihrer Fächersozialisation (Labudde 2003, S. 62), ihrem Engagement, ihren Erfahrungen und selbstbezogenen Überzeugungen von zentraler Bedeutung für die erfolgreiche Implementation und Weiterentwicklung solcher Fächer, sodass es bei der Evaluation dringend notwendig erscheint, die Perspektive der Lehrenden in den Mittelpunkt zu rücken. Hierzu gibt es bezüglich des deutschen Bildungssystems für die höheren Jahrgangsstufen des Sekundarbereichs I – neben zahlreichen qualitativen Erfahrungsberichten – kaum statistisch abgesicherte Befunde.

Im Wesentlichen liegen für das deutsche Bildungssystem fünf Studien zur Lehrerperspektive vor. Diese sind inhaltlich heterogen und unterscheiden sich darüber hinaus hinsichtlich des Forschungsdesigns, der Schulart, in der die Lehrenden tätig sind, sowie der Jahrgangsstufe, in der fächerübergreifend unterrichtet wird (vgl. Tabelle 4-1).

Tabelle 4-1: Übersicht der Studien zur Lehrerperspektive (RS = Regelschule, GY = Gymnasium, IGS = integrierte Gesamtschule; FNU = fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht)

	Forschungsaspekt	Design		Schulart			Jahrgangsstufe			
		qualitativ	quantitativ	RS	GY	IGS	5/6	7/8	9/10	> 10
Döriges 2001	Fächersozialisation, Erfahrung von Lehrkräften, Einstellung zu FNU									
Bröll & Friedrich 2012	Fächersozialisation, Interessen, Selbsteinschätzungen									
Grasser 2010	Fächersozialisation, Selbsteinschätzungen, Einstellung zu FNU									
Stübiger et al. 2006	Unterrichtspraxis und Einstellung zu FNU									
Häsig 2009	individuelle Motivationsstrukturen hinsichtlich des Unterrichtens eines FNU									
	...+ kollegiale Zusammenarbeit	Desiderat					Desiderat			

Döriges (2001, S. 230ff.) untersucht den Zusammenhang zwischen der Fächersozialisation und Erfahrung von Lehrkräften mit fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht. Sie zeigt, dass Lehrkräfte eines Verbundfaches die höhere Anzahl an Unterrichtsstunden in einer Klasse schätzen, aber aufgrund mangelnder fachlicher Ausbildung fachfremde Aspekte

der behandelten Themen meiden. Auch Bröll & Friedrich (2012, S. 185) greifen die fachliche Ausbildung der Lehrkräfte eines Verbundfaches auf und zeigen, dass diese mehrheitlich Biologie-Lehrkräfte sind, die sich für den fächerübergreifenden Unterricht in den Fächern Chemie und Physik nicht hinreichend kompetent fühlen. Grasser (2010, S. 181f.), der ausschließlich die Perspektive von Naturwissenschaftslehrenden zum naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht untersucht, konnte jedoch zeigen, dass die Biologie-Lehrkräfte, die auch hier mehrheitlich das Verbundfach unterrichten, ihre fachlichen Voraussetzungen als gut einstufen. Zudem wird ihm zufolge die Wirkung des Verbundfaches hinsichtlich der Interessenförderung und Kompetenzentwicklung von den Naturwissenschaftslehrenden positiv beurteilt.

Stübiger et al. (2006, S. 19, 91), die ihren Fokus ausschließlich auf die gymnasiale Oberstufe legen, zeigen, dass Lehrpersonen von einer stärkeren Förderung der Selbstständigkeit und des vernetzten Denkens durch einen fächerübergreifenden Unterricht ausgehen als durch einen disziplinierten. Häsig (2009, S. 78) untersucht u. a. die Motivation von Oberstufen-Lehrkräften, fächerübergreifend zu unterrichten und beschreibt v. a. die Unzufriedenheit mit disziplinierten Unterrichtsformen und den Wunsch eigene Fächergrenzen zu überschreiten.

Die Ergebnisse der hier aufgeführten Studien legen nahe, dass Lehrkräfte durch einen fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht gegenüber dem Fachunterricht einen gewissen Mehrwert erkennen, sich aber aufgrund ihrer Fächersozialisation z. T. nicht hinreichend kompetent fühlen. Mit Grasser (2010), Stübiger et al. (2006) und Häsig (2009) wurden erste Studien mit Gymnasiallehrkräften durchgeführt, die die Einstellung bzw. individuellen Motivationsstrukturen im Hinblick auf fächerübergreifendes Unterrichten im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht und in der gymnasialen Oberstufe untersuchen. Dennoch können keine Aussagen zur Einstellung von Naturwissenschaftslehrkräften getroffen werden, die im Übergangsbereich zwischen Anfangsunterricht und gymnasialer Oberstufe ein fächerergänzendes Unterrichtsfach unterrichten. Gerade in diesem Bereich der Sekundarstufe sind in vergangenen Jahren in mehreren Bundesländern entsprechende Curricula in Kraft gesetzt worden (vgl. Abbildung 2-5, S. 24). Daher erscheint es notwendig diesen Bereich näher zu untersuchen, um ggf. gezielte Maßnahmen zur Verbesserung ergreifen zu können. Dabei sollten neben der Fächerkombination, der Erfahrungen und selbstbezogenen Überzeugungen der Lehrkräfte auch die subjektive Einschätzung der Kooperation im naturwissenschaftlichen Schulkollegium untersucht werden, da dies auch eine Chance zur Unterstützung der Arbeit der Lehrkräfte und der Hemmung des „Einzelkämpfertum[s]“ darstellen kann (Widmer Märki 2011, S. 134)<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> Widmer Märki 2011 untersucht die fächerübergreifende Unterrichtspraxis und die Beurteilung von Schülerleistungen in der gymnasialen Oberstufe des Schweizer Schulsystems durch Befragungen von 27 Lehrkräften im Rahmen einer qualitativen/quantitativen Interventionsstudie.

## 5 Zielsetzung und Design der Studien

In der vergangenen Dekade wurden in Deutschland vor allem in den höheren Jahrgangsstufen der gymnasialen Sekundarstufe I Fächer für einen fächerergänzenden naturwissenschaftlichen Unterricht implementiert. In Thüringen wurde 2013 das Wahlpflichtfach „Naturwissenschaften und Technik“ (NWuT) für die Jahrgangsstufen 9/10 in Ergänzung zu den disziplinorientierten Fächern Biologie, Chemie und Physik eingeführt. Einerseits liegen für die unterrichtspraktische Umsetzung des Faches keine Forschungsbefunde vor (vgl. Kapitel 4.1, S. 33), die eine Ableitung von Maßnahmen zur Optimierung zulassen. Andererseits liegen für diesen Sekundarstufenbereich keine Befunde zur Einstellung von Naturwissenschaftslehrkräften zu einem solchen Wahlpflichtfach vor (vgl. Kapitel 4.2, S. 38), die Hinweise auf eine ggf. notwendige Änderung der Aus- und Weiterbildungssituation sowie der Personalpolitik geben können. Die aus den Desiderata entwickelten Forschungsfragen richten den Fokus auf den Lernprozess und die an ihm beteiligten Lehrer und Schüler für das fächerergänzende Wahlpflichtfach NWuT (siehe Abbildung 1-1).

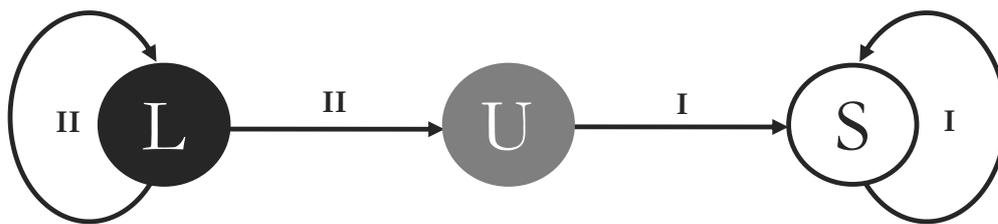


Abbildung 1-1: Fokus der Forschungsfragen auf Unterrichtsebene (Lehrer, Unterricht, Schüler)

- (I) Mit der ersten Studie wird die unterrichtspraktische Umsetzung des fächerergänzenden Wahlpflichtfaches NWuT in den Mittelpunkt gestellt und dessen Wirksamkeit hinsichtlich der Förderung naturwissenschaftlicher Kompetenzen sowie der Entwicklung von naturwissenschaftlichem Interesse von Schülern untersucht. Zudem werden die Wahlmotive der Schüler beleuchtet, die zur Entscheidung für dieses Unterrichtsfach führen. Die Fragestellungen, Hypothesen und das Design der Studie sind in Kapitel 5.1 dargestellt.
- (II) Mit der zweiten Studie wird die Lehrerperspektive auf fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht im Allgemeinen und das Fach NWuT im Speziellen untersucht. Die zu bearbeitende Fragestellung, die Hypothesen und das Forschungsdesign werden in Kapitel 5.2 beschrieben.

## 5.1 Wirkung von fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht

### 5.1.1 Forschungsfragen und Hypothesen

Folgende Fragestellungen werden hinsichtlich der unterrichtspraktischen Umsetzung des Wahlpflichtfaches NWuT bearbeitet:

- Welchen Einfluss hat der fächerergänzende NWuT-Unterricht auf das naturwissenschaftliche Fachinteresse sowie die naturwissenschaftliche Freizeitgestaltung der Schüler?
- Welchen Einfluss hat der NWuT-Unterricht auf die Entwicklung der untersuchten naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Lernenden?
- Beeinflusst die Kombination der Lehrbefähigungen der Lehrkraft die Ausprägungen der Kompetenzen im Bereich des Erkennens naturwissenschaftlicher Fragestellungen?
- Welche Wahlmotive führen zur Entscheidung für das Wahlpflichtfach NWuT?
- Lassen sich für die oben aufgeführten Bereiche geschlechterspezifische Unterschiede nachweisen?

Zur Bearbeitung der Forschungsfragen werden unter Berücksichtigung der in Kapitel 4.1.4 (S. 37) zusammengetragenen Forschungsergebnisse folgende Hypothesen<sup>13</sup> abgeleitet:

H-S1: Der Unterricht im Fach NWuT führt zu einer Erhöhung des naturwissenschaftlichen Fachinteresses der Schüler.

H-S2: Der Unterricht im Fach NWuT beeinflusst die naturwissenschaftliche Freizeitgestaltung der Schüler positiv.

H-S3: Der fächerergänzende Unterricht im Fach NWuT führt zu einer stärkeren Förderung des naturwissenschaftlichen Fachinteresses als ein ausschließlicher Unterricht in den disziplinentorientierten Fächern.

H-S4a: Der Unterricht im Fach NWuT hat einen nivellierenden Effekt auf das geschlechterspezifische naturwissenschaftliche Fachinteresse.

H-S4b: Der Unterricht im Fach NWuT hat einen nivellierenden Effekt auf die geschlechterspezifische naturwissenschaftliche Freizeitgestaltung.

H-S5: Der Unterricht im Fach NWuT führt bei den Lernenden zu einer Förderung der naturwissenschaftlichen Kompetenzen im Bereich des Erkennens naturwissenschaftlicher Fragestellungen.

---

<sup>13</sup> Zur besseren Übersicht der in dieser Arbeit untersuchten Hypothesen wurden diese für die jeweiligen Untersuchungsobjekte codiert: H-S für Schüler und H-L für Lehrer.

- H-S6: Der fächerergänzende Unterricht im Fach NWuT führt zu einer stärkeren Förderung naturwissenschaftlicher Kompetenzen als ein ausschließlicher Unterricht in den disziplinerorientierten Fächern.
- H-S7: Für die erreichte Gesamtpunktzahl im Kompetenztest lassen sich geschlechterspezifische Unterschiede nachweisen.
- H-S8: Die Kombination der Lehrbefähigungen der am NWuT-Unterricht beteiligten Lehrpersonen korreliert mit der erzielten Punktzahl im Kompetenztest.
- H-S9: Die Wahlmotive für das Fach NWuT sind geschlechterspezifisch.

### 5.1.2 Untersuchungsdesign und Stichprobe

Zur Überprüfung der Hypothesen H-S1 bis H-S9 wurden im Juli 2015 im Rahmen einer replikativen Querschnittsuntersuchung (Quasi-Längsschnitt) Schüler zu folgenden Aspekten befragt und getestet:

- naturwissenschaftliches Fachinteresse
- naturwissenschaftliche Freizeitgestaltung
- naturwissenschaftliche Kompetenzen
- Motive zur Entscheidung für das Wahlpflichtfach NWuT
- letzte Zeugnisnote in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern

Teilnehmer der Studie waren Gymnasialschüler Thüringens am Ende der Jahrgangsstufe 8 (vor Beginn des Wahlpflichtunterrichts) und am Ende der Jahrgangsstufe 10 (Ende des Wahlpflichtunterrichts). Abbildung 5-1 zeigt diese Teilnehmergruppen, deren Querschnitte hier verglichen werden. Das replikative Querschnittsdesign ermöglicht die Erfassung von Trends zwischen den Teilnehmergruppen. Diese Gruppen bestehen jeweils aus Schülern des Wahlpflichtfaches NWuT (Interventionsgruppe:  $N_{\text{Inter}} = 204$ ) und aus Schülern, die kein naturwissenschaftliches Wahlpflichtfach<sup>14</sup> belegen (Vergleichsgruppe:  $N_{\text{Vergl.}} = 145$ ).

---

<sup>14</sup> z. B. eine dritte Fremdsprache, Gesellschaftswissenschaften, Informatik sowie Darstellen und Gestalten.

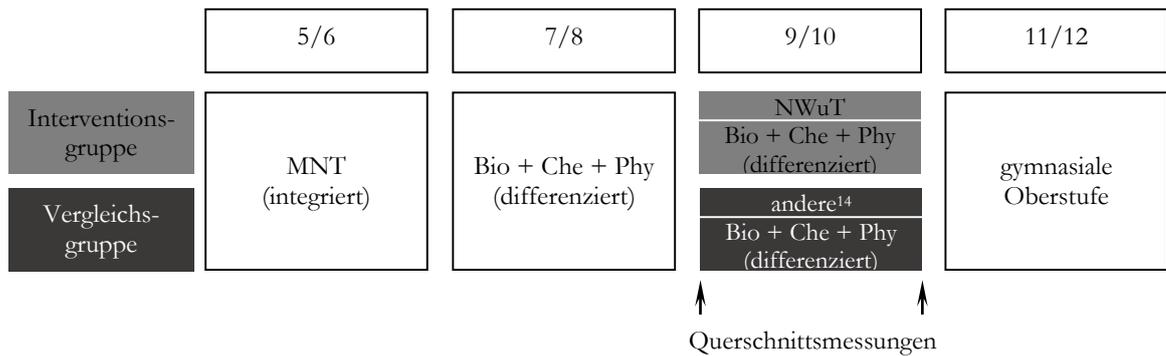


Abbildung 5-1: Untersuchungsdesign. Darstellung der naturwissenschaftlichen Fächer und Jahrgangsstufen

Eine Beurteilung, inwieweit diese Stichprobe das Spektrum der Grundgesamtheit hinsichtlich des naturwissenschaftlichen Interesses sowie der naturwissenschaftlichen Kompetenzen repräsentiert, erfolgt hier durch eine Beschreibung und Bewertung der gewählten Auswahlverfahren. Die Auswahl der Stichprobenelemente erfolgte in zwei Stufen (theoriegeleitet und anfallend). Zunächst wurde für alle Thüringer Gymnasien unter staatlicher Trägerschaft ( $N_{\text{gesamt}} = 85$ ) überprüft, inwieweit diese in den Jahrgangsstufen 9 und 10 Spezialklassen führen, deren Spezialisierung zulasten oder zugunsten des Stundenkontingents des disziplinierten naturwissenschaftlichen Unterrichts erfolgt. Dies führte zum Ausschluss von 7 Gymnasien. Damit sind die verbleibenden Schulen hinsichtlich der Erteilung naturwissenschaftlichen Unterrichts vergleichbar. Danach wurde aus den 78 Gymnasien eine anfallende Stichprobe gezogen, wobei darauf geachtet wurde, dass sich der Anteil  $w$  von Schulen aus städtisch geprägten Räumen der Grundgesamtheit ( $w_{\text{GG}} = 0,92$ ) auch in der Stichprobe ( $w_{\text{SP}} = 0,88$ ) widerspiegelt (vgl. Anlage 3). Gleichwohl die Elemente der Stichprobe hinsichtlich der Erteilung des naturwissenschaftlichen Unterrichts und der Verortung der zugehörigen Schule im urbanen Raum vergleichbar sind, ist die externe Validität aufgrund der Verwendung nicht-probabilistischer Auswahlverfahren nur unter Einschränkung gegeben.

## 5.2 Lehrerperspektive zu fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht

### 5.2.1 Forschungsfrage und Hypothesen

Durch eine Fragebogenstudie soll die folgende Forschungsfrage bearbeitet werden: Welche *Größen* beeinflussen die *Einstellung* zu fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht im Allgemeinen und NWuT im Speziellen?

Die unter dem Begriff *Größen* subsumierten Variablen sind:

- die Erfahrung einer Lehrpersonen mit fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht
- die Anzahl an Lehrbefähigungen im naturwissenschaftlichen Bereich

- die selbstbezogene Überzeugung der Lehrperson hinsichtlich der eigenen Kompetenz für das Fach NWuT
- die Regelmäßigkeit der Kooperation zwischen den Kollegen des naturwissenschaftlichen Bereichs (pädagogische Selbstorganisation)

Die *Einstellung* der Lehrpersonen ist in fünf Teilbereichen von Interesse:

- Beurteilung des Beitrages eines fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts zur Kompetenzentwicklung
- Beurteilung des Beitrages eines fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts zur Förderung des Interesses an naturwissenschaftlichen Fragestellungen
- Beurteilung des Mehrwertes eines fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts gegenüber einem disziplinentrierten Unterricht bezogen auf den vorgenannten Interessenbereich
- Beurteilung der Eignung des Faches NWuT in der gymnasialen Sekundarstufe I
- Zustimmung zur Forderung nach Implementation des Wahlpflichtfaches NWuT als Pflichtfach für alle Schüler

Zur Bearbeitung der Forschungsfrage werden mithilfe der beschriebenen Variablen folgende ungerichtete Hypothesen aufgestellt:

- H-L1: Die Häufigkeit der Erfahrung einer Lehrperson mit fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Anfangsunterricht korreliert mit der Höhe der Wirkung, die eine Lehrperson dem fächerübergreifenden Unterricht für die Förderung des Interesses der Schüler an naturwissenschaftlichen Fragestellungen zuschreibt.
- H-L2: Die Häufigkeit der Erfahrung einer Lehrperson mit fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht hängt mit der Höhe der Zustimmung zur Eignung des neuen Wahlpflichtfaches NWuT in der gymnasialen Sekundarstufe I zusammen.
- H-L 3: Die Anzahl an Lehrbefähigungen einer Lehrperson im naturwissenschaftlichen Bereich (Biologie, Chemie, Physik) korreliert mit der Höhe der Zustimmung zur Eignung des Wahlpflichtfaches NWuT in der gymnasialen Sekundarstufe I.
- H-L 4: Die Höhe der selbstbezogenen Überzeugungen einer Lehrperson hinsichtlich der eigenen Kompetenz für das neue Fach NWuT korreliert mit der Häufigkeit der Erfahrung mit fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Anfangsunterricht.
- H-L 5: Die Stärke der Kooperation im naturwissenschaftlichen Kollegium (pädagogische Selbstorganisation) korreliert mit der Höhe der Zustimmung zur Eignung des neuen Wahlpflichtfaches NWuT in der gymnasialen Sekundarstufe I.

### 5.2.2 Untersuchungsdesign und Stichprobe

Zur Überprüfung der Hypothesen wurde im Februar 2014 in Thüringen eine landesweite Fragebogenstudie durchgeführt. Teilnehmer der Studie waren Lehrkräfte, die mindestens eine Lehrbefähigung in den Fächern Biologie, Chemie und Physik besitzen. Von den 1350 Lehrpersonen mit naturwissenschaftlicher Lehrbefähigung beteiligten sich 324 Lehrpersonen gültig (effektiver Rücklauf 24,0 %).

Die Fragebögen wurden postalisch an alle staatlichen und freien Gymnasien in Thüringen mit einem Anschreiben und frankierten Rücksendeumschlag geschickt. Durch dieses Verfahren ist es möglich, dass nicht alle Elemente der Grundgesamtheit die gleiche Chance hatten in die Stichprobe zu gelangen. Dieser Umstand würde die Möglichkeit des Ziehens von Rückschlüssen von Befunden der Stichprobe (324) auf die Grundgesamtheit (1350) beeinträchtigen (externe Validität), es sei denn die Nicht-Teilnehmer, die den Fragebogen nicht erhalten haben, unterscheiden sich nicht von gültigen Teilnehmern. Im Wesentlichen sind hier drei Fragen zu beantworten:

(a) Unterscheiden sich die Nicht-Teilnehmer von den gültigen Teilnehmern?

Es wird angenommen, dass diese sich unterscheiden, insbesondere durch mögliche Arbeitsunfähigkeit, Beurlaubung oder berufsbedingte Aus-/Überlastung). Allerdings ist hier kein plausibler Auswahlbias erkennbar, der zu einer Verzerrung der Stichprobenstruktur gegenüber der Struktur der Grundgesamtheit führen würde.

(b) Wurden Elemente der Grundgesamtheit systematisch ausgeschlossen?

Da die Fragebögen an alle Schulen gesendet wurden, wurden keine Elemente systematisch ausgeschlossen.

(c) Wurden Elemente der Grundgesamtheit willkürlich ausgeschlossen?

Dies kann nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden, da aufgrund des notwendigen Verfahrens die Möglichkeit der Fremdselektion, z. B. durch die jeweiligen Schulleiter, nicht ausgeschlossen werden konnte. Es wird aber davon ausgegangen, dass dies nicht zu einem Auswahlbias führt und damit zu keiner Verzerrung.

Im Ergebnis handelt es sich bei der Datenerhebung somit um eine partiell realisierte Vollerhebung, bei der Inferenzschlüsse auf die Grundgesamtheit ohne weitere Einschränkungen möglich sind.

## 6 Entwicklung der Testinstrumente und Datenanalyse

### 6.1 Wirkung von fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht

Zur Überprüfung der im Kapitel 5.1.1 (S. 41) abgeleiteten Hypothesen werden als Testinstrumente ein Schülerfragebogen und ein Kompetenztest eingesetzt. Die Konstruktionen werden im Folgenden in Hinblick auf die klassischen Testgütekriterien Validität, Reliabilität und Objektivität beschrieben. Daneben werden die statistischen Verfahren zur Analyse der erhobenen Daten begründet.

#### 6.1.1 Schülerfragebogen

Mithilfe des Schülerfragebogens werden Ausschnitte des naturwissenschaftlichen Interesses sowie Motive zur Entscheidung für das Wahlpflichtfach NWuT erfasst (siehe Anlagen 4 und 5, S. 154). Der Fragebogen beinhaltet dabei z. T. Items, die bereits in anderen empirischen Studien zur Wirksamkeit von fächerübergreifenden Ansätzen eingesetzt wurden (Hoffmann, Häußler & Lehrke 1998; Klos 2008; Rösch 2006). Hinsichtlich des naturwissenschaftlichen Interesses kann nach Hoffmann, Häußler & Lehrke (1998, S. 10) zwischen Fach- und Sachinteresse unterschieden werden. Das Fachinteresse beschreibt dabei das reine Interesse an einem schulischen Fach. Das Sachinteresse hingegen nimmt Bezug auf die situationale und individuelle Form des Interesses. Des Weiteren ist davon auszugehen, dass Schüler naturwissenschaftlichen Interessen auch außerhalb der Schule nachgehen (Gräber 1992). Im Rahmen der durchgeführten Studie wurden das Fachinteresse und die Freizeitgestaltung erhoben.<sup>15</sup>

Das Fachinteresse für alle mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer wurde über die Zustimmung zu fünf Aussagen mithilfe von 5-Punkt-Likert-Skalen erfasst (1  $\hat{=}$  „stimmt nicht“ bis 5  $\hat{=}$  „stimmt genau“). Die naturwissenschaftliche Freizeitgestaltung wurde über die Angabe der Häufigkeit von acht außerschulischen Aktivitäten mithilfe einer 5-stufigen Rating-Skala erhoben. Dabei beziehen sich vier Aussagen auf das Interesse an der Informationsbeschaffung und vier Aussagen auf das Interesse an praktischen Tätigkeiten (Tabelle 6-1).

---

<sup>15</sup> Die an dieser Studie beteiligten Probanden, standen zur Befragung bzw. Testung genau eine Unterrichtsstunde zur Verfügung. Da der Schwerpunkt der Studie auf der Erfassung naturwissenschaftlicher Kompetenzen liegt und die Durchführungszeit begrenzt war, wurde hinsichtlich des naturwissenschaftlichen Interesses aus testökonomischen Gründen (Lienert & Raatz 1994, S. 12) der Schwerpunkt auf die Erfassung des Fachinteresses und der naturwissenschaftlichen Freizeitgestaltung gelegt und auf eine Erfassung des naturwissenschaftlichen Sachinteresses verzichtet.

Tabelle 6-1: Bereiche der naturwissenschaftlichen Freizeitgestaltung

Nr. des Items	Kurzform	Informationsinteresse	praktisches Interesse
1	Wissenschaftssendungen	x	
2	naturwissenschaftliche Printmedien	x	
3	technische Geräte		x
4	Experimentierkasten		x
5	Museen und Ausstellungen	x	
6	Botanik		x
7	naturwissenschaftliche Arbeitsgruppe		x
8	Internet	x	

Die Wahlmotive wurden ebenfalls über die Zustimmung zu sechs Aussagen mithilfe von 5-Punkt-Likert-Skalen erfasst. Dabei werden insbesondere über drei Items sozial bedingte Einflussfaktoren berücksichtigt, wie etwa der Einfluss von Eltern, Schulkameraden und bestimmten Lehrpersonen.

Der Schülerfragebogen wurde im Frühjahr 2014 an vier Schulklassen der Jahrgangsstufe 9 pilotiert. Die Schüler einer Klasse hatten das Fach NWuT gewählt. Die Schüler der drei anderen Klassen hatten sich für ein nicht-naturwissenschaftliches Wahlpflichtfach entschieden. Zur Verbesserung der inhaltlichen Validität wurden im Fragebogen für die naturwissenschaftliche Freizeitgestaltung und für die Wahlmotive zusätzlich freie Antworten zugelassen, um diese in der Hauptstudie zu berücksichtigen. Tabelle 6-2 zeigt die Reliabilität (Cronbach Alpha) der angenommenen Skalen, die aus den Items der Pilotierung sowie den korrigierten und erweiterten Items der Hauptuntersuchung gewonnen wurden. Die Reliabilitätskoeffizienten der drei Skalen liegen für Pilot- und Hauptstudie z. T. deutlich über der von Lienert & Raatz (1994, S. 269) empfohlenen Grenze zur Untersuchung von Gruppenunterschieden von 0,50. Daher kann davon ausgegangen werden, dass die betreffenden Items des Schülerfragebogens die angenommenen Skalen bilden.

Tabelle 6-2: Reliabilität  $\alpha$  der Faktoren des Schülerfragebogens (\*zusätzliche Items nach Pilotierung)

Skala	Nr. des Items	Kurzform	$\alpha_{\text{Pilotstudie}}$ ( $N_{\text{Probanden}}$ )	$\alpha_{\text{Hauptstudie}}$ ( $N_{\text{Probanden}}$ )
Fachinteresse	9	Interesse Mathematik	0,802 (59)	0,559 (347)
	11	Interesse Biologie		
	13	Interesse Chemie		
	15	Interesse Physik		
Freizeitgestaltung	1	Wissenschaftssendungen	0,640 (61)	0,718 (341)
	2	naturwissenschaftliche Printmedien		
	3	technische Geräte		
	4	Experimentierkasten		
	5*	Museen und Ausstellungen		
	6*	Botanik		
	7	naturwissenschaftl. Arbeitsgruppe		
	8	Internet		
soz. Wahl- motive	18	Wahlmotive (sozial, außerschulisch)	0,563 (60)	0,519 (343)
	19	Wahlmotive (sozial, schulische Peergroup)		
	20	Wahlmotive (sozial, Lehrer)		

### 6.1.2 Kompetenztest

Mithilfe des Kompetenztests soll ein Teilbereich naturwissenschaftlicher Kompetenzen erfasst werden. Dabei werden Kompetenzen nach Weinert (2002, S. 27) als verfügbare bzw. erlernte Fähigkeiten und Fertigkeiten verstanden, um bestimmte Probleme zu lösen. Der hier unterlegte Kompetenzbegriff ist dabei vom Kompetenzverständnis der Nationalen Bildungsstandards abzugrenzen, nach dem Kompetenzen als gezeigtes, wahrnehmbares Verhalten definiert werden (Terzer, Hartig & Upmeyer zu Belzen 2013, S. 54). Empirische Untersuchungen, die auf den Kompetenzbegriff von Weinert abstellen, operationalisieren bzw. erfassen die kognitive und motivationale Facette von Kompetenz getrennt voneinander (Köller 2008, S. 165). Die in dieser Studie verwendete Testkonstruktion bezieht sich auf die kognitive Facette.

Die theoretische Fundierung des Tests beruht auf der PISA-Rahmenkonzeption für naturwissenschaftliche Grundbildung und stellt den Kompetenzbereich *Erkennen von naturwissenschaftlichen Fragestellungen* in den Mittelpunkt. Bei diesem Kompetenzbereich geht es um die Identifikation von Sachverhalten, die sich auf naturwissenschaftlichem Wege klären lassen, sowie darum, die entscheidenden Merkmale einer naturwissenschaftlichen Untersuchung zu erkennen. Dabei kommt es insbesondere auf das Verständnis naturwissenschaftlicher Prozesse an (OECD 2007b, S. 92). Zur Operationalisierung wurde aus der Beschreibung der Dispositionen der Sub-Skala *Erkennen von naturwissenschaftlichen Fragestellungen* der PISA-Erhebung 2006 ein Raster mit sechs Kompetenzbereichen extrahiert (ausführlich in Kap. 3.3, S. 30):

- Umgang mit Informationsquellen
- naturwissenschaftliche Fragestellungen
- Messen von Variablen
- Umgang mit unabhängigen und abhängigen Variablen
- Umgang mit Kontroll- und Störvariablen
- Versuchsanordnung und -ablauf

Dieses aus 19 Teilkompetenzen bestehende Raster (vgl. Anlage 2, S. 150) wurde aus inferenzstatistischen und testökonomischen Gründen angepasst. In der PISA-Erhebung 2006 konnten lediglich 1,3 % aller OECD-Schüler die Aufgaben der Kompetenzstufe 6 lösen (OECD 2007b, S. 90). Die drei betreffenden Elemente der Kompetenzstufe 6 wurden daher aus dem Raster entfernt. Damit ist auch eine Erfassung des Kompetenzbereichs zu Versuchsanordnung und -ablauf hinsichtlich einer sinnvollen inferenzstatistischen Analyse und Interpretation nicht mehr zu rechtfertigen, da diese Elemente im Wesentlichen der Kompetenzstufe 6 zugeordnet sind. Darüber hinaus sollen nur solche Kompetenzbereiche berücksichtigt werden, deren Bedeutung zur Erfassung naturwissenschaftlicher Fragestellungen inhaltlich plausibel sind. Kompetenzen zur Beschaffung von Informationen stellen jedoch eher allgemeine Schlüsselqualifikationen dar, sodass die Elemente des Kompetenzbereichs zum Umgang mit Informationsquellen hier entfallen. Dies führt im Ergebnis zu einem aus 13 Teilkompetenzen bestehenden Raster, von dem angenommen wird, dass es den inhaltlichen Kern zur Erfassung naturwissenschaftlicher Fragestellungen darstellt. Um diese Fragestellungen vollständig erfassen zu können, müssen Schüler in Lage sein, die darin angesprochenen Variablen hinsichtlich ihrer Messbarkeit, Abhängigkeit und Kontrollierbarkeit zu bestimmen (Tabelle 6-3).

Tabelle 6-3: Raster zur Operationalisierung der Kompetenzen Erkennen naturwissenschaftlicher Fragestellungen

		Kompetenzbereich			
		NaWi-Fragestellungen	Messen von Variablen	unabhängige und abhängige Variablen	Kontrollvariable und Störvariable
Schwierigkeitsgrad	I	Untersuchungszweck selektieren	Bestimmung des geeigneten Gerätes zur Messwerterfassung	Identifikation sich ändernder Größen in einfachen Szenarien	Erkennen der Quantifizierbarkeit einer Variable
	II	Organisation von Fragestellungen zu beschriebenen Versuch	Bestimmung der naturwissenschaftlichen Messbarkeit einer Variable	Identifikation von unabhängiger Variable	Erkennen von Störvariablen und deren Kontrolle
	III	freie Formulierung von NaWi-Fragestellung zu gegebenem Thema	Bestimmung der Überprüfbarkeit von Aussagen mithilfe von NaWi-Experimenten	Identifizierung von unabhängiger und abhängiger Variable	Berücksichtigung aller Faktoren eines Experimentes
	IV			Bestimmung der Vergleichbarkeit von Versuchen	

Der Geltungsbereich des Tests soll sich hinsichtlich der Zielgruppe auf Schüler der Jahrgangsstufe 8 und 10 erstrecken. Es wird angenommen, dass sich diese hinsichtlich der zu untersuchenden Kompetenzen unterscheiden. Daher ist es notwendig, dass die Items des Tests über einen möglichst großen Schwierigkeitsbereich streuen. Tabelle 6-3 zeigt, wie sich der Schwierigkeitsgrad zwischen den einzelnen Teilkompetenzen innerhalb eines Bereichs verändert. Dadurch steigt einerseits die Validität des Tests und ermöglicht einen sinnvollen Repräsentationsschluss von den Testinhalten auf die Kompetenzen der Zielgruppe (Terzer, Hartig & Upmeyer zu Belzen 2013, S. 58). Andererseits führt dies automatisch zu einer Heterogenisierung der Items innerhalb der Kompetenzbereiche und somit erwartungsgemäß zu einer geringen internen Konsistenz. Mit der Angabe der entsprechenden Reliabilitätskoeffizienten können jedoch keine Aussagen zu den Schwierigkeitsgraden der Items getroffen (Lienert & Ratz 1994, S. 202f.). Daher werden im Zuge der Itemerprobung keine Reliabilitätskoeffizienten dokumentiert, stattdessen wird eine Analyse der Aufgaben hinsichtlich des Schwierigkeitsgrades und der Trennschärfe durchgeführt.

Die Formulierung der Teilkompetenzen beschreibt die auf der jeweiligen Stufe erforderliche Leistungsdisposition. Für alle 13 Teilkompetenzen wurde je ein Item entwickelt (siehe Anlage 6, S. 161). Die sprachliche Gestaltung der Items wurde dabei so einfach wie möglich gehalten,

um den Einfluss der Lesekompetenz der Probanden auf das Testergebnis zu minimieren. Jedes Item besteht aus einem Einleitungstest, um die Aufgabe in einen naturwissenschaftlich-technischen Kontext einzubetten, der Aufgabe bzw. Fragestellung selbst sowie dem Antwortfeld. Für das Antwortfeld werden Single-Choice-Formate mit vier bis sechs Antwortmöglichkeiten, kompakte Binärformate und offene Antwortformate verwendet. Die zur Pilotierung herangezogenen Items wurden z. T. bereits in anderen empirischen Untersuchungen zur psychometrischen Leistungsmessung verwendet (u. a. Klos 2008 und OECD 2007b). In Anlage 5 sind für alle Items die Beschreibungen und Auswertungsmanuals aufgelistet. Die richtige Lösung einer jeden Aufgabe geht mit einer Bewertungseinheit (1 Punkt) in die Gesamtpunktzahl des Tests ein. Bei Items mit offenen Antwortformaten wird je nach Vollständigkeit der Lösung differenziert (0,5 Punkte und 1 Punkt).

Die in der Hauptstudie verwendeten Items wurden über einen mehrstufigen Pilotierungsprozess<sup>16</sup> hinsichtlich der sprachlichen Darstellung des Einleitungstextes sowie der Gestaltung der Attraktivität der Attraktoren und Distraktoren angepasst, sodass die Itemschwierigkeiten der in Tabelle 6-3 gezeigten Reihung folgen. Folgende Werte wurden über die Pilotierungsstufen sowie für die Hauptstudie errechnet (Tabelle 6-4).

Tabelle 6-4: Itemschwierigkeit  $p_{IS}$  der Items (Lösenswahrscheinlichkeiten)

Kompetenzbereich	Niveau	Itemschwierigkeit $p_{IS}$	
		Pilotierung	Hauptstudie
NaWi-Fragestellungen	I	0,838	0,785
	II	0,574	0,675
	III	0,574	0,370
Messen von Variablen	I	0,926	0,933
	II	0,794	0,791
	III	0,794	0,691
unabhängige und abhängige Variablen	I	0,956	0,813
	II	0,551	0,769
	III	0,603	0,570
	IV	0,441	0,306
Kontrollvariable und Störvariable	I	0,860	0,878
	II	0,721	0,464
	III	0,426	0,434

<sup>16</sup> Die Items wurden in zwei Klassen der Jahrgangsstufe 8 sowie zwei Klassen der Jahrgangsstufe 10 erprobt und hinsichtlich der Aufgabenschwierigkeit angepasst.

Die mittlere Itemschwierigkeit beträgt 0,652. Das bedeutet, dass im Durchschnitt 65,2 % aller Items von den Probanden korrekt bzw. teilweise korrekt beantwortet wurden. Boden- und Deckeneffekte hinsichtlich der Itemschwierigkeiten liegen nicht vor ( $p_{IS, \min} = 0,306$ ;  $p_{IS, \max} = 0,878$ ). Die Trennschärfe der Items stellt ein weiteres Beurteilungskriterium für einen Test dar. Mit dieser wird die Korrelation eines Items mit den restlichen Testitems beschrieben. Für den hier vorliegenden schwierigkeitheterogenen Test ist die mittlere Trennschärfe mit  $\bar{r} = 0,31$  als mittelmäßig zu beurteilen (Bühner 2011, S. 81). Allerdings hat die Trennschärfe bei schwierigkeitheterogenen Tests eine eher geringe Bedeutung, da eine Anpassung bzw. ein Ausschluss von Items mit dem Ziel der Maximierung der Trennschärfe zu einer Homogenisierung des Tests führen würde, was im Falle heterogener Tests gerade nicht beabsichtigt wird (Lienert & Ratz 1994, S. 115).

Der Test soll auch hinsichtlich weiterer Validitäts- und Objektivitätskriterien beurteilt werden. Zur Beurteilung der Übereinstimmungsvalidität ist zu überprüfen, inwieweit die 13 Teilkompetenzen adäquat durch die 13 Testitems repräsentiert werden. Diese Überprüfung kann durch ein Rating-Verfahren erfolgen, bei dem eine kompetente Gruppe von Beurteilern die Testitems den entsprechenden Teilkompetenzen zuweist (Lienert & Ratz 1994, S. 225). Hierfür wurden Staatsexamenskandidaten und -absolventen aus dem naturwissenschaftlichen Lehrbereich ( $N_{\text{Beurteiler}} = 12$ ) nach vorangegangener Schulung gebeten, eine jeweils randomisierte Auswahl von Testitems ( $N_{\text{rand. Items}} = 9$ ) den entsprechenden Teilkompetenzen zuzuweisen. Dabei gibt der Koeffizient Cohens Kappa ( $\kappa$ ) den Anteil der beobachteten Übereinstimmung korrigiert um den Anteil der zufälligen Übereinstimmung zwischen einem Beurteiler und der im Rahmen dieser Studie vorgenommenen Zuordnung wieder (Hamann, Jördens & Schecker 2014). Der Mittelwert von Cohens Kappa beträgt bezogen auf die Zuordnung der Testitems zu den Teilkompetenzen 0,53 ( $SD_{\text{Komp}} = 0,21$ ) und hinsichtlich Zuordnung der Testitems zu den Kompetenzbereichen 0,74 ( $SD_{\text{Bereiche}} = 0,15$ ). Damit liegt eine mittelmäßige bis gute Übereinstimmung zwischen der theoretischen und empirischen Zuordnung vor (siehe Tabelle 6-5).

Tabelle 6-5: Verbale Beschreibung des Koeffizienten  $\kappa$  (Altman 1991, S. 404; Übersetzung durch Grouwen et al. 2007, S. 66)

Betrag von $\kappa$	Beschreibung
< 0,20	schwach
0,21-0,40	leicht
0,41-0,60	mittelmäßig
0,61-0,80	gut
0,80-1,00	sehr gut

Zur Überprüfung der Objektivität des Tests wird zwischen Durchführungs- und Auswertungsobjektivität unterschieden. Die Durchführungsobjektivität gewährleistet, dass die Tests an allen Schulen unter vergleichbaren Bedingungen durchgeführt werden. Für die Durchführung des Tests wurde daher ein Testmanual geschrieben (Anlage 6, S. 161), das den testausführenden Lehrpersonen Erklärungen für die Schüler gibt, wie z. B. zur Zeitvorgabe, zum Codiersystem, zu den Antwortformaten sowie zur Bearbeitung des Tests in Einzelarbeit.

### 6.1.3 Datenanalyse

Zur Untersuchung der Hypothesen werden im Kapitel 7.1 (S. 59) vor allem Verfahren zur Überprüfung von Gruppenunterschieden eingesetzt. Zur Überprüfung solcher Unterschiede stehen parametrische und nicht-parametrische (verteilungsfreie) Verfahren zur Verfügung. Der Vorteil parametrischer Verfahren (z. B.  $t$ -Test) besteht darin, dass diese vorhandenen Unterschiede eher nachweisen können als nichtparametrische Verfahren. Allerdings sind an die Verwendung parametrischer Verfahren strengere Voraussetzungen geknüpft als an verteilungsfreie Verfahren. Für den  $t$ -Test sind das die Normalverteilung der Daten der Grundgesamtheit sowie die Varianzhomogenität (Bühner & Ziegler 2009, S. 257f.). Daher ist für die Daten des Schülerfragebogens und des Kompetenztests die Erfüllung der Voraussetzung zu überprüfen.

Bei den Daten des Schülerfragebogens, die über Likert-Skalen erfasst werden, wird davon ausgegangen, dass diese in der Regel nicht normalverteilt vorliegen. Gründe hierfür liegen in dem stark begrenzten Wertebereich der als metrisch angenommenen Skala von 1 bis 5 sowie dem Umstand, dass gerade bei Likert-Skalen eine gewisse Schiefe der Datenverteilung erwünscht ist. Darüber hinaus werden auch hier große Gruppenunterschiede erwartet.

Eine Überprüfung der Normalverteilung der erreichten Gesamtpunktzahl  $GP$  des Kompetenztests ( $GP_{\max} = 13$ ) kann durch eine Darstellung der Datenverteilung in einem Histogramm erfolgen (Abbildung 6-1). Augenscheinlich liegen die Daten in etwa normalverteilt vor, allerdings zeigt die leichte Linksschiefe der Verteilung, dass hier keine symmetrische Anordnung um den Mittelwert vorliegt. Weitere Anhaltspunkte liefert der Kolmogorow-Smirnow-Test. Mit diesem Test wird die Hypothese geprüft, mit der von einer nicht-normalen Verteilung ausgegangen wird. Mit einer Signifikanz von  $p < 0,001$  kann die Hypothese nicht verworfen werden, sodass davon ausgegangen werden muss, dass die Daten keiner Normalverteilung folgen.

Der Test auf Varianzhomogenität erfolgt über den Levene-Test. Hierbei wird die Hypothese überprüft, mit der davon ausgegangen wird, dass sich die Varianzen der Merkmalsausprägung

gen (Gesamtpunktzahl) hinsichtlich einer Gruppierungsvariable (hier: Jahrgangsstufe) unterscheiden. Mit einer Signifikanz von  $p_{\text{Jgst.}} = 0,566$  kann die Unterschiedshypothese verworfen werden.

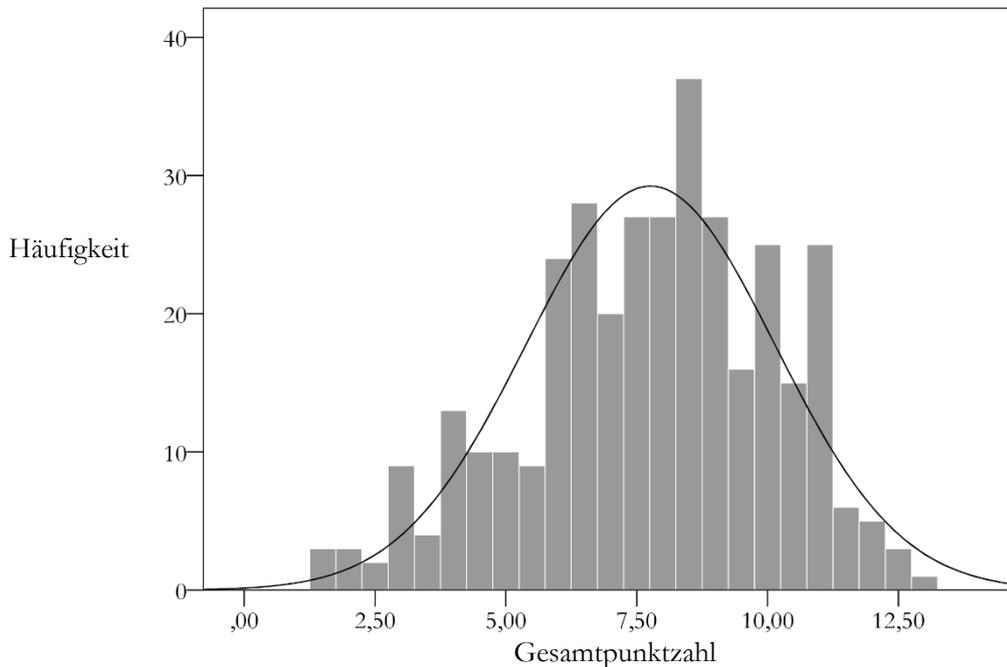


Abbildung 6-1: Histogramm der Hauptstudien-Daten der Grundgesamtheit (Gesamtpunktzahl) und Normalverteilungskurve

Obwohl von einer Varianzhomogenität ausgegangen werden kann, ist nicht auszuschließen, dass die Daten der Grundgesamtheit nicht normalverteilt sind. Welche Konsequenzen aus der teilweisen Verletzung der Voraussetzungen für parametrische Verfahren zu ziehen sind, wird in der Literatur uneinheitlich diskutiert. Während Bühner & Ziegler (2009, S. 257) hier prinzipiell zu einem  $t$ -Test raten, geben Rasch et al. (2010, S. 59) zu bedenken, dass dieser insbesondere bei ungleichen Gruppengrößen häufiger zu Fehlentscheidungen führt (sinkende Teststärke). Die zu untersuchenden Gruppengrößen unterscheiden sich deutlich voneinander ( $N_{\text{Jgst. 8}}/N_{\text{Jgst. 10}} = 1,41$ ). Daher wird zur Überprüfung der Gruppenunterschiede im Sinne einer restriktiven Entscheidung der Mann-Whitney- $U$ -Test als verteilungsfreie Alternative gewählt.

Mit dem Mann-Whitney- $U$ -Test sollen Gruppenunterschiede erkannt werden, die auf einem Niveau von 0,05 oder geringer signifikant sind (vgl. Tabelle 6-6). Hinweise auf die Effektstärke werden durch den Betrag des Korrelationskoeffizienten  $\varphi$  gegeben (Bühner & Ziegler 2009, S. 265f.) (siehe Tabelle 6-7).

Tabelle 6-6: Verbale Beschreibung des Signifikanzniveaus  $p$  (Bühner & Ziegler 2009, S. 144; Rasch et al. 2010, S. 58)

Signifikanzniveau $p$	Beschreibung	bildliche Darstellung
$p \geq 0,1$	nicht signifikant	ns
$p < 0,1$	marginal signifikant	†
$p < 0,05$	signifikant	*
$p < 0,01$	sehr signifikant	**
$p < 0,001$	hoch signifikant	***

Tabelle 6-7: Verbale Beschreibung des Korrelationskoeffizienten  $\varphi$  (Bühner & Ziegler 2009, S. 265f.)

Korrelationskoeffizient $\varphi$	Beschreibung
$\geq 0,1$	kleiner Effekt
$\geq 0,3$	moderater Effekt
$\geq 0,5$	starker Effekt

## 6.2 Lehrerperspektive zu fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht

Zur Überprüfung der im Kapitel 5.2.1 (S. 40) abgeleiteten Hypothesen wurde ein Fragebogen entwickelt (Anlage 8, S. 173). Dieser erhebt folgende Aspekte:

- sozialstatistischen Angaben (Alter und Geschlecht)
- Kombination der Lehrbefähigungen
- Angabe zur Erteilung des Unterrichts im Fach NWuT
- Zustimmungsgrad zu Aussagen zur Lehrerperspektive auf fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht im Allgemeinen und NWuT im Speziellen über 5-Punkt-Likert-Skalen (1  $\hat{=}$  „stimmt nicht“ bis 5  $\hat{=}$  „stimmt genau“)

Um die Lehrerperspektive im Sinne einer möglichst hohen, inhaltlichen Validität zu erheben, wurden zur Entwicklung der Items drei Ebenen vorgelegt, die den Feldern der Schulentwicklungsforschung entsprechen (Holtappels 2005, S. 30): (1) Makro-, (2) Meso- und (3) Mikroebene von Schule (siehe Abbildung 6-2).

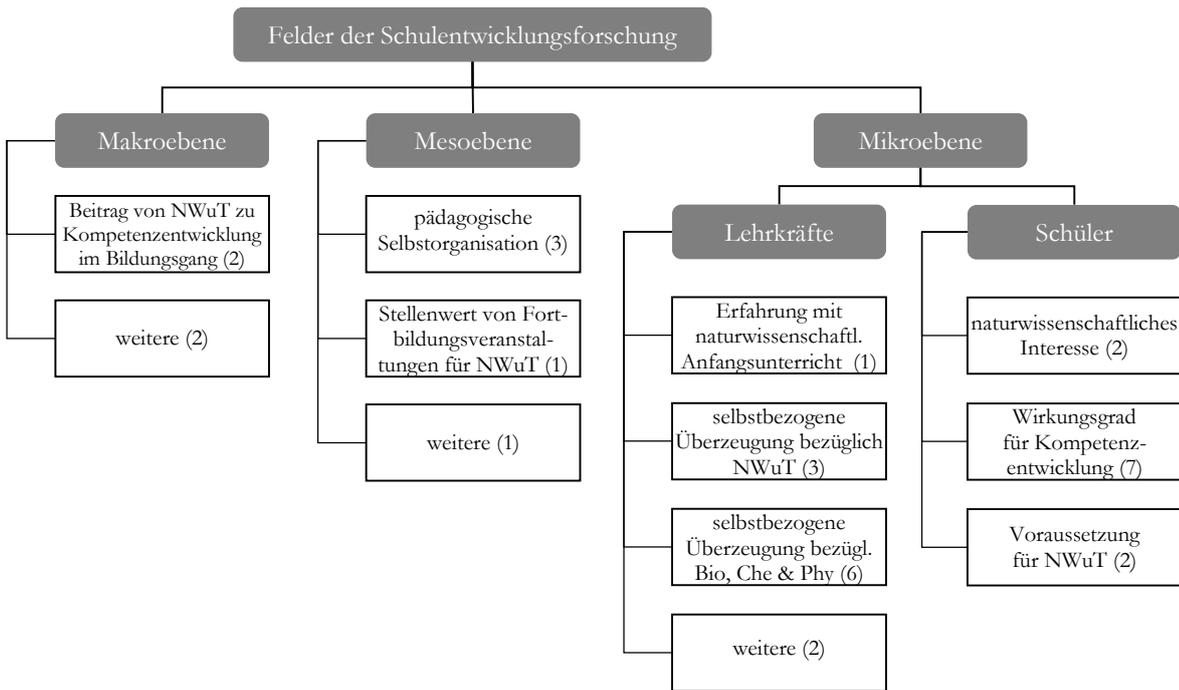


Abbildung 6-2: Generierte Items nach den Feldern der Schulentwicklungsforschung (Anzahl der Items in Klammern)

(1) Die Makroebene als Ebene des Bildungssystems schafft über Reglementarien und Gesetze die institutionellen Rahmenbedingungen von Schule. Für die Fragebogenstudie interessante Fragen sind, inwieweit aus Sicht der Lehrenden das Fach NWuT einen Beitrag zur allgemeinen Kompetenzentwicklung im gymnasialen Bildungsgang leistet (vertiefte Allgemeinbildung, wissenschaftspropädeutische Bildung) und welche Stellung dem Fach innerhalb des naturwissenschaftlichen Fächerkanons zukommen sollte.

(2) Auf der Mesoebene, der Ebene der Einzelschule als Handlungseinheit, interessieren v. a. schulinterne Handlungsabläufe. Im Mittelpunkt stehen hier Fragen zur Kooperation im naturwissenschaftlichen Kollegium (pädagogische Selbstorganisation), dem Zugang zu Unterrichtsmaterialien und dem Stellenwert von Fortbildungsangeboten.

(3) Auf der Mikroebene, der Ebene des Unterrichts, wurden 23 Items entwickelt, die sich sowohl auf die Lernenden als auch auf die Teilnehmer dieser Fragebogenstudie selbst beziehen. Items unter der Kategorie „Lehrkräfte“ stellen ab auf die Erfahrung mit fächerübergreifendem Unterricht und die selbstbezogenen Überzeugungen hinsichtlich der eigenen Kompetenzen. Unter der Kategorie „Schüler“ sind Einschätzungen zur Steigerung von Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen, zu Lernvoraussetzungen für das Fach NWuT sowie Einschätzungen zur Förderung von inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzen zugeordnet.

Um zu überprüfen, ob aufgrund der Formulierungen der Items Verständnisprobleme auftreten, wurde eine Pilotierung des Fragebogens durchgeführt ( $N_{\text{Pilot}} = 15$ ). Die Anlagen 7 und 8 zeigen die Kurzformulierungen der Items sowie den für die Hauptstudie überarbeiteten Lehrerfragebogen. Die Gesamtheit der im Fragebogen zu bewertenden Aussagen deckt, wie Abbildung 6-2 zeigt, eine Reihe verschiedener Aspekte zur Lehrerperspektive ab und ist inhaltlich eher heterogen. Einige dieser Items stehen allerdings in einem inhaltlich engen Zusammenhang (Tabelle 6-8). Die Reliabilitätskoeffizienten (Cronbach-Alpha) zeigen, dass diese auch empirisch im Zusammenhang stehen und die Skalen *Wirksamkeit Kompetenzentwicklung*, *pädagogische Selbstorganisation*, *selbstbezogene Überzeugungen (NWuT)* bilden.

Tabelle 6-8: Reliabilität der gesamten Testanlage sowie der drei gebildeten Skalen (Hauptstudie mit  $N_{\text{Haupt}} = 324$ )

	Anzahl der Items ( $N_{\text{Item}}$ )	Reliabilität ( $\alpha$ )
Testanlage (gesamt)	32	0,866
Wirksamkeit Kompetenzentwicklung	7	0,896
pädagogische Selbstorganisation	3	0,579
selbstbezogene Überzeugungen (NWuT)	3	0,866

Zwei dieser Koeffizienten verdienen eine genauere Betrachtung. Der  $\alpha$ -Wert für die gesamte Testanlage liegt zwar mit  $\alpha \geq 0,8$  prinzipiell in einem sehr guten Bereich (Bortz & Döring 2002, S. 198f.), sollte aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass mit der gesamten Fragebogen-Anlage nicht ein(!) Konstrukt, sondern eine Vielzahl verschiedener Aspekte der Lehrperspektive erhoben wird. Dem  $\alpha$ -Koeffizienten kommt vor allem dann besondere Bedeutung zu, wenn es um die Beurteilung der (gewünschten) internen Konsistenz einer Skala geht. Die  $\alpha$ -Werte von zwei der drei gebildeten Skalen liegen deutlich im angestrebten Bereich ( $\alpha \geq 0,7$ ). Allerdings liegt der  $\alpha$ -Wert der Skala *pädagogische Selbstorganisation* darunter, was jedoch noch kein Hinweis für die Unzweckmäßigkeit der Skala darstellt (Schecker 2014, S. 5). Mit einem Wert von 0,579 liegt der  $\alpha$ -Koeffizient noch über der von Lienert & Raatz (1994, S. 269) empfohlenen Grenze zur Untersuchung von Gruppenunterschieden von 0,50. Letztlich ist auch entscheidend, was unter der Skala subsumiert wird. Diese fasst die Bewertung von Aussagen zum Stellenwert der Kooperation im naturwissenschaftlichen Kollegium sowie zur Praxis des Austausches von Unterrichtsmaterialien und zur Durchführung fachschaftsinterner Hospitationen außerhalb des Referendariats zusammen.

Darüber hinaus kann mithilfe einer Faktorenanalyse nach dem Einfachstrukturprinzip nachgewiesen werden, dass sich die Items der angenommenen Skalen deutlich voneinander abgrenzen lassen. Hierzu wurde die SPSS-Prozedur VARIMAX-Rotation verwendet, die für alle

Items die Höhe der Korrelation mit den Faktoren errechnet. Tabelle 6-9 zeigt das Ergebnis der rotierten Ladungsmatrix der 13 Items. Die Items der jeweiligen Faktoren korrelieren mit selbigen stärker als mit den anderen Faktoren.

Tabelle 6-9: Ergebnis der rotierten Ladungsmatrix nach SPSS-Prozedur VARIMAX-Rotation (FNU = fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht)

Nr. Item	Kurzform	Faktor			Skala
		1	2	3	
5	inhaltsbezogene Kompetenzen im FNU	0,73	0,15	0,14	Wirksamkeit Kompetenz- entwicklung
6	inhaltsbezogene Kompetenzen im FNU (stärkere Förderung)	0,76	0,07	-0,02	
7	prozessbezogene Kompetenzen im FNU	0,79	0,15	-0,02	
8	prozessbezogene Kompetenzen im FNU (stärkere Förderung)	0,81	0,16	0,03	
9	Selbstständigkeit im FNU (stärkere Förderung)	0,80	0,16	0,08	
10	Schlüsselprobleme im FNU (stärkere Förderung)	0,79	0,13	0,06	
11	Verantwortungsbewusstsein im FNU	0,69	0,22	0,21	selbst- bezogene Überzeugun- gen (NWuT)
20	NWuT-Kompetenz (Unterrichten)	0,25	0,86	0,11	
21	NWuT-Kompetenz (Bewerten & Beurteilen)	0,21	0,89	0,05	
22	NWuT Herausforderungen	0,16	0,82	0,16	pädagogische Selbst- organisation
24	Stellenwert Kooperation	0,06	0,04	0,69	
25	Üblichkeit des Materialenaustausches	0,02	0,09	0,86	
26	gegenseitiges Hospitieren	0,10	0,12	0,62	

Zur Auswertung der Daten im Kapitel 7.2 (S. 78) wird vor allem auf Gruppenvergleiche zurückgegriffen. Diese werden durch Gruppierung der Fälle der Stichprobe mithilfe der Ausprägungen unabhängiger Merkmale realisiert, wie z. B. über Variablen bezüglich der Erfahrung mit fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Anfangsunterricht und der Anzahl der Lehrbefähigungen. Da die Daten der Grundgesamtheit aufgrund der Erhebung über Likert-Skalen in der Regel nicht normalverteilt vorliegen und die Größe der zu untersuchenden Gruppen sehr verschieden sind, kommt hier wieder der Mann-Whitney-U-Test als verteilungsfreies Verfahren zur Anwendung. Hinweise auf die Effektstärke werden auch hier durch den Betrag des Korrelationskoeffizienten  $\varphi$  gegeben (siehe Tabelle 6-7, S. 55).

## 7 Ergebnisse der Studien

### 7.1 Wirkung von fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht

Zur Untersuchung der Wirksamkeit von fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht wurden Daten von Gymnasialschülern der Jahrgangsstufe 8 und 10 mithilfe der in Kapitel 6.1 (S. 46) beschriebenen Instrumente erhoben. In diesem Kapitel werden ausgehend von einer detaillierten Beschreibung der Stichprobe die erhobenen Daten statistisch ausgewertet und die Hypothesen überprüft. Abschließend erfolgt die Bearbeitung der in Kapitel 5.1.1 (S. 41) aufgestellten Forschungsfragen.

#### 7.1.1 Ausschöpfung und Struktur der Stichprobe

Die Hauptstudie wurde 2015 mit insgesamt 358 Schüler von Gymnasien aus städtisch und ländlich geprägten Räumen durchgeführt (ausführlich in Kapitel 5.1.2, S. 42). Die folgenden Kriterien führten zum Ausschluss von Fällen:

- fehlende Zugehörigkeit zur Zielgruppe (nach Jahrgangsstufe)
- ausländische Probanden mit Gastaufenthalt im Rahmen von Schüleraustauschprojekten
- Ernsthaftigkeit der Teilnahme fraglich:
  - » 12 von 13 aller Fragen/Aufgaben mit k. A. (keine Angabe) beantwortet
  - » alle Fragen/Aufgaben unbeantwortet und keine „k. A.“ Nennungen
  - » unangemessene oder nicht fachliche Äußerungen bei freien Antwortformaten

Diese Kriterien führten zum Ausschluss von 9 Fällen. Mit 349 gültigen Fällen liegt die effektive Ausschöpfung bei 97,5 %. Der Querschnitt der Jahrgangsstufe 8 besteht aus  $N_8 = 204$  Schülern und Querschnitt der Jahrgangsstufe 10 aus  $N_{10} = 145$  Schülern.

Wie bereits in Kapitel 4.1 (S. 33) dargestellt, zeigen die Ausprägungen des naturwissenschaftlichen Interesses und der naturwissenschaftlichen Kompetenzen nach Befunden früherer Studien geschlechterspezifische Unterschiede. Da im Rahmen dieser Studie auch die Querschnitte der Jahrgangsstufe 8 und 10 aggregiert verglichen werden, ist die Verteilung der Geschlechter innerhalb der Querschnitte sowie zwischen den Querschnitten zu kontrollieren bzw. zu dokumentieren. Die Kreisdiagramme in Abbildung 7-1 zeigen, dass das Verhältnis der Geschlechter innerhalb der jeweiligen Stichprobenquerschnitte nahezu ausgewogen ist. Darüber hinaus zeigen die zugehörigen Balkendiagramme eine als gering einzustufende Abweichung der Stichprobenverhältnisse von der Geschlechterstruktur der Grundgesamtheit ( $\Delta_{SP-GG} \leq 3,0 \%$ ). Ein Vergleich des Stichprobenanteils weiblicher Schüler der Jahrgangsstufe 8 mit denen der Jahrgangsstufe 10 weist ebenfalls eine sehr geringe Abweichung auf ( $\Delta_{\varphi,8-10} = |51,5 \% - 55,9 \%|$

= 4,4 %). Durch diese sehr geringen Abweichungen stellt die Verteilung der Geschlechter bei der Analyse von Jahrgangsunterschieden keine Störvariable dar.

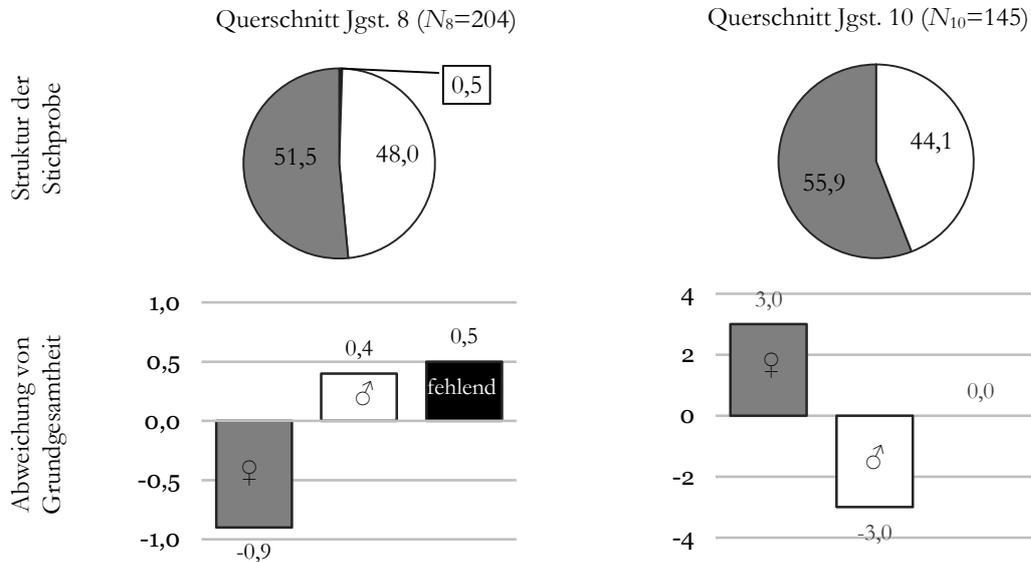


Abbildung 7-1: Struktur und Abweichung (Kreisdigramme zeigen die prozentuale Verteilung der Geschlechter innerhalb der Stichprobenquerschnitte; Balkendiagramme zeigen die Differenz der prozentualen Anteile zwischen der Stichprobe und der Grundgesamtheit)

Wie Abbildung 7-2 zeigt, sind in den Querschnitten der Jahrgangsstufen 8 und 10 die gleichen Wahlpflichtfächer vertreten. Die Querschnittsverhältnisse der Wahlpflichtfächer neigen jedoch nicht zur Kongruenz (z. B.  $\Delta_{NWuT, 8-10} = 50,5 \% - 36,6 \% = 13,9 \%$ ). Daher muss bei den Querschnittsvergleichen eine entsprechende Differenzierung nach den gewählten Wahlpflichtfächern erfolgen. In den nachfolgenden Analysen werden NWuT-Schüler in der Gruppe „NWuT“ und alle anderen Schüler, die eine gültige Angabe zum Wahlpflichtfach gemacht haben, in der Gruppe „andere“ erfasst.

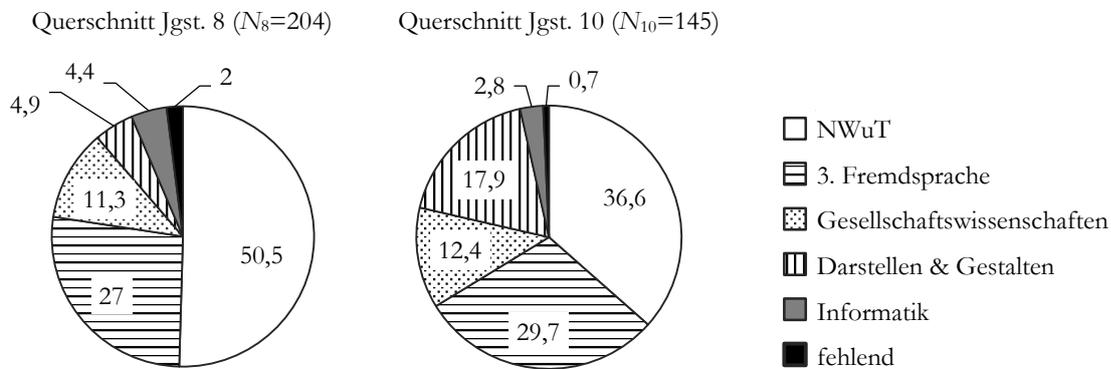


Abbildung 7-2: Gewählte Wahlpflichtfächer (alle Angaben der Kreisdigramme in Prozentsätzen)

### 7.1.2 Naturwissenschaftliches Interesse

Das naturwissenschaftliche Interesse wird entsprechend der Darstellungen in Kapitel 6.1.1 (S. 46) in naturwissenschaftliches *Fachinteresse* und naturwissenschaftliche *Freizeitgestaltung* untergliedert. Die Ergebnisse der Skalen werden zunächst bezüglich der Jahrgangsstufe und des Wahlpflichtfaches untersucht und danach auf geschlechterspezifische Unterschiede geprüft.

#### 7.1.2.1 Naturwissenschaftliches Fachinteresse

Die Schüler des Wahlpflichtfaches NWuT unterscheiden sich bezüglich der Skala *Fachinteresse* in beiden Jahrgangsstufen hoch signifikant von den Schülern ohne naturwissenschaftliches Wahlpflichtfach (Abbildung 7-3). Die Effektstärken weisen mit  $\varphi_8 = 0,36$  bzw.  $\varphi_{10} = 0,311$  auf moderate Effekte hin. Diese Unterschiede sind erwartungsgemäß, da die Zugehörigkeit der Probanden dieser quasi-experimentellen Untersuchung durch das gewählte Wahlpflichtfach bestimmt ist. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Wahlentscheidung von der naturwissenschaftlichen Interessenlage beeinflusst ist (siehe auch Kapitel 7.1.4, S. 69). Damit ist eine Bewertung der Hypothese H-S3<sup>17</sup>, die eine stärkere Interessenförderung durch einen fächerergänzenden Unterricht im Vergleich zu einem ausschließlich disziplinierten Unterricht unterstellt, nicht möglich. Ein solches Vorgehen würde voraussetzen, dass sich Interventions- und Vergleichsgruppe am Ende der Jahrgangsstufe 8 bezüglich des Fachinteresses nahezu gleichen. Daneben zeigt ein Vergleich der Jahrgangsstufen differenziert nach dem Wahlpflichtfach keine signifikanten Unterschiede. Somit kann die Hypothese H-S1<sup>18</sup>, die eine Erhöhung des Fachinteresses durch einen fächerergänzenden Unterricht unterstellt, nicht bestätigt werden.

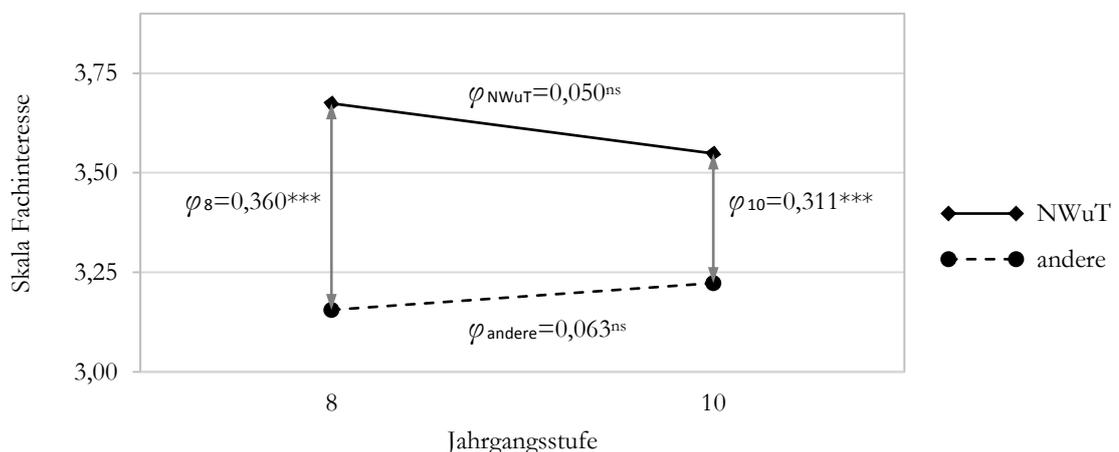


Abbildung 7-3: Querschnittsvergleich Fachinteresse nach Wahlpflichtfach differenziert (Skala Fachinteresse von 1 ( $\hat{=}$  kein Interesse) bis 5 ( $\hat{=}$  großes Interesse))

<sup>17</sup> H-S3: Der fächerergänzende Unterricht im Fach NWuT führt zu einer stärkeren Förderung des naturwissenschaftlichen Fachinteresses als ein ausschließlicher Unterricht in den disziplinierten Fächern.

<sup>18</sup> H-S1: Der Unterricht im Fach NWuT führt zu einer Erhöhung des naturwissenschaftlichen Fachinteresses der Schüler.

Die zusätzliche Differenzierung der Ergebnisse nach dem Geschlecht der Schüler zeigt für die jeweilige Jahrgangsstufe geschlechterspezifische Unterschiede zugunsten männlicher Schüler (Abbildung 7-4). Dabei ist der Unterschied zwischen den männlichen und weiblichen Schülern des Wahlpflichtfaches NWuT in der Jahrgangsstufe 8 signifikant bei einem moderaten Effekt ( $\varphi_{8-NWuT} = 0,2$ ) und in der Jahrgangsstufe 10 sehr signifikant mit moderatem bis starkem Effekt ( $\varphi_{10-NWuT} = 0,445$ ). Gleichwohl signifikante Unterschiede in beiden Jahrgangsstufen bestehen, deutet jedoch der geschlechterspezifische Unterschied in der Jahrgangsstufe 10 mit einer relativ großen Effektstärke darauf hin, dass die unterrichtspraktische Umsetzung des Faches NWuT nicht zu einer Nivellierung des geschlechterspezifischen naturwissenschaftlichen Fachinteresses dieser Schüler führt. Daher kann die Hypothese H-S4a<sup>19</sup> hinsichtlich des Fachinteresses nicht bestätigt werden.

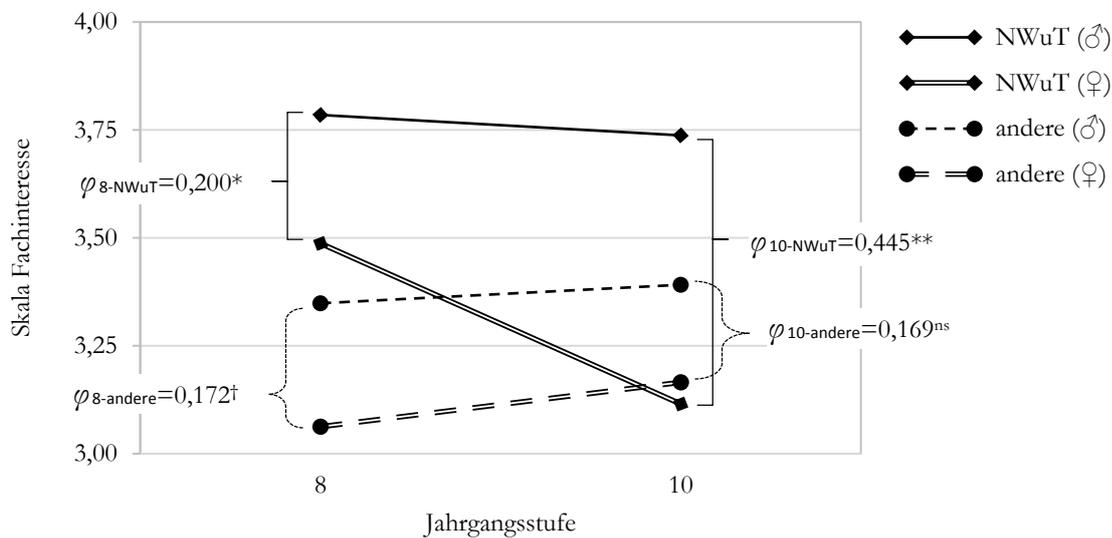


Abbildung 7-4: Querschnittsvergleich Fachinteresse nach Wahlpflichtfach und Geschlecht differenziert (Skala Fachinteresse von 1 ( $\hat{=}$  kein Interesse) bis 5 ( $\hat{=}$  großes Interesse))

Aussagen darüber, inwieweit der NWuT-Unterricht zu einer Verstärkung der geschlechterspezifischen Unterschiede führt, wie es die Abbildung 7-4 zunächst nahelegt, können nur bedingt getroffen werden. Die Ursache hierfür liegt in der Art des Untersuchungsdesigns (Quasi-Längsschnitt), sodass der augenscheinliche Trend der Verstärkung geschlechterspezifischer Unterschiede durch den NWuT-Unterricht mit weiteren empirischen Studien im Längsschnitt-design bestätigt werden müsste. Des Weiteren weist der Vergleich von weiblichen NWuT-Schülern verschiedener Jahrgangsstufen keine signifikanten Unterschiede auf ( $p = 0,127$ ;  $\varphi = 0,214$ ).

<sup>19</sup> H-S4a: Der Unterricht im Fach NWuT hat einen nivellierenden Effekt auf das geschlechterspezifische naturwissenschaftliche Fachinteresse.

## 7.1.2.2 Naturwissenschaftliche Freizeitgestaltung

Die nach dem Wahlpflichtfach differenzierte Analyse der Ergebnisse für die Skala *Freizeitgestaltung* zeigt – ähnlich wie die Analyse des naturwissenschaftlichen Fachinteresses – keine jahrgangsstufenbedingten Unterschiede, sodass keine Annahme der Hypothese H-S2<sup>20</sup> erfolgen kann, die einen solchen Unterschied unterstellt. Allerdings zeigen sich hinsichtlich des Wahlpflichtfaches jahrgangsgleicher Schüler signifikante Unterschiede mit moderaten Effekten zugunsten der NWuT-Schüler ( $\varphi_8 = 0,28$  bzw.  $\varphi_{10} = 0,266$ ) (Abbildung 7-5).

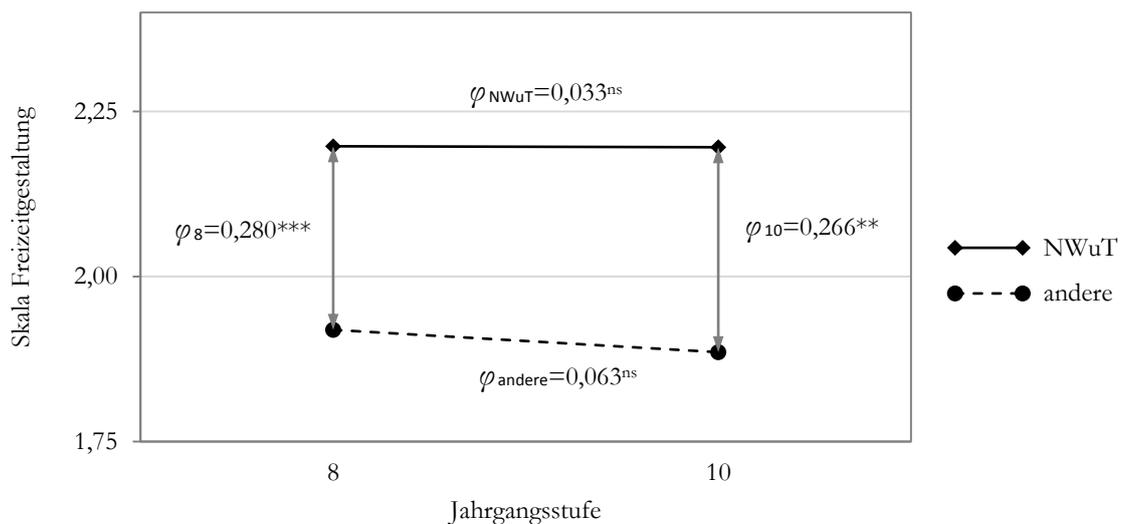


Abbildung 7-5: Querschnittsvergleich Freizeitgestaltung nach Wahlpflichtfach differenziert (Skala Freizeitgestaltung von 1 ( $\hat{=}$  nie) bis 5 ( $\hat{=}$  immer))

Eine zusätzliche Differenzierung der Ergebnisse der Skala *Freizeitinteresse* nach dem Geschlecht zeigt auch hier geschlechterspezifische Unterschiede (Abbildung 7-6). Der Vergleich von weiblichen und männlichen Schülern, die kein naturwissenschaftliches Wahlpflichtfach belegen, zeigt in beiden Jahrgangsstufen mindestens marginal signifikante Unterschiede zugunsten der männlichen Schüler. Während diese Unterschiede einen ähnlichen Effekt zeigen ( $\varphi_{8\text{-andere}} = 0,227$ ;  $\varphi_{10\text{-andere}} = 0,185$ ), weisen die Effektstärken der Unterschiede zwischen weiblichen und männlichen NWuT-Schülern eine große Differenz auf. Diese Unterschiede zeigen in der Jahrgangsstufe 8 einen moderaten Effekt ( $\varphi_{8\text{-NWuT}} = 0,204$ ), die Unterschiede in der Jahrgangsstufe 10 einen starken Effekt ( $\varphi_{10\text{-NWuT}} = 0,525$ ). Auch hier kann festgehalten werden, dass die unterrichtspraktische Umsetzung des Faches NWuT nicht zu einer Niveau-Angleichung der geschlechterspezifischen Freizeitgestaltung am Ende der Jahrgangsstufe 10 führt. Daraus

<sup>20</sup> H-S2: Der Unterricht im Fach NWuT beeinflusst die naturwissenschaftliche Freizeitgestaltung der Schüler positiv.

folgt, dass die Hypothese H-S4b<sup>21</sup>, bei der von einem nivellierenden Effekt des Unterrichts ausgegangen wird, hinsichtlich der Freizeitgestaltung nicht bestätigt werden kann.

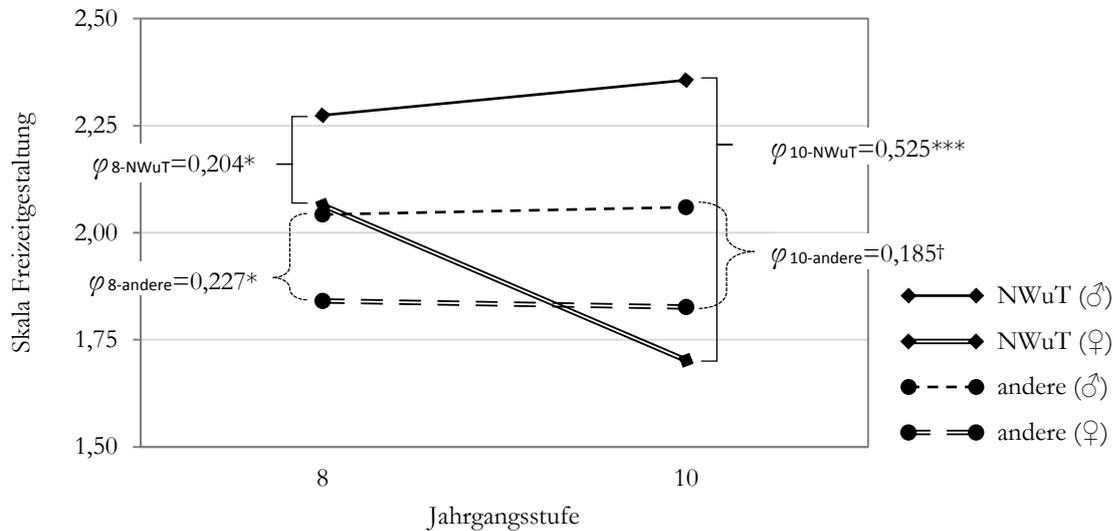


Abbildung 7-6: Querschnittsvergleich Freizeitgestaltung nach Wahlpflichtfach und Geschlecht differenziert (Skala Freizeitgestaltung von 1 ( $\hat{=}$  nie) bis 5 ( $\hat{=}$  immer))

### 7.1.3 Naturwissenschaftliche Kompetenzen

Bei der Auswertung des Kompetenztestes werden zunächst die erreichte Gesamtpunktzahl für die untersuchten Klassen der Jahrgangsstufen 8 und 10 hinsichtlich der Verteilung untersucht und danach die Ergebnisse auf Ebene der Wahlpflichtfächer und des Geschlechts analysiert. Darüber hinaus werden die verschiedenen Bereiche des Kompetenztestes untersucht, um gegebenenfalls inhaltliche Unterschiede in den jeweiligen Kompetenzbereichen zu finden.

#### 7.1.3.1 Verteilung der Gesamtpunktzahl nach Klasse

Für einen ersten Überblick der Ergebnisse des Kompetenztestes ist die Darstellung der Verteilung der erreichten Gesamtpunktzahl pro Klasse in einem Boxplot-Diagramm geeignet<sup>22</sup> (Abbildung 7-7). Im Boxplot ist einerseits erkennbar, dass die jeweiligen Gesamtpunkte relativ nahe ober- und unterhalb des Medians liegen – aufgrund der relativ geringen Abstände zwi-

<sup>21</sup> H-S4b: Der Unterricht im Fach NWuT hat einen nivellierenden Effekt auf die geschlechterspezifische naturwissenschaftliche Freizeitgestaltung.

<sup>22</sup> Eine Darstellung der Verteilung der Ergebnisse über Mittelwerte und Standardabweichung ist hier nicht sinnvoll, da die Punkteverteilungen innerhalb der Klassen überwiegend keiner Normalverteilung folgen und damit eine Interpretation der Standardabweichung nur sehr eingeschränkt möglich ist.

schen dem ersten und dritten Quartil bei wenigen Ausreißern. Andererseits zeigt sich hier erwartungsgemäß, dass die Verteilungen der Klassen der Jahrgangsstufe 10 deutlich über jenen der Jahrgangsstufe 8 liegen ( $\bar{x}_{\text{Median}} = 7,84$ ).

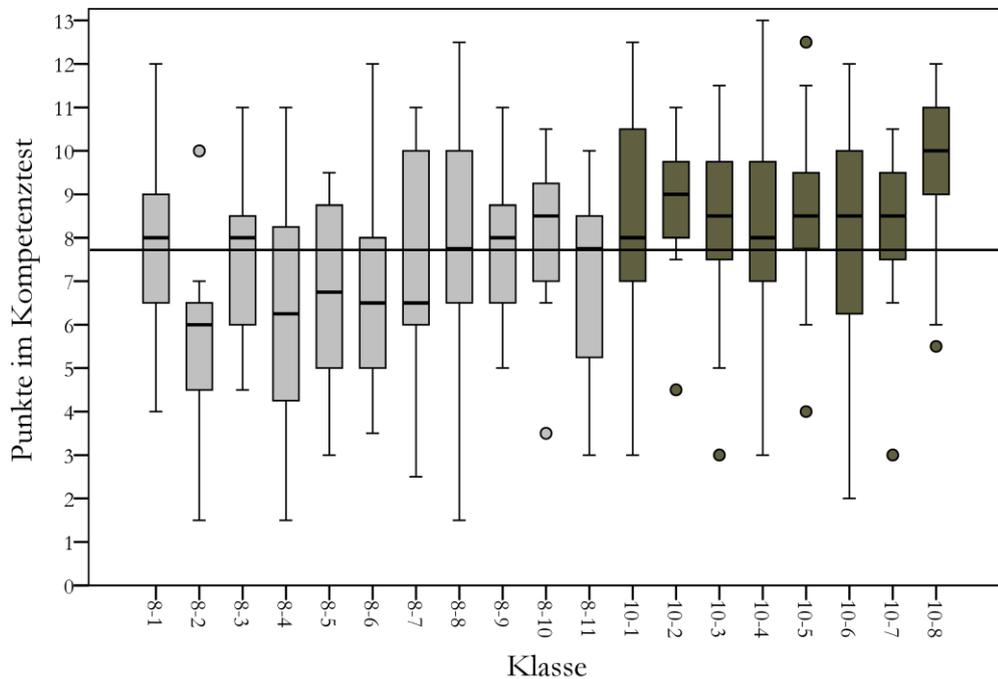


Abbildung 7-7: Boxplot zu Ergebnissen des Kompetenztests nach Klasse

### 7.1.3.2 Differenzierung nach Jahrgangsstufe und Wahlpflichtfach

Die Jahrgangsstufenunterschiede bezüglich der Gesamtpunkte im Kompetenztest lassen sich sowohl für die Schüler des Wahlpflichtfaches NWuT als auch für die Schüler ohne naturwissenschaftliches Wahlpflichtfach nachweisen (Abbildung 7-8). Dabei zeigen die Effektstärken  $\varphi_{\text{NWuT}} = 0,294$  bzw.  $\varphi_{\text{andere}} = 0,278$  auf kleine bis moderate Effekte. Somit kann Hypothese H-S5 bestätigt werden, die eine Förderung der naturwissenschaftlichen Kompetenzen in diesem Bereich unterstellt. Mit Blick auf die Unterschiede innerhalb der jeweiligen Jahrgangsstufen unterscheiden sich in der Jahrgangsstufe 8 Schüler des Wahlpflichtfaches NWuT signifikant von Schülern ohne naturwissenschaftliches Wahlpflichtfach. Das bessere Abschneiden der NWuT-Schüler im Test deutet mit der Effektstärke  $\varphi_8 = 0,149$  auf einen kleinen Effekt hin. Allerdings ist dieser Unterschied in der Jahrgangsstufe 10 nicht nachweisbar ( $p_{10} = 0,102$ ;  $\varphi_{10} = 0,136$ ). Damit ist eine Bewertung der Hypothese H-S6<sup>23</sup>, die von einer stärkeren Kompetenzförderung

<sup>23</sup> H-S6: Der fächerergänzende Unterricht im Fach NWuT führt zu einer stärkeren Förderung naturwissenschaftlicher Kompetenzen als ein ausschließlicher Unterricht in den disziplinorientierten Fächern.

durch einen fächerergänzenden Unterricht im Vergleich zu einem ausschließlich disziplinorientierten Unterricht ausgeht, nicht möglich. Ein solches Vorgehen würde – ähnlich der Darstellungen zur Hypothese H-S3 – voraussetzen, dass sich Interventions- und Vergleichsgruppe in der Jahrgangsstufe 8 bezüglich der erreichten Gesamtpunktzahl nahezu gleichen.

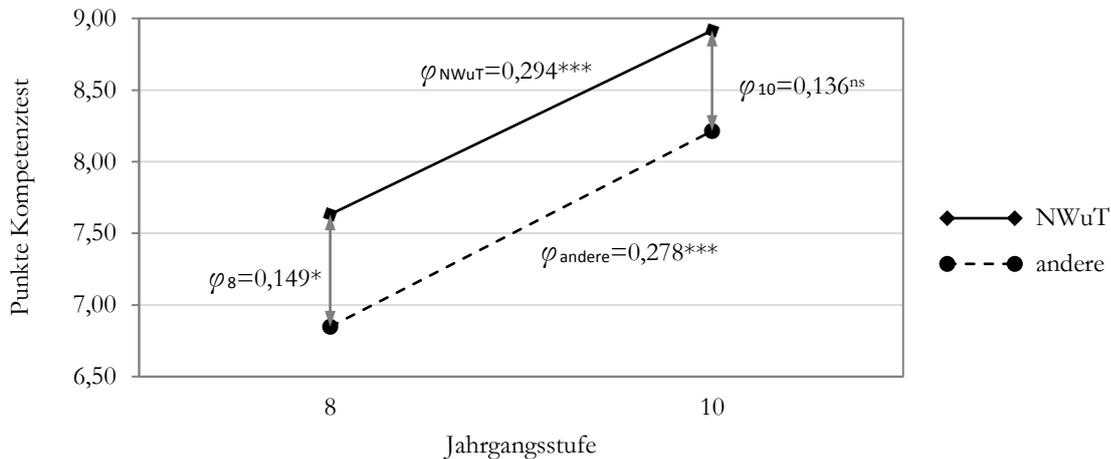


Abbildung 7-8: Querschnittsvergleich naturwissenschaftliche Kompetenzen nach Wahlpflichtfach differenziert (maximale Gesamtpunktzahl  $GP_{max} = 13$ )

Eine nähere Analyse der Ergebnisse des Kompetenztests nach den in Kapitel 6.1.2 (S. 48) dargestellten Kompetenzbereichen *NaWi-Fragestellungen*, *Messen von Variablen*, *unabhängige und abhängige Variable* sowie *Umgang mit Kontroll- und Störvariablen* zeigt bezogen auf alle Fälle, dass die Aufgaben des Kompetenzbereiches *Umgang mit Kontroll- und Störvariablen* am seltensten (53,0 %) und die Aufgaben des Kompetenzbereiches *Messen von Variablen* am häufigsten (64,0 %) richtig beantwortet wurden. Hierzu wurden die Mittelwerte der erreichten Punktzahlen je Kompetenzbereich in Prozent der maximal erreichbaren Punktzahl überführt, um eine Vergleichbarkeit<sup>24</sup> der vier Kompetenzbereiche zu ermöglichen. Für die vorgenannten Kompetenzbereiche, *Messen von Variablen* und *Umgang mit Kontroll- und Störvariablen*, ergeben sich hinsichtlich eines Jahrgangsvergleichs der NWuT-Schüler die größten Unterschiede (Abbildung 7-9). Diese sind sehr signifikant und zeigen mit Effektstärken  $\varphi = 0,238$  sowie  $\varphi = 0,222$  kleine Effekte. Darüber hinaus ergibt sich auch für den Bereich *unabhängige und abhängige Variablen* ein signifikanter Gruppenunterschied mit einem kleinen Effekt ( $\varphi = 0,205$ ).

<sup>24</sup> Maximal erreichbare Gesamtpunktzahl je Kompetenzbereich: NaWi-Fragestellungen (3P), Messen von Variablen (3P), unabhängige und abhängige Variable (4P), Umgang mit Kontroll- und Störvariablen (3P).

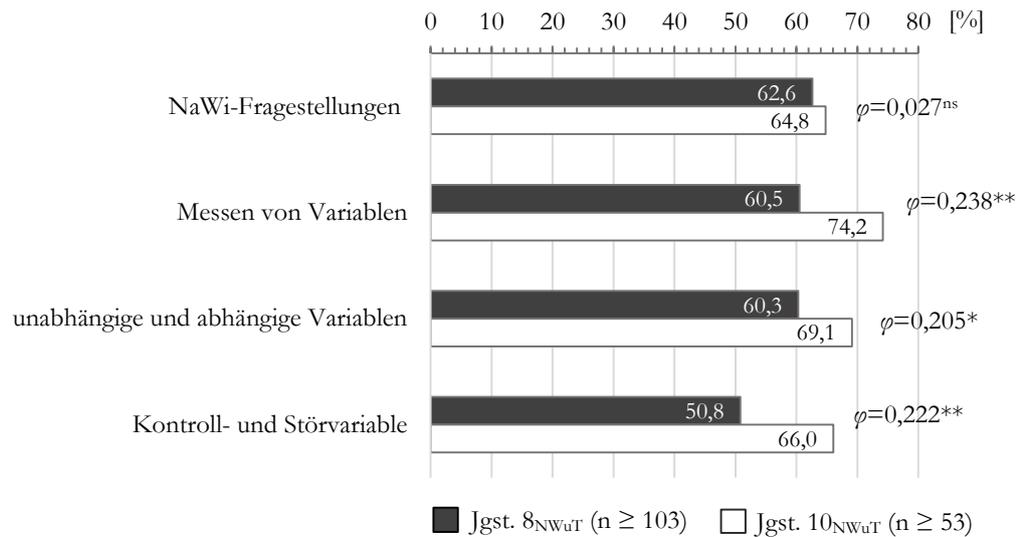


Abbildung 7-9: Gruppenvergleich der NWuT-Schüler der Jahrgangsstufe 8 und 10 nach Punkten in den Kompetenzbereichen

Ein Vergleich der Schüler der Jahrgangsstufe 10 in Abhängigkeit des gewählten Wahlpflichtfaches zeigt ebenfalls in diesen Kompetenzbereichen die größten Mittelwertsdifferenzen (Abbildung 7-10), gleichwohl sich signifikante Gruppenunterschiede relevanter Stärke lediglich für die Bereiche *unabhängige und abhängige Variablen* ( $\varphi = 0,141$ ) sowie *Kontroll- und Störvariable* ( $\varphi = 0,148$ ) nachweisen lassen.

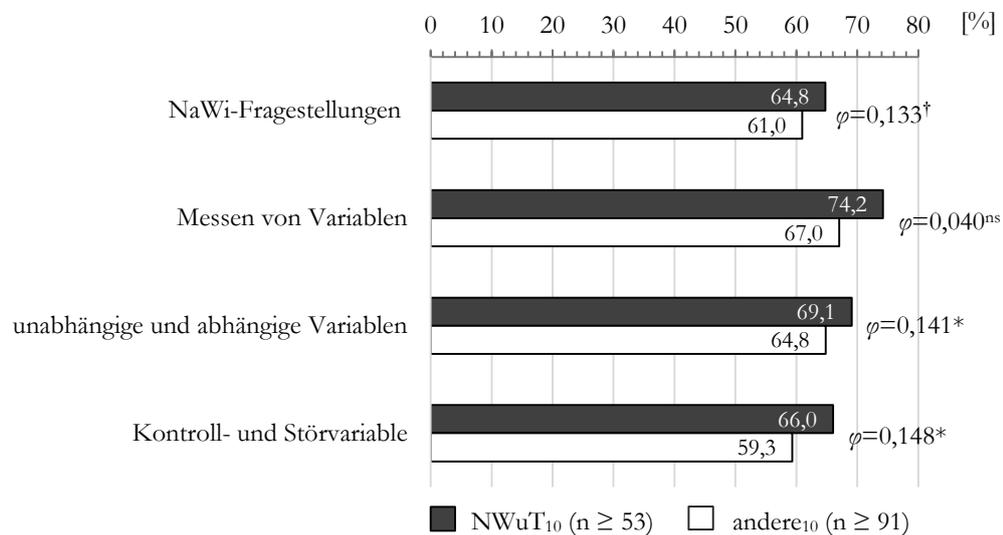


Abbildung 7-10: Gruppenvergleich der Jahrgangsstufe 10 von NWuT-Schülern und Schülern ohne naturwissenschaftliches Wahlpflichtfach nach Punkten in den Kompetenzbereichen

Wie Abbildung 7-11 zeigt, konnten – im Gegensatz zur Analyse des Interesses – hinsichtlich der naturwissenschaftlichen Kompetenzen keine signifikanten geschlechterspezifischen Gruppenunterschiede nachgewiesen werden. Die Hypothese H-S7<sup>25</sup> ist damit abzulehnen.

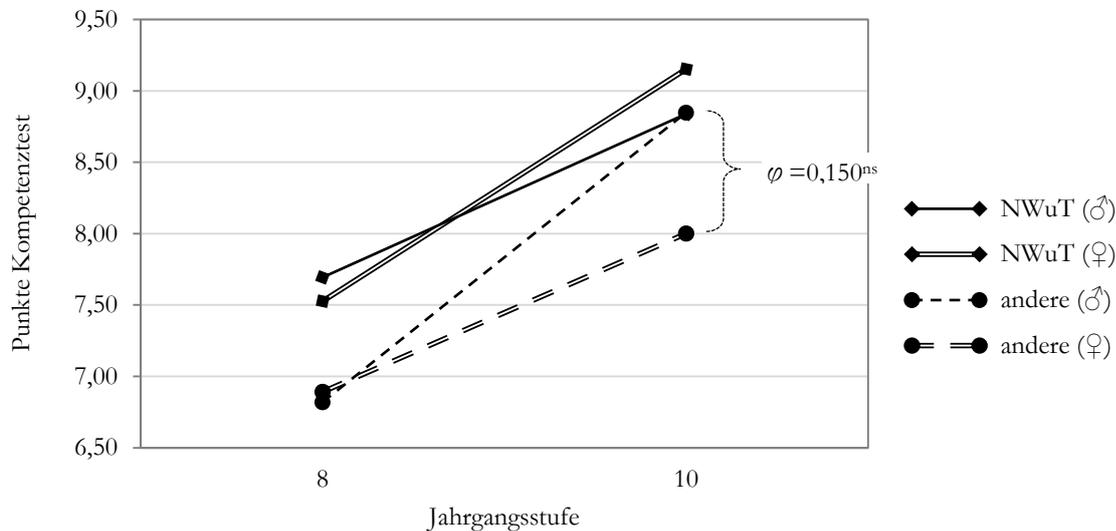


Abbildung 7-11: Querschnittsvergleich naturwissenschaftliche Kompetenzen nach Wahlpflichtfach und Geschlecht differenziert (maximale Gesamtpunktzahl  $GP_{max} = 13$ )

### 7.1.3.3 Einfluss der Lehrbefähigung von Lehrpersonen

Die Abdeckung des Unterrichts für das Wahlpflichtfach NWuT mit Lehrpersonen des naturwissenschaftlichen Bereichs erfolgt in Thüringen uneinheitlich. Während an einigen Gymnasien die Durchführung des Unterrichts über beide Jahre in der Hand einer Lehrperson liegt, sind an anderen Gymnasien mehrere Lehrpersonen an der Durchführung des NWuT-Unterrichts beteiligt. Der letztgenannte Fall hat den Vorteil, dass die einzelnen Lehrpersonen epochal jene Module des NWuT-Lehrplans unterrichten können, die bezüglich ihrer eigenen Lehrbefähigungen besonders günstig sind. So können z. B. Module zur Lebensmittelchemie von Lehrkräften mit der Fächerkombination Biologie-Chemie und Module zu Verbrennungsmotoren und Kraftstoffen von Lehrpersonen mit der Fächerkombination Chemie-Physik unterrichtet werden. Da Lehrkräfte in der Regel nur zwei mathematisch-naturwissenschaftliche Lehrbefähigungen haben (TMBWK-Statistik 2014), müssen jene Lehrpersonen, welche NWuT durchgehend in beiden Jahrgangsstufen unterrichten, verstärkt auch fachfremde Inhalte erarbeiten und didaktisch aufbereiten. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Abdeckung des NWuT-Unterrichts durch Lehrpersonen mit mehr oder weniger passenden Lehrbefähigungen und der erreichten Gesamtpunktzahl des Kompetenztests von Schülern der Jahrgangsstufe 10 konnte nicht nachgewiesen werden ( $p = 0,242$ ;  $\phi = 0,161$ ).

<sup>25</sup> H-S7: Für die erreichte Gesamtpunktzahl im Kompetenztest lassen sich geschlechterspezifische Unterschiede nachweisen.

Auch hinsichtlich der einzelnen Kompetenzbereiche konnten keine signifikanten Zusammenhänge festgestellt werden (Abbildung 7-12). Die Hypothese H-S8<sup>26</sup>, die einen solchen Zusammenhang unterstellt, muss demnach abgelehnt werden.

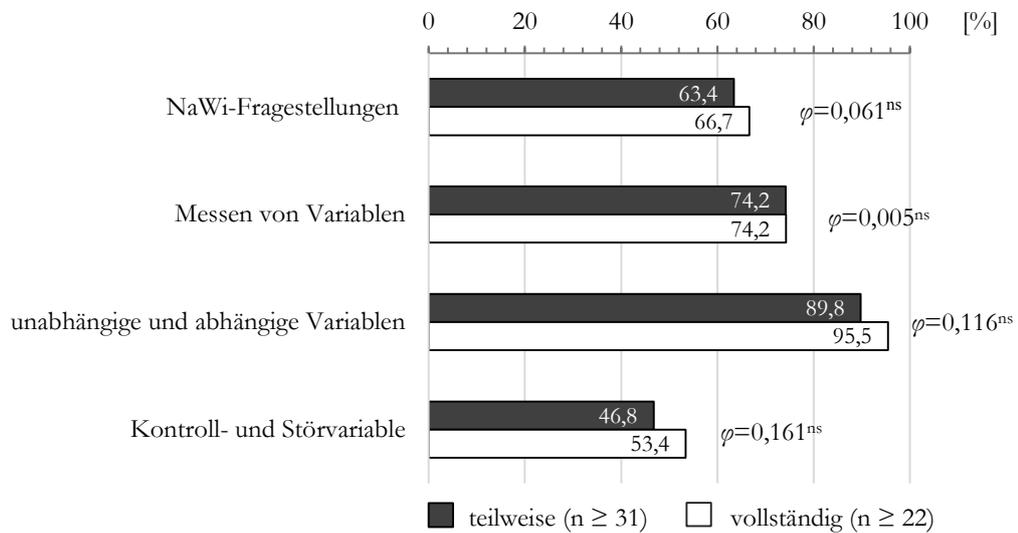


Abbildung 7-12: Gruppenvergleich von NWuT-Schülern der Jahrgangsstufe 10 nach Vollständigkeit der Lehrbefähigungen aller am Unterricht beteiligten NWuT-Lehrer (vollständig = Lehrbefähigungen aller drei Naturwissenschaften vertreten)

#### 7.1.4 Wahlmotive für das Wahlpflichtfach NWuT

Thüringer Gymnasialschüler müssen am Ende der Jahrgangsstufe 8 entscheiden, welches Wahlpflichtfach sie in den Jahrgangsstufen 9 und 10 belegt wollen. Die Wahl des Wahlpflichtfaches hängt dabei von verschiedenen Faktoren ab. Es wird davon ausgegangen, dass insbesondere die in Tabelle 7-1 aufgelisteten Faktoren einen entscheidenden Einfluss haben.

Tabelle 7-1: Wahlmotive (MNT = naturwissenschaftlicher Anfangsunterricht in Jgst. 5/6)

Wahlmotive (sozial)	direkte Wahlmotive (Kausalität wurde direkt erfragt.)
Wahlmotive (Studium, Ausbildung)	
Wahlmotive (thematisch)	
Wahlmotive (Ausschlussverfahren)	
Fachinteresse	indirekte Wahlmotive (Es wird unterstellt, dass diese einen Einfluss auf das Wahlverhalten haben.)
Freizeitgestaltung	
Interesse MNT	
Zeugnisnoten	

<sup>26</sup> H-S8: Die Kombination der Lehrbefähigungen der am NWuT-Unterricht beteiligten Lehrpersonen korreliert mit der erzielten Punktzahl im Kompetenztest.

Daher wurde untersucht, inwieweit die vorgenannten Variablen mit der Wahlentscheidung in einem statistisch signifikanten Zusammenhang stehen. Da hierzu sowohl die Probanden der Jahrgangsstufe 8 als auch die Probanden der Jahrgangsstufe 10 befragt wurden, können alle gültigen Fälle der Stichprobe in die Analyse einbezogen werden ( $N = 349$ ).

#### 7.1.4.1 Direkte Wahlmotive

Abbildung 7-13 zeigt die Ausprägung direkter Wahlmotive der NWuT-Schüler im Vergleich zu Schülern ohne naturwissenschaftliches Wahlpflichtfach. Dabei stellen die Merkmale *Wahlmotive (Studium, Ausbildung)* sowie *Wahlmotive (thematisch)* bedeutende Faktoren für die Wahlentscheidung dar (kleine Effekte mit  $\varphi = 0,222$  und  $\varphi = 0,145$ ). Das bedeutet, dass NWuT-Schüler ihre Wahlentscheidung für ihr Wahlpflichtfach im stärkeren Maße als Schüler anderer Wahlpflichtfächer<sup>27</sup> vom Wunsch abhängig machen, in dem jeweiligen Bereich später eine Ausbildung oder ein Studium aufzunehmen, und sich stärker von thematischen Erwägungen leiten lassen. Mit dem Merkmal *Wahlmotive (Ausschlussverfahren)*, das die Entscheidung für das Wahlpflichtfach als geringstes Übel für den Schüler annimmt, liegt zwar ein (weiterer) marginaler Unterschied zwischen den beiden Gruppen vor, allerdings liegt die Effektstärke  $\varphi = 0,097$  knapp unterhalb der Relevanzschwelle von 0,1. Soziale Wahlmotive, die den Einfluss von bedeutenden Personen im sozialen Umfeld berücksichtigen, scheinen auf dieser Aggregationsebene keine Rolle zu spielen.

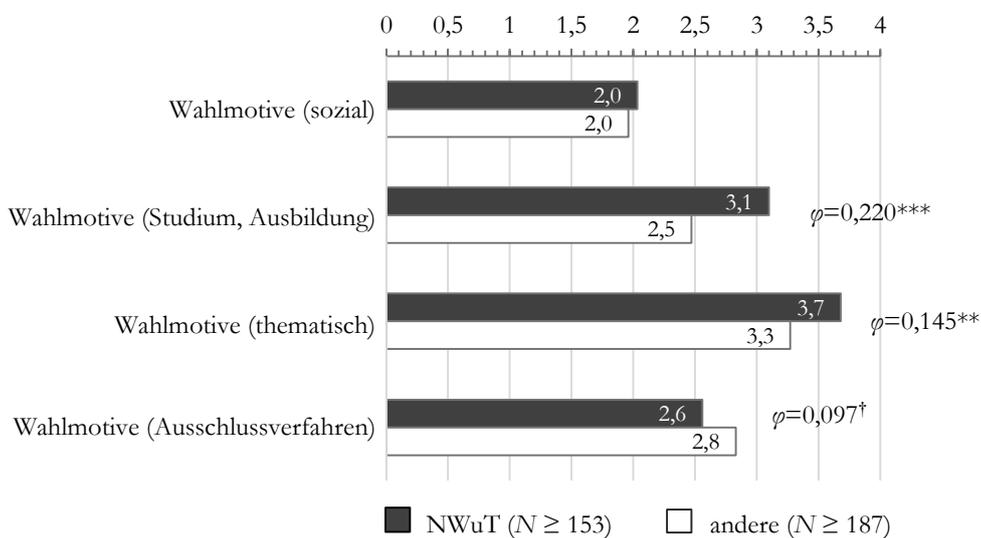


Abbildung 7-13: Gruppenvergleich von NWuT-Schülern und Schülern ohne naturwissenschaftliches Wahlpflichtfach nach direkten Wahlmotiven (Balken entsprechen Zustimmungsmittelwerten (1 - 5; stimmt nicht - stimmt genau))

<sup>27</sup> z. B. eine dritte Fremdsprache, Gesellschaftswissenschaften, Informatik sowie Darstellen und Gestalten.

## 7.1.4.2 Indirekte Wahlmotive

Das naturwissenschaftliche *Fachinteresse*, die naturwissenschaftliche *Freizeitgestaltung* sowie das Interesse an dem zurückliegenden naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht in den Jahrgangsstufen 5 und 6 (*Interesse MNT*) stehen in einem höchst signifikanten Zusammenhang zur Entscheidung für das Wahlpflichtfach NWuT (Abbildung 7-14). Die Effektstärken deuten mit  $\varphi = 0,346$  auf moderate Effekte und mit  $\varphi = 0,292$  sowie  $\varphi = 0,209$  auf kleine Effekte hin. Hinsichtlich des Mittelwertes der letzten mathematisch-naturwissenschaftlichen *Zeugnisnoten* konnte kein signifikanter Unterschied gefunden werden.

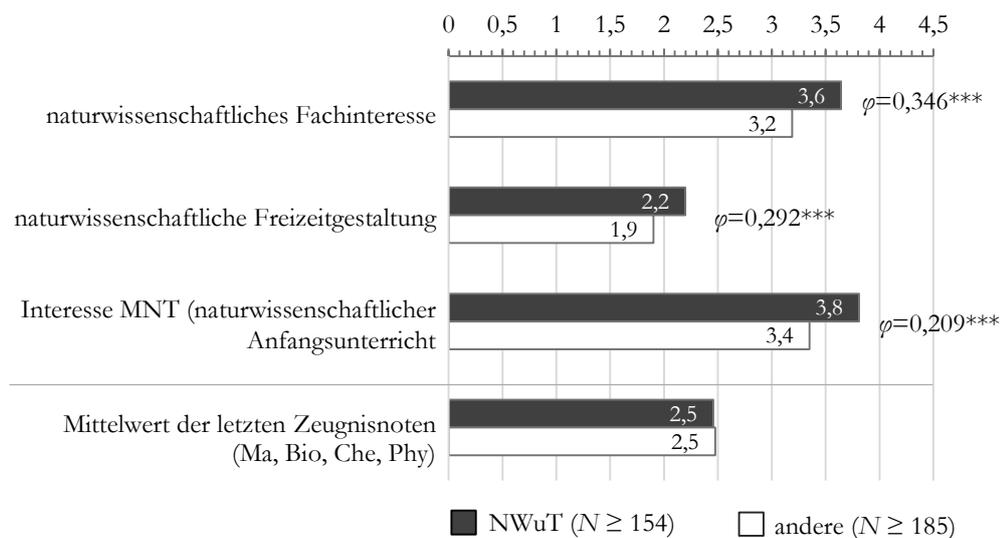


Abbildung 7-14: Gruppenvergleich von NWuT-Schülern und Schülern ohne naturwissenschaftliches Wahlpflichtfach nach indirekten Wahlmotiven (Balken entsprechen von oben nach unten: Zustimmung zu Interessenaussagen (1 - 5; stimmt nicht - stimmt genau), Häufigkeitsangaben (1 - 5; nie - immer), Zustimmung zu Interessenaussage (1 - 5; stimmt nicht - stimmt genau), Notenmittelwert (1 - 6))

## 7.1.4.3 Analyse von Wahlmotiv-Mustern – Clusteranalyse

Wie in Kapitel 7.1.2 (S. 61) gezeigt wurde, bestehen bezüglich des naturwissenschaftlichen *Fachinteresses* und der naturwissenschaftlichen *Freizeitgestaltung* geschlechterspezifische Unterschiede. Da angenommen wird, dass die Ausprägungen in den vorgenannten Bereichen einen Einfluss auf die Wahlentscheidung haben, bleibt zu prüfen, inwieweit auch andere Wahlmotive einen geschlechterspezifischen Charakter aufweisen. Tabelle 7-2 zeigt einen Vergleich der weiblichen und männlichen Schüler für alle Wahlmotive. Demnach liegen lediglich für das *Fachinteresse* und die *Freizeitgestaltung* entsprechende Unterschiede vor.

Tabelle 7-2: Gruppenvergleich weiblicher und männlicher Schüler nach Wahlmotiven (U-Test)

Wahlmotive	N	U	p	$\varphi$
<i>Wahlmotive (sozial)</i>	155	-1,171	0,242	0,094
<i>Wahlmotive (Studium, Ausbildung)</i>	153	-1,133	0,257	0,092
<i>Wahlmotive (thematisch)</i>	155	-0,495	0,62	0,040
<i>Wahlmotive (Ausschlussverfahren)</i>	153	-1,149	0,25	0,093
<i>Fachinteresse</i>	156	-3,318	0,0009	0,266
<i>Freizeitgestaltung</i>	156	-3,889	0,0001	0,311
<i>Interesse MNT</i>	154	-0,212	0,832	0,017
<i>Zeugnisnoten</i>	155	-0,862	0,389	0,069

Die Effektstärken zeigen mit  $\varphi = 0,266$  und  $\varphi = 0,311$  kleine bis moderate Effekte an. Damit kann die Hypothese H-S9<sup>28</sup>, die geschlechterspezifische Unterschiede unterstellt, nur hinsichtlich der Skalen *Fachinteresse* und *Freizeitgestaltung* angenommen werden.

Darüber hinaus bleibt zu prüfen, inwiefern sich typische Kompositionsmuster für Wahlmotive isolieren lassen. Hierfür wurde eine Clusteranalyse nach Chiu et al. (2001) durchgeführt (Abbildung 7-15). Dabei konnte mithilfe von sieben Variablen ein Gefüge aus vier Clustern gebildet werden, deren Silhouetten-Koeffizient für Separation und Kohäsion mit  $SC = 0,279$  auf eine zumindest substantielle Struktur hinweist (Struyf, Hubert & Rousseeuw 1996, S. 10).

Folgende Variablen wurden in die Clusteranalyse einbezogen:

- *Geschlecht*
- *Wahlmotive (Studium, Ausbildung)*
- *Zeugnisnoten*
- *Fachinteresse*
- *Freizeitinteresse*
- *Wahlmotive (sozial)*
- *Wahlmotive (Ausschlussverfahren)*

In der Analyse konnten 150 der 156 Fälle, die das Wahlpflichtfach NWuT gewählt haben, zu vier Clustern kombiniert werden.

<sup>28</sup> H-S9: Die Wahlmotive für das Fach NWuT sind geschlechterspezifisch.

- Cluster 1: weiblich, geringer nat.-techn. Berufswunsch, rel. befriedigende Zeugnisnoten, geringeres Fachinteresse, Ausschlussverfahren weniger bedeutend
- Cluster 2: weiblich, ausgeprägter nat.-techn. Berufswunsch, rel. gute Zeugnisnoten, höheres Fachinteresse, Ausschlussverfahren weniger bedeutend
- Cluster 3: männlich, ausgeprägter nat.-techn. Berufswunsch, rel. gute Zeugnisnoten, höheres Fachinteresse, Ausschlussverfahren weniger bedeutend
- Cluster 4: männlich, geringer nat.-techn. Berufswunsch, rel. befriedigende Zeugnisnoten, geringeres Fachinteresse, Ausschlussverfahren eher bedeutend (NWuT als geringstes Übel)

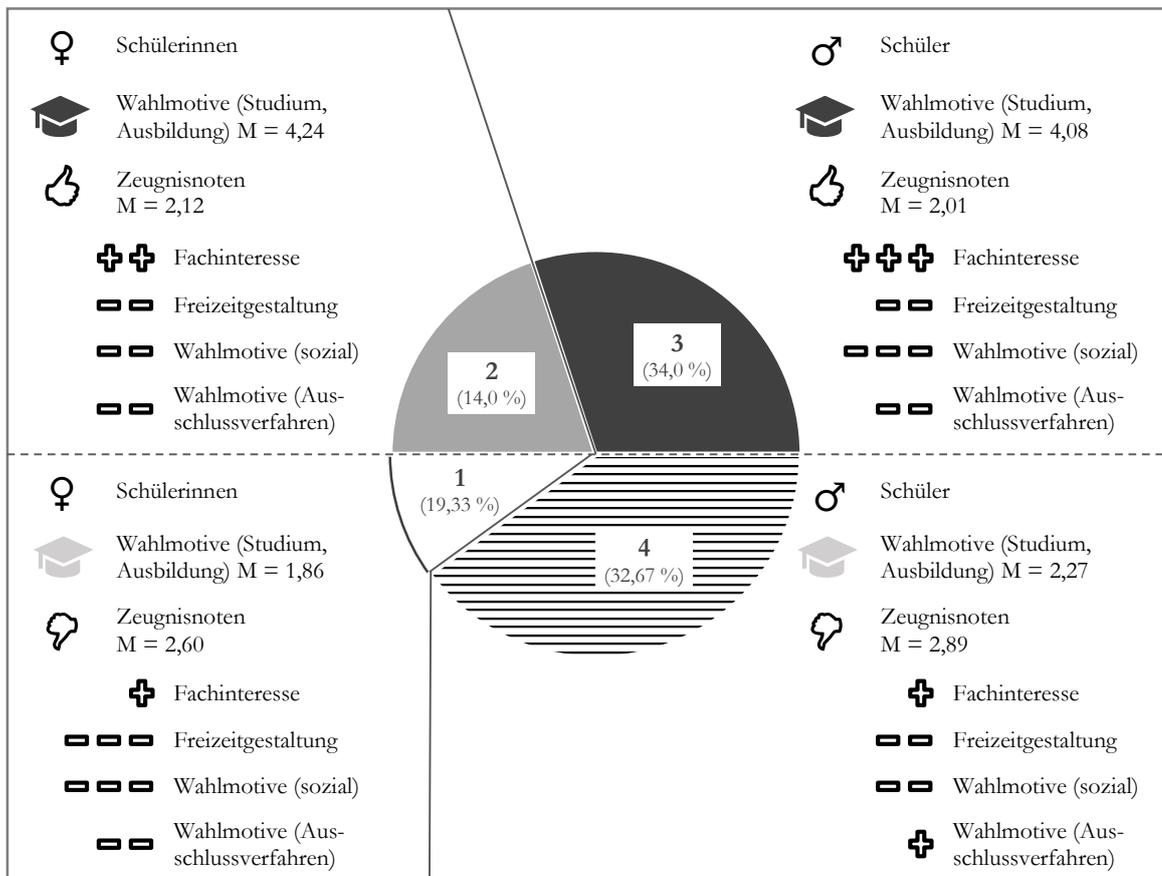


Abbildung 7-15: Ergebnisse der Clusteranalyse zur Schülerbefragung (150 Fälle zu 4 Clustern verarbeitet; Legende: ♀  $\hat{=}$  100 % weiblich; ♂  $\hat{=}$  100 % männlich; schwarzer Hut  $\hat{=}$  starker Wunsch nach späteren/ r Studium oder Ausbildung; grauer Hut  $\hat{=}$  geringer Wunsch nach späteren/ r Studium oder Ausbildung; Daumen hoch  $\hat{=}$  vergleichsweise niedriger Mittelwert; Daumen runter  $\hat{=}$  vergleichsweise hoher Mittelwert; M  $\hat{=}$  Zustimmungsmittelwert von 1 bis 5; +++  $\hat{=}$  M > 4; ++  $\hat{=}$  M > 3,5; +  $\hat{=}$  M > 3; -  $\hat{=}$  M < 3; --  $\hat{=}$  M < 2,5; ---  $\hat{=}$  M < 2)

Cluster 1 berücksichtigt weibliche Fälle, die einen sehr schwach ausgeprägten Wunsch nach einem späteren Studium oder einer Ausbildung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich zeigen ( $M = 1,86$ ) und in der Vergangenheit im Mittel eher befriedigende Noten in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern erzielt haben ( $M = 2,60$ ). Diese

Fälle zeichnen sich durch ein vergleichsweise geringes naturwissenschaftliches Fachinteresse ( $M = 3,16$ ) sowie eine sehr gering ausgeprägte naturwissenschaftliche Freizeitgestaltung ( $M = 1,74$ ) aus. Soziale Wahlmotive spielen in diesem Cluster kaum eine Rolle ( $M = 1,91$ ), wobei dem Ausschlussverfahren bei der Wahl des Wahlpflichtfaches eine eher geringe Bedeutung zukommt ( $M = 2,41$ ).

Die Fälle des Clusters 2 sind ebenfalls weibliche Schüler, die im Gegensatz zu den Fällen des Clusters 1 einen ausgeprägten Wunsch nach einem späteren Studium oder einer Ausbildung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich haben ( $M = 4,24$ ) und im Mittel bessere (gute) Noten in den naturwissenschaftlich-technischen Fächern erzielt haben ( $M = 2,12$ ). Diese Fälle zeichnen sich durch ein höheres naturwissenschaftliches Fachinteresse ( $M = 3,67$ ) sowie eine zwar eher geringe, aber verglichen mit Cluster 1, höhere naturwissenschaftliche Freizeitgestaltung ( $M = 2,29$ ) aus. Soziale Wahlmotive sind hier im Vergleich zu den Fällen in Cluster 1 von größerer Bedeutung ( $M = 2,38$ ), wobei dem Ausschlussverfahren bei der Wahl des Wahlpflichtfaches ebenfalls eine eher geringe Bedeutung zukommt ( $M = 2,29$ ).

Die zwischen Cluster 2 und 3 beschriebenen Gemeinsamkeiten und Unterschiede spiegeln sich auch im Vergleich der Cluster 3 und 4 wieder, die ausschließlich aus männlichen Schülern bestehen. Cluster 3 ist in diesem Sinne mit den Fällen des Clusters 2 vergleichbar. Auch die Fälle in Cluster 3 zeichnen sich durch einen ausgeprägten Berufswunsch aus ( $M = 4,08$ ), erzielten gute Noten im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich ( $M = 2,01$ ) und zeigen ein gleichfalls hohes Fachinteresse ( $M = 4,07$ ) und eine ähnlich ausgeprägte Freizeitgestaltung ( $M = 2,48$ ). Allerdings lassen sich die Fälle des Clusters 3 weniger stark von sozialen Wahlmotiven leiten ( $M = 1,75$ ), wobei dem Ausschlussverfahren bei der Wahl eine geringe Bedeutung zukommt ( $M = 2,06$ ).

Die männlichen Fälle des Clusters 4 sind mit Einschränkungen mit den weiblichen Fällen des Clusters 1 vergleichbar. Auch hier zeichnen sich die Fälle durch einen vergleichsweise gering ausgeprägten Berufswunsch aus ( $M = 2,27$ ), erzielten eher befriedigende Noten im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich ( $M = 2,89$ ) und haben ebenfalls im Vergleich zu den Fällen des Clusters 2 und 3 ein geringeres Fachinteresse ( $M = 3,47$ ). Allerdings bestehen Unterschiede zu den Fällen des Clusters 1 hinsichtlich des etwas höheren Freizeitinteresses ( $M = 2,16$ ) und der wenig stärkeren Orientierung an sozialen Wahlmotiven ( $M = 2,22$ ). Für die Fälle des Clusters 4 kommt dem Ausschlussverfahren eine moderate, aber vergleichsweise hohe Bedeutung zu ( $M = 3,18$ ). Diese sehen stärker als die Fälle der anderen Cluster im Fach NWuT das geringste Übel gegenüber den anderen Wahlpflichtfächern ( $M = 3,18$ ). Die Cluster 1 und 4 stehen für insgesamt 52 % aller verarbeiteten Fälle.

### 7.1.5 Zwischenbilanz und Diskussion

Im Folgenden werden die oben dargestellten, empirischen Befunde zusammengefasst und die in Kapitel 5.1.1 (S. 41) aufgelisteten Forschungsfragen bearbeitet.

#### (a) Naturwissenschaftliches Interesse

*Welchen Einfluss hat der fächerergänzende NWuT-Unterricht auf das naturwissenschaftliche Fachinteresse sowie die naturwissenschaftliche Freizeitgestaltung der Schüler?*

Hinsichtlich der Auswertung der Daten des Schülerfragebogens wurde das naturwissenschaftliche Fachinteresse von der naturwissenschaftlichen Freizeitgestaltung unterschieden. Für beide Interessensbereiche konnten vergleichbare Befunde nachgewiesen werden. Bezüglich der Jahrgangsstufen wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden. Mit Blick auf die verschiedenen Wahlpflichtfächer zeigen NWuT-Schüler bereits in der Jahrgangsstufe 8 ein signifikant höheres Fachinteresse sowie eine stärker ausgeprägte Freizeitgestaltung im Gegensatz zu den Schülern ohne naturwissenschaftliches Wahlpflichtfach. Es wird davon ausgegangen, dass sowohl der disziplinierte Unterricht (Biologie, Chemie, Physik) als auch der fächerergänzende Unterricht (NWuT) die naturwissenschaftlichen Interessensbereiche beeinflussen kann. Die Interessenlage der NWuT-Schüler steht also beiden Einflussphären gegenüber, während die Interessenlage der Vergleichsgruppe in diesem schulischen Kontext nur durch den disziplinierten Unterricht beeinflusst werden kann. Da jeweils für beide Gruppen (NWuT & Andere) der Jahrgangsstufenvergleich auf dieser Aggregationsebene keine signifikanten Unterschiede zeigte, kann angenommen werden, dass die unterrichtspraktische Umsetzung des Wahlpflichtfaches NWuT – mit dem hier verwendeten Testinstrument – keinen nachweisbaren Einfluss auf die untersuchten Interessensbereiche hat.

Daneben konnten relevante geschlechterspezifische Unterschiede zugunsten der männlichen Schüler in beiden Jahrgangsstufen nachgewiesen werden – sowohl für die NWuT-Schüler als auch für die Vergleichsgruppe. Während dieser Unterschied für die Vergleichsgruppe in den Jahrgangsstufen 8 und 10 vergleichbare Effektstärke aufweist, nehmen diese für die NWuT-Schüler vom Ende der Jahrgangsstufe 8 bis 10 zu. Da keine Nivellierung der geschlechterspezifischen Unterschiede festgestellt wurde, könnte zunächst vermutet werden, dass die unterrichtspraktische Umsetzung des Faches NWuT geschlechterspezifische Unterschiede nur unzureichend berücksichtigt. Allerdings sind für die Herausbildung geschlechterspezifischer Unterschiede mehrere Sozialisationsinstanzen verantwortlich – nicht nur schulische Bildungsprozesse (Lemmermöhle 2004, S. 6). Insofern kann die Vermutung, der NWuT-Unterricht berücksichtige geschlechterspezifische Unterschiede nur unzureichend, nur durch weitere (qualitative) Studien überprüft werden.

(b) Kompetenz: Erkennen von naturwissenschaftlichen Fragestellungen

*Welchen Einfluss hat der NWuT-Unterricht auf die Entwicklung der untersuchten naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Lernenden?*

Bezüglich des Kompetenztests kann zusammengefasst werden, dass einerseits erwartungsgemäß jahrgangsbedingte Unterschiede sowohl für die NWuT-Schüler als auch die Vergleichsgruppe nachweisbar sind. Inwieweit die nachgewiesene Zunahme der naturwissenschaftlichen Kompetenzen dem disziplinierten Unterricht (Biologie, Chemie, Physik) oder dem fächerergänzenden Unterricht (NWuT) zuzuschreiben ist, kann nicht abschließend geklärt werden, da sich NWuT-Schüler und Vergleichsgruppe bereits am Ende der Jahrgangsstufe 8 in den untersuchten Kompetenzbereichen unterschieden. Zwei Grenzfälle der Interpretationen der Befunde hinsichtlich des Einflusses des Wahlpflichtfaches NWuT sind denkbar. Entweder der NWuT-Unterricht hat keinen Einfluss auf den Kompetenzbereich, sodass der jahrgangsbedingte Unterschied bei den NWuT-Schülern im Wesentlichen auf einen wirksamen disziplinierten Unterricht zurückzuführen wäre. Oder der NWuT-Unterricht hat neben dem disziplinierten Unterricht für die NWuT-Schüler einen zusätzlichen positiven Einfluss, der eine Weiterentwicklung bzw. -bestand der Kompetenzen auf einem ohnehin hohen Niveau ermöglicht – ganz im Sinne einer Binnendifferenzierung zwischen NWuT-Schülern und der Vergleichsgruppe.

Andererseits konnten auch Unterschiede zwischen den NWuT-Schülern und der Vergleichsgruppe gezeigt werden, wobei der Unterschied zwischen den NWuT-Schülern und der Vergleichsgruppe in der Jahrgangsstufe 10 nicht mehr nachzuweisen ist, trotz des Umstandes, dass NWuT-Schüler neben den disziplinierten Unterricht zusätzlich fächerergänzenden Unterricht erhalten. Dieser Befund würde bezüglich des Einflusses der unterrichtspraktischen Umsetzung des Faches NWuT eher in Richtung des ersten Grenzfalles weisen. Für eine abschließende Bewertung sind weitere Studien erforderlich.

Gefundene Unterschiede lassen sich im Wesentlichen auf die Kompetenzbereiche *unabhängige und abhängige Variablen* und *Kontroll- und Störvariable* zugunsten der NWuT-Schüler der Jahrgangsstufe 10 zurückführen. Diese Bereiche unterscheiden sich von den anderen Bereichen – *NaWi-Fragestellungen* und *Messen von Variablen* – vor allem durch die Anzahl der für die richtige Lösung zu berücksichtigenden Zusammenhänge und somit im Anforderungsniveau.

Darüber hinaus konnten keine geschlechterspezifischen Unterschiede nachgewiesen werden.

## (c) Einfluss der Lehrbefähigung

*Beeinflusst die Kombination der Lehrbefähigungen der Lehrkraft die Ausprägungen der Kompetenzen im Bereich des Erkennens naturwissenschaftlicher Fragestellungen?*

Hinsichtlich der untersuchten Kompetenzen konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Kombination der Lehrbefähigungen der am NWuT-Unterricht beteiligten Lehrpersonen und der erreichten Gesamtpunktzahl im Kompetenztest der NWuT-Schüler nachgewiesen werden.

## (d) Wahlmotive

*Welche Wahlmotive führen zur Entscheidung für das Wahlpflichtfach NWuT?*

Bezüglich der acht untersuchten Wahlmotive kann festgestellt werden, dass Schüler, die das Fach NWuT gewählt haben, sich durch ein signifikant höhere(s) naturwissenschaftliche(s) *Fachinteresse* und *Freizeitgestaltung* auszeichnen sowie durch ein höheres Fachinteresse an dem zurückliegenden naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht MNT zeigen und einen stärker ausgeprägten Berufswunsch im entsprechenden Fachbereich haben.

Für die Skalen *Fachinteresse* und *Freizeitgestaltung* konnten geschlechterspezifische Unterschiede zugunsten der männlichen Schüler nachgewiesen werden. Eine weiterführende Clusteranalyse zu den Wahlmotiven unter Einbezug des Merkmals Geschlecht zeigte allerdings für beide Geschlechter ähnliche Kompositionsmuster. Cluster 2 und 3, die jeweils aus männlichen oder weiblichen Schülern bestehen und zusammen 48 % aller Fälle ausmachen, zeichnen sich u. a. durch einen ausgeprägten naturwissenschaftlich-technischen Berufswunsch, relative gute Zeugnisnoten (Tendenz zur Note 2) und ein hohes Fachinteresse aus. Demgegenüber sind die Fälle der Cluster 1 und 4, die ebenfalls jeweils aus männlichen oder weiblichen Schülern bestehen und zusammen 52 % aller Fälle ausmachen, durch einen eher gering ausgeprägten naturwissenschaftlich-technischen Berufswunsch, eher befriedigende Zeugnisnoten (Tendenz zur Note 3) und ein geringeres Fachinteresse gekennzeichnet. Dabei spielt das Ausschlussverfahren für die Fälle des Clusters 4 eine vergleichsweise große Rolle. Für diese Fälle stellt das Wahlpflichtfach NWuT eher das geringste Übel von allen Wahlpflichtfächern dar.

7.2 Lehrerperspektive zu fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Studie zur Lehrerperspektive dargestellt. Ausgehend von einer Betrachtung der Zusammensetzung der Stichprobe und der Grundgesamtheit sowie einem Überblick der Zustimmungsstruktur werden die statistischen Befunde detailliert beschrieben und die entwickelten Hypothesen überprüft.

7.2.1 Effektiver Rücklauf und Struktur der Stichprobe

Von den 1350 Lehrpersonen mit naturwissenschaftlicher Lehrbefähigung in Thüringen beteiligten sich 335. Folgende Kriterien führten zum Ausschluss von Fällen:

- kein naturwissenschaftliches Fach oder fehlende Angabe
- Vollständigkeit des Fragebogens unter 50 %
- Stellungnahme augenscheinlich durch mehr als eine Person (verschiedene Handschriften)

Diese Kriterien führten zum Ausschluss von 11 Fällen, sodass ein effektiver Rücklauf von 24,0 % resultiert. Das Kreisdiagramm zur Darstellung des Verhältnisses der Altersgruppen (Abbildung 7-16) zeigt, dass mehr als drei Viertel der Befragten zwischen 40 und 59 Jahren alt sind. Das zugehörige Balkendiagramm zeigt, dass die Altersgruppe 50-59 weniger häufig in der Stichprobe vertreten ist als in der Grundgesamtheit und dass außerdem ca. 4 % ihr Alter nicht angegeben haben. Unter der Annahme, dass die Bereitschaft zur Altersangabe mit zunehmendem Alter sinkt, könnte diese Abweichung z. T. mit fehlenden Altersangaben erklärt werden.

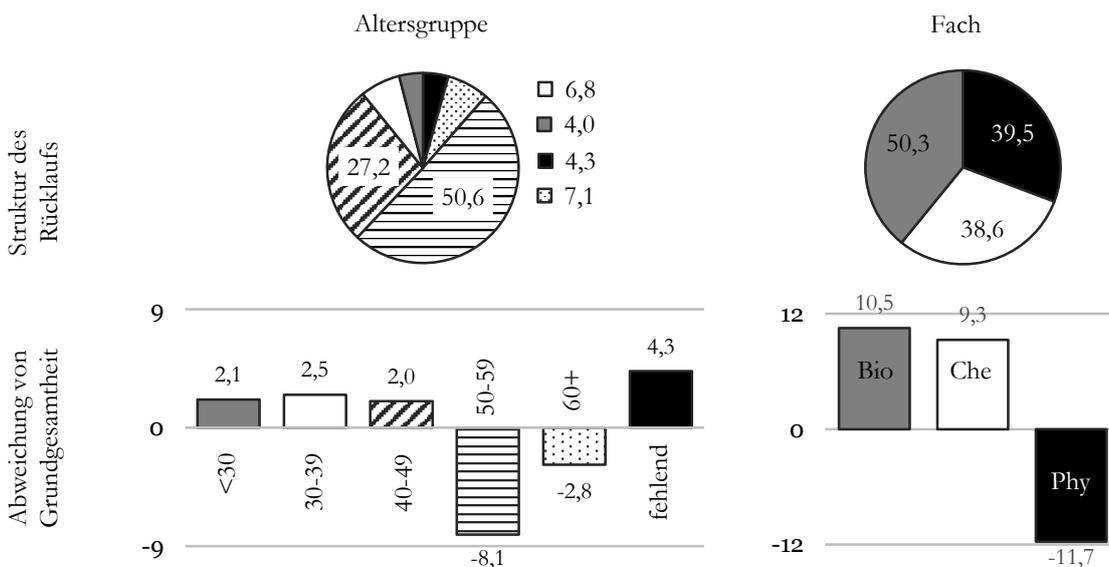


Abbildung 7-16: Struktur und Abweichung (Daten für Grundgesamtheit nach TMBWK-Statistik 2014) (Kreisdiagramme zeigen die prozentuale Verteilung von Merkmalsausprägungen innerhalb des Rücklaufes; Balkendiagramme zeigen die Differenz der prozentualen Anteile zwischen der Stichprobe und der Grundgesamtheit)

Die beiden Diagramme zu den Unterrichtsfächern zeigen einerseits, dass Biologie, Chemie und Physik annähernd gleichverteilt vorliegen und damit andererseits eine leichte Abweichung vom Verhältnis der Fächer in der Grundgesamtheit besteht. Das wirkt sich auch auf das Verhältnis der Fächerkombination aus (Tabelle 7-3). Daher ist es notwendig, die Ergebnisse der Studie auch hinsichtlich bestimmter Fächerkombinationen zu diskutieren.

Tabelle 7-3: Absolute und relative Häufigkeit von Fächerkombinationen in Grundgesamtheit und Rücklauf (o. F.  $\hat{=}$  ohne weiteres naturwissenschaftliches Fach)

	Grundgesamtheit		Rücklauf	
	absolut	relativ	absolut	relativ
Ma - Phy	627	0,464	91	0,281
Bio - Che	273	0,202	86	0,265
Bio - o. F.	263	0,195	74	0,228
Ma - Che	115	0,085	32	0,099
andere	72	0,053	16	0,049
Summe	1350	1	324	1

### 7.2.2 Allgemeine Zustimmungsstruktur

Für einen Überblick zu den Einstellungen der Lehrpersonen in fünf ausgewählten Teilbereichen ist – in einem ersten Schritt – die Darstellung der relativen Häufigkeiten der Zustimmungswerte über alle Teilnehmer geeignet (Abbildung 7-17).

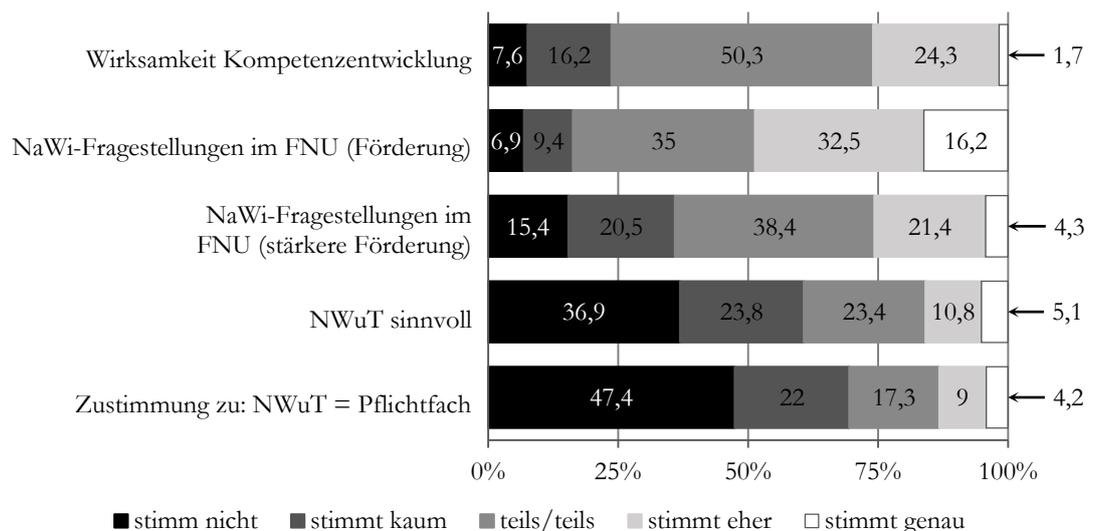


Abbildung 7-17: Allgemeine Zustimmungsstruktur ( $N \geq 314$ ; Zahlen als Prozentsatz des Rücklaufes; statistische Gewichtung der Teilnehmer nach Verhältnis der Fächerkombination in Grundgesamtheit; FNU = fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht)

Auffällig sind hier die relativ hohen Zustimmungswerte im Bereich der naturwissenschaftlichen Kompetenzentwicklung (*Wirksamkeit Kompetenzentwicklung*) und der naturwissenschaftlichen Interessenförderung (*NaWi-Fragestellungen im FNU (Förderung)*) sowie die relativ geringen Zustimmungswerte bezüglich des neuen Faches NWuT (*NWuT sinnvoll; Zustimmung zu: NWuT = Pflichtfach*). Hieraus lässt sich zunächst verallgemeinernd ableiten, dass Naturwissenschaftslehrkräfte zwar fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht im Allgemeinen eine Wirksamkeit bei der Interessenförderung und Kompetenzentwicklung zuschreiben, jedoch das neue Fach NWuT für die Jahrgangsstufe 9/10 mit großer Skepsis sehen. Gruppenvergleiche lassen differenziertere Aussagen zu.

### 7.2.3 Erfahrung, Lehrbefähigung und Fächerkombination

Die Gruppierung erfolgt hier durch Ausprägungen unabhängiger Merkmale: *Erfahrung mit Anfangsunterricht*, *Anzahl der Lehrbefähigungen* und *Fächerkombination*. Mithilfe des Mann-Whitney-U-Testes konnten Gruppenunterschiede erkannt werden, die auf einem Niveau von 0,05 oder niedriger signifikant sind.

Lehrpersonen, die nach eigenen Angaben regelmäßig naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht in einem integrierten Fach erteilen (*Erfahrung mit Anfangsunterricht*)<sup>29</sup>, unterscheiden sich in allen Teilbereichen der Einstellung signifikant oder marginal signifikant von jenen, die in diesem Bereich nicht regelmäßig unterrichten (Abbildung 7-18). Bei allen Unterschieden handelt es sich um kleinere Effektstärken. Das bedeutet, dass Lehrpersonen mit regelmäßigen Erfahrungen im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht eine positivere Einstellung gegenüber fächerübergreifendem Unterricht im Allgemeinen und dem neuen Fach NWuT im Speziellen haben. Ein Teil dieses Befundes wird zusätzlich durch einen weiteren signifikanten Zusammenhang gestützt, der zeigt, dass Lehrende mit Erfahrungen im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht eine höhere selbstbezogene Überzeugung hinsichtlich der eigenen Kompetenz für das neue Fach NWuT haben ( $\varphi = 0,197$ ;  $p < 0,001$ ). Diese Gruppe der Lehrpersonen besteht im Gegensatz zur Vergleichsgruppe hauptsächlich aus Biologie- und Biologie-Chemie-Lehrkräften. Die Hypothesen H-L1, H-L2 und H-L4 können also bestätigt werden.<sup>30</sup>

---

<sup>29</sup> Die Daten für das Item *MNT Erfahrung* wurden umcodiert. Für die Aussage „Ich unterrichte regelmäßig das integrative Fach MNT.“ wurden die Bewertungsangaben „stimmt genau“, „stimmt eher“ und „teils/teils“ umcodiert in „regelmäßige Erfahrung“ und die restlichen Angaben umcodiert in „keine regelmäßige Erfahrung“.

<sup>30</sup> H-L1: Die Häufigkeit der Erfahrung einer Lehrperson mit fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht korreliert mit der Höhe der Wirkung, die eine Lehrperson dem fächerübergreifenden Unterricht für die Förderung des Interesses der Schüler an naturwissenschaftlichen Fragestellungen zuschreibt. H-L2: Die Häufigkeit der Erfahrung einer Lehrperson mit fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht hängt mit der Höhe der Zustimmung zur Eignung des neuen Wahlpflichtfaches NWuT in der gymnasialen Sekundarstufe I zusammen. H-L 4: Die Höhe der selbstbezogenen Überzeugungen einer Lehrperson hinsichtlich

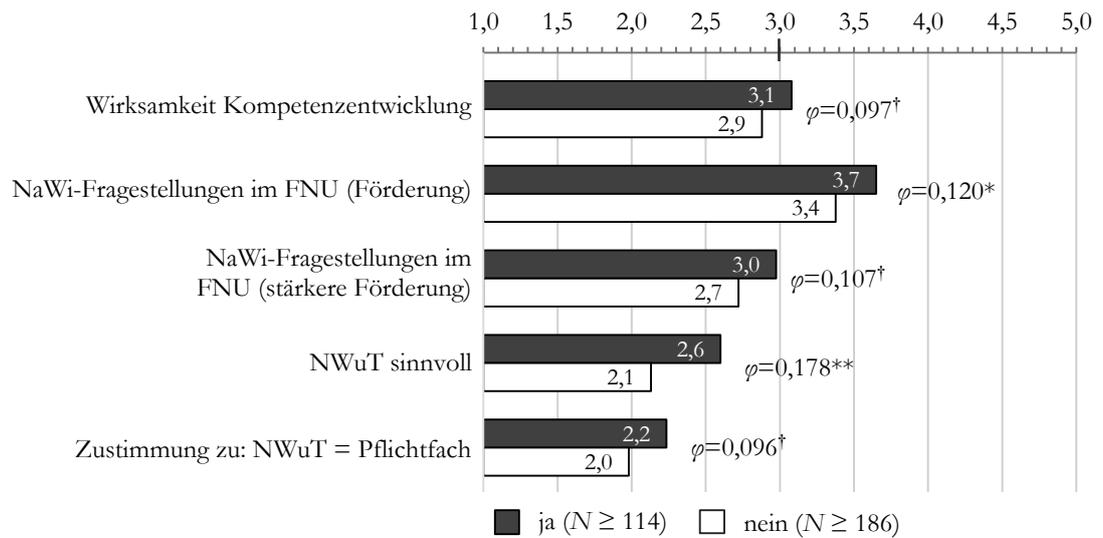


Abbildung 7-18: Einstellung im Gruppenvergleich nach Erfahrung mit naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht (Balken entsprechen Zustimmungsmittelwerten (1 – 5; stimmt nicht – stimmt genau))

Der Gruppenvergleich von Lehrpersonen mit einem naturwissenschaftlichen Fach und Lehrpersonen mit zwei naturwissenschaftlichen Fächern zeigt keine Tendenzen hinsichtlich signifikanter Unterschiede. Damit muss Hypothese H-L3<sup>31</sup> verworfen werden.

Der Häufigkeit nach bedeutsam sind besonders die Fächerkombinationen Mathematik-Physik, Biologie-Chemie, Biologie-o. F. (ohne weiteres naturwissenschaftliches Fach) sowie Mathematik-Chemie (Tabelle 7-3, S. 79). Lehrpersonen mit der Fächerkombination Mathematik-Physik unterscheiden sich in fast allen Einstellungsbereichen signifikant von Lehrpersonen mit der Kombination Biologie-Chemie (Abbildung 7-19; oben). Biologie-Chemie-Lehrkräfte schreiben dem fächerübergreifenden Unterricht eine stärkere Wirksamkeit hinsichtlich der Förderung des Interesses an naturwissenschaftlichen Fragestellungen zu und halten das neue Fach NWuT innerhalb des Bildungsganges eher für geeignet als ihre Mathematik-Physik-Kollegen. Auch sie sind es, die sich in diesem Vergleich eher vorstellen können, das neue Wahlpflichtfach als Pflichtfach für alle zu implementieren (marginal signifikant). Die Effekte dieser Unterschiede haben jeweils eine relevante Stärke.

Dass diese Befunde – so könnte man zunächst vermuten – auf die ungleiche Anzahl an naturwissenschaftlichen Lehrbefähigungen zurückzuführen sind, kann hier nicht belegt werden. So

der eigenen Kompetenz für das neue Fach NWuT korreliert mit der Häufigkeit der Erfahrung mit fächerübergreifendem naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht.

<sup>31</sup> H-L 3: Die Anzahl an Lehrbefähigungen einer Lehrperson im naturwissenschaftlichen Bereich (Biologie, Chemie, Physik) korreliert mit der Höhe der Zustimmung zur Eignung des Wahlpflichtfaches NWuT in der gymnasialen Sekundarstufe I.

zeigt der Vergleich von Lehrpersonen mit jeweils nur einem naturwissenschaftlichen Fach – hier Mathematik-Physik und Mathematik-Chemie im Vergleich – in allen fünf Teilbereichen signifikante Unterschiede mit größeren Effektstärken (Abbildung 7-19; unten). Mathematik-Chemie-Lehrkräfte zeigen nicht nur in den vorgenannten Einstellungsbereichen signifikant höhere Zustimmungswerte als ihre Mathematik-Physik-Kollegen. Sie schreiben zusätzlich dem fächerübergreifenden Unterricht gegenüber dem disziplinierten Pendant eine signifikant höhere Wirksamkeit bei der Interessenförderung zu. Für die spätere Diskussion dieser Unterschiede ist interessant: Mathematik-Chemie-Lehrkräfte haben in der Vergangenheit etwas häufiger Erfahrung mit naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht gemacht als ihre Mathematik-Physik-Kollegen (relative Häufigkeit  $b$ :  $b_{\text{Ma-Phy}} = 13,8\%$ ;  $b_{\text{Ma-Che}} = 28,0\%$ ).

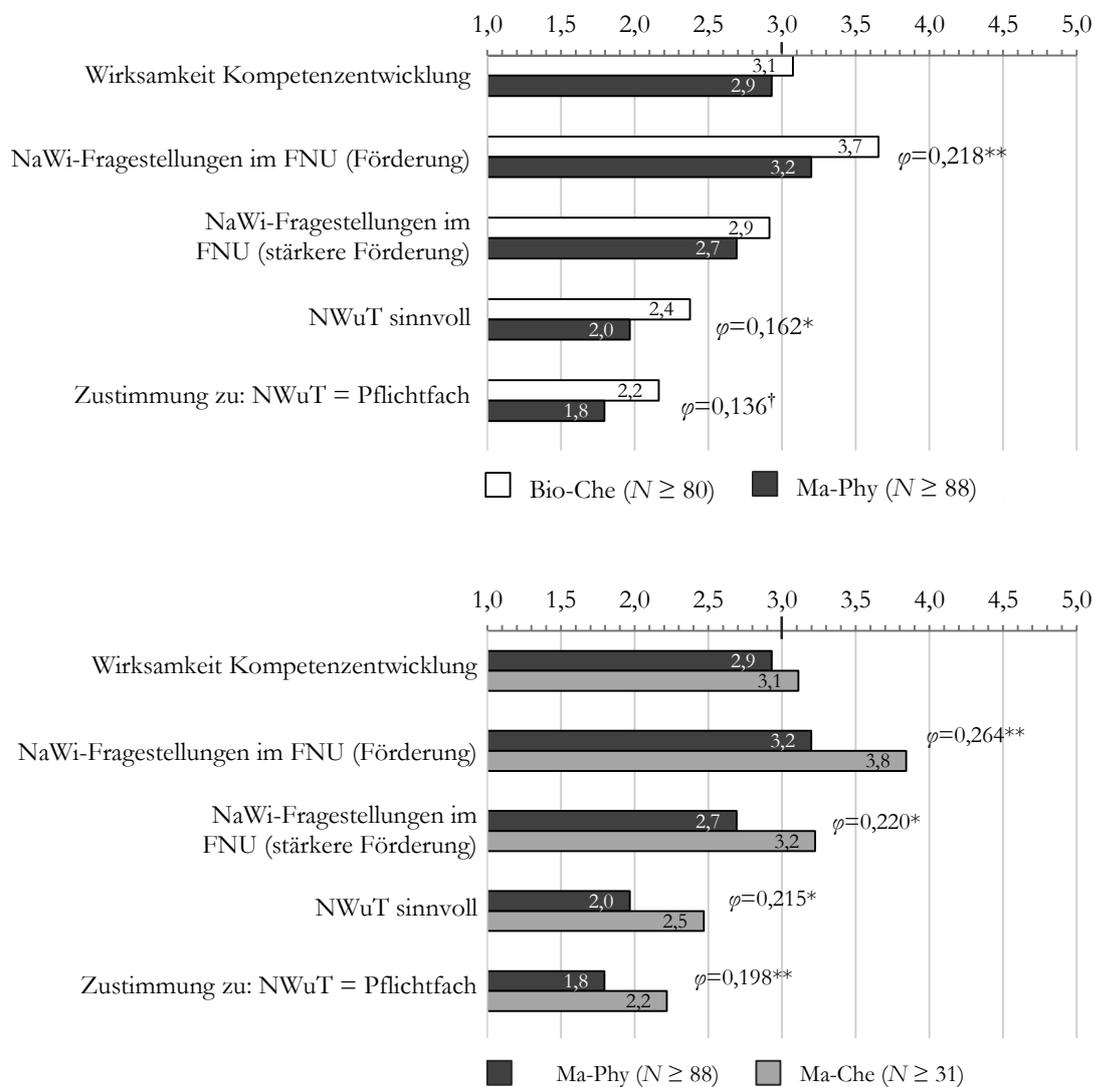


Abbildung 7-19: Einstellung im Gruppenvergleich nach Fächerkombination (oben: Bio-Che vs. Ma-Phy; unten: Ma-Phy vs. Ma-Che; Balken entsprechen Zustimmungsmittelwerten)

#### 7.2.4 Bedeutung der Kooperation im Kollegium – Clusteranalyse

Es wurde eine Clusteranalyse nach Chiu et al. (2001) durchgeführt, um typische, gruppenspezifische Einstellungsmuster zu extrahieren. Dabei konnten mithilfe von sechs Variablen vier Cluster gebildet werden, die auf einen weiteren möglichen Zusammenhang hinweisen (Abbildung 7-20). Der Silhouetten-Koeffizient  $SC$  (für Separation und Kohäsion der Cluster) zeigt mit einem Wert von 0,34 zwar keine starke aber interpretierbare Struktur (Struyf, Hubert & Rousseeuw 1996, S. 10).

Die zur Clusterbildung herangezogenen Variablen sind:

- *Erfahrungen mit Anfangsunterricht*: eigene Erfahrungen mit naturwissenschaftlichem Anfangsunterricht in Jahrgangsstufe 5/6
- *pädagogische Selbstorganisation*: Kooperation zwischen Kollegen des naturwissenschaftlichen Bereichs
- *NaWi-Fragestellungen im FNU*: Beurteilung des Beitrags eines fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts zur Förderung des Interesses an naturwissenschaftlichen Fragestellungen
- *Wirksamkeit Kompetenzentwicklung*: Beurteilung des Beitrags eines fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts zur Kompetenzentwicklung
- *NWuT sinnvoll*: Beurteilung der Eignung des Wahlpflichtfaches NWuT in der gymnasialen Sekundarstufe I
- *selbstbezogene Überzeugungen (NWuT)*: selbstbezogene Überzeugung der Lehrperson hinsichtlich der eigenen Kompetenz für das neue Fach NWuT

Es konnten 281 der 324 Fälle in die Clusteranalyse einbezogen werden. Diese Fälle wurden vier Clustern zugeordnet.

Cluster 1: *erfahren, Kollegium pädagogisch besser organisiert, sehr positive Einstellung*

Cluster 2: *erfahren, Kollegium pädagogisch weniger gut organisiert, verhaltene Einstellung*

Cluster 3: *kaum erfahren, Kollegium pädagogisch weniger gut organisiert, negative Einstellung*

Cluster 4: *kaum erfahren, Kollegium pädagogisch besser organisiert, eher positive Einstellung*

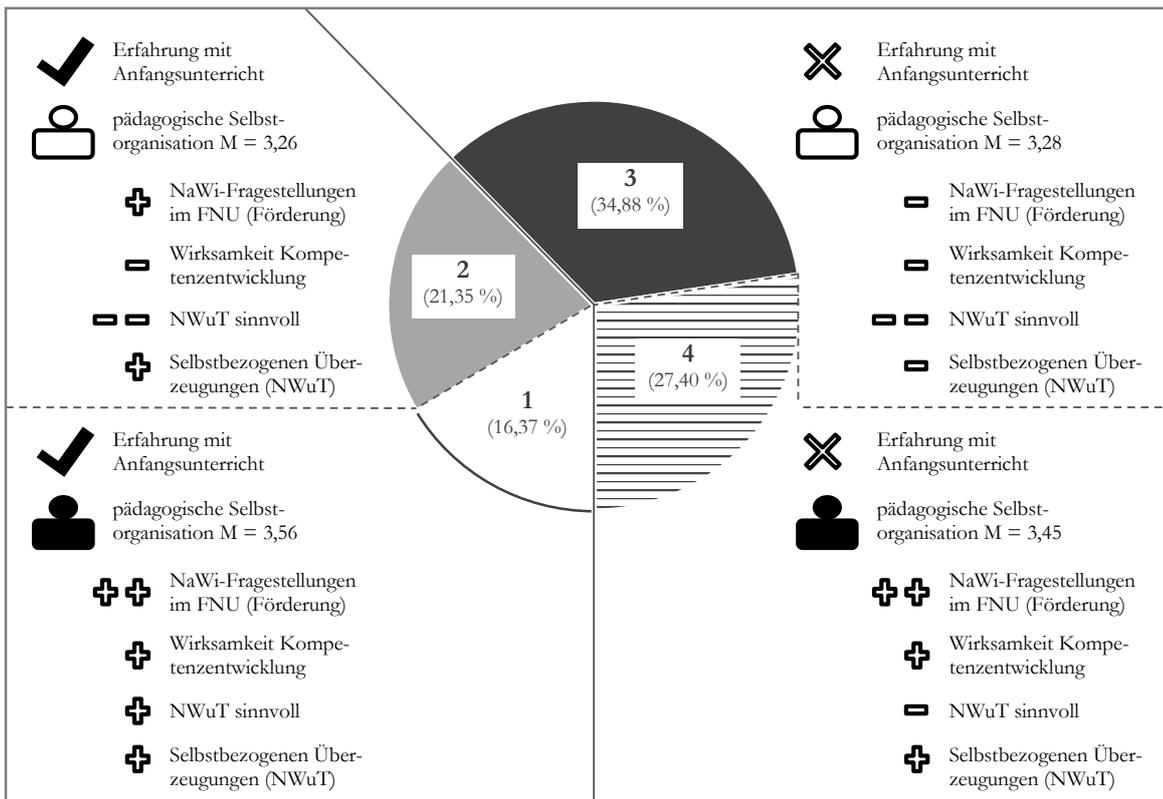


Abbildung 7-20: Ergebnisse der Clusteranalyse zur Lehrerbefragung (281 Fälle zu 4 Clustern verarbeitet; Legende: Häkchen  $\hat{=}$  100 % der Fälle; Kreuz  $\hat{=}$  0 % der Fälle; M  $\hat{=}$  Zustimmungsmittelwert von 1 bis 5; ++  $\hat{=}$  M > 4; +  $\hat{=}$  M > 3; -  $\hat{=}$  M < 3; --  $\hat{=}$  M < 2)

Cluster 1 berücksichtigt Fälle, die in der Vergangenheit regelmäßig naturwissenschaftlichen Unterricht erteilt haben und in einem naturwissenschaftlichen Kollegium arbeiten, in dem gegenseitiges Hospitieren und der Austausch von Unterrichtsmaterialien eher üblich sind (päd. Selbstorganisation,  $M = 3,56$ ). Die Fälle schreiben dem fächerübergreifenden Unterricht in stark ausgeprägter Form Wirkungen im Bereich der Interessenförderung zu ( $M = 4,24$ ) und gehen von einer Wirksamkeit im Bereich der Kompetenzentwicklung aus ( $M = 3,67$ ). Die Befragten halten sich bezogen auf das Fach NWuT für eher kompetent ( $M = 3,85$ ) und stimmen vergleichsweise stark für dieses Fach innerhalb des Bildungsganges ( $M = 3,83$ ). Das Cluster besteht zu 78 % aus Biologie- und Biologie-Chemie-Lehrkräften.

Die Fälle des Clusters 2 machten, wie auch die Fälle in Cluster 1, regelmäßig Erfahrungen mit fächerübergreifenden Unterricht, arbeiten jedoch im Vergleich dazu in einem ihrer Ansicht nach weniger gut organisierten naturwissenschaftlichen Kollegium ( $M = 3,26$ ). Sie schreiben dem fächerübergreifenden Unterricht zwar eine Wirkung bei der Förderung naturwissenschaftlicher Fragestellungen zu ( $M = 3,22$ ), sehen jedoch eine Wirkung auf die Kompetenzentwicklung eher skeptisch ( $M = 2,62$ ). Hinsichtlich des neuen Faches NWuT halten sich diese Fälle eher für kompetent ( $M = 3,27$ ), betrachten das neue Fach im Bildungsgang jedoch sehr

ausgeprägt als nicht geeignet ( $M = 1,78$ ). Das Cluster besteht zu 77 % aus Biologie- und Biologie-Chemie-Lehrkräften.

Das Cluster 3 ist als Antipode des Clusters 1 zu charakterisieren. Die Fälle haben in diesem Cluster in der Vergangenheit keine regelmäßigen Erfahrungen mit naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht gemacht und arbeiten im Vergleich dazu, wie auch die Fälle im Cluster 2, in einem weniger gut organisierten naturwissenschaftlichen Kollegium ( $M = 3,28$ ). Sie zeichnen sich durch eine eher negative Einstellung gegenüber fächerübergreifenden Unterricht hinsichtlich Interessenförderung ( $M = 2,78$ ) und Kompetenzentwicklung ( $M = 2,37$ ) aus. Diese Fälle halten sich für das neue Fach NWuT für eher nicht kompetent ( $M = 2,79$ ) und lehnen es innerhalb des Bildungsganges deutlich ab ( $M = 1,55$ ). Das Cluster besteht zu 47 % aus Mathematik-Physik-Lehrkräften.

Die Fälle des Clusters 4 haben ähnlich wie die Fälle in Cluster 3 keine regelmäßigen Erfahrungen mit naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht gemacht, arbeiten jedoch in einem pädagogisch besser organisierten naturwissenschaftlichen Kollegium ( $M = 3,45$ ). Diese Fälle zeichnen sich, ähnlich wie die Fälle in Cluster 1, durch eine positivere Einstellung zum fächerübergreifenden Unterricht hinsichtlich der Interessenförderung ( $M = 4,18$ ) und Kompetenzentwicklung ( $M = 3,57$ ) aus. Sie halten sich für das neue Fach für eher kompetent ( $M = 3,49$ ), auch wenn ihrer Einschätzung nach das Fach innerhalb des Bildungsganges etwas weniger geeignet ist ( $M = 2,88$ ). Das Cluster besteht zu 33 % aus Mathematik-Physik-, zu 20 % aus Mathematik-Chemie- sowie zu 18 % aus Biologie-Chemie-Lehrkräften.

Obwohl sich die Fälle in Cluster 3 und 4 hinsichtlich der Erfahrung mit naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht gleichen, schlägt dies nicht vollständig auf die Ausprägung der zur Clusteranalyse herangezogenen Teilbereiche der Einstellung durch. So ist zu vermuten, dass auch die relative Höhe der pädagogischen Selbstorganisation eine bedeutende Rolle spielt. Die Fälle in Cluster 3 und 4 unterscheiden sich in diesem Punkt. Die Hypothese H5<sup>32</sup> kann damit bestätigt werden.

Durch die Studie wurde außerdem erhoben, ob die Lehrpersonen das neue Fach NWuT bereits unterrichten. Dies trifft auf 78 Fälle der Gesamtstichprobe zu (24,1 %). 69 dieser Fälle konnten in die Clusteranalyse einbezogen werden. Eine Evaluation der gebildeten Cluster zeigt, dass 30,4 % der 69 Fälle im Cluster 2 liegen und 23,2 % in Cluster 3. Das bedeutet, dass

---

<sup>32</sup> H-L 5: Die Stärke der Kooperation im naturwissenschaftlichen Kollegium (pädagogische Selbstorganisation) korreliert mit der Höhe der Zustimmung zur Eignung des neuen Wahlpflichtfaches NWuT in der gymnasialen Sekundarstufe I.

über die Hälfte der Fälle, die zum Zeitpunkt der Datenerhebung das neue Fach NWuT unterrichteten, Cluster angehören, die sich durch eine verhaltene bis negative Einstellung gegenüber fächerübergreifenden Unterricht und NWuT im Speziellen auszeichnen. Zudem liegen im Cluster 3 jene Fälle, deren selbstbezogene Kompetenzüberzeugung für dieses Fach als gering zu bezeichnen ist. Neben diesen Befunden sind auch hier wieder die sehr geringen Zustimmungswerte zum neuen Fach NWuT nachweisbar.

### 7.2.5 Zwischenbilanz und Diskussion

Es lassen sich drei Größen benennen, die die Einstellung der Lehrpersonen zum Potenzial und zu den Grenzen von fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht im Allgemeinen und dem Fach NWuT im Speziellen beeinflussen:

#### (a) Praxiserfahrung

*Zur Diskussion: Die Regelmäßigkeit der Erfahrung mit naturwissenschaftlichem Anfangsunterricht hängt mit der Einstellung gegenüber fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht im Allgemeinen und NWuT (Jgst. 9/10) im Speziellen zusammen.*

Die Auswertung der Befragung zeigt, dass die Regelmäßigkeit der Erfahrung mit den Zustimmungswerten zur Erwartung einer Interessenförderung sowie tendenziell auch zur Erwartung einer Kompetenzentwicklung in einem positiven Zusammenhang steht. Es hängt auch die Regelmäßigkeit der Erfahrung mit den Zustimmungswerten für das neue Fach NWuT innerhalb des gymnasialen Bildungsganges und die Befürwortung eines Pflichtfaches NWuT als Alternative zum bestehenden Wahlpflichtfach zusammen. Dieser Zusammenhang bedeutet aber nicht zwingend, dass durch regelmäßiges Unterrichten eines naturwissenschaftlichen Anfangsunterrichtes die Zustimmungswerte für einen entsprechenden Unterricht in den höheren Jahrgangsstufen steigen, da für die jeweiligen Lehrpersonen, die naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht erteilen, nicht bekannt ist, ob diese nicht schon zuvor eine positive Einstellung zu fächerübergreifenden Unterricht in den höheren Jahrgangsstufen hatten. Dennoch könnte das regelmäßige Erteilen eines naturwissenschaftlichen Anfangsunterrichtes zu positiven Effekten führen, bei solchen Lehrkräften, die eine verhaltene bis negative Einstellung in den vorgenannten Bereichen haben und bislang keine regelmäßige Erfahrung mit naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht machen konnten. Mutmaßlich kann das fächerübergreifende Unterrichten auf einem didaktisch reduzierten Niveau die selbstbezogene Kompetenzüberzeugung und damit auch die Motivation fächerübergreifend zu unterrichten günstig beeinflussen, sofern diese Lehrkräften langfristig positive Effekte hinsichtlich der naturwissenschaftlichen Interessen- und Kompetenzentwicklung der Lernenden feststellen.

---

(b) Fächerkombination

Zur Diskussion: *Chemie-Lehrkräfte mit bestimmten Fächerkombinationen haben gegenüber fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht und dem neuen Fach NWuT eine positivere Einstellung als Mathematik-Physik-Lehrkräfte.*

Ein belastbarer Befund zum Zusammenhang zwischen der Anzahl an naturwissenschaftlichen Lehrbefähigungen und der Einstellung von Lehrkräften wurde nicht gefunden. Stattdessen deuten die Ergebnisse des Vergleichs ausgewählter Fächerkombinationen und die Ergebnisse der Clusteranalyse darauf hin, dass Biologie-Chemie-Lehrkräfte sowie Mathematik-Chemie-Lehrkräfte gegenüber Mathematik-Physik-Lehrkräften mit Ausnahme von Fragen der Kompetenzentwicklung in fast allen Teilbereichen eine positivere Einstellung haben. Sucht man nach möglichen Ursachen für die Unterschiede zwischen diesen Gruppen, lassen sich hier zunächst nur Vermutungen anstellen. So könnten einerseits Unterschiede in den Erfahrungen mit naturwissenschaftlichem Anfangsunterricht zu diesen Differenzen führen. Andererseits könnte auch die geringere Affinität eines Physikstudiums zu den Inhalten eines naturwissenschaftlichen Anfangsunterrichts zur Perpetuierung dieser Einstellungsunterschiede beitragen (vgl. Inhalte des Thüringer Lehrplans für Mensch-Natur-Technik (TMBJS 2015a)).

(c) Selbstorganisation

Zur Diskussion: *Eine bessere pädagogische Selbstorganisation begünstigt eine positivere Einstellung gegenüber fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht und beeinflusst die selbstbezogenen Kompetenzüberzeugungen für das neue Fach NWuT positiv.*

Die Kooperation zwischen naturwissenschaftlichen Lehrkräften im Schulkollegium umfasst neben gegenseitigen Hospitationen vor allem auch den Austausch von Unterrichtsmaterial, aber auch die Teilnahme an Lehrerfortbildungen fällt hierunter. Die Ergebnisse der Clusteranalyse zeigen einen positiven Zusammenhang zwischen pädagogischer Selbstorganisation und der Einstellung gegenüber fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht bzw. den Kompetenzüberzeugungen. Dieser statistische Zusammenhang bedeutet aber nicht unmittelbar, dass man durch eine Intensivierung der Kooperation auch eine Verbesserung der Zustimmung erreichen würde. Ebenfalls denkbar wäre, dass gerade Lehrkräfte mit positiven Einstellungen im hier verstandenen Sinn öfter mit Kollegen des naturwissenschaftlichen Bereichs zusammenarbeiten. Gleichwohl könnte die Intensivierung der Kooperation einen positiven Einfluss ausüben, so z. B. auf die Unterrichtsqualität durch den Austausch und die erfolgreiche Anwendung von didaktisch gut aufbereiteten Unterrichtsmaterialien. Insbesondere NWuT-Lehrkräfte mit ablehnender Einstellung gegenüber einem fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht im Allgemeinen und NWuT im Speziellen (siehe Kapitel 7.2.4, S. 83) könnten durch das Angebot von einsetzbaren Unterrichtsmaterialien bei der Planung

und Vorbereitung des Unterrichts unterstützt werden. Dies kann die Motivation zur Durchführung des NWuT-Unterrichts mutmaßlich günstig beeinflussen. Für den Fall, dass die oben genannte Gruppe von NWuT-Lehrkräften langfristig positive Effekte hinsichtlich der naturwissenschaftlichen Interessen- und Kompetenzentwicklung der Lernenden feststellt, ist auch ein positiver Einfluss auf die untersuchten Einstellungsbereiche denkbar.

## 8 Entwicklung einer curricularen Einheit

Wie die Befunde der Untersuchung zur Wirksamkeit der unterrichtspraktischen Umsetzung des Wahlpflichtfaches NWuT in Kapitel 7.1.3 (S. 64) gezeigt haben, können am Ende der Jahrgangsstufe 10 bezüglich der untersuchten Kompetenzbereiche keine signifikanten Unterschiede relevanter Effektstärke zwischen den NWuT-Schülern und der Vergleichsgruppe nachgewiesen werden. Im Rahmen dieses Promotionsprojektes wurde eine curriculare Einheit zum fächerübergreifenden Themenkomplex „Globale Umweltprobleme“ unter besonderer Berücksichtigung des Kompetenzbereichs *Erkennens naturwissenschaftlicher Fragestellungen* entwickelt und in Kooperation mit zehn Thüringer Lehrpersonen, die das Wahlpflichtfach NWuT unterrichten, erprobt und evaluiert. In diesem Kapitel werden die durch die Einheit zu berücksichtigenden Anforderungen dargestellt, die Konzeption der Einheit beschrieben und ausgewählte Ergebnisse der Begleituntersuchung dokumentiert.

### 8.1 Anforderungen

#### 8.1.1 Bedeutung des Themenkomplexes

Der gewählte Themenkomplex soll einerseits ein epochaltypisches Schlüsselproblem der Menschheit nach Klafki (2007, S. 56–60) darstellen, um über die Naturwissenschaften hinaus ökologische, ökonomische und soziale Aspekte einbinden zu können. Andererseits soll der Themenkomplex curricular möglichst kompatibel mit den Lehrplaninhalten für das Thüringer Wahlpflichtfach NWuT (Jahrgangsstufe 9/10) sein, um nicht zuletzt diese Einheit auch für Lehrerfortbildungsveranstaltungen innerhalb Thüringens nutzbar machen zu können. Themenkomplexe, die diese Anforderungen erfüllen, sind (TMBWK 2013):

- Globale Umweltprobleme - Klimawandel
- Nachwachsende Rohstoffe
- Energieversorgung
- Ökosysteme

Mit dem gewählten Themenkomplex „Globale Umweltprobleme - Klimawandel“ handelt es sich um ein originäres epochaltypisches Schlüsselproblem nach Klafki als Bestandteil der Umweltfrage, d. h., eine „in globalem Maßstab zu durchdenkende Frage nach Zerstörung oder Erhaltung der natürlichen Grundlagen menschlicher Existenz und damit nach der Verantwortbarkeit und Kontrollierbarkeit der wissenschaftlich-technologischen Entwicklung“ (Klafki 2007, S. 58). Das Wissen um die biogeochemischen Zusammenhänge über den Klimawandel, dessen Ursachen sowie dessen lokale und globale Auswirkungen wurden in den vergangenen Jahren erheblich erweitert und vertieft. Demgegenüber ist auch die Anzahl an Klimaschutz-

Projekten international angewachsen (WBGU 2014, S. 3). Dennoch nimmt die globale Emission der bedeutendsten Treibhausgase (Kohlenstoffdioxid, Methan, Distickstoffmonoxid und Schwefelhexafluorid) weiter zu, von denen angenommen wird, dass diese über eine Verstärkung des anthropogenen Treibhauseffektes maßgeblich zum Klimawandel infolge einer globalen Erwärmung beitragen (Hartmann et al. 2013, S. 166). Dieses Problem ist zu einer bedeutenden Herausforderung mit Gegenwarts- und Zukunftsbezug geworden. Da eine Reduzierung der globalen Treibhausgas-Emission nur international durch ein klimapolitisch koordiniertes Vorgehen erreicht werden kann<sup>33</sup>, wurde bereits vor dem Auslaufen des ersten völkerrechtlich bindenden Abkommens zum Klimaschutz verstärkt um ein Folgeabkommen gerungen (Kyoto-Protokoll von 1997, in Kraft getreten 2005). Diese Bemühungen führten schließlich 2015 zum Abkommen der UN-Klimakonferenz von Paris, nachdem sich die 195 Teilnehmerstaaten u. a. einigten, die nationalen Treibhausgas-Emissionen in derart anzupassen, dass eine Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter 2 °C zum vorindustriellen Niveau erreicht werden kann (COP 2016, S. 2).

Neben solchen klimapolitischen Bemühungen auf staatlicher und internationaler Ebene, die einer Verstärkung des Treibhauseffektes und dem Klimawandel entgegenwirken können, lassen sich eine Reihe an Maßnahmen ausmachen, die auf einer eher individuellen Ebene anzusiedeln sind. Diese zielen auf eine Anpassung der persönlichen Energienutzung sowie des Konsumverhaltens (z. B. die Nutzung emissionsfreundlicherer Fortbewegungsmittel und Wärmeproduktion in Privathaushalten sowie die Nutzung eher regionaler oder ökologischer Erzeugnisse und der Verzicht auf emissionsintensive Produkte).

Somit bietet die Auseinandersetzung mit dem Themenkomplex „Globale Umweltprobleme - Klimawandel“ im Sinne einer gegenwarts- und zukunftsorientierten (Allgemein-)Bildung nach Klafki (2007, S. 56–60) für das Individuum auch die Möglichkeit, seine Interessen in der Gesellschaft zu erkennen, wahrzunehmen und mit ökologischen, ökonomischen und sozialen Erfordernissen in Balance zu bringen. Auf schulischer Ebene sollte es bei diesem Themenkomplex neben der Klärung der fachlichen Zusammenhänge auch darum gehen, lokale und globale Auswirkungen des individuellen Handelns und gemeinsamer politischer Entscheidungen auf andere Menschen und auf die Gesellschaft zu thematisieren (Eilks et al. 2011b, S. 8).

---

<sup>33</sup> Es kann davon ausgegangen werden, dass Bemühungen, die auf rein nationaler Ebene auf eine Reduzierung der anthropogenen Treibhausgas-Emission gerichtet sind, zu einem eher geringen Rückgang der globalen Treibhausgas-Emissionen führen werden. Der Grund hierfür liegt im Auftreten sogenannter Verlagerungseffekte. Auf internationaler Ebene bewirkt eine verringerte Nachfrage nach fossilen Energieträgern bei gleichbleibender Angebotsmenge eine Senkung des Weltmarktpreises. Dadurch kann es zu einer Erhöhung der Nachfrage nach diesen Energieträgern und damit zu einer Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Emission in anderen Ländern kommen. (Bräuer, Kopp & Rösch 1999, S. 51)

## 8.1.2 Schwerpunkte der Kompetenzförderung

Um der oben erläuterten gesellschaftlichen Bedeutung des Themenkomplexes Rechnung zu tragen, sollen mithilfe der curricularen Einheit im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung neben der schwerpunktmäßig vertieften Auseinandersetzung mit den naturwissenschaftlichen Zusammenhängen (Systemkompetenz) auch die Gestaltungs- und Bewertungskompetenz (Rost 2005, S. 15) gefördert werden (siehe Tabelle 8-1). Hierzu wurde bereits eine Vielzahl an praxiserprobten Unterrichtsmaterialien veröffentlicht, die für den hier verfolgten Zweck adaptiert werden können (ausgewählte Material-Beispiele: das DBU-Programm „Der Klimawandel vor Gericht“ in Eilks et al. (2011a); aus dem Tamaki-Project „Globaler Klimawandel, Emissionen und erneuerbare Energien“ in Haan & Böhme (2005); aus dem IPN-Projekt Forschungsdialog: System Erde „Der Kohlenstoffkreislauf“ in Lucius et al. (2005)).

Tabelle 8-1: Kompetenzen und unterstützende Fähigkeiten einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (Rost 2005, S. 14f.)

	Wissen	Werte	Handeln
	Systemkompetenz	Bewertungskompetenz	Gestaltungskompetenz
Kompetenz	Fähigkeit mit globalen Systemzusammenhängen umgehen zu können und diese zu verstehen	Fähigkeit des Verständnisses, bei Entscheidungen unterschiedliche Werte zu erkennen, gegeneinander abzuwägen und in den Entscheidungsprozess einfließen zu lassen	Fähigkeit zur Vorhersage künftiger Entwicklungen, des Setzens individueller Ziele, der Gestaltung von Veränderungsprozessen sowie Kooperation und Partizipation

Die hinsichtlich der Systemkompetenz zu berücksichtigenden Kompetenzen werden im Folgenden näher beschrieben. Dabei wird in zwei Wissensbereiche unterschieden: das naturwissenschaftliche Wissen, welches das inhaltliche und konzeptionelle Wissen umfasst, sowie das Wissen über Naturwissenschaften, das das Wissen über naturwissenschaftliche Methoden und das Wissenschaftsverständnis beinhaltet. Diese Unterscheidung folgt der PISA-Rahmenkonzeption zur naturwissenschaftlichen Grundbildung 2006 (vgl. Kapitel 3.2, S. 28).

Mit dieser Einheit soll im Rahmen der Förderung naturwissenschaftlicher Grundbildung insbesondere die Förderung der Teilkompetenz des *Erkennens naturwissenschaftlicher Fragestellungen* berücksichtigt werden, welches im Wesentlichen Wissen über Naturwissenschaften als Metawissen voraussetzt (vgl. Kapitel 3.3, S. 30). Daher sollen die Phasen der fachlichen Klärung der biogeochemischen Zusammenhänge (Systemkompetenz) gewissermaßen als Vehikel zur Förderung der Einzelkompetenzen dieses Bereichs genutzt werden (Tabelle 6-3; zur Entwicklung des Kompetenzrasters siehe Kapitel 6.1.2, S. 48).

Tabelle 6-3: Raster zur Operationalisierung der Kompetenzen Erkennen naturwissenschaftlicher Fragestellungen

Kompetenzbereich			
NaWi-Fragestellungen	Messen von Variablen	unabhängige und abhängige Variablen	Kontrollvariable und Störvariable
Untersuchungszweck selektieren	Bestimmung des geeigneten Gerätes zur Messwertaufnahme	Identifikation sich ändernder Größen in einfachen Szenarien	Erkennen der Quantifizierbarkeit einer Variable
Organisation von Fragestellungen zu beschriebenen Versuch	Bestimmung der naturwissenschaftlichen Messbarkeit einer Variable	Identifikation von unabhängiger Variable	Erkennen von Störvariablen und deren Kontrolle
freie Formulierung von NaWi-Fragestellung zu gegebenem Thema	Bestimmung der Überprüfbarkeit von Aussagen mithilfe von NaWi-Experimenten	Identifizierung von unabhängiger und abhängiger Variable	Berücksichtigung aller Faktoren eines Experimentes
		Bestimmung der Vergleichbarkeit von Versuchen	

Das naturwissenschaftliche Wissen soll sich dabei an den Sachkompetenzen des Thüringer Lehrplans NWuT (Jahrgangsstufe 9/10) für das Modul „Globale Umweltprobleme“ orientieren. Diese wurden im Einzelfall begründet erweitert bzw. ergänzt und mit (\*) gekennzeichnet (TMBWK 2013, S. 16f.):

(a) Treibhauseffekt

Die Schüler können:

- die Arten von Treibhausgasen, ihre Herkunft, die Verweildauer in der Atmosphäre und ihren Anteil am Treibhauseffekt nennen
- den Strahlungshaushalt der Erde qualitativ beschreiben
- ein einfaches Modell zum Zustandekommen des Treibhauseffektes beschreiben: Spektralbereiche unterscheiden; Zusammenwirken von Sonneneinstrahlung besonders im grünen Spektralbereich – hohe Durchlässigkeit der Atmosphäre für diese Strahlung – Absorption auf der Erdoberfläche, Erwärmung, Abgabe von Infrarotstrahlung – Undurchlässigkeit, Absorption und Rückstrahlung durch Treibhausgase in der Atmosphäre
- zwischen natürlichen und anthropogenen Treibhauseffekt unterscheiden
- die Abhängigkeit des atmosphärischen Volumenanteils von der Stabilität der Teilsysteme des globalen Kohlenstoffkreislaufs beschreiben(\*)

- die Folgen steigender anthropogener CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Biosphäre und Ozeane erläutern(\*)

(b) Globale Erwärmung und Klimawandel

Die Schüler können:

- Veränderungen der Luft- und Meerestemperaturänderung interpretieren und mögliche zukünftige Entwicklungen diskutieren
- die globale Erwärmung und den Klimawandel als mögliche Folgen des anthropogenen Treibhauseffektes begründen
- Bioindikatoren für den Klimawandel charakterisieren
- Folgen des möglichen Klimawandels für Eismassen, Ozeane und Landökosysteme ableiten
- mögliche Veränderungen des Klimas in Deutschland sowie die Häufung von Extremwettererscheinungen als mögliche Folge der globalen Erwärmung benennen
- weitere infrage kommende Ursachen für den möglichen Klimawandel nennen und erklären (Sonnenaktivität und Stadtklimaeffekt) (\*\*)
- Maßnahmen erläutern, die zu einer Verringerung der anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emission führen und möglicherweise der Verstärkung des Klimawandels entgegenwirken
- technische, persönliche und institutionale Maßnahmen erläutern, die der Verstärkung des Treibhauseffektes und dem Klimawandel entgegenwirken können

(\*) Es gilt als ein bemerkenswerter Befund der biogeochemischen Forschung, dass sich lediglich ca. 55 % der anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emission aus der Nutzung fossiler Brennstoffe in der Atmosphäre anreichern (CarboEurope & CarboOceane 2007, S. 17). Der Rest (45 %) wird der Atmosphäre über die Lösung im Oberflächenwasser der Ozeane und durch Assimilation in der terrestrischen Biosphäre entzogen. Vereinbarungen der UN-Klimakonferenz von Paris 2015 beziehen die Potentiale dieser Kohlenstoffsinken zur Limitierung der Erderwärmung ausdrücklich mit ein (COP 2016, S. 22), z. B. durch eine entsprechende Forstpolitik. Um die Bedeutung dieser Senken und ihre entsprechenden Veränderungen zu verstehen und vor dem Hintergrund des Treibhauseffektes bewerten zu können, ist eine Auseinandersetzung mit den Kompartimenten des globalen Kohlenstoffkreislaufes erforderlich.

(\*\*) Insbesondere führen Recherchen im Internet zu diesem Themenkomplex häufig zu Thesen bzw. Artikeln sogenannter Klimawandel-Skeptiker. In diesem Zusammenhang kann zwischen Ursachenskeptikern und Folgenskeptikern unterschieden werden: Ursachenskeptiker zweifeln am anthropogenen Einfluss auf die gegenwärtige globale Erwärmung, Folgenskeptiker bezweifeln die durch Klimatologen simulierten Folgen der globalen Erwärmung. Erstere ziehen neben der zyklischen Sonnenaktivität auch den sogenannten Stadtklimaeffekt (Kim 1992, S. 2334) heran, welcher eine Erwärmung der erdoberflächennahen Luftschichten in

städtischen Ballungsgebieten infolge von Urbanisierungsprozessen beschreibt. Da sich entsprechende Thesen z. T. gegen die Befunde der etablierten Klimaforschung richten, erscheint die Berücksichtigung und Einordnung auch dieser infrage kommenden Ursache für die globale Erwärmung erforderlich.

Mit der Orientierung an den Sachkompetenzen des Thüringer Lehrplans NWuT liegt bereits eine Berücksichtigung der Lernausgangslage der Zielgruppe in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern vor. Die Zielgruppe besteht aus Schülern der Jahrgangsstufe 9/10 der gymnasialen Sekundarstufe I. Eine detaillierte Beschreibung der Lernausgangslage befindet sich in TMBWK (2013, S. 13ff.). Weitere notwendige didaktische Reduktionen werden im Rahmen der Beschreibung der curricularen Einheit in Kapitel 8.2 (S. 96) näher begründet.

### 8.1.3 Unterrichtskonzept und Methoden

Zur Strukturierung der curricularen Einheit wurde ein gesellschaftskritisch-problemorientierter Ansatz nach Marks & Eilks (2009, S. 235) gewählt. Grundidee des Ansatzes ist das Aufgreifen authentischer und für die Gegenwart und Zukunft der Schüler relevanter gesellschaftlicher Probleme bzw. Kontroversen. Das Grundkonzept geht auf das 4-Säulen-Modell des gesellschaftskritischen-problemorientierten Unterrichtsansatzes zurück, siehe Tabelle 8-2.

*Tabelle 8-2: 4-Säulen-Modell des gesellschaftskritisch-problemorientierten Chemie- und Naturwissenschaftsunterrichts (Marks & Eilks 2009, S. 235; Eilks et al. 2011b, S. 12f.) (schwarzer Kasten = Schwerpunkt der entwickelten Unterrichtseinheit)*

Ziele	Kriterien für Themenwahl	methodische Umsetzung	Struktur der Einheit
Allgemeinbildung	Authentizität	authentische Alltagsmedien	(1) Zugang und Analyse der Kontroverse
Scientific Literacy	Relevanz	schülerorientiertes und experimentelles Lernen	(2) fachliche Klärung unter Einbezug exp. Arbeit
Förderung von Bewertungskompetenz	offene Bewertungsgrundlage bezügl. gesellschaftlicher Fragen	schülerzentrierte und kooperative Lernformen	(3) Wiederaufgreifen der Kontroverse
Förderung von Kommunikationskompetenz	offene Diskutierbarkeit	Methoden zur Strukturierung der Debatten	(4) Erarbeitung und Diskussion verschiedener Perspektiven
naturwissenschaftliche Kenntnisse und Fähigkeiten erlernen	Fragestellungen mit Bezug zu Chemie und Technik	Methoden zur Provokation und Explikation individueller Meinung	(5) Metareflexion

Nach diesem Modell ist es Ziel des Ansatzes Scientific Literacy als Bestandteil der Allgemeinbildung über das Erlernen von naturwissenschaftlichen Kenntnissen und Fähigkeiten zu fördern. Dabei werden zur Förderung der Bewertungs- und Gestaltungskompetenz gesellschaftlich kontroverse Debatten authentisch aufgegriffen, die einen engen Bezug zu Naturwissenschaften und Technik aufweisen. Dieser Ansatz liefert zugleich Hinweise für Möglichkeiten der methodischen Umsetzung. So sollte die Auseinandersetzung möglichst schüler- und alltagsnah sowie motivierend gestaltet sein und damit schülerzentrierte und kooperative Lernformen angestrebt werden. Dies betrifft hinsichtlich der Strukturierung der Einheit nicht nur die Erarbeitung und Diskussionen der verschiedenen Perspektiven zur Kontroverse und die Metareflexion der entsprechenden Austausch- und Verhandlungsprozesse, für die sich insbesondere Plan- und Rollenspiele anbieten. Dies sollte auch bezogen auf die strukturellen Elemente des Zugangs zur Kontroverse sowie der fachlichen Klärung verfolgt werden (Eilks et al. 2011b, S. 12f.), die im Rahmen der konzipierten Unterrichtseinheit im Vordergrund stehen.

Zur fachlichen Klärung der biogeochemischen Zusammenhänge eignen sich als methodische Großformen ein Lernzirkel bzw. Stationenlernen sowie die Gruppenpuzzle-Methode, da diese im konstruktivistischen Sinne (Reinmann-Rothmeier & Mandl 2001, S. 626)<sup>34</sup> Lernen als aktiven, selbstgesteuerten und situierten Lernprozess in sozialen Kontexten ermöglichen.

(a) Lernen als aktiver Prozess:

Effektives Lernen ist erst durch die aktive Beteiligung der Lernenden möglich. Dazu gehört auch die Motivation der Lernenden, zumindest aber ein situatives Interesse an der Lernaufgabe. Daher eignen sich für die Eröffnung des Themenkomplexes insbesondere spielerische Zugänge, z. B. die Verwendung von Quizformaten.

(b) Lernen als selbstgesteuerter Prozess:

Hierbei müssen die Lernenden nach Möglichkeit selbst die Verantwortung für ausgewählte Steuerungs- und Kontrollprozesse tragen. Daher sollten auf der Ebene der methodischen Großformen die Lernzirkel möglichst offen gestaltet sein, z. B. durch variable Einstiegsstationen und fakultative Stationen. Aber auch auf der Ebene der konkreten Handlungssituation kann die Verantwortung für den Steuerungsprozess teilweise übertragen werden. So sollte bei Lernaufgaben auf eine zu kleinschrittige Instruktion verzichtet werden, etwa durch die Anwendung von offenen und halboffenen Aufgabenformaten (Woest 2004,

---

<sup>34</sup> Hierbei wird von einer lerntheoretisch orientierten (moderaten) Auffassung von Konstruktivismus ausgegangen, die das Lernen als aktiven Prozess der Konstruktion von Bedeutungen interpretiert. Dieser Prozess vollzieht sich – in Abgrenzung zum erkenntnistheoretisch orientierten (radikalen) Konstruktivismus – in sozialen Kontexten und setzt eine ausreichende Wissensbasis des Lernenden voraus, zu deren Erwerb auch Instruktionen notwendig sind (Duit 1995, S. 905; Reinmann-Rothmeier & Mandl 2001, S. 626).

S. 160; Melle, Parchmann & Sumfleth 2004, S. 164). Zu nennen sind hier insbesondere Lernaufgaben nach der experimentellen Methode, die zur Bearbeitung die Konzeption einer geeigneten Versuchsvorschrift durch die Lernenden erfordern. Dabei können Instruktionen und Leitfragen bei der Erarbeitung der Aufgabe unterstützend wirken (Renkl 2014, S. 18).

(c) Lernen als konstruktiver Prozess:

Lernende bauen auf bereits vorhandene Kenntnisse und Fähigkeiten auf. Hierfür ist eine hinreichende Wissensbasis der Lernenden erforderlich. Daher sollten vor offen gestalteten Unterrichtsphasen Möglichkeiten einer binnendifferenzierenden Reaktivierung des Vorwissens und der Vorstrukturierung geschaffen werden, um die kognitive Struktur der Lernenden anschlussfähig für eine weiterführende Auseinandersetzung mit den naturwissenschaftlichen Zusammenhängen zu gestalten. So sollten beispielsweise die wesentlichen Zusammenhänge der Kompartimente des globalen Kohlenstoffkreislaufes wiederholt werden, bevor eine Erarbeitungsphase zu den Auswirkungen einer gesteigerten anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emission auf das Oberflächenwasser der Ozeane und der terrestrischen Biosphäre folgt.

(d) Lernen als situativer Prozess:

Lernen sollte in spezifischen Kontexten erfolgen und ist durch diesen gesellschaftsrelevanten Themenkomplex mit Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung für die Lernenden gegeben.

(e) Lernen als sozialer Prozess:

Für schulische und außerschulische Lernprozesse spielen Kooperation und Kollaboration zwischen den am Lernprozess beteiligten Personen eine wichtige Rolle. Insbesondere die oben genannten methodischen Großformen ermöglichen ein Lernen in sozialen Kontexten durch einen Austausch bzw. eine Diskussion von Fragen und Hypothesen sowie der Interpretation von Lösungen.

## 8.2 Konzeption

Im Folgenden wird die Konzeption der curricularen Einheit „Globale Umweltprobleme – Klimawandel“ dargestellt und es werden ausgewählte Lernaufgaben zum Kompetenzbereich *Erkennen naturwissenschaftlicher Fragestellungen* beschrieben. Sämtliche curricularen Elemente zu dieser Einheit sind im Anhang der vorliegenden Arbeit. Alle Unterrichtsmaterialien befinden sich auf der beigelegten CD-ROM auf der Innenseite des Einbandes. Hierzu wurde ein Begleittext

als Lehrerhandreichung entwickelt, der fachliche und fachdidaktische Hintergrundinformationen sowie experimentelle Aufbauhilfen und Musterlösungen enthält (Anhang 9, S. 177).

Das Unterrichtsmaterial gliedert sich in sechs Abschnitte (siehe Tabelle 8-3). Der erste Abschnitt dient der Einführung in den Themenkomplex, wobei kontroverse Fragestellungen, die mit Abschnitt 6 zur weiteren Bearbeitung und Diskussion vertieft werden, aufgegriffen werden. Mit den Abschnitten 2 bis 5 werden die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zu der globalen Erwärmung, dem Treibhauseffekt und dem globalen Kohlenstoffkreislauf sowie die wichtigsten Aspekte zum Klimawandel erarbeitet.

Tabelle 8-3: Kurzbeschreibung der Abschnitte der curricularen Einheit

Abschnitt		Kurzbeschreibung	Zeitbedarf
1	Umweltprobleme	<ul style="list-style-type: none"> <li>- inhaltliche Einstimmung auf den Themenkomplex</li> <li>- spielerisches Aufzeigen der Themenreichweite</li> <li>- Erarbeitung einer Definition für Umweltprobleme</li> <li>- Zugang zu kontroversen Fragestellungen</li> </ul>	1 x 45min
2	globale Erwärmung & Treibhauseffekt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaktivierung der Vorkenntnisse zum Treibhauseffekt</li> <li>- Vorstrukturierung der Thematik</li> </ul>	
3	Treibhauseffekt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vertieften Auseinandersetzung mit den naturwissenschaftlichen Zusammenhängen zum Treibhauseffekt</li> <li>- Lernzirkel mit Theorie- und Experimentalstationen</li> </ul>	4 x 45min
4	Globaler Kohlenstoffkreislauf	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaktivierung der Vorkenntnisse zum globalen Kohlenstoffkreislauf</li> <li>- vertieften Auseinandersetzung mit den Zusammenhängen zwischen dem Treibhauseffekt und den Teilsystemen des globalen Kohlenstoffkreislaufes</li> <li>- Lernzirkel mit Theorie- und Experimentalstationen</li> </ul>	4 x 45min
5	Klimawandel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erarbeitung der wichtigsten Aspekte zum Klimawandel: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wetter und Klima</li> <li>- Folgen für Landökosysteme</li> <li>- Folgen für Eismassen und Ozeane</li> <li>- Klima und Extremwetterereignisse</li> <li>- Maßnahmen gegen den Klimawandel</li> <li>- Gegenstandpunkte</li> </ul> </li> </ul>	4 x 45min
6	persönliche & institutionelle Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auseinandersetzung mit persönlichen und institutionellen Maßnahmen, die der Verstärkung des Treibhauseffektes und dem Klimawandel entgegenwirken können: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rollenspiel: „Kein Fleisch in der Schulmensa?!“</li> <li>- Gruppenarbeit: „Anspruch und Wirklichkeit von Umwelthandeln“</li> </ul> </li> </ul>	5 x 45min

8.2.1 Umweltprobleme

Der Abschnitt dient der Motivation und inhaltlichen Einstimmung auf den Themenkomplex „Globale Umweltprobleme“ durch das spielerische Aufzeigen der Themenreichweite mithilfe eines Quiz. Hierauf baut eine Definition von Umweltproblemen auf, die es ermöglicht, diese nach der Reichweite ihrer Folgen zu unterscheiden.

U 1 – Jeopardy

Die Aufgabe der Schüler besteht darin, in Anlehnung an die TV-Quizshow „Jeopardy“ aus den 1990er Jahren, in einem Lehrer-Schüler-Gespräch Begriffe zu erraten. Hierfür werden an eine Wandtafel 9 Metaplankarten befestigt, die auf der Vorderseite Kurzbeschreibungen von Umweltproblemen zeigen (Abbildung 8-1 oben). Auf der Rückseite der Karten stehen die passenden Begriffe (Abbildung 8-1 unten). Wurden diese erraten, können die Karten herumgedreht werden, sodass der Begriff auf der Rückseite sichtbar wird.

Form der Luftverschmutzung, die v. a. im Hochsommer in Großstädten in Bodennähe auftritt	Verschmutzung von Flüssen, Seen, Meeren und Grundwasser mit teilweise giftigen Substanzen	lokale Verringerung eines wichtigen Bestandteils der Atmosphäre, der vor UV-Strahlung schützt und durch FCKW zerstört wird
Aufhellung des Nachthimmels durch Lichtquellen, deren Licht in den Luftschichten der Atmosphäre in alle Richtungen gestreut wird	Niederschlag mit ungewöhnlich niedrigem pH-Wert	Bezeichnung für den seit Mitte des 19. Jahrhunderts beobachteten Anstieg der Durchschnittstemperatur der erdoberflächennahen Atmosphäre
nicht mehr benötigte Überreste im festen und flüssigen Zustand, sowie Gase in Behältern	Ende der evolutionären Stammlinie durch den Tod aller Nachkommen einer Art	Vorgang, der ohne anschließende Wiederaufforstung zur Verringerung des Regenwaldes führt
<b>Sommer-Smog</b> 1	<b>Gewässer-verschmutzung</b> 4	<b>Ozonloch</b> 7
<b>Lichtverschmutzung</b> 2	<b>saurer Regen</b> 5	<b>globale Erwärmung</b> 8
<b>Müll</b> 3	<b>Arten-Sterben</b> 6	<b>Rodung des Regenwaldes</b> 9

Abbildung 8-1: Vorder- und Rückseite der Metaplankarten für Jeopardy

Mit diesem Quiz werden bedeutende Umweltprobleme der Gegenwart gesammelt. Die aufgedeckten Rückseiten der Metaplankarten dienen, sofern diese nach der in Abbildung 8-1 dargestellten Ordnung fixiert wurden, einer einfachen Klassifizierung von Umweltproblemen hinsichtlich der Reichweite ihrer Folgen. Beispiele für eher lokale Umweltprobleme sind der Müll, die Lichtverschmutzung und der Sommersmog (linke Spalte). Beispiele für Umweltprobleme mit globaler Reichweite sind das Ozonloch, die globale Erwärmung und die Rodung des Regenwaldes (rechte Spalte).

Anschließend kann folgende Definition für Umweltprobleme als Merksatz genutzt werden:

*Umweltprobleme sind vom Menschen verursachte Veränderungen im Ökosystem der Erde, die vom Menschen negativ bewertet werden. Die Umweltprobleme können durch die Nutzung von natürlichen Ressourcen, die Besiedlung neuer Gebiete sowie als Nebenprodukt der Nutzung von Technologien entstehen. Umweltprobleme lassen sich grob nach der Reichweite ihrer Folgen klassifizieren. Diese bewegen sich zwischen den Extremwerten „lokal“ und „global“.*

(Kaufmann-Hayoz & Di Giulio 1996, S. 5; Mogalle 2001)

Nach Abschluss des Spiels können alle Metaplankarten bis auf die Karte 8 „globale Erwärmung“ abgenommen werden. Die verbleibende Karte ist der Ausgangspunkt für ein sich anschließendes Brainstorming.

### 8.2.2 Globale Erwärmung und Treibhauseffekt

Dieser Abschnitt dient der Reaktivierung des Wissens zu globalen Umweltproblemen, die eng mit dem Phänomen der globalen Erwärmung verbunden sind, sowie der Vorstrukturierung des Themas Klimawandel, um die kognitive Struktur der Schüler anschlussfähig für eine vertiefte Auseinandersetzung mit den naturwissenschaftlichen Grundlagen zu machen. Darüber hinaus sollen hier erste kontroverse Fragestellungen aufgeworfen werden.

#### U 2.1 – Brainstorming zum Begriff „globale Erwärmung“

Es ist anzunehmen, dass Schüler der Jahrgangsstufe 9 aufgrund der medialen Präsenz der Thematik „globale Erwärmung“ bereits viele der damit verbundenen Begriffe zumindest schon gehört haben. Ein freies Brainstorming ermöglicht einen assoziativen Zugang zur Thematik. Die Nennung der folgenden Begriffe ist zu erwarten: Klimawandel, Gletscherschmelze, Meeresspiegelanstieg, Überschwemmungen, Extremwetterereignisse/Unwetter, fossile Brennstoffe, CO<sub>2</sub>-Ausstoß und Treibhauseffekt (vgl. Abbildung 8-2). Die nachfolgenden Fragen können das Brainstorming bei Bedarf anregend unterstützen: Welche Folgen hat die globale Erwärmung? Wodurch wird die globale Erwärmung verursacht? Was kann dagegen getan werden?



Abbildung 8-2: Ergebnis des Brainstormings einer Erprobung

### U 2.2 – Globale Erwärmung (nach Mroschen & Höttecke 2011b, S. 37)

Mit einer Gruppendiskussion kann das Phänomen der globalen Erwärmung über die Erhöhung der weltweiten Durchschnittstemperatur dargestellt werden. Als Ausgangspunkt kann hierbei die Brainstorming-Nennung „Meeresspiegelanstieg“ gewählt werden. Die Auswirkung eines solchen Meeresspiegelanstiegs zeigt das berühmte Spiegel-Titelbild von 1986 (Abbildung 8-3 links). Dieses zeigt den Kölner Dom, der aufgrund des vorhergesagten Meeresspiegelanstiegs zur Hälfte im Wasser versunken ist. Wenn auch sehr alt und überspitzt, hat die Grundaussage der Fotomontage nichts an Aktualität verloren. Der Anstieg des Meeresspiegels wird für weite Teile der Welt als ernst zunehmende Bedrohung durch die globale Erwärmung eingestuft. Ausgehend von den Informationen zu diesem Spiegel-Titelbild sollen die folgenden Fragen die Diskussion eröffnen: Halten die Schüler die hier dargestellten Folgen für realistisch oder unrealistisch? Welche Reaktionen könnten von den Spiegellesern erwartet werden?

Hieran anknüpfend kann ein weiteres Titelbild des Spiegels gezeigt werden (Abbildung 8-3 rechts), das 2007 erschienen ist und die mediale Präsenz und Berichterstattung des Themas durch die Überschrift „Klimahysterie“ in den Mittelpunkt rückt. Impulse für die sich hierauf aufbauend Diskussion können durch nachfolgende Fragen gegeben werden: Wie nehmen die Schüler die gegenwärtige Berichterstattung wahr? Hierbei können verschiedene Grundpositionen auftreten, die im Idealfall auch die der Klimawandel-Skeptiker – insbesondere die der Ursachen-Skeptiker – einschließt. Dabei sollte ein Ziel der Diskussion sein, auf die Rechtfertigung von Einwänden der Klimawandel-Skeptiker und deren Interessen zu sprechen zu kommen. Eine abschließende Klärung ist mit den Vorkenntnissen der Schüler nicht möglich. Darüber hinaus sollten auch erste Möglichkeiten von Maßnahmen gegen den Klimawandel genannt werden. Dies eröffnet Anknüpfungspunkte für eine vertiefte Auseinandersetzung mit den naturwissenschaftlichen Grundlagen zum Klimawandel sowie einer Bearbeitung des Themas zur Förderung von Bewertungs- und Gestaltungskompetenz.



Abbildung 8-3: Spiegel-Titelbilder (links 1986; rechts 2007)

### U 2.2 – Treibhauseffekt (Einführung)

Als Ursache für den Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur gilt die anthropogen verursachte Zunahme an Spurengasen wie Kohlenstoffdioxid und Methan, die den natürlichen Treibhauseffekt der Erde verstärken. Kenntnisse über das Zustandekommen des Effektes sind Voraussetzung, um Inhalte der Unterrichtsmaterialien nachfolgender Abschnitte in die kognitive Struktur leichter integrieren zu können. Mit einem Lehrervortrag und einer anschließenden Ergebnissicherung mithilfe eines binnendifferenzierenden Lückentextes kann ein erstes allgemeines Verständnis hierfür geschaffen werden. (in Anlehnung an Busch 2010, S. xx f.)

Der Lehrervortrag soll dazu dienen mithilfe eines einfachen Modells des Systems Erde das Zustandekommen des Treibhauseffektes auf qualitativer Ebene didaktisch reduziert zu beschreiben. Da Schüler der Jahrgangsstufe 9 in der Regel Strahlung und insbesondere Licht über das Strahlenmodell und noch nicht über das Wellenmodell erklären können, sollten statt der Begriffe ‚kurzwellige/langwellige Strahlung‘ die Begriffe ‚Sonnen-/Wärmestrahlung‘ verwendet werden. Aus dem gleichen Grund sollte hinsichtlich der Lichtschwächung extraterrestrischer Strahlung auf dem Weg durch die Luftschichten der Erdatmosphäre nur auf die Absorption und Reflexion, nicht aber auf die Streuung eingegangen werden. Der Vortrag sollte sich an nachfolgendem Schema (Abbildung 8-4) orientieren und Grundaussagen zur Genese des Begriffs Treibhauseffekt, zur Einstrahlung von Sonnenstrahlung, zur Aus- und Rückstrahlung der Wärmestrahlung sowie zur anthropogenen Verstärkung des natürlichen Treibhauseffektes beinhalten (ausführlich in Anhang 9 (S. 177) – Abschnitt 2).

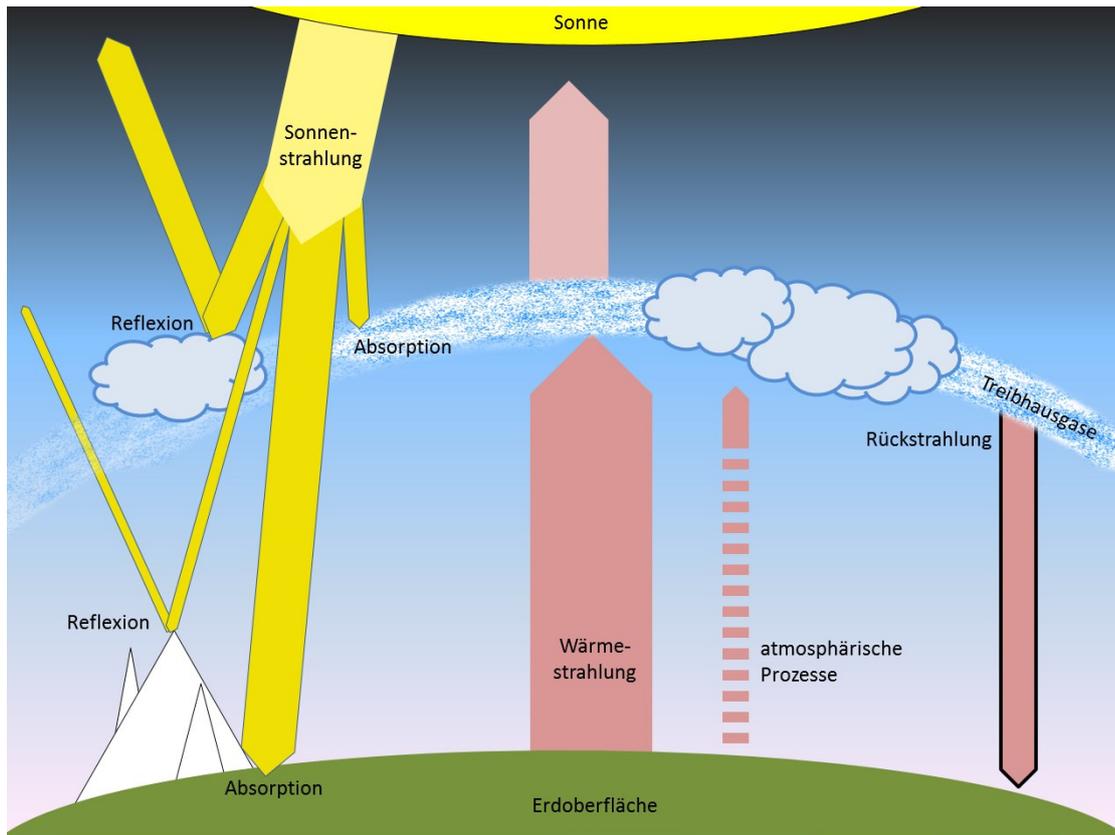


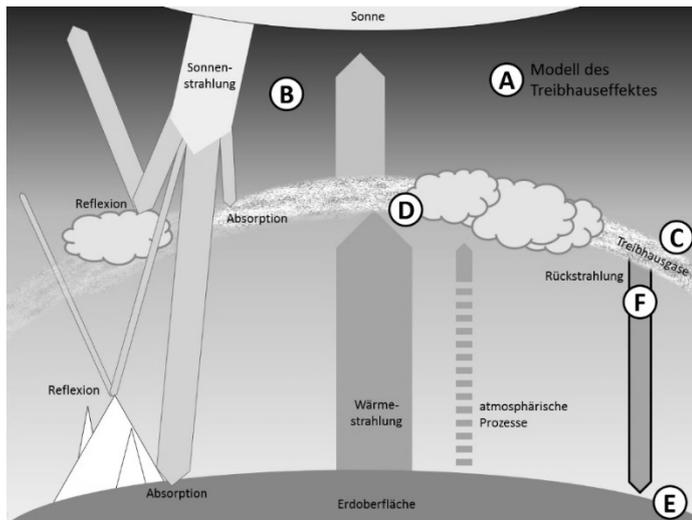
Abbildung 8-4: Zustandekommen des Treibhauseffektes im Modell System Erde (angepasst nach Seinfeld & Pandis 2006, S. 103; Schneider 1989, S. 72)

### 8.2.3 Treibhauseffekt

Dieser Abschnitt dient der vertieften Auseinandersetzung mit der Hauptursache der globalen Erwärmung. Weitere mögliche Ursachen sind die zyklische Änderung der Sonnenaktivität und der Stadtklimaeffekt. Diese werden im Abschnitt 5 aufgegriffen.

#### U 3.1 – Treibhauseffekt (Lernzirkel)

Die Auseinandersetzung erfolgt methodisch über einen Lernzirkel, dessen Aufbau und Struktur auf einer vereinfachten Darstellung des Treibhauseffektes im Modell „System Erde“ beruht. Der Lernzirkel besteht aus insgesamt fünf Pflichtstationen (Experimental- und Theoriestationen) und einer Wahlstation. Dabei ist die Reihenfolge der Bearbeitung durch die oben beschriebene Vorstrukturierung des Themas frei wählbar. Die Unterrichtsmaterialien bestehen aus einem Laufzettel mit Übersicht, Stationsblättern mit Informationsmaterial und Arbeitsaufträgen sowie Arbeitsblättern. Die Bearbeitung der Stationen nimmt in Partnerarbeit ca. 20-25 min in Anspruch. Je nach Größe der Lerngruppe sollte jede Station ein- oder zweimal aufgebaut werden.



- (A) Modell des Treibhauseffektes
- (B) Transparenz der Atmosphäre
- (C) Treibhausgase
- (D) Absorption von Wärmestrahlung durch Treibhausgase
- (E) Absorption von Wärmestrahlung an Oberflächen
- (F) Reemission von Wärmestrahlung (Wahlstation)

Abbildung 8-5: Modell des Treibhauseffektes und Zuordnung der Stationen

#### (A) Modell des Treibhauseffektes

Mit dieser Experimentalstation sollen Schüler ihre Modellvorstellung zum Treibhauseffekt festigen (orientiert nach Mroschen & Höttecke 2011a, S. 95f.). Die Schüler können hier mithilfe eines „Wasser-Eimer-Modells“ den natürlichen Treibhauseffekt und dessen anthropogene Verstärkung erkennen. Im Auswertungsteil soll die im Versuch bewusst geänderte Größe benannt werden (vgl. Kompetenzraster in Tabelle 6-3, S. 92). Daneben sollen zur Schulung der Modellvorstellung die Elemente des „Wasser-Eimer-Modells“ mit denen des Modells „Systems Erde“ verglichen werden.

#### (B) Transparenz der Atmosphäre

An dieser Theoriestation sollen Schüler aus verschiedenen Darstellungsformen (Text, Diagramm und Schema) zielgerichtet Informationen zu den Bereichen des elektromagnetischen Spektrums und der Veränderung von Strahlung durch die Atmosphäre entnehmen (extraterrestrische Strahlung und Wärmestrahlung der Erdoberfläche). Zur Unterstützung des Textverständnisses helfen Fragen, die die wichtigsten Informationen thematisieren.

#### (C) Treibhausgase

Im Mittelpunkt dieser Theoriestation steht das zielgerichtete Auswählen von relevanten Informationen aus verschiedenen Quellen. Die Schüler sollen über eine Internetrecherche Informationen zu Treibhausgasen zusammentragen (Anteil in der Atmosphäre, Verweildauer, Herkunft, Verwendung und Anteil am anthropogenen Treibhauseffekt). Damit diese Station auch ohne Internet-Zugang durchgeführt werden kann, sind dem Material Offline-Webseiten beigefügt, die eine Recherche der oben genannten Informationen ermöglicht (siehe CD-ROM).

Zusätzlich werden an der Station mit Fragestellungen im Multiple-Choice-Format weitere naturwissenschaftliche Kompetenzen gefördert, wie etwa das Erkennen, ob eine Frage mit naturwissenschaftlichen Experimenten beantwortet werden kann (vgl. Kompetenzraster in Tabelle 6-3, S. 92): Sollte es einen internationalen Vertrag geben, der den anthropogenen Ausstoß von Treibhausgas verbindlich verringert? Kann die Erdoberflächentemperatur gesenkt werden, wenn ein Satellit, so zwischen Erde und Sonne fliegt, dass die Erde in dessen Halbschatten liegt?

### (D) Absorption von Wärmestrahlung durch Treibhausgase

An dieser Experimentalstation können die Schüler einen klassischen Treibhausgas-Versuch in Anlehnung an Feierabend (2011, S. 76) durchführen, bei dem der Temperaturanstieg einer Modellatmosphäre infolge der Absorption von Wärmestrahlung gemessen wird (Abbildung 8-6). Verglichen wird die Wirkung von Raumluft und Kohlendioxid. Auf Grundlage der Beobachtungen und der Auswertung des Experiments soll geschlossen werden, dass durch eine anthropogene CO<sub>2</sub>-Emission der natürliche Treibhauseffekt verstärkt wird.

Im Versuch wird ein Halogen-Baustrahler (400 W) als Lichtquelle verwendet. Die Strahlung passiert eine Kristallisierschale mit Wasser zur Minderung der Wärmestrahlung. Die auf eine schwarze Pappe am Boden des Styroporbehälters treffende sichtbare Strahlung führt infolge von Absorption zu einer Erwärmung der Atmosphäre innerhalb des Behältervolumens. Die Temperatur wird zunächst mit Raumluft und danach mit einer mit Kohlenstoffdioxid angereicherten Atmosphäre gemessen. Dafür wurde eine „CO<sub>2</sub>-Tankstelle“ entwickelt, sodass auf das Abfüllen von Kohlenstoffdioxid aus Druckgasflaschen verzichtet werden kann. Das Gas wird vor Ort dargestellt, in dem in einer Plastikflasche Natriumhydrogencarbonat in einer wässrigen Citronensäure-Lösung zur Reaktion gebracht wird. Das Gas wird mit einem auf der Flasche aufgesetzten Luftballon aufgefangen. Damit eine Durchführung und Bearbeitung des Versuches in 25 bis 30 min möglich ist, wurde ein Arbeitsblatt zur Auswertung entworfen. Vor der Durchführung des Versuches müssen die Schüler anhand eines Informationstextes die Frage bestimmen, die hier beantwortet werden soll (vgl. Kompetenzraster in Tabelle 6-3, S. 92).

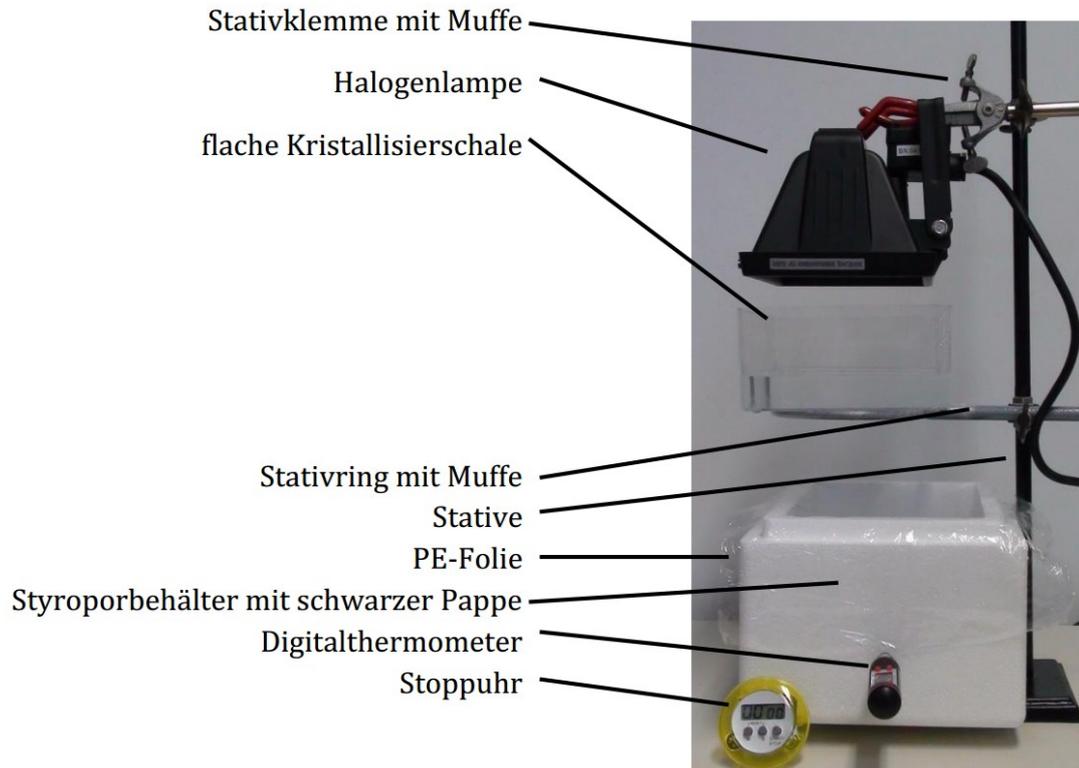


Abbildung 8-6: Versuch zu Treibhausgasen (seitliche Aufbauansicht)

#### (E) Absorption von Wärmestrahlung an Oberflächen

An dieser Station steht das hypothesengeleitete, experimentelle Arbeiten im Mittelpunkt. Schüler sollen die folgende Hypothese überprüfen: „Wärmestrahlung wird an hellen Oberflächen stärker reflektiert und an dunklen Oberflächen stärker absorbiert.“ Mit einem einfachen Experiment kann die Temperaturerhöhung in Abhängigkeit der Oberflächenbeschaffenheit gemessen werden (verändert nach JHS o. J.). Abschließend soll gezeigt werden, dass bestimmte Größen in diesem Versuch eine Störvariable darstellen können (z. B. Füllstand der Bechergläser; vgl. Kompetenzraster in Tabelle 6-3, S. 92). Durch ein Arbeitsblatt wird die Durchführung und Bearbeitung der Station unterstützt und die Vorstellung zum Modell des Treibhauseffektes gefestigt (Abbildung 8-7).

### (E) Absorption von Wärmestrahlung an Oberflächen

Die Wärmestrahlung weist viele Gemeinsamkeiten mit dem uns vertrauten sichtbaren Licht auf. Diese ist Teil des Gesamtspektrums und breitet sich im Vakuum geradlinig mit der Geschwindigkeit 300000 km/h aus. Sichtbares Licht wird an hellen Oberflächen reflektiert und an dunklen Oberflächen absorbiert. Tiff das auch auf die Wärmestrahlung zu?



**Auftrag:** Überprüfe experimentell die Hypothese: „Wärmestrahlung wird an hellen Oberflächen eher reflektiert und an dunklen eher absorbiert.“ Erstelle dafür ein kurzes Versuchsprotokoll (mit Hypothese, Geräten, knapper Versuchsdurchführung, Beobachtung, Auswertung)! Bearbeitungszeit: ca. 20 min.

**Geräte:** Becherglas ( $V = 100 \text{ ml}$ ), Alu-Folie, berußtes Becherglas ( $V = 100 \text{ ml}$ ), Thermometer, Bügeleisen, Holzklötz ( $h = 5 \text{ cm}$ ), Stoppuhr

#### Versuchsdurchführung:

1. Schalte das Bügeleisen auf die höchste Stufe und stelle es zunächst beiseite.
2. Umwickle das saubere Becherglas mit Alu-Folie, falls noch keines bereit steht.
3. Fülle die beiden Bechergläser zu je  $\frac{3}{4}$  mit Leitungswasser. In beiden Bechergläsern muss sich genau die gleiche Menge Wasser befinden.
4. Tauche in jedes Becherglas ein Thermometer.
5. Miss die Anfangstemperatur des Wassers in beiden Bechergläsern.
6. Positioniere die beiden Bechergläser nebeneinander auf dem Holzklötz direkt vor dem stehenden Bügeleisen. Die Bechergläser müssen ganz nah am Bügeleisen stehen.
7. Starte die Stoppuhr.
8. Miss nach 8 min die Temperatur in den Bechergläsern.



#### Auswertung:

1. Die Versuchsanordnung stellt ein Modell dar. Benenne die Geräte, die einem Objekt im System Erde entsprechen!
2. Nimm unter Verwendung der Versuchsergebnisse Stellung zur Hypothese!
3. Begründe, warum laut Versuchsvorschrift beide Becher die gleiche Menge Wasser enthalten sollen!

Abbildung 8-7: Stationsblatt „Absorption von Wärmestrahlung an Oberflächen“

## 8.2.4 Globaler Kohlenstoffkreislauf

Dieser Unterrichtsabschnitt dient der Reaktivierung der Vorkenntnisse zum globalen Kohlenstoffkreislauf, den die Schüler bereits aus dem Unterricht des Faches Geografie kennen, sowie der vertieften Auseinandersetzung mit den Zusammenhängen zwischen dem Treibhauseffekt und den Teilsystemen des globalen Kohlenstoffkreislaufes.

#### U 4.1 – globaler Kohlestoffkreislauf (Reaktivierung)

Der Anteil kohlenstoffbasierter Treibhausgase in der Atmosphäre, wie z. B. Kohlenstoffdioxid und Methan, ist für das Ausmaß des Treibhauseffektes von zentraler Bedeutung und wird durch die Prozesse des Kohlenstoffkreislaufs bestimmt. Dabei wird hier von einem vereinfachten Kreislaufmodell ausgegangen, welches die Zusammenhänge zwischen den Kompartimenten rein qualitativ darstellt und keine Verknüpfung mit anderen Stoff- und Energiekreisläufen aufweist wie z. B. zum Sauerstoffkreislauf. Darüber hinaus werden auch die Vorgänge innerhalb der Kompartimente didaktisch reduziert dargestellt. So wird beispielsweise auf eine Darstellung der chemischen Gleichgewichte zwischen den Carbonat-Spezies in wässriger Lösung verzichtet (Hydrosphäre). Diese Reduktionen sind vor dem Hintergrund der Vorkenntnisse der Schüler erforderlich (vgl. TMBWK 2013, S. 13ff.).

Das vereinfachte Modell des Kohlenstoffkreislaufs erstreckt sich über die natürlichen Teilsysteme Ozean, Atmosphäre, Biosphäre und Pedosphäre (Abbildung 8-8). In der Biosphäre treffen die natürlichen Teilsysteme aufeinander. Zwischen den Teilsystemen findet ein Austausch von Kohlenstoffdioxid statt. Zunächst dient eine binnendifferenzierende Ergänzungsaufgabe der Reaktivierung des Wissens über den globalen Kohlestoffkreislauf. Aufgabe ist es, gegebene Begriffe den Platzhaltern eines einfachen Kreislaufschemas zuzuordnen (Dissimilation, fossile Energieträger, Fotosynthese, Pflanzen, Zellatmung, Sedimente). Hilfstexte können durch die Schüler optional genutzt werden.

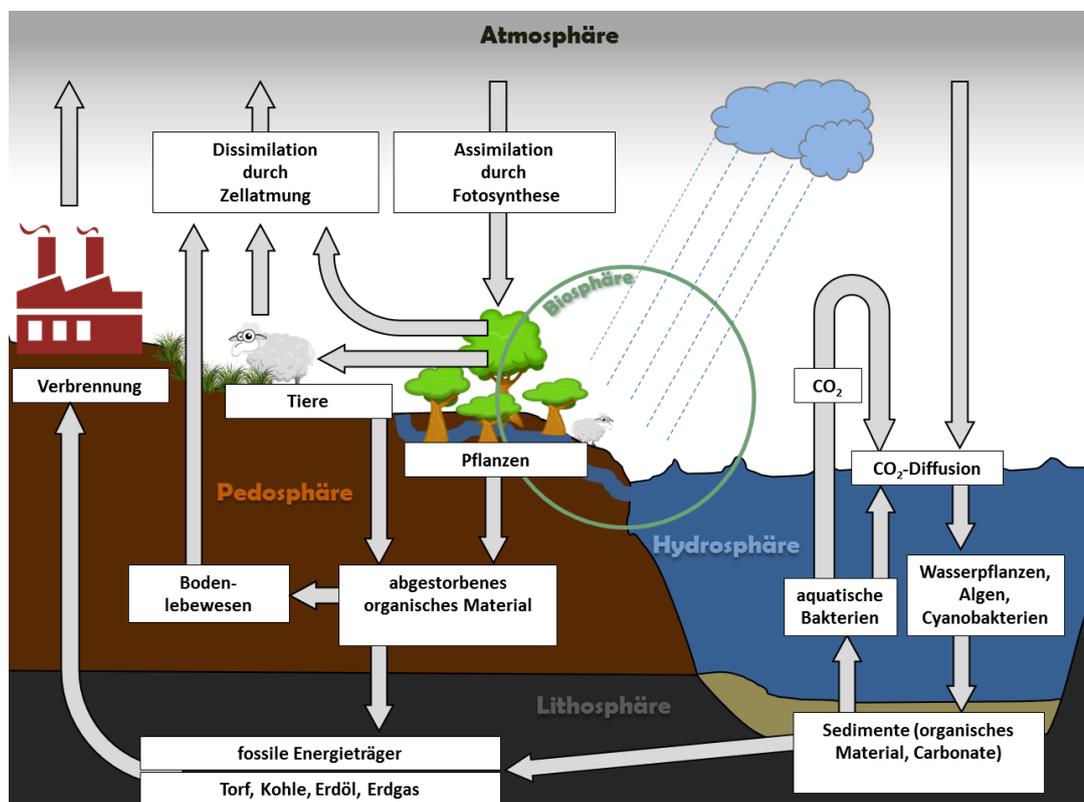


Abbildung 8-8: vereinfachtes Modell des globalen Kohlestoffkreislaufes (verändert nach Tortora, Funke & Case 2014)

U 4.2 – CO<sub>2</sub> im globalen Kohlenstoffkreislauf (Lernzirkel)

Eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem globalen Kohlenstoffkreislauf erfolgt auch hier über die methodische Großform des Lernzirkels. Aufbau und Struktur des Lernzirkels orientieren sich am vereinfachten Modell des globalen Kohlenstoffkreislaufes (Abbildung 8-9). Der Lernzirkel besteht aus 4 Pflichtstationen, die aus Theorie- und Experimentalstationen bestehen und deren Bearbeitungsreihenfolge offen ist. Das Material besteht aus Laufzetteln mit Übersicht, Stationsblättern mit Informationsmaterial und Arbeitsaufträgen sowie Arbeitsblättern. Die Bearbeitung der einzelnen Stationen beansprucht in Partnerarbeit zwischen 20 bis 30 min.

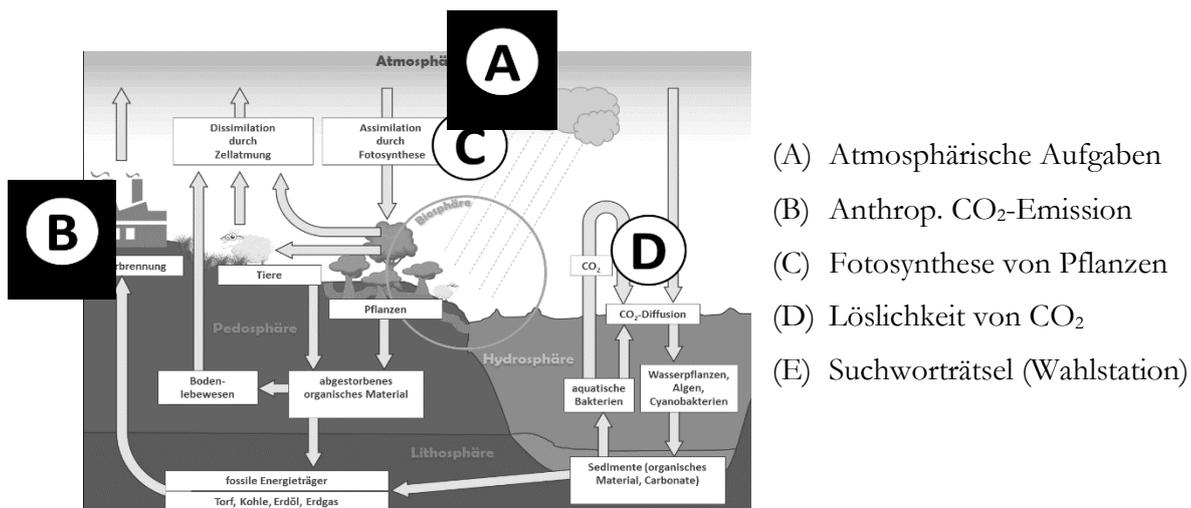


Abbildung 8-9: Modell des Kohlenstoffkreislaufs und Zuordnung der Stationen

(A) Atmosphärische Aufgaben

Diese Theoriestation besteht aus drei Teilen. Im ersten Teil sollen die Schüler ihr in den vorangegangenen Abschnitten erworbenes Wissen zum Treibhauseffekt und der Wirkung von Treibhausgasen überprüfen. Dies erfolgt durch die Bewertung der fachlichen Richtigkeit von Aussagen, z. B. „Der Treibhauseffekt ist keine natürliche Erscheinung.“ Im zweiten Teil sollen die Schüler die naturwissenschaftliche Fragestellung eines beschriebenen Versuches formulieren, bei dem halb-quantitativ die Abschwächung von Wärmestrahlung beim Durchgang durch eine Modellatmosphäre in Abhängigkeit des Volumenanteils von Kohlenstoffdioxid untersucht wird (vgl. Kompetenzraster in Tabelle 6-3, S. 92). Im dritten Teil sollen die Schüler mithilfe eines Diagramms den zeitlichen Verlauf der Kohlenstoffdioxid-Konzentration an einem Sommertag in Jena interpretieren (Abbildung 8-10; Messdaten aus Datenbank aufbereitet nach SchoolCO2web 2013).

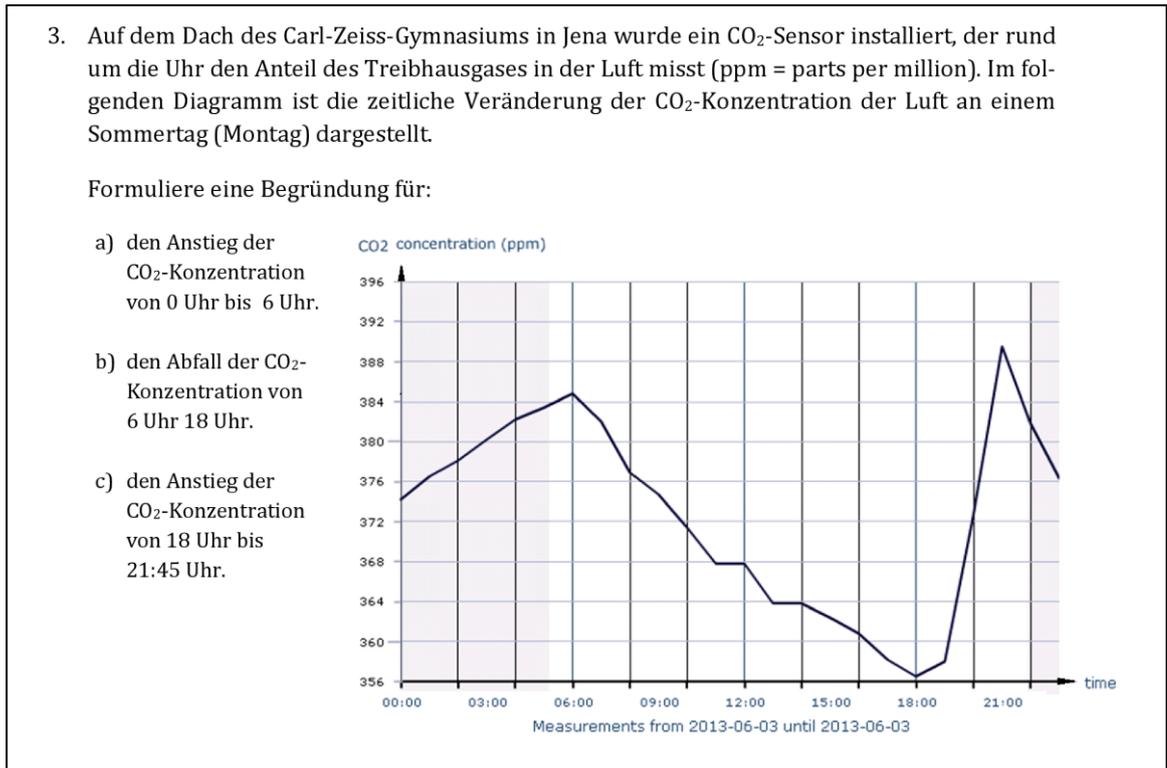


Abbildung 8-10: Stationsblatt „Atmosphärische Aufgaben“ (Ausschnitt; Interpretation von CO<sub>2</sub>-Daten)

### (B) Anthropogene CO<sub>2</sub>-Emission

An dieser quasi-experimentellen Station sollen die Schüler auf Grundlage eines Experiments den CO<sub>2</sub>-Emissionswert von Flüssiggas ermitteln. Anschließend soll auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse die Nutzung ausgewählter fossiler Brennstoffe bewertet werden. Ein Vergleich von Emissionswerten fossiler Brennstoffe soll für eine Empfehlung zur Verwendung eines Brennstoffes an die fiktive Familie Köhler genutzt werden (Abbildung 8-11). Da das Experiment haptisch sehr anspruchsvoll ist und aufgrund der Verwendung von Einwegspritzen ein hohes Gefährdungspotential aufweist, wurde die Durchführung des Experiments als Video aufgezeichnet und steht auf der CD-ROM unter „U 4.2 Video Station B (38 ml).mp4“ zur Verfügung. Es zeigt ein Experiment zur quantitativen Bestimmung von Kohlenstoffdioxid, das durch die vollständige Verbrennung von Flüssiggas entsteht. (verändert nach Busch 2010, S. 74–82; Full 1999)

**Auswertung:**

Das Kupfer(II)-oxid ist in diesem Versuch der Sauerstofflieferant, der durch die chemische Reaktion zu metallisch Kupfer reduziert wird. Propan und Butan können dadurch oxidiert werden.

1. Formuliere die Reaktionsgleichung für die vollständige Verbrennung von Propan mit Sauerstoff!

2. Ermittle den CO<sub>2</sub>-Emissionswert X<sub>H</sub> des untersuchten Flüssiggases! Runde erst das Endergebnis X<sub>H</sub> auf 3 Stellen nach dem Komma!

a. Stoffmenge an CO<sub>2</sub>:

$$n_{CO_2} = \frac{V_{CO_2}}{V_m} \quad \text{mit } V_m = 22,41L / mol$$

b. Masse an CO<sub>2</sub>:

$$m_{CO_2} = n_{CO_2} \cdot M_{CO_2} \quad \text{mit } M_{CO_2} = 44g / mol$$

c. X<sub>H</sub> gibt die Masse an Kohlendioxid an, die pro Einheit der nutzbaren Wärme H des Brennstoffs gebildet wird. Gehe davon aus, dass H für 10 ml dieses Flüssiggases 1,089 kJ beträgt:

$$X_H = \frac{m_{CO_2}}{H} [g / kJ]$$

3. Herr und Frau Köhler haben am Stadtrand Weimars ein Grundstück erworben und planen dort den Bau des eigenen Wohnhauses. Dabei überlegen sie bereits, welche Feuerungsanlage im Keller des Hauses installiert werden müsste, um die CO<sub>2</sub>-Emission ihres Haushalts so gering wie möglich zu halten. Folgende Feuerungsanlagen und zugehörige Brennstoffe stehen zur Auswahl:

Feuerungsanlage	Brennstoff	X <sub>H</sub> [g/kJ]
Kohlekessel	Braunkohle	0,12
	Steinkohle	0,1
Heizöfen	Heizöl, extraleicht	0,07
Flüssiggasofen	Flüssiggas	

(a) Für welche der Feuerungsanlagen und Brennstoffe sollten sich Frau und Herr Köhler entscheiden?

(b) Getrocknetes Holz hat im Durchschnitt einen CO<sub>2</sub>-Emissionswert von 0,10 g/kJ. Warum sind die Installation eines Kohlekessels und die Verwendung von Holz als Brennstoff zu bevorzugen?

Abbildung 8-11: Arbeitsblatt „Anthropogene CO<sub>2</sub>-Emission“

(C) Fotosynthese von Pflanzen

Die Schüler sollen an dieser offen gestalteten Experimentalstation auf der Grundlage einer naturwissenschaftlichen Fragestellung folgende experimentell zu überprüfende Hypothese aufstellen: „Wenn die Kohlenstoffdioxid-Konzentration steigt, steigt die Geschwindigkeit, mit der Pflanzen Kohlenstoffdioxid assimilieren.“ Mit den gegebenen Versuchsmaterialien (Wasserpestsprossen, 2 Lösungen mit unterschiedlicher Kohlenstoffdioxid-Konzentration, 400-W-Baustrahler u. a.) und einem vorstrukturierten Versuchsprotokoll sollen die Schüler dabei ei-

nen Versuchsablauf planen und durchführen. (verändert nach Metzner 1982, S. 227ff.) Leitfragen unterstützen die Versuchsplanung (vgl. Abbildung 8-12), z. B.: Was wird im Experiment verändert? Was darf im Experiment nicht verändert werden?

<u>Hypothese (Formuliere eine Vermutung!):</u>	
<u>Versuchsplanung (stichpunktartig):</u>	
a)	Was wird im Experiment gemessen?
b)	Was wird im Experiment verändert?
c)	Was darf im Experiment nicht verändert werden?
<u>Versuchsmaterial:</u>	
- Reflektorlampe (400 W)	- 0,05 %-ige NaHCO <sub>3</sub> -Lsg. ( $\triangleq c_{\text{CO}_2} = 0,6 \text{ mmol/L}$ )
- 1 kleiner Standzylinder	- 1,0 %-ige NaHCO <sub>3</sub> -Lsg. ( $\triangleq c_{\text{CO}_2} = 11,6 \text{ mmol/L}$ )
- 1 Becherglas	- Wasserpestsprossen
- Stoppuhr	
<u>Versuchsdurchführung/Beobachtung:</u>	
Beschreibe stichpunktartig dein Vorgehen und deine Beobachtungen!	

Abbildung 8-12: Auswertung „Fotosynthese von Pflanzen“ (Ausschnitt)

In diesem Versuch wird die Wärmestrahlung eines Baustrahlers durch ein mit Wasser gefülltes Becherglas gemindert, sodass die Wasserpestspresse, die sich in einem Messzylinder befindet und mit dem Stielende nach oben gerichtet ist, keinen allzu großen Hitzestress ausgesetzt wird (Abbildung 8-13). Als Indiz für die höhere Geschwindigkeit der Kohlenstoffdioxid-Assimilation gilt hier die höhere Anzahl von Luftbläschen pro Zeiteinheit am Stielende der Wasserpestspresse (Fotosynthese-Sauerstoffs). Bei der Verwendung der höher konzentrierten Natriumhydrogencarbonat-Lösung steigen mehr Bläschen pro Zeiteinheit auf.

Um den Versuch erfolgreich durchführen zu können, müssen die Schüler zunächst die bewusst manipulierte Variable (Konzentration der Natriumhydrogencarbonat-Lösung resp. die Kohlenstoffdioxid-Konzentration in der Lösung) von der gemessenen Variable (Anzahl der Bläschen pro Zeiteinheit) unterscheiden. Dadurch trägt der Versuch zur Förderung der Kompetenz „Identifizierung unabhängiger und abhängiger Variable“ bei (vgl. Kompetenzraster in Tabelle 6-3, S. 92).

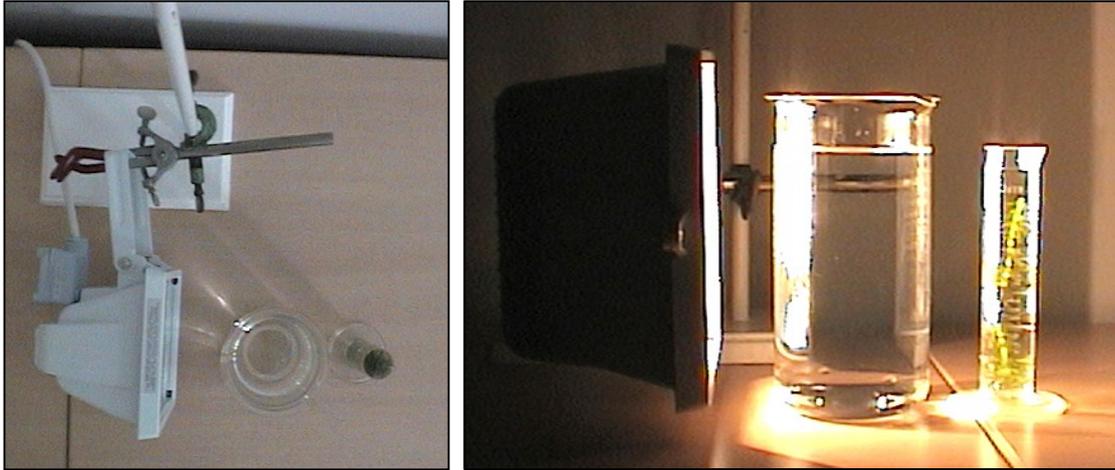


Abbildung 8-13: Aufbauansicht der Station „Fotosynthese von Pflanzen“ (links: von oben; recht: seitlich)

#### (D) Löslichkeit von CO<sub>2</sub> in Wasser

Schüler haben Kohlenstoffdioxid und dessen Derivate bereits im Fachunterricht kennengelernt. An dieser Experimentalstation können Schüler die Wasserlöslichkeit des Gases in Abhängigkeit seiner Konzentration (nach Lucius et al. 2005, S. 82) und der Wassertemperatur untersuchen. Als „CO<sub>2</sub>-Spender“ werden handelsübliche Brausetabletten verwendet und das entstehende Gas wird pneumatisch aufgefangen. Die gewonnenen Befunde können dann auf das Modell des globalen Kohlenstoffkreislaufes übertragen werden, sodass hier wesentliche Erkenntnisse zum Senkenverhalten des Oberflächenwassers der Ozeane gewonnen werden können. So nimmt mit steigender Temperatur die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid ab. Daneben führt eine Versauerung der Meere durch den Eintrag von Kohlenstoffdioxid zu einer geringeren Aufnahmekapazität dieser Kohlenstoffsénke.

Im Auswertungsteil werden weitere Kompetenzen aus dem Bereich des Erkennens naturwissenschaftlicher Fragestellungen gefördert. In einer Aufgabe soll geklärt werden, warum zwei Schüler einer anderen Klasse diesen Versuch mit Salzwasser wiederholt haben (vgl. Kompetenzraster in Tabelle 6-3, S. 92).

#### 8.2.5 Klimawandel

Dieser Abschnitt stellt das Thema Klimawandel in den Mittelpunkt und soll dazu dienen die wesentlichen Aspekte kennenzulernen. Dabei sollen der Unterschied zwischen Wetter und Klima sowie Folgen für Landökosysteme, Folgen für Eismassen und Ozeane, Klima und Extremwetterereignisse, Maßnahmen gegen den Klimawandel und Gegenstandspunkte erarbeitet werden.

### U 5.1 – Gruppenpuzzle zum Klimawandel

Über die kooperative Lernform des Gruppenpuzzles können die Schüler Inhalte zu den oben genannten Aspekten erarbeiten. Ziel ist die Erstellung eines Plakates zum Thema. Daneben sollen die Schüler einen dreiminütigen Vortrag zu ausgewählten Aspekten halten. In den Stammgruppen werden der Unterschied zwischen Wetter und Klima sowie die Ursachen des Klimawandels erarbeitet. Die Themen der Expertengruppen sind:

- (A) Folgen für Landökosysteme
- (B) Folgen für Eismassen und Ozeane
- (C) Klima und Extremwetterereignisse
- (D) Maßnahmen gegen den Klimawandel
- (E) optional: Gegenstandpunkte

Das Gruppenpuzzle ist konzipiert für Lerngruppen zwischen 16 und 25 Schülern. Zur Gruppenbildung können die Puzzlekarten verwendet werden, die dem Unterrichtsmaterial beigelegt wurden. Bei Lerngruppen mit ungleich 16, 20 oder 25 Schülern müssen unter Umständen Expertenthemen an zu große Stammgruppen doppelt vergeben werden oder Expertenthemen bei zu kleinen Stammgruppen weiter gekürzt werden. Die Durchführung des Gruppenpuzzles beansprucht ca. 4 bis 5 Unterrichtsstunden. Folgender Ablauf bietet sich für die Durchführung des Gruppenpuzzles an:

**Gruppierung:** In dieser Phase erfolgt die Gruppenbildung. Es sollte gegebenenfalls zuvor eine Erläuterung dieser kooperativen Methode erfolgen.

**Arbeit in Stammgruppen:** In den Stammgruppen machen sich die Schüler mit dem Arbeitsauftrag und dem Material vertraut. Die Schüler sollen zunächst Daten über die Veränderung der Luft- und Meerestemperatur interpretieren sowie sich mit den Begriffen „Wetter“ und „Klima“ vertraut machen. Da die Erarbeitung und Gestaltung des Plakates weiterführendes Wissen voraussetzt, wechseln die Schüler gemäß ihrer Puzzlekarte in eine Expertengruppe.

**Arbeit in Expertengruppen:** In den Expertengruppen erarbeiten die Schüler anhand des jeweiligen Informationsmaterials das Hintergrundwissen zu den jeweiligen Expertenthemen. Zur Unterstützung des Textverständnisses helfen Fragen die wichtigsten Informationen dem Text zu entnehmen (Beispiel siehe Abbildung 8-14).

**Arbeit in gemischten Gruppen:** Die Schüler informieren sich gegenseitig über ihre neu gewonnenen Erkenntnisse. Die Erkenntnisse der anderen Stammgruppenmitglieder werden stichpunktartig notiert. Danach soll ein Plakat entworfen werden, das Schüler anderer Klassen kurz,

übersichtlich und illustriert über die Ursache, Erscheinungen, Folgen und sinnvolle Gegenmaßnahme informiert.

### Expertengruppe B

Die Änderung der globalen Durchschnittstemperatur hat erhebliche Auswirkung auf Eismassen und Ozeane. In eurer Expertengruppe sollt ihr die Hintergrundinformationen zu den Folgen des Klimawandels auf die Ausdehnung von Eismassen und Ozeanen erarbeiten.

**Experten-Auftrag:**

1. Lest den Text.
2. Klärt folgende Fragen:
  - (a) Welchen Ursachen kommen für den Anstieg des Meeresspiegels infrage?
  - (b) Welche Folgen hat der Meeresspiegelanstieg?
  - (c) Welche stark bevölkerten Regionen der Erde, wären vom Meeresspiegelanstieg betroffen? Verwendet den Atlas.
3. Erfasst wesentliche Sachverhalte stichpunktartig in euren Heftern als Erinnerungshilfe, damit ihr eurer Expertenwissen an eure Stammgruppenmitglieder weitergeben könnt.

---

### Folgen für Eismassen & Ozeane



© Janine Grimmig / pixello

schmelzen von Eismassen zur Freilegung des darunter liegenden Gesteins, welches eine dunklere Oberfläche besitzt. Diese Oberflächen absorbieren mehr Sonnenstrahlung. Aber schmelzen die Gletscher und Polkappen nun nachweisbar? Leider lässt sich diese Frage nur teilweise beantworten. Es gibt viele Gletscher in den Alpen und vielen anderen Gegenden der Welt, die in den letzten Jahrzehnten deutlich schrumpften. Es gibt aber auch Gebirgsgletscher, die in den letzten Jahren gewachsen sind. Da der Großteil

Abbildung 8-14: Expertengruppen-Blatt „Folgen für Eismassen und Ozeane“ (Ausschnitt)



Abbildung 8-15: Plakat zum Klimawandel

### 8.2.6 Persönliche und institutionelle Maßnahmen

Im folgenden Abschnitt wird zur Bearbeitung der kontroversen Fragestellungen auf die in den vorangegangenen Abschnitten gewonnenen Kenntnisse zurückgegriffen. Im Mittelpunkt steht hier die Förderung von Bewertungs- und Handlungskompetenz. Dabei werden Beispiele zur Auseinandersetzung mit persönlichen und institutionellen Maßnahmen vorgestellt, die der Verstärkung des Treibhauseffektes und dem Klimawandel entgegenwirken können.

#### (1) Rollenspiel – „Kein Fleisch in der Schulmensa?!“

Mit diesem Rollenspiel sollen Schüler einerseits eine institutionelle Maßnahme kennenlernen, die dazu beiträgt, dem Treibhauseffekt und dem Klimawandel entgegenzuwirken. Andererseits sollen die Schüler erleben, dass sich Maßnahmen gegen den Klimawandel nie einfach durchsetzen lassen aufgrund vorprogrammierter Konflikte zwischen verschiedenen Interessengruppen. Dabei müssen die jeweiligen Standpunkte sachgerecht vertreten und auftretende Interessenkonflikte bewältigt werden, um das Problem einer Lösung zuführen zu können.

Das gewählte Rollenspiel „Kein Fleisch in der Schulmensa?!“ stammt von Eilks et al. (2011a, S. 147–159) „Der Klimawandel vor Gericht“ und ist im Aulis-Verlag erschienen. Bei diesem Rollenspiel handelt es sich um eine stark an der Lebenswelt der Schüler orientierte Einheit. Die Durchführung dauert zwei Unterrichtsstunden. Das Thema ist Programm einer Sitzung des Schulvorstandes. Auf der Sitzung wird im Zusammenhang mit der Neueröffnung der Schulmensa ein entsprechender Antrag eines Schülers aus der Schülerversammlung diskutiert, in der Mensa zukünftig auf das Angebot von Fleischprodukten zu verzichten: Es gibt insgesamt zehn Spielrollen. An der Sitzung nehmen teil: ein Schüler aus der Schülerversammlung, ein fleischliebender Schüler, zwei Lehrer, zwei Elternvertreter, ein lokaler Landwirt ein Ernährungsberater, ein Klimaexperte sowie ein Großküchenbetreiber.

#### (2) „Natürlich bin ich umweltbewusst!“ – Anspruch und Wirklichkeit von Umwelthandeln

Mithilfe verschiedener Erklärungsmodelle für die Diskrepanz zwischen Einstellung und Verhalten lernen die Schüler mögliche Gründe für den Widerspruch zwischen Anspruch und Wirklichkeit in Bezug auf das Umweltbewusstsein und Umweltverhalten von Menschen kennen. (Haenlein, Meschede & Sander 2007)

Die Inhalte des Angebots der Bundeszentrale für politische Bildung können arbeitsteilig in 4 verschiedenen Gruppen erarbeitet werden. Die Ergebnisse werden im Anschluss für einen kurzen Folienvortrag für die Mitschüler aufbereitet. So lernen die Schüler bereits wichtige Argumente für eine anschließende Diskussion kennen. In dieser Diskussion geht es um Beurteilung, welche Erklärung die Schüler am besten nachvollziehen können/für stichhaltig halten

und inwiefern sich diese u. U. hier selbst wiederfinden. Die Durchführung dauert drei Unterrichtsstunden. Folgende Erklärungsmodelle/Gruppenthemen stehen zur Verfügung:

- ökonomisches Verhaltensmodell: In Entscheidungssituationen werden grundsätzlich persönlicher Nutzen und Kosten gegeneinander abgewogen.
- kein unmittelbarer Handlungsdruck: In der eigenen "heilen Welt zu Hause" ist die Umwelt noch in Ordnung.
- Trittbrettfahrerverhalten: Umweltprobleme sind ein gesellschaftliches Dilemma. Die Umwelt ist ein öffentliches Gut, da man es bisher, ohne einen Preis zu entrichten, konsumieren kann.
- Lebensstil und Sozialprestige prägen auch das Konsumverhalten.

Die hier dokumentierte fächerübergreifende Unterrichtseinheit wurde nach einem problemorientierten-gesellschaftskritischen Ansatz konzipiert. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der fachlichen Klärung der biogeochemischen Zusammenhänge zum Klimawandel. Dabei wurde neben dem naturwissenschaftlichen Fachwissen insbesondere das Wissen über Naturwissenschaften als Metawissen mithilfe von theoretischen und experimentellen Lernaufgaben berücksichtigt. Um beurteilen zu können, inwieweit die Gestaltung dieser Lernaufgaben zur Förderung des Kompetenzbereiches *Erkennen naturwissenschaftlicher Fragestellungen* beiträgt, wurde die Erprobung dieses Materials durch eine Untersuchung des Kompetenzbereiches begleitet.

### 8.3 Begleituntersuchung

#### 8.3.1 Erprobung

Das Unterrichtsmaterial wurde zwischen September 2014 und Juni 2015 mit Unterstützung von 10 Lehrkräften, die das Thüringer Unterrichtsfach „Naturwissenschaft und Technik“ in Klassen der Jahrgangsstufen 9/10 der gymnasialen Sekundarstufe I unterrichten, erprobt und evaluiert. Die Standorte der Kooperationspartner befinden sich in Nord-, Mittel- und Ostthüringen (vgl. Tabelle 8-4). Damit die Durchführung der Erprobung an allen Standorten unter vergleichbaren Bedingungen durchgeführt werden konnte, wurden die Materialien in sogenannten „NWuT-Klimakisten“ zusammengestellt, die alle zur Durchführung erforderlichen Geräte und Chemikalien sowie alle Unterrichtsmaterialien in einem beigelegten Ordner beinhalten (Anhang 10, S. 218). Der Verband der Chemischen Industrie e. V. unterstützte dieses Projekt.

Tabelle 8-4: Standorte der Kooperationspartner und Zusammensetzung der Klassen (Erprobungsphase 9/2014 bis 7/2015)

Standorte	Schulen (staatlich)	Anzahl der Erprobungsklassen	Schüler der Erprobungsklassen	Schüler der Kontrollklassen
Heilbad Heiligenstadt	Gymnasium „Johann Georg Lingemann“	1	$N_{\text{Erprobung}} = 146$ $N_{\text{♂}} = 90$ $N_{\text{♀}} = 56$	$N_{\text{Kontrolle}} = 87$ $N_{\text{♂}} = 48$ $N_{\text{♀}} = 39$
Dingelstädt	Gymnasium „St. Josef“	2		
Weimar	Humboldtgymnasium	1		
Jena	Angergymnasium	1		
	Otto-Schott-Gymnasium	2		
Hermsdorf	Holzland-Gymnasium	1		
Pößneck	Gymnasium „Am Weißen Turm“	1		
Meuselwitz	Veit-Ludwig-von-Seckendorff-Gymnasium	1		

### 8.3.2 Untersuchungsdesign und Testinstrument

Zur Untersuchung der Wirksamkeit der curricularen Einheit bezüglich der Förderung des Kompetenzbereiches *Erkennen naturwissenschaftlicher Fragestellungen* wurde eine Begleituntersuchung im Prä-Post-Design durchgeführt. Dabei wurden die 13 zugehörigen Teilkompetenzen mithilfe von Testheften erhoben. Der erste Test wurde unmittelbar vor Beginn der Durchführung des Abschnittes 1 der curricularen Einheit durchgeführt. Da die Förderung des Kompetenzbereiches *Erkennen naturwissenschaftlicher Fragestellungen* in den Abschnitten 3 und 4 erfolgt, wurde der zweite Test unmittelbar nach der Erprobung von Abschnitt 4 durchgeführt (Abbildung 8-16). Zwischen den Testzeitpunkten lagen je nach Stundentafel der Erprobungsklassen 5 bis 7 Wochen. Schulorganisatorische Bedingungen (gesetzliche Feiertage und Schulveranstaltungen wie Wandertage etc.) führten zu den Abweichungen zwischen den Durchführungszeiträumen.

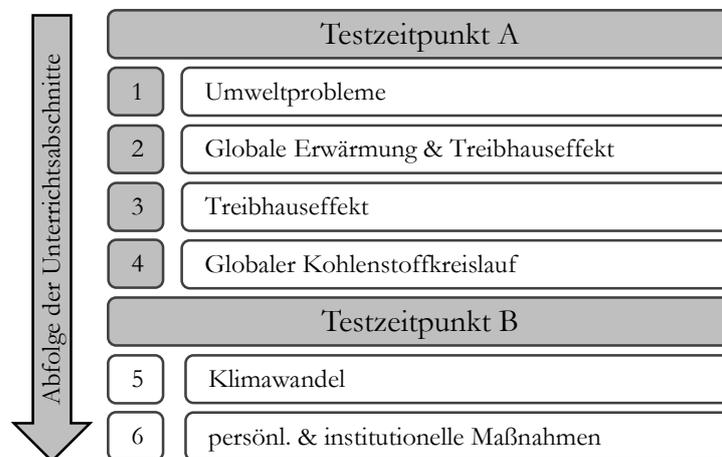


Abbildung 8-16: Testzeitpunkte der Begleituntersuchung

Aufgrund des geringen zeitlichen Abstandes zwischen den Messzeitpunkten wurden zwei verschiedene Testhefte entwickelt. Hiermit sollte ausgeschlossen werden, dass die Veränderung der gemessenen Kompetenzen auf die Erinnerungsleistung der Schüler zurückzuführen ist.

Die eingesetzten Testhefte (Anhang 11, S. 219) wurden nach den in Kapitel 6.1.2 erarbeiteten Kriterien konstruiert, die bereits der Erstellung des Testheftes zur Untersuchung der unterrichtspraktischen Umsetzung des Wahlpflichtfaches NWuT zugrunde gelegt wurden. Jedes Testheft enthält 13 Aufgaben. Für die Antwortfelder werden Single-Choice- und Multiple-Choice-Formate mit vier bis sechs Antwortmöglichkeiten, kompakte Binärformate und offene Antwortformate verwendet. Die Auswertung der Aufgabenlösungen orientiert sich an dem entwickelten Auswertungsmanual (Anhang 5, S. 155.). Die vollständig richtige Lösung einer jeden Aufgabe geht mit einer Bewertungseinheit (1 Punkt) in die Gesamtpunktzahl des Testergebnisses ein. Bei Items mit offenen Antwortformaten wird je nach Vollständigkeit der Lösung differenziert (0,5 Punkte und 1 Punkt).

Um auszuschließen, dass eine auftretende Verbesserung nicht auf eine Gewöhnung an das Testformat zurückgeht, wurde der Erprobungsgruppe ( $N_{\text{Erprobung}} = 146$ ) zu beiden Testzeitpunkten die gleiche Kontrollgruppe ( $N_{\text{Kontrolle}} = 87$ ) gegenübergestellt (vgl. Tabelle 8-5).

Tabelle 8-5: Design der Begleituntersuchung

Gruppe	Prä-Test	Intervention	Post-Test
1	x	x	x
2	x		x

Zur Gewährleistung der Durchführungsobjektivität verwendeten alle testdurchführenden Lehrpersonen das hierfür erstellte Durchführungsmanual (Anhang 6, S. 161). Zur Auswertung der Daten werden nur jene Fälle berücksichtigt, die zu beiden Zeitpunkten am Kompetenztest teilgenommen haben.

### 8.3.3 Ergebnisse

Die Auswertung der Daten der Begleituntersuchung erfolgt mithilfe von Gruppenvergleichen. Aufgrund großer Abweichungen zwischen den Gruppengrößen wird der Mann-Whitney-U-Test als nichtparametrisches Verfahren verwendet, bei dem Gruppenunterschiede erkannt werden, die auf einem Niveau von 0,05 oder geringer signifikant sind. Hinweise auf die Effektstärke sind durch den Betrag des Korrelationskoeffizienten  $\varphi$  gegeben. Dabei werden die

Daten für einen ersten Überblick auf Gruppenebene analysiert (Trendanalyse) und anschließend individuelle Prä-Post-Unterschiede aller Fälle berücksichtigt (Feinanalyse).

Die Schüler der Erprobungsklassen unterscheiden sich bereits zum ersten Testzeitpunkt erwartungsgemäß von den Schülern der Kontrollgruppe signifikant bei mittlerer Effektstärke (vgl. Abbildung 8-17). Die erzielte Gesamtpunktzahl im Kompetenztest nimmt für die Erprobungsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe zum zweiten Messzeitpunkt hin stärker zu. Dabei vergrößert sich die Effektstärke des Unterschieds zwischen diesen Gruppen um 0,018 ( $\varphi_{\text{Prä}} = 0,302$ ;  $\varphi_{\text{Post}} = 0,320$ ). Der hier gefundene Unterschied der Effektstärken ist aber als gering zu bezeichnen.

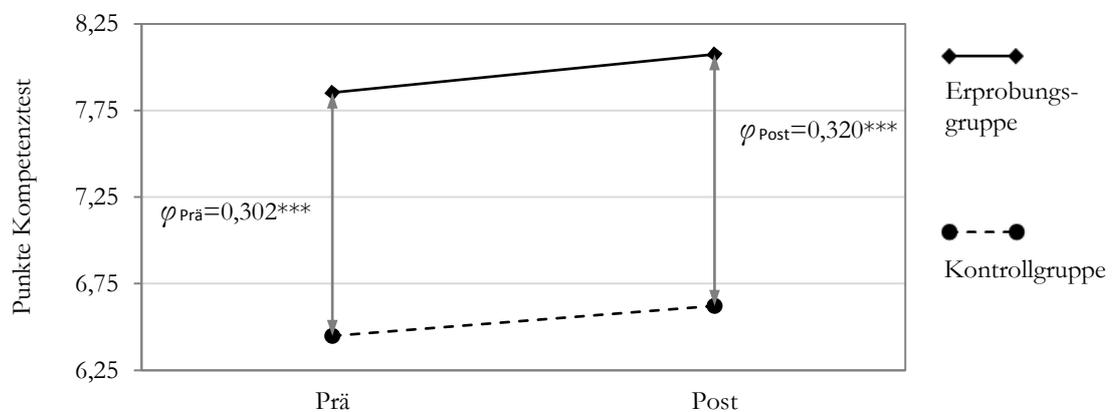


Abbildung 8-17: Prä-Post-Vergleich naturwissenschaftlicher Kompetenzen (maximale Gesamtpunktzahl  $GP_{\text{max}} = 13$ )

Diese Betrachtung liefert noch keinen eindeutigen Hinweis darauf, ob hier eine geringe Verbesserung bezüglich des untersuchten Kompetenzbereiches vorliegt, da individuelle Unterschiede noch nicht berücksichtigt sind. Hierzu werden für jeden Fall die Differenzen der erzielten Punktzahlen zwischen Prä- und Post-Test ermittelt und diese Paardifferenzen zwischen Erprobungs- und Kontrollgruppe mithilfe des *U*-Tests verglichen. Dabei zeigt sich, dass sich die Erprobungsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe hinsichtlich der Mittelwerte der individuellen Prä-Post-Unterschiede verbessern konnte ( $\bar{x}_{\text{Intervention}} = 0,22$ ;  $\bar{x}_{\text{Kontrolle}} = 0,17$ ), wobei hier kein signifikanter Unterschied relevanter Effektstärke gefunden wurde (vgl. Abbildung 8-18; alle Kompetenzbereiche). Eine nähere Analyse der Ergebnisse des Kompetenztests nach den einzelnen Kompetenzbereichen *NaWi-Fragestellungen*, *Messen von Variablen*, *unabhängige und abhängige Variable* sowie *Umgang mit Kontroll- und Störvariablen* zeigt, dass die oben beschriebene Verbesserung der Erprobungsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe auf die einzelnen Kompetenzbereiche ungleichmäßig verteilt ist (Abbildung 8-18).

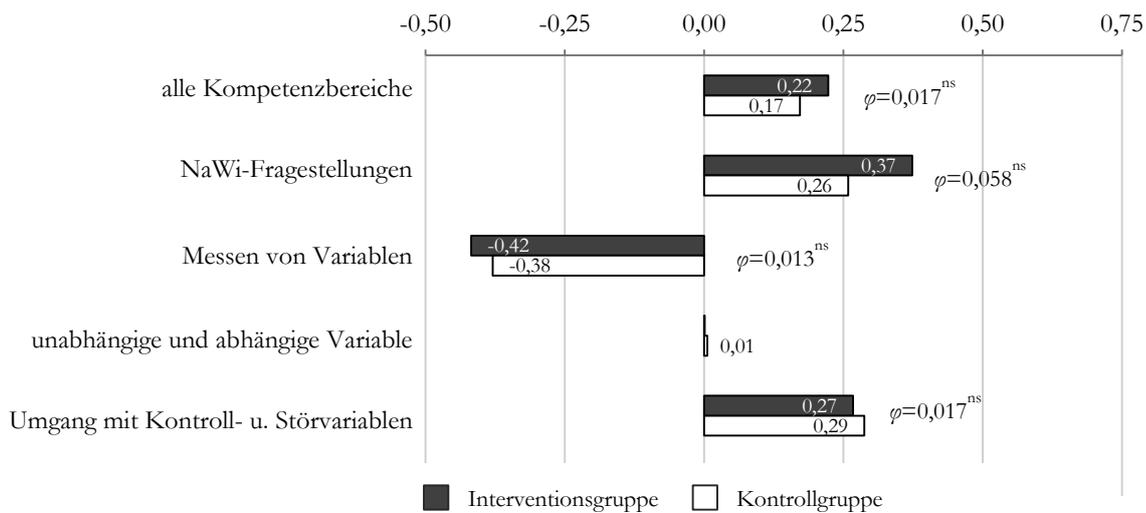


Abbildung 8-18: Vergleich der Mittelwerte der individuellen Prä-Post-Differenzen nach Versuchsgruppe differenziert

Im Kompetenzbereich *NaWi-Fragestellungen* verbesserten sich die Schüler der Erprobungsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe ( $\bar{x}_{\text{Intervention}} = 0,37$ ;  $\bar{x}_{\text{Kontrolle}} = 0,26$ ). Demgegenüber verringerten sich die erzielten Ergebnisse gegenüber der Kontrollgruppe im Bereich *Messen von Variablen* ( $\bar{x}_{\text{Intervention}} = -0,42$ ;  $\bar{x}_{\text{Kontrolle}} = -0,38$ ). Im Kompetenzbereich *Umgang mit Kontroll- und Störvariablen* konnten sich die Schüler der Erprobungsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe nicht verbessern ( $\bar{x}_{\text{Intervention}} = 0,27$ ;  $\bar{x}_{\text{Kontrolle}} = 0,29$ ). Insgesamt ist festzustellen, dass alle gefundenen Prä-Post-Unterschiede sehr gering ausfallen und keine signifikanten Unterschiede relevanter Effektstärke darstellen.

Bei den untersuchten Kompetenzbereichen geht es vor allem um die Identifikation von Sachverhalten, die sich auf naturwissenschaftlichem Wege klären lassen, sowie darum, die entscheidenden Merkmale einer naturwissenschaftlichen Untersuchung zu erkennen. Dabei kommt es insbesondere auf das Verständnis naturwissenschaftlicher Prozesse an (OECD 2007b, S. 92). Es wird davon ausgegangen, dass prozessbezogene Kompetenzen gegenüber inhaltsbezogenen Kompetenzen über einen weitaus längeren Zeitraum der Förderung bedürfen, um für das hier verwendete Testinstrument als überprüfbare Fähigkeiten hinreichend ausgeprägt zur Verfügung zu stehen. Die Dauer der Intervention betrug in den vorliegenden Fällen lediglich 8 bis 9 Unterrichtsstunden (Abschnitte 1 bis 3 der curricularen Einheit). Im Sinne einer liberalen Auslegung ist zu erwarten, dass eine gezielte Förderung dieser Kompetenzbereiche über einen längeren Zeitraum zu einer Verstärkung der Effektstärkeunterschiede führen würde und damit eine abschließende Überprüfung der Wirksamkeit der curricularen Einheit auf die untersuchten Kompetenzbereiche möglich wird. Im Sinne einer restriktiven Interpretation der Befunde sollte die Wirksamkeit aufgrund nicht-signifikanter Prä-Post-Unterschiede relevanter Effektstärke jedoch für alle Kompetenzbereiche angezweifelt werden.

## 9 Zusammenfassung und Ausblick

Ausgangspunkt dieser Arbeit ist die Implementierung von fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern in den höheren Jahrgangsstufen der Sekundarstufe I. Diese Unterrichtsfächer verfolgen u. a. einen integrativen Ansatz, in dem die Konzepte und Methoden der naturwissenschaftlichen Bezugsdisziplinen wechselseitig aufeinander bezogen werden.

Für diesen Bereich wurden seit 2002 in sieben Bundesländern bildungspolitisch Möglichkeiten zur Einführung von fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern geschaffen. Zwar liegen für die deutschen Bundesländer in der fachdidaktischen Publikationslandschaft zahlreiche Unterrichtsvorschläge vor, allerdings nur wenige wissenschaftliche Untersuchungen zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht. Dies betrifft einerseits empirischen Untersuchungen zur Wirksamkeit der unterrichtspraktischen Umsetzung. Hierfür liegen zwar drei bedeutende Studien vor, diese lassen jedoch keine Aussagen zum Einfluss dieser Unterrichtsfächer auf naturwissenschaftliche Kompetenzen in den höheren Jahrgangsstufen der Sekundarstufe I zu. Andererseits betrifft es auch Studien, die auf eine Anpassung der lehramtsbezogenen Ausbildungsabschnitte an ein sich änderndes schulisches Naturwissenschaftsangebot gerichtet sind. Mit bisher veröffentlichten Studien zur Lehrerperspektive können keine Aussagen zur Einstellung von Naturwissenschaftslehrkräften der gymnasialen Sekundarstufe I auf fächerübergreifenden Unterricht getroffen werden. Solche Befunde könnten aber herangezogen werden, um gegebenenfalls gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der lehramtsbezogenen Ausbildungssituation ergreifen zu können. Vor diesem Hintergrund werden mit der vorliegenden Arbeit zwei Forschungsfragen bearbeitet.

Erste Forschungsfrage: Inwieweit erhöht ein Schulfach für fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht in den höheren Jahrgangsstufen des Sekundarbereichs I die Kompetenzen zur Identifikation naturwissenschaftlicher Fragestellungen? Zur Bearbeitung dieser Forschungsfrage wurden naturwissenschaftliche Kompetenzen, das naturwissenschaftliche Interesse sowie Wahlmotive für das Thüringer Wahlpflichtfach „Naturwissenschaften und Technik“ (NWuT) von 349 Thüringer Gymnasialschülern der Jahrgangsstufe 8 und 10 im Rahmen einer replikativen Querschnittsuntersuchung erhoben (vgl. Kap. 5.1, S. 41). Für die Erhebung der naturwissenschaftlichen Kompetenzen wurde ein Testinstrument entwickelt, das sich an der Struktur der Sub-Skala *Identifikation naturwissenschaftlicher Fragestellungen* des PISA-Naturwissenschaftstests 2006 orientiert. Die Untersuchung ergab die nachfolgenden Befunde (vgl. Kap. 7.1, S. 59).

### *I. Naturwissenschaftliches Interesse*

Untersucht wurden das naturwissenschaftliche Fachinteresse und die naturwissenschaftliche Freizeitgestaltung. Für beide Interessensbereiche konnten vergleichbare Befunde nachgewiesen werden. Eine Vergleich der Schüler, die das Wahlpflichtfach NWuT belegen, mit Schülern, die sich für ein nicht-naturwissenschaftliches Wahlpflichtfach entschieden haben, zeigt für beide Jahrgangsstufen ein signifikant höheres naturwissenschaftliches Interesse und höhere naturwissenschaftliche Freizeitgestaltung. Demgegenüber zeigt der Vergleich der Jahrgangsstufen für jeweils beide Schülergruppen keine signifikanten Unterschiede. Die unterrichtspraktische Umsetzung des Wahlpflichtfaches NWuT zeigt somit keinen nachweisbaren Einfluss auf das naturwissenschaftliche Interesse.

### *II. Kompetenzen: Erkennen von naturwissenschaftlichen Fragestellungen*

In beiden Jahrgangsstufen unterscheiden sich NWuT-Schüler gegenüber der Vergleichsgruppe. Dabei zeigen die NWuT-Schüler am Ende der Jahrgangsstufe 8 ein signifikant höheres Testergebnis. Dieser Unterschied ist am Ende der Jahrgangsstufe 10 nicht mehr nachweisbar (kein relevanter Effekt). Ein Vergleich der Testergebnisse zwischen den Jahrgangsstufen zeigt für jeweils beide Schülergruppen signifikante Unterschiede jeweils zugunsten der Schüler der Jahrgangsstufe 10. Inwieweit diese Unterschiede der naturwissenschaftlichen Kompetenzen dem disziplinierten Unterricht (Biologie, Chemie, Physik) oder dem fächerergänzenden Unterricht (NWuT) zuzuschreiben ist, kann nicht abschließend geklärt werden, da NWuT-Schüler und Vergleichsgruppe bereits zum ersten Messzeitpunkt Unterschiede im untersuchten Kompetenzbereich zeigten. Für eine abschließende Bewertung sind weitere qualitative und quantitative Studien erforderlich.

### *III. Wahlmotive*

Untersucht wurde, welche Wahlmotive am Ende der Jahrgangsstufe 8 zur Entscheidung für das Wahlpflichtfach NWuT führen. Dabei wurden 8 Faktoren einbezogen, wie z. B. Wahlmotive, die auf ein späteres Studium oder eine spätere Ausbildung abzielen, Wahlmotive, die auf die thematische Ausrichtung des Wahlpflichtfaches ausgelegt sind, das Interesse an dem zurückliegenden naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht der Jahrgangsstufen 5 und 6 und die letzten Zeugnisnoten in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern. Es konnte gezeigt werden, dass Schüler, die das Fach NWuT gewählt haben, sich durch ein höheres Fachinteresse an dem zurückliegenden naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht auszeichnen und einen stärker ausgeprägten Berufswunsch im entsprechenden Fachbereich haben. Eine weiterführende Clusteranalyse zu den Wahlmotiven unter Einbezug des Merkmals Geschlecht zeigte für beide Geschlechter ähnliche Kompositionsmuster der Wahlmotive.

Neben der Untersuchung der unterrichtspraktischen Umsetzung des Wahlpflichtfaches NWuT wurde im Rahmen dieses Promotionsprojektes eine curriculare Einheit zum fächerübergreifenden Themenkomplex „Globale Umweltprobleme“ unter besonderer Berücksichtigung des Kompetenzbereichs *Erkennens naturwissenschaftlicher Fragestellungen* entwickelt, erprobt und evaluiert (vgl. Kap. 8.2, S. 96). Die Struktur der curricularen Einheit orientiert sich dabei an einem gesellschaftskritisch-problemorientierten Ansatz und berücksichtigt insbesondere die Themen Globale Erwärmung, Treibhauseffekt und Klimawandel. Die Einheit wurde in Zusammenarbeit mit 10 Lehrkräften des Thüringer Faches NWuT erprobt. Zur Untersuchung der Wirksamkeit der curricularen Einheit auf die Förderung der Kompetenzen im Bereich des *Erkennens naturwissenschaftlicher Fragestellungen* wurde eine Begleituntersuchung im Prä-Post-Design mit Kontrollgruppe durchgeführt. Dabei zeigten sich keine signifikanten Prä-Post-Unterschiede hinsichtlich des untersuchten Kompetenzbereiches. Es wird davon ausgegangen, dass die Interventionsdauer für diese prozessbezogenen Kompetenzen deutlich erhöht werden muss, damit diese Kompetenzen für das hier verwendete Testinstrument als überprüfbare Fähigkeiten hinreichend ausgeprägt zur Verfügung stehen.

Anknüpfend an die Untersuchung zur Wirksamkeit der unterrichtspraktischen Umsetzung von fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Curricula der höheren Jahrgangsstufen der Sekundarstufe I bestehen Desiderata hinsichtlich weiterer Interessensbereiche fort, wie z. B. der Einfluss auf das naturwissenschaftliche Situations- und Sachinteresse der Schüler. Daneben sollten Untersuchungen zur Wirksamkeit auf weitere Kompetenzbereiche ausgeweitet werden, wie etwa – angelehnt an die PISA-Rahmenkonzeption naturwissenschaftlicher Grundbildung 2006 – das Beschreiben, Erklären und Vorhersagen naturwissenschaftlicher Phänomene sowie die Nutzung naturwissenschaftlicher Evidenz zur Entscheidungsfindung. Neben diesen Desiderata, die auf eine Analyse der Wirksamkeit der unterrichtspraktischen Umsetzung von fächerübergreifenden Naturwissenschaftsfächern gerichtet sind, bleibt es eine wichtige Aufgabe der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung in den kommenden Jahren die Gelingensbedingungen fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts im Übergangsbereich zwischen naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht der Sekundarstufe I und der gymnasialen Oberstufe weiter zu untersuchen (ausführlich auch in Küster 2014, S. 110f.).

Zweite Forschungsfrage: Inwieweit beeinflussen Fächersozialisation, Erfahrungen, Überzeugungen und die pädagogische Selbstorganisation die Einstellung von naturwissenschaftlichen Lehrkräften gegenüber einem fächerübergreifenden Unterricht im Allgemeinen sowie im Speziellen gegenüber einem entsprechenden Wahlpflichtfach in den höheren Jahrgangsstufen? Zur Bearbeitung dieser Fragestellung wurde im Frühjahr 2014 eine landesweite Fragebogen-

studie durchgeführt, an der 324 Lehrkräfte des naturwissenschaftlichen Bereichs teilgenommen haben (vgl. Kap. 5.2, S. 43). Der hierfür entwickelte Fragebogen orientiert sich strukturell an den Ebenen der Schulentwicklungsforschung und erfasst u. a. die Lehrerperspektive zur Wirksamkeit von fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht hinsichtlich der Kompetenzentwicklung und Interessenförderung sowie zu selbstbezogenen Kompetenzüberzeugungen der Lehrkräfte und zur pädagogischen Selbstorganisation im naturwissenschaftlichen Schulkollegium. Dabei wurden drei Aspekte gefunden, die die Einstellung der Lehrpersonen beeinflussen können (vgl. Kap. 7.2, S. 78).

### *I. Praxiserfahrung mit naturwissenschaftlichem Anfangsunterricht*

Es konnte gezeigt werden, dass Lehrkräfte, die regelmäßig Erfahrungen mit naturwissenschaftlichem Anfangsunterricht machen, fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht im Allgemeinen eine höhere Wirksamkeit hinsichtlich der Interessenförderung und Kompetenzentwicklung zuschreiben. In diesem Zusammenhang befürworten diese Lehrkräfte das neue Wahlpflichtfach NWuT innerhalb des gymnasialen Bildungsganges stärker als Lehrkräfte mit unregelmäßiger Erfahrung. Diese zeigen zusätzlich eine stärkere Zustimmung, das Fach NWuT als Pflichtfach für alle Schüler umzusetzen. Hieraus kann abgeleitet werden, dass das fächerübergreifende Unterrichten auf einem didaktisch reduzierten Niveau die Kompetenzüberzeugung der Lehrkräfte und damit auch die Motivation fächerübergreifend zu unterrichten günstig beeinflusst, unter der Voraussetzung, dass diese Lehrkräften langfristig positive Effekte hinsichtlich der Interessen- und Kompetenzentwicklung der Lernenden feststellen.

### *II. Fächerkombination der Lehrpersonen*

Die Befunde zeigen, dass die Kombination der naturwissenschaftlichen Lehrbefähigungen der Lehrkräfte mit der Einstellung gegenüber fächerübergreifendem naturwissenschaftlichen Unterricht und dem Wahlpflicht NWuT zusammenhängt. So haben Chemie-Lehrkräfte mit bestimmten Fächerkombinationen eine positivere Einstellung als Mathematik-Physik-Lehrkräfte. Dieser Zusammenhang wurde auf eine geringere Affinität eines Physikstudiums zu den Inhalten eines fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterrichts zurückgeführt.

### *III. Pädagogische Selbstorganisation*

Aus den Ergebnissen einer Clusteranalyse zu den Einstellungsbereichen unter Einbezug der Sub-Skala zur pädagogischen Selbstorganisation wurde diskursiv abgeleitet, dass eine bessere pädagogische Selbstorganisation zu einer positiveren Einstellung gegenüber fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht führen und die Kompetenzüberzeu-

gungen der Lehrkräfte für das Wahlpflichtfach NWuT positiv beeinflussen kann. Die Kooperation zwischen naturwissenschaftlichen Lehrkräften im Schulkollegium umfasst neben gegenseitigen Hospitationen vor allem auch den Austausch von Unterrichtsmaterial, aber auch die Teilnahme an Lehrerfortbildungen fällt hierunter.

Man kann davon ausgehen, dass die Erwartungen von Lehrkräften hinsichtlich der Wirkung von fächerübergreifendem Unterricht Auswirkungen auf die Motivation, fächerübergreifend zu unterrichten, haben (Rothermund & Eder 2011, S. 84) und damit auch die Leistungsbereitschaft bedingen. Daher erscheint die Durchführung von Maßnahmen sinnvoll, die die Erwartung der Wirkung von fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht respektive die Einstellung hierzu positiv beeinflussen können. Darüber hinaus sind Maßnahmen sinnvoll, die die Kompetenzüberzeugung der Lehrkräfte positiv verändern können. Daher wird aus den Ergebnissen der hier vorgestellten Studie die Empfehlung folgender Maßnahmen abgeleitet, die den drei Ebenen der Schulentwicklungsforschung zugeordnet werden können:

(a) Mikroebene: *Erfahrungen leichter ermöglichen!*

Auf dieser Ebene von Schule, die den Unterricht und ihre Beteiligten selbst in den Fokus rückt, sollte es darum gehen, Naturwissenschaftslehrende frühzeitig Praxiserfahrung mit fächerübergreifendem Unterricht, insbesondere mit integriertem naturwissenschaftlichem Anfangsunterricht, zu ermöglichen. Es kann davon ausgegangen werden, dass Lehrkräfte fachfremde Inhalte der Jahrgangsstufen 5/6 leichter aufbereiten können als fachfremde Inhalte der höheren Jahrgangsstufen. Damit können unter geringerem Aufwand erste Erfahrungen ermöglicht werden, die einen Einfluss auf die Einstellung und selbstbezogenen Kompetenzüberzeugungen haben sollten.

(b) Mesoebene: *Kooperation in Kollegien unterstützen sowie Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen fördern!*

Auf dieser Ebene spielen schulinterne Abläufe eine wichtige Rolle. Hier kann die pädagogische Selbstorganisation durch die Stärkung von Strukturen gefördert werden, die eine(n) gegenseitige(n) Austausch/Kooperation innerhalb des Kollegiums ermöglichen. Aber auch das Angebot von bedarfsorientierten Fortbildungen und die Verbesserung der Freistellungspraxis für Fortbildungsveranstaltungen können einen positiven Beitrag leisten. Letzteres ist nur möglich, sofern den Schulen genügend naturwissenschaftliches Personal zur Verfügung steht. Die Forderung nach geeigneten Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen ist dabei keineswegs neu. Bereits Döriges (2001, S. 232) und Grasser (2010, S. 191) stellen diesen Mangel fest. Diese weisen darüber hinaus genau wie Bröll & Friedrich (2012, S. 185) auf eine Lücke zwischen der universitären Lehramtsausbildung und den fachlichen sowie fachdidaktischen Anforderungen hin, die ein fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht an Lehrpersonen stellt. Dieser Befund kann durch die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigt werden.

(c) Makroebene: *Lehrkräfte frühzeitig mitnehmen und Ausbildung anpassen!*

Auf dieser eher bildungssystematischen Ebene kann eine kleinschrittigere Implementation von fächerübergreifenden Inhalten in Schulcurricula bewirken, dass die Lehrenden als operative Akteure stärker, als es mit der Einführung des neuen Faches NWuT in Thüringen der Fall war, in den curricularen Entwicklungsprozess einbezogen werden. Daneben kann eine Anpassung des Profils der universitären Lehramtsausbildung an die veränderten naturwissenschaftlichen Lehrprofile der Schulen einen entscheidenden Beitrag zur Veränderung der Einstellungen zum fächerübergreifenden Unterricht in den höheren Jahrgangsstufen des Sekundarbereichs I leisten, aber auch zu einer Verbesserung der Kompetenzüberzeugungen der Lehrkräfte führen.

In Fortführung der vorliegenden Arbeit werden mit dem Forschungsprojekt „Naturwissenschaften integrativ“<sup>35</sup> der Arbeitsgruppe Chemiedidaktik der Friedrich-Schiller-Universität Jena Teilprojekte durchgeführt, die mittelfristig zu einer Anpassung der ersten und dritten Phase der Lehramtsausbildung an die abgeleiteten Bedarfe führen sollen. In diesen Teilprojekten werden disziplinübergreifende Studiengangsmodule und ein mehrsemestriger Weiterbildungsstudiengang entwickelt, erprobt und evaluiert, die jeweils zur Förderung der professionellen Handlungskompetenz von Lehrpersonen im fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Bereich beitragen.

---

<sup>35</sup> im Rahmen des BMBF-Projektes „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“.

## Literaturverzeichnis

- Aikenhead, G.S. (1994). What is STS teaching? In: Solomon, J. & Aikenhead, G.S. (Hrsg.), *STS education. International perspectives on reform*, New York: Teachers College Press, Columbia University, S. 47–59.
- Aikenhead, G.S. (2005). Research Into STS Science Education. *Educación Química*, 16 (1), S. 384–397.
- Altman, D.G. (1991). *Practical statistics for medical research*, London, New York: Chapman and Hall.
- Åström, M. (2007). *Integrated and subject-specific. An empirical exploration of science education in swedish compulsory schools*, Norrköping: Linköping University.
- Åström, M. & Karlsson, K.-G. (2007). Using hierarchical linear models to test differences in Swedish results from OECD's PISA 2003: integrated and subject-specific science education. *Nordic Studies in Science Education (NorDiNa)*, 3 (2), S. 121–131.
- Bank, V. & Heidecke, B. (2009). Gegenwind für PISA. Ein systematisierender Überblick über kritische Schriften zur internationalen Vergleichsmessung. *Vierteljahresschrift für wissenschaftliche Pädagogik*, 85 (3), S. 361–372.
- Baumert, J. (2000). *Schülerleistungen im internationalen Vergleich. Eine neue Rahmenkonzeption für die Erfassung von Wissen und Fähigkeiten*, Berlin: MPI für Bildungsforschung.
- Baumert, J. & Köller, O. (1998). Interest Research in Secondary Level I. An Overview. In: Hoffmann, L., Baumert, J., Krapp, A. & Renninger, K.A. (Hrsg.), *Interest and learning. Proceedings of the Secon Conference on Interest and Gender*, Kiel: IPN, S. 241–256.
- Baumert, J., Rainer, L. & Lehrke, M. (1997). *TIMSS. Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde*, Opladen: Leske & Budrich.
- Baumgartner, P. & Payr, S. (1997). Erfinden lernen. In: Müller, A., Müller, K.H. & Stadler, F. (Hrsg.), *Konstruktivismus und Kognitionswissenschaft. Kulturelle Wurzeln und Ergebnisse: Heinz von Förster gewidmet*, Wien, New York: Springer. [http://www.peter-baumgartner.at/material/article/erfinden\\_lernen.pdf](http://www.peter-baumgartner.at/material/article/erfinden_lernen.pdf) (26.3.2015), S. 89–106.
- 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.
- Blömer, D. (2011). *Topographie der Gesamtschule. zum Zusammenhang von Pädagogik und Raum*, Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

- Bortz, J. & Döring, N. (2002). *Forschungsmethoden und Evaluation. Für Human- und Sozialwissenschaftler*, Berlin: Springer.
- Bräuer, W., Kopp, O. & Rösch, R. (1999). *Ökonomische Aspekte internationaler Klimapolitik. Effizienzgewinne durch Joint Implementation mit China und Indien*, Heidelberg: Physica-Verlag HD.
- Bröll, L. & Friedrich, J. (2012). Zur Qualifikation der Lehrkräfte für den NWA-Unterricht. eine Bestandsaufnahme in Baden-Württemberg. *Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht*, 65 (3), S. 180–196.
- Bruning, J. (2005). Das protestantische Gelehrtenschulwesen im 18. Jahrhundert. Pietismus - Aufklärung - Neuhumanismus. In: Hammerstein, N. (Hrsg.), *Handbuch der deutschen Bildungsgeschichte. 18. Jahrhundert. Vom späten 17. Jahrhundert bis zur Neuordnung Deutschlands um 1800*, München: Beck, S. 278–323.
- Bühner, M. (2011). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*, München, Boston: Pearson Studium.
- Bühner, M. & Ziegler, M. (2009). *Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*, München: Pearson Studium.
- Bund-Länder-Kommission - BLK (1997). *Gutachten zur Vorbereitung des Programms "Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts"*, Bonn: BLK, Geschäftsstelle.
- Busch, M. (2010). *Kohlendioxid - ein Treibhausgas. Entwicklung, Erprobung und Bewertung eines Lernzirkels (unveröffentlichte Staatsexamensarbeit)*, Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Busch, M. & Woest, V. (in Druck). Potenzial und Grenzen von fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht. Empirische Befunde zur Lehrerperspektive. *MNU Journal*.
- Busch, M. & Woest, V. (2014). Potenzial und Grenzen von fächerübergreifendem NaWi-Unterricht. Lehrerperspektive. In: Bernholt, S. (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in München 2013*, Kiel: IPN, S. 423–425.
- Bybee, R.W. (1997). *Achieving scientific literacy. From purposes to practices*, Portsmouth, NH: Heinemann.
- Bybee, R.W. (2002). Scientific Literacy - Mythos oder Realität? In: Gräber, W., Nentwig, P., Koballa, T. & Evans, R. (Hrsg.), *Scientific Literacy*, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 21–43.

- CarboEurope & CarboOceane - Generaldirektion der gemeinsamen Forschungsstelle (2007). Eine Einführung zu den Fragen, Herausforderungen und Methoden der Forschung für CarboSchools-Projekte. [http://www.bgc-jena.mpg.de/service/pr/pmwiki/uploads/arbeitsmaterial/CarboSchools\\_bildschirm.pdf](http://www.bgc-jena.mpg.de/service/pr/pmwiki/uploads/arbeitsmaterial/CarboSchools_bildschirm.pdf) (29.2.2016).
- Chiu, T., Fang, D., Chen, J., Wang, Y. & Jeris, C. (2001). A robust and scalable clustering algorithm for mixed type attributes in large database environment. In: Provost, F., Srikant, R., Schkolnick, M. & Lee, D. (Hrsg.), *the seventh ACM SIGKDD international conference*, New York: ACM, S. 263–268.
- Christensen, C. (2002). Risky futures. Reflections on scientific literacy. *New Horizons in Education* (107), S. 12–42.
- COP - Conference of the Parties (2016). *Adoption of the Paris Agreement. Decision 1/CP.21*. <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf#page=2> (2.3.2016).
- CUNA-Autorengruppe - Curriculum Naturwissenschaft (1981). *Unterrichtsbeispiele zu Natur und Technik in der Sekundarstufe I. Ergebnisse aus dem Cuna-Programm*, Köln: Aulis-Verlag Deubner.
- DeBoer, G. (2000). Scientific Literacy. Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform. *Journal of research in science teaching*, 37 (6), S. 582–601.
- Deutscher Bildungsrat (1969). *Einrichtung von Schulversuchen mit Gesamtschulen*, Bonn: Bundesdruckerei.
- Dörger, U. (2010). Entwicklung der integrierten Gesamtschulen in Hessen. <http://www.ggg-bund.de/index.php/gesamtschulentwicklung/282-entwicklung-der-integrierten-gesamtschulen-in-hessen> (26.2.2016).
- Döriges, A. (2001). Erfahrungen mit dem integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht. *Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht*, 54 (4), S. 230–232.
- Drewek, P. (1994). Die Entwicklung des Bildungssystems in den Westzonen und in der Bundesrepublik von 1945/49 bis 1990. Strukturelle Kontinuität und Reformen, Bildungsexpansion und Systemprobleme. In: Müller, D.K. (Hrsg.), *Pädagogik, Erziehungswissenschaft, Bildung. Eine Einführung in das Studium*, Köln: Böhlau, S. 235–259.
- Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41 (6), S. 905–923.

- Eilks, I., Feierabend, T., Hößle, C., Höttecke, D., Menthe, J., Mroschen, M. & Oelgeklaus, H. (Hrsg.) (2011a). *Der Klimawandel vor Gericht. Materialien für den Fach- und Projektunterricht*, Hallbergmoos: Aulis-Verlag.
- Eilks, I., Hößle, C., Höttecke, D. & Menthe, J. (2011b). Der Klimawandel und die Bedeutung von Bewertungskompetenz für die gesellschaftliche Teilhabe und allgemeine Bildung. In: Eilks, I., Feierabend, T., Hößle, C., Höttecke, D., Menthe, J., Mroschen, M. & Oelgeklaus, H. (Hrsg.), *Der Klimawandel vor Gericht. Materialien für den Fach- und Projektunterricht*, Hallbergmoos: Aulis-Verlag, S. 7–16.
- EZD Bern - Erziehungsdirektion des Kantons Bern (1995). *Lehrplan für die Volksschule des Kantons Bern*. Berner Lehrmittel- und Medienverlag.  
[http://www.erz.be.ch/erz/de/index/kindergarten\\_volksschule/kindergarten\\_volksschule/informationen\\_fuereltern/lehrplaene/volksschule.assetref/dam/documents/ERZ/AKVB/de/03\\_Lehrplaene\\_Lehrmittel/lehrplaene\\_lehrmittel\\_vs\\_natur\\_mensch\\_mitwelt\\_nmm\\_d.pdf](http://www.erz.be.ch/erz/de/index/kindergarten_volksschule/kindergarten_volksschule/informationen_fuereltern/lehrplaene/volksschule.assetref/dam/documents/ERZ/AKVB/de/03_Lehrplaene_Lehrmittel/lehrplaene_lehrmittel_vs_natur_mensch_mitwelt_nmm_d.pdf) (15.11.2015).
- Feierabend, T. (2011). Ein Gruppen-Lernzirkel-Puzzle zu Kohlenstoffdioxid, Treibstoffen und Treibhauseffekt. In: Eilks, I., Feierabend, T., Hößle, C., Höttecke, D., Menthe, J., Mroschen, M. & Oelgeklaus, H. (Hrsg.), *Der Klimawandel vor Gericht. Materialien für den Fach- und Projektunterricht*, Hallbergmoos: Aulis-Verlag, S. 56–84.
- Fischler, H. (1978). Integrierter Unterricht in den Naturwissenschaften. In: Northemann, W. (Hrsg.), *Politisch-gesellschaftlicher Unterricht in der Bundesrepublik. Curricularer Stand u. Entwicklungstendenzen*, Opladen: Leske und Budrich, S. 287–300.
- Frankiewicz, H. (1979). *Polytechnische Bildung und Erziehung im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht in der allgemeinbildenden Schule der DDR und der UdSSR*, Berlin: Volkseigener Verlag.
- Freise, G., Buck, P. & Pukies, J. (1971). Plädoyer für einen Integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht. *betrifft: erziehung* (10), S. 32–38.
- Frey, K. & Häussler, P. (Hrsg.) (1973). *Integriertes Curriculum Naturwissenschaft. Theoretische Grundlagen und Ansätze*. Bericht über das 4. IPN-Symposium, Weinheim: Beltz.
- Full, R. (1999). "Spritzige" chemische Experimente: Chemie mit Einwegspritzen. Teil 12: Qualitative Elementaranalyse von Kohlenwasserstoffen. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 48 (5), S. 38–40.
- Göbel, R. (2012). Newtons Prismen und Goethes weiße Mitte. Ein Erfahrungsbericht aus dem experimentellen Nachvollzug. In: Kienzler, W. & Schlotter, S. (Hrsg.), *Logik und Geschichte. Beiträge aus Jena*: FSU Jena. <http://www.tabvlarasa.de/44/Goebel.php> (27.2.2015), S. 39–61.

- Goethe, J.W.v. (1810). *zur Farbenlehre*, Tübingen: Cotta'sche Verlagsbuchhandlung.
- Gräber, W. (1992). Untersuchungen zum Schülerinteresse an Chemie und Chemieunterricht. *Chemie in der Schule*, 39, S. 270–273.
- Gräber, W. (2002). Scientific Literacy. Naturwissenschaftliche Bildung in der Diskussion. In: Döbrich, P. (Hrsg.), *Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachtagung am 15. Dezember 1999*, Frankfurt am Main, S. 1–28.
- Grasser, A. (2010). *Integrierte Naturwissenschaft. Entwicklung, Erprobung und Evaluation eines Projektunterrichts*. Dissertation, Jena: Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Graube, G., Mammes, I. & Tuncsoy, M. (2013). Natur und Technik in der gymnasialen Orientierungsstufe. Zur Notwendigkeit eines interdisziplinären Ansatzes. *Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht*, 66 (3), S. 176–177.
- Grouven, U., Bender, R., Ziegler, A. & Lange, S. (2007). Der Kappa-Koeffizient. Statistik-Serie in der DMW. *Deutsche medizinische Wochenschrift*, 132, S. 65–68.
- Haan, d.G. & Böhme, U. (2005). Globaler Klimawandel, Emissionen und erneuerbare Energien. Materialien für die Sekundarstufe. [http://www.institutfutur.de/transfer-21/daten/materialien/tamaki/t1\\_klimawandel.pdf](http://www.institutfutur.de/transfer-21/daten/materialien/tamaki/t1_klimawandel.pdf) (1.3.2016).
- Haenlein, P., Meschede, A. & Sander, W. (2007). Umweltbewusstsein und Klimaschutz. <http://www.bpb.de/lernen/grafstat/134857/materialien-fuer-den-unterricht> (6.3.2016).
- Hammann, M., Jördens, J. & Schecker, H. (2014). Online-Zusatzmaterialien. Übereinstimmung zwischen Beurteilern: Cohens Kappa ( $\kappa$ ). In: Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*, Berlin, Heidelberg: Imprint: Springer Spektrum. <http://static.springer.com/sgw/documents/1426183/application/pdf/Cohens+Kappa.pdf> (16.12.2015), S. 1–5.
- Hartmann, D.L., Klein Tank, A., Rusticucci, M., Alexander, L.V., Brönnimann, S., Charabi, Y., Dentener, F.J., Dlugokencky, E.J., Easterling, D.R., Kaplan, A., Soden, B.J., Thorne, P.W., Wild, M. & Zhai, P.M. (2013). Observations: Atmosphere and Surface. In: Stocker, T., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P.M. (Hrsg.), *Climate change 2013. The physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, et al.: Cambridge University Press, S. 159–254.
- Häsig, P. (2009). *Fächerübergreifender Unterricht in der gymnasialen Oberstufe aus Sicht der Lehrenden. Eine qualitative Studie*, Kassel: Kassel Univ. Press.

- Hassenstein, B. & Becksmann, U. (1969). Unterrichtsziele im naturwissenschaftlichen Unterricht in der integrierten Gesamtschule. In: Deutscher Bildungsrat (Hrsg.), *Lernziele der Gesamtschule*, Stuttgart: Klett.
- Häußler, P. (1973). Bisherige Ansätze zu disziplinübergreifenden naturwissenschaftlichen Curricula. eine Übersicht. In: Frey, K. & Häußler, P. (Hrsg.), *Integriertes Curriculum Naturwissenschaft. Theoretische Grundlagen und Ansätze*. Bericht über das 4. IPN-Symposion, Weinheim: Beltz, S. 31–69.
- Häußler, P. & Hoffmann, L. (1998). Chancengleichheit für Mädchen im Physikunterricht. Ergebnisse eines erweiterten BLK-Modellversuchs. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4 (1), S. 51–67.
- Hiller-Ketterer, I. & Hiller, G.G. (1997). Fächerübergreifendes Lernen in didaktischer Perspektive. In: Duncker, L. & Popp, W. (Hrsg.), *Über Fachgrenzen hinaus. Chancen und Schwierigkeiten des fächerübergreifenden Lehrens und Lernens*, Heinsberg: Dieck, S. 166–195.
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik*, Kiel: IPN.
- Holtappels, H.G. (2005). Bildungsqualität und Schulentwicklung. In: Holtappels, H.G. (Hrsg.), *Schulentwicklung und Schulwirksamkeit. Systemsteuerung, Bildungschancen und Entwicklung der Schule : 30 Jahre Institut für Schulentwicklungsforschung*, Weinheim, München: Juventa-Verlag, S. 27–47.
- Hörner, W., Drinck, B. & Jobst, S. (2008). *Bildung, Erziehung, Sozialisation. Grundbegriffe der Erziehungswissenschaft*, Stuttgart: UTB.
- Huber, L. & Effe-Stumpf, G. (1994). Der fächerübergreifende Unterricht am Oberstufen-Kolleg. Versuch einer historischen Einordnung. In: Krause-Isermann, U. (Hrsg.), *Perspektivenwechsel. Beiträge zum fächerübergreifenden Unterricht für junge Erwachsenen*, Bielefeld: Red. AMBOS, Oberstufen-Kolleg. <https://pub.uni-bielefeld.de/download/1781690/2313427> (16.2.2015), S. 63–86.
- Hübinger, R. & Sumfleth, E. (2006). Mein Körper und ich auf Weltreise. Materialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht für die Klassen 5/6. [http://www.scheringstiftung.de/images/stories/pdf/060427\\_Lehrer.pdf](http://www.scheringstiftung.de/images/stories/pdf/060427_Lehrer.pdf) (9.11.2015).
- Hurd, P.D. (1958). Science Literacy. Its Meaning for American Schools. *Educational Leadership*, 16, S. 13-16, 52.

- IHK HE - Arbeitsgemeinschaft hessischer Industrie- und Handelskammern (2003). *Stärkung der frühen naturwissenschaftlichen Bildung an hessischen Schulen. Nachwuchs sichern für den Technologiestandort Hessen*. IHK Hessen, Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), Verband der Chemischen Industrie (VCI), Verein Deutscher Ingenieure (VDI).  
[http://www.ihk-hessen.de/pdf/hochschule\\_schule\\_forschung/Naturwissenschaften.pdf](http://www.ihk-hessen.de/pdf/hochschule_schule_forschung/Naturwissenschaften.pdf) (10.11.2015).
- Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften Kiel (Hrsg.) (1971). *IPN Symposium 1970 über Forschung und Entwicklung naturwissenschaftlicher Curricula*, Weinheim, Basel: Beltz.
- JHS - Joachim Herz Stiftung (o. J.). LEIFIphysik. Wärmetransport. Absorption der Temperaturstrahlung.  
<http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/waermetransport/versuche> (7.3.2016).
- Jürgensen, F. & Schieber, M. (2001). Zur Beliebtheit eines integrierten Fachs Naturwissenschaften. Bericht aus der Praxis. *Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht*, 54 (8), S. 489–496.
- Kauertz, A., Fischer, H.E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, S. 135–153.
- Kaufmann-Hayoz, R. & Di Giulio, A. (Hrsg.) (1996). *Umweltproblem Mensch. Humanwissenschaftliche Zugänge zu umweltverantwortlichem Handeln*, Bern: P. Haupt.
- Kim, H.H. (1992). Urban heat island. *International Journal of Remote Sensing*, 13 (12), S. 2319–2336.
- Klafki, W. (2007). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik*, Weinheim, Basel: Beltz.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E. & Vollmer, H.J. (2003). Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Expertise.  
[http://www.bmbf.de/pub/zur\\_entwicklung\\_nationaler\\_bildungsstandards.pdf](http://www.bmbf.de/pub/zur_entwicklung_nationaler_bildungsstandards.pdf) (26.2.2016).
- Klos, S. (2008). *Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. Der Einfluss eines integrierten Unterrichtskonzepts*, Berlin: Logos Verl.
- KM BW - Ministerium für Kultus, Jugend und Sport des Landes Baden-Württemberg (2004). *Bildungsplan 2004. Realschule*. <http://www.bildung-staerkt-menschen.de/service/downloads/Bildungsstandards/Rs> (10.1.2016).

- KMK - Kultusministerkonferenz (2005a). Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Beschluss vom 16.12.2004.  
[http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf) (7.3.2016).
- KMK - Kultusministerkonferenz (2005b). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Beschluss vom 16.12.2004.  
[http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf) (7.3.2016).
- KMK - Kultusministerkonferenz (2005c). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Beschluss vom 16.12.2004.  
[http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf) (7.3.2016).
- Köller, O. (2008). Bildungsstandards - Verfahren und Kriterien bei der Entwicklung von Messinstrumenten. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54 (2), S. 163–173.
- Kremer, A. & Stäudel, L. (1992). *Fächerübergreifender Unterricht Naturwissenschaft (FUN). Umwelt erkunden - Umwelt verstehen*. Arbeitskonzept zur Entwicklung eines Curriculums für die Jahrgänge 5 - 7. [http://www.staedel.de/schriften\\_LS/FUN/FUN%20-%20Arbeitskonzept.pdf](http://www.staedel.de/schriften_LS/FUN/FUN%20-%20Arbeitskonzept.pdf) (9.11.2015).
- Kremer, A. & Stäudel, L. (1997). Zum Stand des fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Bundesrepublik Deutschland. Eine vorläufige Bilanz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3 (3), S. 52–66.
- Küster, J.M. (2014). Integrierter Naturwissenschaftlicher Unterricht. Stand der Diskussion und Desiderate aus heutiger Sicht. *Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht*, 67 (2), S. 109–112.
- Kutschmann, W. (1999). *Naturwissenschaft und Bildung. Der Streit der "zwei Kulturen"*, Stuttgart: Klett-Cotta.
- Labudde, P. (2003). Fächer übergreifender Unterricht in und mit Physik: eine zu wenig genutzte Chance. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (PhyDid)*, 2, S. 48–66.
- Labudde, P. (2004). Fächerübergreifender Unterricht in Naturwissenschaften. 'Bausteine' für die Aus-und Weiterbildung von Lehrpersonen. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 22 (1), S. 54–67.

- Labudde, P. (2014). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht. Mythen, Definitionen, Fakten. In: Bernholt, S. (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in München 2013*, Kiel: IPN, S. 13–24.
- Lang, M. (1997). *Neue Wege für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Diskussionsbeitrag zur Evaluation der Praxis integrierter naturwissenschaftlicher Grundbildung (PING)*, Kiel: IPN.
- Lemmermöhle, D. (2004). Gender und Genderforschung als Herausforderung für die Professionalisierung von Lehrerinnen und Lehrern.  
[http://www.genderundschule.de/doc/doc\\_download.cfm?uuiid=9060171DC2975CC8ABB4F2F3AF9B4D26&&IRACER\\_AUTOLINK&&](http://www.genderundschule.de/doc/doc_download.cfm?uuiid=9060171DC2975CC8ABB4F2F3AF9B4D26&&IRACER_AUTOLINK&&) (16.2.2016).
- Lienert, G.A. & Raatz, U. (1994). *Testaufbau und Testanalyse*, Weinheim: Psychologie Verl.
- LIS BW - Landesinstitut für Schulentwicklung Baden-Württemberg (2014). *Bildungsplan 2004. Allgemein bildendes Gymnasium - Entwurf von Bildungsstandards für die Versuchsschulen. Naturwissenschaften und Technik (NwT-1)*. [http://www.bildung-staerkt-menschen.de/service/downloads/Bildungsstandards/Gym/Gym\\_NwT\\_profil\\_bs.pdf](http://www.bildung-staerkt-menschen.de/service/downloads/Bildungsstandards/Gym/Gym_NwT_profil_bs.pdf) (14.11.2015).
- Litt, T. (1959). *Naturwissenschaft und Menschenbildung. Dritte, verbesserte Auflage, erweitern um die Abhandlung: Philosophische Anthropologie und moderne Physik*, Heidelberg: Quelle & Meyer.
- Lucius, E.R., Bayrhuber, H., Peinert, R., Queisser, C., Parchmann, I., Schlüter, K. & Starke, K.-H. (2005). Der Kohlenstoffkreislauf. Begleittext für Lehrkräfte. [ftp://ftp.rz.uni-kiel.de/pub/ipn/SystemErde/09\\_Begleittext\\_oL.pdf](ftp://ftp.rz.uni-kiel.de/pub/ipn/SystemErde/09_Begleittext_oL.pdf) (1.3.2016).
- Marks, R. & Eilks, I. (2009). Promoting Scientific Literacy Using a Sociocritical and Problem-Oriented Approach to Chemistry Teaching: Concept, Examples, Experiences. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4 (3), S. 231–245.
- MBS BB - Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg (2002). *Rahmenlehrplan. Naturwissenschaften Wahlpflichtbereich. Sekundarstufe I*.  
[http://bildungserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/sekundarstufe\\_I/2002/Naturwissenschaften-RLP\\_Sek.I\\_2002\\_Brandenburg.pdf](http://bildungserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/sekundarstufe_I/2002/Naturwissenschaften-RLP_Sek.I_2002_Brandenburg.pdf) (14.11.2015).
- Melle, I., Parchmann, I. & Sumfleth, E. (2004). Kerncurriculum Chemie. *Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht*, 53 (3), S. 160–166.

- Menthe, J. (2006). *Urteilen im Chemieunterricht. Eine empirische Untersuchung über den Einfluss des Chemieunterrichts auf das Urteilen von Lernenden in Alltagsfragen*. Dissertation, Tönning, Marburg: Der Andere Verlag.
- Metzner, H. (1982). *Pflanzenphysiologische Versuche*, Stuttgart, New York: Fischer.
- MNU-Bundesverband - Verband zur Förderung des MINT-Unterrichts (2015). MNU-Standpunkt. 25.01.2015.  
[http://www.mnu.de/images/presse/Standpunkt\\_MNU\\_150125.pdf](http://www.mnu.de/images/presse/Standpunkt_MNU_150125.pdf) (26.2.2016).
- Mogalle, M. (2001). *Management transdisziplinärer Forschungsprozesse*, Basel: Birkhäuser.
- Möller, K. (2007). „Primary Science“ – ein internationaler Überblick. In: Höttecke, D. (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich*, Münster: LIT-Verlag, S. 98–121.
- Mroschen, M. & Höttecke, D. (2011a). Entstehung von natürlichem und anthropogenem Treibhauseffekt in einem Lernzirkel. In: Eilks, I., Feierabend, T., Höble, C., Höttecke, D., Menthe, J., Mroschen, M. & Oelgeklaus, H. (Hrsg.), *Der Klimawandel vor Gericht. Materialien für den Fach- und Projektunterricht*, Hallbergmoos: Aulis-Verlag, S. 85–98.
- Mroschen, M. & Höttecke, D. (2011b). Printmedien als Unterrichtseinstieg. In: Eilks, I., Feierabend, T., Höble, C., Höttecke, D., Menthe, J., Mroschen, M. & Oelgeklaus, H. (Hrsg.), *Der Klimawandel vor Gericht. Materialien für den Fach- und Projektunterricht*, Hallbergmoos: Aulis-Verlag, S. 37–38.
- Newton, I. (1730). *Opticksor, a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light*, London: William Innys.
- Niederer, H., Rhöneck, C.v., Duit, R. & Riquarts, K. (1974). *IPN Curriculum Physik. Unterrichtsmaterialien für die Orientierungsstufe*. Der elektronische Stromkreis, Stuttgart: Klett.
- NRC - National Research Council (1996). *National Science Education Standards*, Washington, D. C.: National Academic Press.
- OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development (2007a). PISA 2006. Beispielaufgaben aus dem Naturwissenschaftstest. [https://www.phil-fak.uni-duesseldorf.de/fileadmin/Redaktion/Institute/Sozialwissenschaften/BF/Lehre/SoSe2008/VL/PISA06\\_Science\\_Beispielaufgaben.pdf](https://www.phil-fak.uni-duesseldorf.de/fileadmin/Redaktion/Institute/Sozialwissenschaften/BF/Lehre/SoSe2008/VL/PISA06_Science_Beispielaufgaben.pdf) (18.12.2015).
- OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development (2007b). *PISA 2006 - Schulleistungen im internationalen Vergleich. Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von morgen*, Bielefeld: Bertelsmann.

- OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development (2009). Take the Test. Sample Questions from OECD's PISA Assessments.  
<http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Take%20the%20test%20e%20book.pdf>  
(18.12.2015).
- OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development (2013). PISA 2015 draft science framework.  
<http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf> (1.12.2015).
- Oelkers, J. (1997). How to Define and Justify Scientific Literacy for Everyone? In: Gräber, W. & Bolte, C. (Hrsg.), *Scientific Literacy*, Kiel: IPN, S. 87–101.
- Osborne, J. (2010). Science for citizenship. In: Osborne, J. & Dillon, J. (Hrsg.), *Good practice in science teaching. What research has to say*, Maidenhead, England, New York: Open University Press, S. 46–67.
- Parchmann, I., Demuth, R., Ralle, B., Paschmann, A. & Huntemann, H. (2001). Chemie im Kontext - Begründung und Realisierung eines Lernens in sinnstiftenden Kontexten. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule* (50), S. 2–7.
- Pedretti, E. & Little, C. (2008). *From engagement to empowerment. Reflections on science education in Ontario*, Toronto: Pearson Education Canada.
- Picht, G. (1964). *Die deutsche Bildungskatastrophe. Analyse und Dokumentation*, Freiburg im Breisgau: Walter-Verlag.
- PINC - Projektgruppe Integriertes Naturwissenschaftliches Curriculum (1978). *Natur und Produktion im Unterricht. Biologie, Chemie, Physik in der Sekundarstufe I*, Weinheim: Beltz.
- Popp, W. (1997). Die Spezialisierung der Zusammenhänge als regulatives Prinzip der Didaktik. In: Duncker, L. & Popp, W. (Hrsg.), *Über Fachgrenzen hinaus. Chancen und Schwierigkeiten des fächerübergreifenden Lehrens und Lernens*, Heinsberg: Dieck, S. 135–154.
- Prenzel, M. (2002). Naturwissenschaftlicher Fachunterricht. In: GDNÄ-Bildungskommission (Hrsg.), *Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften. Denkschrift der GDNÄ-Bildungskommission*. mit Ergänzungen aus 2007. [http://www.gdnae.de/wp-content/uploads/2015/02/Denkschrift201Paket\\_EBook.pdf](http://www.gdnae.de/wp-content/uploads/2015/02/Denkschrift201Paket_EBook.pdf) (7.3.2016), S. 21–24.
- Rasch, B., Hofmann, W., Friese, M. & Naumann, E. (2010). *Quantitative Methoden. Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- Rehm, M., Bündler, W., Haas, T., Buck, P., Labudde, P., Brovelli, D., Østergaard, E., Rittersbacher, C., Wilhelm, M., Genseberger, R. & Svoboda, G. (2008). Legitimationen und Fundamente eines integrierten Unterrichtsfachs Science. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, S. 99–124.
- Reinhold, P. & Bündler, W. (2001). Stichwort: Fächerübergreifender Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 4 (3), S. 333–357.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (2001). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In: Krapp, A. & Weidenmann, B. (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch*, Weinheim: Beltz, Psychologie Verlags Union, S. 601–646.
- Renkl, A. (2014). Lernaufgaben zum Erwerb prinzipienbasierter Fertigkeiten. Lernende nicht aktivieren, sondern aufs Wesentliche fokussieren. In: Ralle, B., Prediger, S., Hammann, M. & Rothgangel, M. (Hrsg.), *Lernaufgaben entwickeln, bearbeiten und überprüfen. Ergebnisse und Perspektiven fachdidaktischer Forschung*, Münster, Westf: Waxmann, S. 12–22.
- Renz, W., Kirch, J., Kaiser, B. & Hoffmann, W. (2012). Einführung in den kompetenzorientierten Biologie-Unterricht. [http://www.transfer-21-hh.de/downloads/LI\\_HH\\_Dokumentation\\_bik\\_2012.pdf](http://www.transfer-21-hh.de/downloads/LI_HH_Dokumentation_bik_2012.pdf) (18.12.2015).
- Rösch, R. (2006). *Förderung des Interesses an Naturwissenschaft und Technik. Entwicklung, Erprobung und Evaluation eines Gesamtkonzeptes für das allgemein bildende Gymnasium in Zusammenarbeit von Schule und Wirtschaft*. Inauguraldissertation. Erziehungswissenschaftliche Fakultät der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. <https://opus4.kobv.de/opus4-fau/files/276/RomanRoeschDissertation.pdf> (7.3.2016).
- Rost, J. (2005). Messung von Kompetenzen Globalen Lernens. *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 28 (2).
- Rothermund, K. & Eder, A.B. (2011). *Allgemeine Psychologie. Motivation und Emotion*, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Schecker, H. (2014). Online-Zusatzmaterialien. Überprüfung der Konsistenz von Itemgruppen mit Cronbachs alpha. <http://static.springer.com/sgw/documents/1426184/application/pdf/Cronbach+Alpha.pdf> (20.11.2015). In: Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*, Berlin, Heidelberg: Imprint: Springer Spektrum, S. 1–7.

- Schecker, H., Bethge, T., Breuer, E., Dwingelo-Lütten, R.v., Graf, H.-U., Gropengießer, I. & Langensiepen, B. (1996). Naturwissenschaftlicher Unterricht im Kontext allgemeiner Bildung. *Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht*, 49 (8), S. 488–492.
- Schecker, H. & Winter, B. (2000). *Modellversuch im Bildungswesen. Berufsorientierung und Schlüsselprobleme im fachübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht der gymnasialen Oberstufe*. Schulzentrum des Sekundarbereichs II Bremen/Institut für Didaktik der Physik Bremen.
- Schiepe-Tiska, A., Schöps, K., Rönnebeck, S., Köller, O. & Prenzel, M. (2013). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2012. Ergebnisse und Herausford. In: Prenzel, M. (Hrsg.), *PISA 2012. Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland*, Münster: Waxmann, S. 189–215.
- Schneider, S.H. (1989). Veränderungen des Klimas. *Spektrum der Wissenschaft*, 12 (11), S. 70–79.
- SchoolCO2web - Ein Projekt von CarboSchools (2013). SchoolCO2web. <http://www.carboeurope.org/education/schoolsweb.php> (16.9.2013).
- Seinfeld, J.H. & Pandis, S.N. (2006). *Atmospheric chemistry and physics. From air pollution to climate change*, Hoboken, N.J.: Wiley.
- SSK - Sächsisches Staatsministerium für Kultus (2009). *Lehrplan Gymnasium. Naturwissenschaftliches Profil*. [http://www.schule.sachsen.de/lpdb/web/downloads/lp\\_gy\\_naturwissenschaftliches\\_profil\\_2009.pdf](http://www.schule.sachsen.de/lpdb/web/downloads/lp_gy_naturwissenschaftliches_profil_2009.pdf) (14.11.2015).
- Stäudel, L. (2012). Naturwissenschaftlicher Anfangsunterricht. Die Situation in den Bundesländern. <http://www.staedel.de/ressourcen/NAWI/Naturwissenschaftlicher%20Anfangsunterricht%20Laenderuebersicht.pdf> (9.2.2015).
- Stäudel, L. & Kremer, A. (1992). Den Gegenständen wieder Gestalt geben. Von der Umwelterziehung zum umweltverträglichen naturwissenschaftlichen Unterricht. *Pädagogik Extra*, 20 (9), S. 5–10.
- Stäudel, L. & Rehm, M. (2012). Naturwissenschaftlicher Anfangsunterricht. Wurzeln, Konzepte, Perspektiven. *Unterricht Chemie* (130/131), S. 2–12.
- Struyf, A., Hubert, M. & Rousseeuw, P. (1996). Clustering in an Object-Oriented Environment. *Journal of Statistical Software*, 1 (4).

- Stübig, F., Ludwig, P., Bosse, D., Gessner, E. & Lorberg, F. (2006). *Bestandsaufnahme zur Praxis fächerübergreifenden Unterrichts in der gymnasialen Oberstufe im Bundesland Hessen*, Kassel: Kassel Univ. Press.
- Terzer, E., Hartig, J. & Upmeyer zu Belzen, A. (2013). Systematische Konstruktion eines Tests zu Modellkompetenz im Biologieunterricht unter Berücksichtigung von Gütekriterien. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19.
- Thomas, H. (1969). Probleme der Differenzierung in Gesamtschulen im internationalen Vergleich. In: Deutscher Bildungsrat (Hrsg.), *Lernziele der Gesamtschule*, Stuttgart: Klett, S. 91–124.
- TMBJS - Thüringer Ministerium für Bildung, Jugend und Sport (2015a). *Lehrplan für den Erwerb der allgemeinen Hochschulreife. Mensch-Natur-Technik*. [https://www.schulportal-thueringen.de/tip/resources/medien/14011?dateiname=Lehrplan\\_MNT\\_Gy\\_24\\_02\\_2015.pdf](https://www.schulportal-thueringen.de/tip/resources/medien/14011?dateiname=Lehrplan_MNT_Gy_24_02_2015.pdf) (25.11.2015).
- TMBJS - Thüringer Ministerium für Bildung, Jugend und Sport (2015b). *Lehrplan für die Grundschule und für die Förderschule mit dem Bildungsgang Grundschule. Heimat- und Sachkunde 2015*. [https://www.schulportal-thueringen.de/tip/resources/medien/13947?dateiname=lp\\_HSK\\_2015.pdf](https://www.schulportal-thueringen.de/tip/resources/medien/13947?dateiname=lp_HSK_2015.pdf) (19.2.2015).
- TMBWK-Statistik - Statistikstelle des Thüringer Ministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur (2014). Lehrer Bio Chem Phys GY. E-Mail nach Anfrage der Arbeitsgruppe Chemiedidaktik der Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- TMBWK - Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (2013). *Lehrplan für den Erwerb der allgemeinen Hochschulreife. Wahlpflichtfach. Naturwissenschaften und Technik. Erprobungsfassung*. [https://www.schulportal-thueringen.de/tip/resources/medien/22300?dateiname=Neu\\_LP\\_WPF\\_NWuT\\_GY\\_18\\_06\\_2013\\_TMBWK\\_End\\_Fsg.pdf](https://www.schulportal-thueringen.de/tip/resources/medien/22300?dateiname=Neu_LP_WPF_NWuT_GY_18_06_2013_TMBWK_End_Fsg.pdf) (20.2.2015).
- Tortora, G.J., Funke, B.R. & Case, C.L. (2014). *Microbiology. An introduction*, Boston et al.: Pearson.
- Wagenschein, M. (1956). Zum Begriff des Exemplarischen Lehrens. Digitaler Nachdruck des Wagenschein-Archivs. <http://www.martin-wagenschein.de/Altbau/en/Archiv/W-128.pdf> (20.2.2015).
- WBGU - Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2014). *Klimaschutz als Weltbürgerbewegung. Sondergutachten*, Berlin: Wissenschaftlicher Beirat d. Bundesregierung Globale Umweltveränderungen.

- Weinert, F.E. (2002). *Leistungsmessungen in Schulen*, Weinheim: Beltz-Verl.
- Widmer Märki, I. (2011). *Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht: Umsetzung und Beurteilung von Schülerleistungen im Gymnasium*. Inauguraldissertation, Basel: Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel.
- Winthur, A.A. & Volk, T.L. (1994). Comparing Achievement of Inner-City High School Students in Traditional versus STS-Based Chemistry Courses. *Journal of Chemical Education*, 71 (6), S. 501–505.
- Woest, V. (2004). Aufgabenformate. *Unterricht Chemie*, 15 (82/83), S. 157–163.
- Yager, R.E. & Weld, J.D. (1999). Scope, sequence and coordination: The Iowa Project, a national reform effort in the USA. *International Journal of Science Education*, 21 (2), S. 169–194.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Fokus der Forschungsfragen auf Unterrichtsebene.....	3
Abbildung 2-1:	Typologie nach curricularer Systematisierung .....	6
Abbildung 2-2:	Darstellung zur Erklärung des weißen Keils nach Newton.....	9
Abbildung 2-3:	Konzept des STS-E Ansatzes .....	18
Abbildung 2-4:	Wahrgenommenes Unterrichtsangebot, Interesse und gesellschaftliche Erwünschtheit verschiedener Kontexte physikalischer Bildung .....	23
Abbildung 2-5:	Fächer des fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterrichts – Situation der Bundesländer nach Schulform und Jahrgangsstufen .....	24
Abbildung 3-1:	PISA-Rahmenkonzeption naturwissenschaftlicher Grundbildung .....	29
Abbildung 3-2:	Versuchsaufbau zur Untersuchung der Fotosynthesegeschwindigkeit in Abhängigkeit von abiotischen Faktoren .....	32
Abbildung 4-1:	Quasi-experimentelles Untersuchungsdesign nach Klos (2008, S. 48) .....	35
Abbildung 5-1:	Untersuchungsdesign. Darstellung der naturwissenschaftlichen Fächer und Jahrgangsstufen.....	43
Abbildung 6-1:	Histogramm der Hauptstudien-Daten der Grundgesamtheit (Gesamtpunktzahl) und Normalverteilungskurve .....	54
Abbildung 6-2:	Generierte Items nach den Feldern der Schulentwicklungsforschung .....	56
Abbildung 7-1:	Struktur und Abweichung.....	60
Abbildung 7-2:	Gewählte Wahlpflichtfächer.....	60
Abbildung 7-3:	Querschnittsvergleich Fachinteresse nach Wahlpflichtfach differenziert .....	61
Abbildung 7-4:	Querschnittsvergleich Fachinteresse nach Wahlpflichtfach und Geschlecht differenziert .....	62
Abbildung 7-5:	Querschnittsvergleich Freizeitgestaltung nach Wahlpflichtfach.....	63
Abbildung 7-6:	Querschnittsvergleich Freizeitgestaltung nach Wahlpflichtfach und Geschlecht differenziert .....	64
Abbildung 7-7:	Boxplot zu Ergebnissen des Kompetenztests nach Klasse .....	65

---

Abbildung 7-8:	Querschnittsvergleich naturwissenschaftliche Kompetenzen nach Wahlpflichtfach differenziert .....	66
Abbildung 7-9:	Gruppenvergleich der NWuT-Schüler der Jahrgangsstufe 8 und 10 nach Punkten in den Kompetenzbereichen.....	67
Abbildung 7-10:	Gruppenvergleich der Jahrgangsstufe 10 von NWuT-Schülern und Schülern ohne naturwissenschaftliches Wahlpflichtfach nach Punkten in den Kompetenzbereichen .....	67
Abbildung 7-11:	Querschnittsvergleich naturwissenschaftliche Kompetenzen nach Wahlpflichtfach und Geschlecht differenziert .....	68
Abbildung 7-12:	Gruppenvergleich von NWuT-Schülern der Jahrgangsstufe 10 nach Vollständigkeit der Lehrbefähigungen der am Unterricht beteiligten NWuT-Lehrer .....	69
Abbildung 7-13:	Gruppenvergleich von NWuT-Schülern und Schülern ohne naturwissenschaftliches Wahlpflichtfach nach direkten Wahlmotiven.....	70
Abbildung 7-14:	Gruppenvergleich von NWuT-Schülern und Schülern ohne naturwissenschaftliches Wahlpflichtfach nach indirekten Wahlmotiven ..	71
Abbildung 7-15:	Ergebnisse der Clusteranalyse zur Schülerbefragung .....	73
Abbildung 7-16:	Struktur und Abweichung .....	78
Abbildung 7-17:	Allgemeine Zustimmungsstruktur.....	79
Abbildung 7-18:	Einstellung im Gruppenvergleich nach Erfahrung mit naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht .....	81
Abbildung 7-19:	Einstellung im Gruppenvergleich nach Fächerkombination .....	82
Abbildung 7-20:	Ergebnisse der Clusteranalyse zur Lehrerbefragung .....	84
Abbildung 8-1:	Vorder- und Rückseiten der Metaplankarten für Jeopardy.....	98
Abbildung 8-2:	Ergebnis des Brainstormings einer Erprobung .....	100
Abbildung 8-3:	Spiegel-Titelbilder .....	101
Abbildung 8-4:	Zustandekommen des Treibhauseffektes im Modell System Erde .....	102
Abbildung 8-5:	Modell des Treibhauseffektes und Zuordnung der Stationen.....	103
Abbildung 8-6:	Versuch zu Treibhausgasen .....	105
Abbildung 8-7:	Stationsblatt „Absorption von Wärmestrahlung an Oberflächen“.....	106

Abbildung 8-8:	vereinfachtes Modell des globalen Kohlestoffkreislaufes .....	107
Abbildung 8-9:	Modell des Kohlenstoffkreislaufs und Zuordnung der Stationen .....	108
Abbildung 8-10:	Stationsblatt „Atmosphärische Aufgaben“ .....	109
Abbildung 8-11:	Arbeitsblatt „Anthropogene CO <sub>2</sub> -Emission“ .....	110
Abbildung 8-12:	Auswertung „Fotosynthese von Pflanzen“ .....	111
Abbildung 8-13:	Aufbauansicht der Station „Fotosynthese von Pflanzen“ .....	112
Abbildung 8-14:	Expertengruppen-Blatt „Folgen für Eismassen und Ozeane“ .....	114
Abbildung 8-15:	Plakat zum Klimawandel .....	114
Abbildung 8-16:	Testzeitpunkte der Begleituntersuchung .....	117
Abbildung 8-17:	Prä-Post-Vergleich naturwissenschaftlicher Kompetenzen .....	119
Abbildung 8-18:	Vergleich der Mittelwerte der individuellen Prä-Post-Differenzen nach Versuchsgruppe differenziert .....	120

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Organisationsformen fächerübergreifenden Unterrichts.....	5
Tabelle 2-2: Didaktische Konzepte zur Integration der Informationen traditioneller Disziplinen.....	16
Tabelle 2-3: Auswahl von FUN-Themenbausteinen und lebensweltlichen Aspekten.....	20
Tabelle 2-4: Auswahl an PING-Unterrichtsthemen nach Jahrgangsstufen.....	21
Tabelle 3-1: Kompetenzbereiche der Skala Erkennen von naturwissenschaftlichen Fragestellungen .....	31
Tabelle 4-1: Übersicht der Studien zur Lehrerperspektive.....	38
Tabelle 6-1: Bereiche der naturwissenschaftlichen Freizeitgestaltung.....	47
Tabelle 6-2: Reliabilität $\alpha$ der Faktoren des Schülerfragebogens.....	48
Tabelle 6-3: Raster zur Operationalisierung der Kompetenzen Erkennen naturwissenschaftlicher Fragestellungen .....	50
Tabelle 6-4: Itemschwierigkeit $p_{IS}$ der Items .....	51
Tabelle 6-5: Verbale Beschreibung des Koeffizienten $\kappa$ .....	52
Tabelle 6-6: Verbale Beschreibung des Signifikanzniveaus $p$ .....	55
Tabelle 6-7: Verbale Beschreibung des Korrelationskoeffizienten $\varphi$ .....	55
Tabelle 6-8: Reliabilität der gesamten Testanlage sowie der drei gebildeten Skalen.....	57
Tabelle 6-9: Ergebnis der rotierten Ladungsmatrix nach SPSS-Prozedur VARIMAX-Rotation.....	58
Tabelle 7-1: Wahlmotive.....	69
Tabelle 7-2: Gruppenvergleich weiblicher und männlicher Schüler nach Wahlmotiven.....	72
Tabelle 7-3: Absolute und relative Häufigkeit von Fächerkombinationen in Grundgesamtheit und Rücklauf.....	79
Tabelle 8-1: Kompetenzen und unterstützende Fähigkeiten einer Bildung für nachhaltige Entwicklung.....	91
Tabelle 8-2: 4-Säulen-Modell des gesellschaftskritisch-problemorientierten Chemie- und Naturwissenschaftsunterrichts .....	94

Tabelle 8-3: Kurzbeschreibung der Abschnitte der curricularen Einheit .....	97
Tabelle 8-4: Standorte der Kooperationspartner und Zusammensetzung der Klassen.....	117
Tabelle 8-5: Design der Begleituntersuchung.....	118

---

## Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Kompetenzstufen der Skala Naturwissenschaftliche Fragestellungen erkennen.....	148
Anhang 2: Kompetenzbereiche der Skala Naturwissenschaftliche Fragestellungen erkennen.....	150
Anhang 3: Urbanität und Geschlechterverhältnis der Grundgesamtheit sowie Stichprobe.....	151
Anhang 4: Items des Schülerfragebogens .....	154
Anhang 5: Beschreibung und Auswertungsmanual für Items des Kompetenztests.....	155
Anhang 6: Schülerfragebogen und Kompetenztest mit Testmanual .....	161
Anhang 7: Items des Lehrerfragebogens.....	171
Anhang 8: Lehrerfragebogen mit Anschreiben .....	173
Anhang 9: Broschüre NWuT – Lernmaterial für den fächerübergreifenden Unterricht....	177
Anhang 10: NWuT-Klimakisten.....	218
Anhang 11: Kompetenztests der Begleituntersuchung .....	219
Anhang 12: Curriculum Vitae .....	232
Anhang 13: Veröffentlichungen und (Poster-)Vorträge .....	233
Anhang 14: Durchgeführte Lehrerfortbildungsveranstaltungen für den fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht im Rahmen dieser Arbeit .....	234
Anhang 15: Danksagung.....	235
Anhang 16: Selbstständigkeitserklärung .....	237

Anhang 1: Kompetenzstufen der Skala *Naturwissenschaftliche Fragestellungen erkennen* (OECD 2007b, S. 90f.).

	Auf den einzelnen Stufen erforderliche allgemeine Fähigkeiten	Wozu die Schüler im Allgemeinen in der Lage sind
Stufe 6	Auf dieser Stufe beweisen Schüler die Fähigkeit, den komplexen Prozess der Modellbildung, der der Gestaltung einer Untersuchung zugrunde liegt, zu verstehen und zu artikulieren.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Aspekte einer gegebenen Versuchsanordnung erläutern, die auf die zu beantwortende naturwissenschaftliche Fragestellung abzielen.</li> <li>- Einen Untersuchungsablauf ausarbeiten, der den Anforderungen einer spezifischen naturwissenschaftlichen Fragestellung gerecht wird.</li> <li>- Variablen identifizieren, die bei einer Untersuchung berücksichtigt werden müssen, und Methoden zu ihrer Berücksichtigung vorschlagen.</li> </ul>
Stufe 5	Auf dieser Stufe verstehen Schüler die wesentlichen Elemente einer naturwissenschaftlichen Untersuchung und können somit entscheiden, ob in einer Vielzahl recht komplexer, häufig abstrakter Kontexte wissenschaftliche Methoden angewandt werden können. Umgekehrt können sie durch Analyse eines gegebenen Experiments die zu untersuchende Fragestellung identifizieren und den Zusammenhang zwischen dieser Fragestellung und den angewandten Methoden erklären.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- In einer Vielzahl von Kontexten die bei einer Untersuchung zu verändernden und zu messenden Variablen identifizieren.</li> <li>- Die Notwendigkeit der Berücksichtigung sämtlicher externer Faktoren verstehen, die die Ergebnisse einer Untersuchung beeinflussen können.</li> <li>- eine naturwissenschaftliche Frage zu einem gegebenen Thema formulieren.</li> </ul>
Stufe 4	Auf dieser Stufe können Schüler die Veränderung und die gemessenen Größen in einer Untersuchung sowie mindestens eine Kontrollvariable identifizieren. Sie können geeignete Methoden zur Berücksichtigung dieser Variablen vorschlagen, die in einfachen Untersuchungen behandelte Fragestellung kann artikuliert werden.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Kontrollvariable identifizieren, die zum Vergleich der Versuchsergebnisse dient.</li> <li>- Untersuchungsabläufe ausarbeiten, zwischen deren Elementen einfache Zusammenhänge bestehen und die keinen merklichen abstraktionsgrad aufweisen.</li> <li>- Sich der Effekte nicht berücksichtigter Variablen bewusst sein und versuchen, dem bei Untersuchungen Rechnung zu tragen.</li> </ul>
Stufe 3	Auf dieser Stufe sind Schüler in der Lage, zu beurteilen, ob sich eine Fragestellung für eine naturwissenschaftliche Messung und damit auch eine naturwissenschaftliche Untersuchung anbietet. In der Beschreibung einer Untersuchung können sie die Veränderung und die gemessenen Größen identifizieren.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Mengen identifizieren, die in einer Untersuchung auf naturwissenschaftlichem Wege gemessen werden können.</li> <li>- in einfachen Experimenten zwischen der Veränderung und den gemessenen Größen unterscheiden.</li> <li>- erkennen, wann zwischen zwei Versuchen Vergleiche angestellt werden (die Schüler können aber nicht erklären, welchen Zweck die Vergleiche erfüllen)</li> </ul>

	Auf den einzelnen Stufen erforderliche allgemeine Fähigkeiten	Wozu die Schüler im Allgemeinen in der Lage sind
Stufe 2	Auf dieser Stufe sind Schüler in der Lage, zu beurteilen, ob sich eine gegebene Variable in einer Untersuchung für eine naturwissenschaftliche Messung anbietet. Sie können die Variable erkennen, die vom Untersuchenden manipuliert (verändert) wird. Sie können den Zusammenhang zwischen einem einfachen Modell und dem mit ihm dargestellten Phänomen erkennen. Sie können geeignete Schlüsselbegriffe für eine thematische Suche identifizieren.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ein relevantes Merkmal identifizieren, das in einer Untersuchung modelliert wird.</li> <li>- Zeigen, das verstanden wurde, was mit wissenschaftlichen Instrumenten gemessen werden kann und was nicht.</li> <li>- Unter mehreren aussagen über den Zweck einer Untersuchung die passendste auswählen.</li> <li>- Erkennen, was in einem Experiment verändert wurde (Ursache).</li> <li>- Unter mehreren Begriffskatalogen den auswählen, der für eine thematische Internetsuche am besten geeignet ist.</li> </ul>
Stufe 1	Auf dieser Stufe können Schüler geeignete Informationsquellen zu naturwissenschaftlichen Themen vorschlagen. Sie können eine Menge identifizieren, die in einem Experiment eine Veränderung erfährt. In einem spezifischen Kontext können sie erkennen, ob diese Variable mit vertrauten Messinstrumenten gemessen werden kann oder nicht.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geeignete Informationsquellen unter einer Reihe möglicher Quellen zu einem naturwissenschaftlichen Thema auswählen.</li> <li>- In einem spezifischen, aber einfachen Szenario eine Menge identifizieren, die sich verändert.</li> <li>- Erkennen, wann ein gerät zur Messung einer Variablen verwendet werden kann (unter Berücksichtigung des Spektrums der dem Schüler vertrauten Messinstrumente).</li> </ul>

Anhang 2: Kompetenzbereiche der Skala *Naturwissenschaftliche Fragestellungen erkennen*.

Stufe	1	2	3	4	5	6
Informationsquellen	geeignete Informationsquellen zu NaWi-Thema selektieren*	Auswahl eines Begriffskatalogs für Internetrecherche*				
NaWi-Fragestellungen		Untersuchungszweck selektieren		Organisation von Fragestellungen zu beschriebenen Versuch	freie Formulierung v. NaWi-Fragestellung zu gegebenen Thema	
Messen von Variablen	Bestimmung des geeigneten Gerätes zur Messwertfassung	Bestimmung der naturwissenschaftlichen Messbarkeit einer Variable	Bestimmung der Überprüfbarkeit von Aussagen mithilfe v. NaWi-Experimenten			
unabhängige und abhängige Variablen	Identifikation sich ändernder Größen in einfachen Szenarien	Identifikation von unabhängiger Variable	Identifizierung von unabhängiger und abhängiger Variable  Bestimmung der Vergleichbarkeit von Versuchen			
Kontrollvariable und Störvariable				Erkennen der Quantifizierbarkeit einer Variable  Erkennen von Störvariablen und deren Kontrolle	Berücksichtigung aller Faktoren eines Experimentes	Identifikation von Störvariablen und Vorschlag geeigneter Kontrollmethoden*
Verstehen von Versuchsablauf und Versuchsablauf				Ausarbeitung von Untersuchungsabläufen mit geringen Abstraktionsgrad*		Ausarbeitung von Untersuchungsabläufen zur mit höheren Abstraktionsgrad*  Erläuterung einzelner Untersuchungsaspekte hinsichtlich der spez. Fragestellung*

Legende: \* ...Wegfall dieser Elemente für vorliegende Studie aus inferenzstatistischen und testökonomischen Gründen (Begründung in Kap. 6.1.2, S. 48)

## Anhang 3: Urbanität und Geschlechterverhältnis der Grundgesamtheit sowie Stichprobe

Nr. der Schule	Urbanität der Stadt		♀/♂			
			Jgst. 8		Jgst. 10	
	GG	SP	GG	SP	GG	SP
1	1		0,64		1,66	
2	1	1	0,97	0,97	0,64	0,64
3	1		1,09		2,06	
4	1		1,05		0,97	
5	1		0,89		1,30	
6	1		1,17		2,00	
7	1		0,84		0,68	
8	1		0,91		1,95	
9	1		1,22		0,76	
10	1		1,00		1,20	
11	1		0,95		1,41	
12	1		0,88		0,98	
13	0		1,54		1,06	
14	1		1,44		1,27	
15	1		1,71		0,88	
16	1		1,21		0,86	
17	1		1,21		1,50	
18	1		1,54		0,79	
19	1		1,00		1,23	
20	1		0,77		0,89	
21	1	1	0,58	0,58	0,88	0,88
22	1		1,31		1,06	
23	1		1,70		1,75	
24	1		1,54		0,76	
25	1		0,95		1,13	
26	1		1,04		1,59	
27	1		1,24		1,30	
28	1		1,21		1,11	
29	0		1,00		1,21	
30	1		1,07		1,02	
31	0		0,95		1,02	
32	0		1,17		1,23	
33	1		0,84		1,56	
34	1		1,20		1,38	
35	1		0,63		1,24	
36	1		1,40		1,29	
37	1		0,68		1,32	
38	1	1	1,19	1,19	1,31	1,31
39	1		1,41		2,50	
40	1		0,90		1,10	
41	1		1,31		0,89	

Nr. der Schule	Urbanität der Stadt		♀/♂			
	GG	SP	Jgst. 8		Jgst. 10	
			GG	SP	GG	SP
42	1		0,94		1,22	
43	1		1,17		0,79	
44	1		1,00		1,35	
45	1		1,07		0,95	
46	1		1,11		0,52	
47	1		0,85		0,98	
48	1		1,72		1,33	
49	1		1,63		4,63	
50	1		1,77		2,22	
51	1		0,94		1,69	
52	1	1	0,75	0,75	1,24	1,24
53	1		1,03		1,17	
54	1		0,96		1,26	
55	1		0,83		0,87	
56	0		0,71		0,94	
57	0	0	0,78	0,78	0,92	0,92
58	1		1,10		1,41	
59	1		1,26		1,38	
60	1		1,36		0,66	
61	1		1,24		1,07	
62	1	1	0,86	0,86	0,81	0,81
63	1		1,64		0,80	
64	1		1,13		1,22	
65	1		4,31		2,08	
66	1		1,09		1,13	
67	1		0,53		0,97	
68	1	1	1,64	1,64	1,07	1,07
69	1		0,79		0,83	
70	1		1,33		1,11	
71	1		1,11		1,35	
72	1		0,43		0,48	
73	1		2,61		1,47	
74	1	1	1,96	1,96	1,65	1,65
75	1		1,11		0,82	
76	1		1,15		1,39	
77	1		1,27		0,83	
78	1		1,27		0,67	
	$\frac{\Sigma_1}{\Sigma_0 + \Sigma_1} = 0,92$	$\frac{\Sigma_1}{\Sigma_0 + \Sigma_1} = 0,88$	$\bar{x} = 1,18$	$\bar{x} = 1,09$	$\bar{x} = 1,23$	$\bar{x} = 1,06$

Erläuterungen:

Nummer der Schule: entspricht aus Datenschutzgründen nicht der offiziellen Schulnummer

Urbanität der Stadt: 0  $\triangleq$  Gymnasien in Dörfern oder Landstädten (Einwohnerzahl < 5000)

1  $\triangleq$  Gymnasien in Städten (Einwohnerzahl  $\geq$  5000)

♀/♂: Verhältnis weiblicher und männlicher Schüler

GG: Grundgesamtheit

SP: Stichprobe

## Anhang 4: Items des Schülerfragebogens

Item	Kurzform	Langform
1	Wissenschaftssendungen	Wissenschaftssendungen im Fernsehen anschauen. (z. B. Terra X, Nano, Abenteuer Erde, Quarks & Co, Galileo oder Youtube-Filme)
2	Naturwissenschaftliche Printmedien	Naturwissenschaftliche Zeitschriften oder Bücher lesen. (z. B. GEO, P.M., National Geographic, Spektrum)
3	Technische Geräte	Technische Geräte untersuchen oder reparieren. (z. B. Computer, Radio, Fahrrad)
4	Experimentierkasten	Mit einem Experimentierkasten arbeiten. (z. B. Elektronik, Chemie)
5*	Museen und Ausstellungen	Technik-Museen oder naturwissenschaftliche Ausstellungen besuchen. (z. B. Imaginata, Planetarium, Botanischer Garten, Optisches Museum etc.)
6*	Botanik	Pflanzen sammeln und untersuchen.
7	naturwissenschaftliche Arbeitsgruppe	Mitarbeit in einer naturwissenschaftlichen Arbeitsgruppe. (z. B. Physik AG, Chemie AG, Umwelt AG)
8	Internet	Naturwissenschaftliche Seiten oder Foren im Internet besuchen.
9	Interesse Mathematik	Das Schulfach Mathematik finde ich interessant.
10	Lernen Mathematik	In Mathematik kenne ich mich aus.
11	Interesse Biologie	Das Schulfach Biologie finde ich interessant.
12	Lernen Biologie	In Biologie kenne ich mich aus.
13	Interesse Chemie	Das Schulfach Chemie finde ich interessant.
14	Lernen Chemie	In Chemie kenne ich mich aus.
15	Interesse Physik	Das Schulfach Physik finde ich interessant.
16	Lernen Physik	In Physik kenne ich mich aus.
17	Interesse MNT	Den Unterricht im Fach Mensch-Natur-Technik fand ich interessant.
18	Wahlmotive (sozial, außerschulisch)	Ich habe dieses Wahlpflichtfach gewählt, weil mir meine Familie oder Freunde dazu geraten haben.
19	Wahlmotive (sozial, schulische Peergroup)	Ich habe dieses Wahlpflichtfach gewählt, weil Klassenkameraden oder Schulfreunde auch dieses Fach gewählt haben.
20	Wahlmotive (sozial, Lehrer)	Ich habe dieses Wahlpflichtfach gewählt, weil ich schon wusste, dass ein bestimmter Lehrer dieses Fach unterrichtet.
21	Wahlmotive (Studium, Ausbildung)	Ich habe dieses Wahlpflichtfach gewählt, weil ich später ein(e) Studium/Ausbildung in diesem Bereich machen möchte.
22	Wahlmotive (thematisch)	Ich habe dieses Wahlpflichtfach gewählt, weil ich an den Themen der anderen Wahlpflichtfächer kein Interesse habe.
23	Wahlmotive (Ausschlussverfahren)	Ich habe dieses Wahlpflichtfach gewählt, weil mein Wahlpflichtfach für mich das geringste Übel darstellt.
24*	Rückblick auf Wahlentscheidung	Ich glaube, dieses Fach zu wählen, war die richtige Entscheidung.

Legende: MNT ...Mensch-Natur-Technik (Jahrgangsstufen 5/6)

\* ...Erweiterung des Schülerfragebogens um dieses Item nach Pilotierung

## Anhang 5: Beschreibung und Auswertungsmanual für Items des Kompetenztests

Verortung im Kompetenzraster: NaWi-Fragestellungen I	
Kompetenz/ Leitungsdisposition	Die Probanden sollen den Zweck einer Untersuchung, die in einem Text beschreiben ist, aus einer Auswahl an Antwortmöglichkeiten, bestimmen.
Kontext	Ein britischer Arzt führt Versuche mit Windpockenschorf durch, um eine Impfung zu entwickeln.
Aufgabe	Welches große Ziel verfolgte der Arzt Boylston am ehesten mit seiner Untersuchung?
Antwortformat	Single-Choice mit 4 Möglichkeiten
Richtige Antwort (Bewertung)	Antwort 2: „Boylston wollte eine Impfung gegen Windpocken entwickeln.“ (1 Pkt.)
Attraktivität der Distraktoren	Es werden Beschreibungen der Handlungen im Text aufgelistet, die im engen Zusammenhang zur Untersuchung stehen.
Vorlage/Quelle	verändert nach Baumert (2000, S. 73)
Nr. der Testaufgabe	2

Verortung im Kompetenzraster: NaWi-Fragestellungen II	
Kompetenz/ Leitungsdisposition	Die Probanden sollen die naturwissenschaftliche Fragestellung formulieren, die mithilfe eines im Text beschriebenen Experiments beantwortet werden kann.
Kontext	Es wird ein Verhaltensexperiment an männlichen Stichlingen in der Paarungszeit durchgeführt.
Aufgabe	Formuliere die Frage, die Michelle versucht mit ihrem Experiment zu beantworten!
Antwortformat	offenes Format
Richtige Antwort (Bewertung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beschreibung der Abhängigkeit zwischen Farbe des Wachsmodells und dem Verhalten des männlichen Stichlings, Beispiel.: „Wie verändert sich die Aggressivität des männlichen Stichlings mit der Farbe des Wachsmodells?“ (1 Pkt.)</li> <li>- nur Beschreibung der Untersuchung des Verhaltens des Stichlingsmännchens auf konkurrierende Männchen, Beispiel.: „Wie aggressiv wird der männliche Stichling?“ oder „Wie oft rempelt der echte Fisch den Wachsfisch an?“ (0,5 Pkt.)</li> </ul>
Falsche Antwort (Bewertung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Bezug zum Verhalten des Stichlingsmännchens auf konkurrierende Männchen, Beseispiel: „Reagieren Stichlingsmännchen auf Weibchen unterschiedlich?“ (0 Pkt.)</li> <li>- Fragstellung ohne Bezug zur Farbe des Wachsmodells und zum Verhalten des männlichen Stichlings, Beispiel: „Welche Farbe mögen Fische besonders?“ (0 Pkt.)</li> </ul>
Vorlage/Quelle	verändert nach OECD (2007a, S. 5ff.)
Nr. der Testaufgabe	6

Verortung im Kompetenzraster: NaWi-Fragestellungen III	
Kompetenz/ Leitungsdisposition	Die Probanden sollen zu einem im Text beschriebenen Thema eine Fragestellung formulieren, die sich mithilfe eines naturwissenschaftlichen Experiments überprüfen lässt.
Kontext	Es wird die Notwendigkeit des Händewaschens geschildert und eine einfache Methode zur Untersuchung von Bakterienkulturen beschrieben.
Aufgabe	Formuliere zum Thema eine wissenschaftliche Fragestellung, die mithilfe eines naturwissenschaftlichen Experiments (!) beantwortet werden kann!
Antwortformat	offenes Format
Richtige Antwort (Bewertung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fragestellung lässt sich mithilfe eines naturwissenschaftlichen Experiment überprüfen, wobei eine Abhängigkeit von Variablen untersucht werden sollen, Beispiel: „Hilft das Händewaschen, die Bakterien auf der Haut zu reduzieren?“ oder „Wie entwickeln sich Bakterien auf verschiedenen Nährböden?“ (1 Pkt.)</li> <li>- Fragestellung lässt sich mithilfe eines naturwissenschaftlichen Experiment überprüfen, wobei keine Abhängigkeit von Variablen untersucht werden soll, Beispiel: „Wie viele/Welche Bakterien befinden sich auf ungewaschenen Händen?“ oder „Wie viele Bakterien könnten mithilfe eines Mikroskops ermittelt werden?“ (0,5 Pkt.)</li> </ul>
Falsche Antwort (Bewertung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fragestellung lässt sich nicht mithilfe eines naturwissenschaftlichen Experiment überprüfen, Beispiel: „Wie untersucht man den Bakterienbefall auf der Hand?“ oder „Welche Methode wird zur Analyse der Bakterien genutzt?“ (0 Pkt.)</li> <li>- Fragestellung unklar, Beispiel: „Ensteht daraus Schimmel?“ (0 Pkt.)</li> </ul>
Vorlage/Quelle	Einleitungstext verändert nach Renz et al. (2012, S. 53)
Nr. der Testaufgabe	1

Verortung im Kompetenzraster: Messen von Variablen I	
Kompetenz/ Leitungsdisposition	Die Probanden sollen zur Messung aus einer Auswahl bekannter Messinstrumente das geeignete Instrument wählen.
Kontext	Es wird ein Experiment beschrieben, bei dem der Luftdruck einen Einfluss auf die zu messende Größe hat.
Aufgabe	Welches der folgenden Laborgeräte ist geeignet den Luftdruck zu messen?
Antwortformat	Single-Choice mit 5 Möglichkeiten
Richtige Antwort (Bewertung)	Antwort 5: „Barometer“ (1 Pkt.)
Attraktivität der Distraktoren	Es werden weitere bekannte Messinstrumente zur Auswahl gestellt.
Vorlage/Quelle	verändert nach OECD (2009, S. 201f.)
Nr. der Testaufgabe	12

Verortung im Kompetenzraster: Messen von Variablen II	
Kompetenz/ Leitungsdisposition	Die Probanden sollen bestimmen, ob eine Variable prinzipiell mit einem naturwissenschaftlichen Instrument gemessen werden kann.
Kontext	Der Kontext wird durch die aktuelle Testsituation bereitgestellt.
Aufgabe	Können die folgenden Größen mithilfe von naturwissenschaftlichen Instrumenten (!) gemessen werden?
Antwortformat	3-teiliges Binärformat mit den Möglichkeiten „ja“ und „nein“
Richtige Antwort (Bewertung)	Antworten: ja, nein, nein (1 Pkt.); andere Kombinationen (0 Pkt.)
Vorlage/Quelle	
Nr. der Testaufgabe	3

Verortung im Kompetenzraster: Messen von Variablen III	
Kompetenz/ Leitungsdisposition	Die Probanden sollen bestimmen, ob bestimmte Fragen durch naturwissenschaftliche Experimente beantwortet werden können.
Kontext	In einem Land gibt es statistisch gesehen eine hohe Anzahl an kariösen Zähnen pro Person.
Aufgabe	Können die folgenden Fragen über Karies in diesem Land mithilfe von naturwissenschaftlichen Experimenten(!) beantwortet werden?
Antwortformat	3-teiliges Binärformat mit den Möglichkeiten „ja“ und „nein“
Richtige Antwort (Bewertung)	Antworten: ja, nein, nein (1 Pkt.); andere Kombinationen (0 Pkt.)
Vorlage/Quelle	verändert nach OECD (2009, S. 225)
Nr. der Testaufgabe	4

Verortung im Kompetenzraster: unabhängige und abhängige Variablen I	
Kompetenz/ Leitungsdisposition	Die Probanden sollen alle Variablen, die sich in einem einfachen Experiment verändern, identifizieren.
Kontext	Es wird ein Experiment beschrieben, bei dem der Luftdruck einen Einfluss auf die zu messende Größe hat.
Aufgabe	Welche der folgenden Aufzählungen gibt alle Faktoren an, die sich in Julias Kochtopf-Experiment verändern?
Antwortformat	Single-Choice mit 4 Möglichkeiten
Richtige Antwort (Bewertung)	Antwort 2: „Volumen des Wassers im Topf, Zeit“ (1 Pkt.)
Attraktivität der Distraktoren	Es werden jeweils Kombinationen aus zwei Größen vorgeschlagen, wobei auch solche enthalten sind, die zwar in der Beschreibung des Experimentes genannt werden, jedoch keiner Veränderung unterliegen.
Vorlage/Quelle	
Nr. der Testaufgabe	5

Verortung im Kompetenzraster: unabhängige und abhängige Variablen II	
Kompetenz/ Leitungsdisposition	Die Probanden sollen die unabhängige Variable eines im Text beschriebenen Experiments identifizieren.
Kontext	Es wird ein Verhaltensexperiment an männlichen Stichlingen in der Paarungszeit durchgeführt.
Aufgabe	Welchen Faktor verändert Michelle in ihrem Experiment ganz bewusst.
Antwortformat	Single-Choice mit 6 Möglichkeiten
Richtige Antwort (Bewertung)	Antwort 5: „Farbe der männlichen Stichlinge“ (1 Pkt.)
Attraktivität der Distraktoren	Es werden alle Faktoren und Umstände genannt, die sich in dem beschriebenen Experiment verändern.
Vorlage/Quelle	in Anlehnung an Aufgabe 6
Nr. der Testaufgabe	7

Verortung im Kompetenzraster: unabhängige und abhängige Variablen III	
Kompetenz/ Leitungsdisposition	Die Probanden sollen die unabhängige sowie abhängige Variable eines im Text beschriebenen Experiments identifizieren.
Kontext	Es wird ein Experiment beschrieben, in dem wässrige NaCl-Lösungen unterschiedlicher Konzentrationen zum Sieden gebracht werden. Es wird die Siedetemperatur gemessen.
Aufgabe	Welche Frage kann Cornelius mit ihrem Experiment beantworten?
Antwortformat	Single-Choice mit 4 Möglichkeiten
Richtige Antwort (Bewertung)	Antwort 3: „Hängt die Siedetemperatur von der NaCl-Konzentration ab?“ (1 Pkt.)
Attraktivität der Distraktoren	Es werden weitere sinnvolle und weniger sinnvolle Abhängigkeiten dargeboten.
Vorlage/Quelle	in Anlehnung an Kauertz et al. (2010, S. 148)
Nr. der Testaufgabe	10

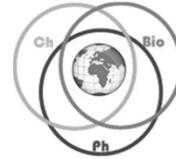
Verortung im Kompetenzraster: unabhängige und abhängige Variablen IV	
Kompetenz/ Leitungsdisposition	Die Probanden sollen erkennen, warum zwischen zwei Versuchen Vergleiche angestellt werden.
Kontext	Es wird die Verwitterung von Kalkstein durch sauren Regen infolge der Auflösung des Carbonats beschrieben. Schüler überprüfen die Auflösung unter Laborbedingungen und führen anschließend einen Kontrollversuch mit Carbonat und reinem Wasser durch.
Aufgabe	Erkläre, warum die Schüler diesen Versuch in ihr Experiment eingebaut haben!
Antwortformat	offenes Format
Richtige Antwort (Bewertung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erklärung zeigt, dass der zweite Versuch als Vergleich/Kontrolle durchgeführt und beinhaltet auch eine korrekte Begründung, Beispiel: „Der Vergleich ist wichtig, damit die Schüle zeigen können, dass der Mamorsplitter durch die Säure aufgelöst wird und nicht durch das reine Wasser.“ (1 Pkt.)</li> <li>- Erklärung zeigt, dass der zweite Versuch als Vergleich/Kontrolle durchgeführt, beinhaltet jedoch keine korrekte Begründung, Beispiel: „Um einen Vergleich zu haben“ (0,5 Pkt.)</li> </ul>
Falsche Antwort (Bewertung)	- Erklärung verweist nicht auf den notwendigen Vergleich, Beispiel: „...ob saurer Regen auf Wasser reagiert“ (0 Pkt.)
Vorlage/Quelle	OECD (2007a, S. 26f.)
Nr. der Testaufgabe	8

Verortung im Kompetenzraster: Kontrollvariable und Störvariable I	
Kompetenz/ Leitungsdisposition	Die Probanden sollen erkennen, ob eine Variable aufgrund ihrer fehlenden (naturwissenschaftlichen) Kontrollierbarkeit eine Störvariable darstellt.
Kontext	Ein Sportschuhhersteller bewirbt einen neuartigen Schuh und stellt Behauptungen über dieses Produkt auf.
Aufgabe	Können die Behauptungen des Herstellers mit naturwissenschaftlichen Methoden im Labor getestet werden?
Antwortformat	3-teiliges Binärformat mit den Möglichkeiten „ja“ und „nein“
Richtige Antwort (Bewertung)	Antworten: ja, nein, ja (1 Pkt.); andere Kombinationen (0 Pkt.)
Vorlage/Quelle	in Anlehnung an OECD (2007b, S. 104f.)
Nr. der Testaufgabe	9

Verortung im Kompetenzraster: Kontrollvariable und Störvariable II	
Kompetenz/ Leitungsdisposition	Die Probanden sollen die Störvariablen in einem Experiment erkennen und diese kontrollieren. Die abhängige Variable spielt hier keine Rolle.
Kontext	Es wird ein Experiment beschrieben, bei dem gezeigt werden soll, dass ein schwerer Waagen, der eine Rampe hinunter rollt, am Ende eine höhere Geschwindigkeit hat als ein leichter Waagen.
Aufgabe	Welche Versuche muss Julia vergleichen, um ihre Vermutung zu überprüfen?
Antwortformat	Single-Choice mit 6 Möglichkeiten
Richtige Antwort (Bewertung)	Antwort 3: „D und F“ (1 Pkt.)
Attraktivität der Distraktoren	Es werden weitere mögliche Kombinationen zur Auswahl gestellt, bei denen entweder die Primärvariablen keiner Veränderung unterliegen oder die Kontrollvariablen unberücksichtigt bleiben.
Vorlage/Quelle	verändert nach Klos (2008, S. 147)
Nr. der Testaufgabe	13

Verortung im Kompetenzraster: Kontrollvariable und Störvariable III	
Kompetenz/ Leitungsdisposition	Die Probanden sollen alle Faktoren eines Experiments berücksichtigen (unab. und abh. Variablen sowie Störvariablen inkl. deren Kontrolle)
Kontext	In einem Experiment soll der Einfluss des Luftdrucks auf die Siedetemperatur untersucht werden.
Aufgabe	Welches Experiment müsste Cornelius wählen, um zu beweisen, dass der Luftdruck die Siedetemperatur beeinflusst?
Antwortformat	Single-Choice mit 6 Möglichkeiten
Richtige Antwort (Bewertung)	Antwort 5: „Siedetemperatur messen, NaCl-Konzentration konstant halten, Luftdruck gezielt variieren, Flüssigkeitsvolumen konstant halten“ (1 Pkt.)
Attraktivität der Distraktoren	Es werden weitere mögliche zur Auswahl gestellt, bei denen die vier infrage kommenden Variablen entweder konstant gehalten, gezielt variiert oder gemessen werden.
Vorlage/Quelle	verändert nach Kauertz et al. (2010, S. 148)
Nr. der Testaufgabe	11

## Anhang 6: Schülerfragebogen und Kompetenztest mit Testmanual

**Testmanual für Schülerbefragung**

Liebe Kollegin,  
lieber Kollege,

damit die Befragung in allen Schulen unter vergleichbaren Bedingungen ablaufen kann, bitte ich Sie folgende Punkte zu beachten:

- a. Bitte erklären Sie den Schülern, dass das Ergebnis dieser **Tests der Verbesserung von Aufgabenstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht** dient.
- b. Bitte erklären Sie, dass bei jeder Frage **IMMER nur EINE Antwort richtig** ist – niemals mehrere.
- c. Die Schüler werden nicht alle Fragen beantworten können. Sagen Sie ihnen bitte, dass dies nicht schlimm ist. Bitten Sie die Schüler in solchen Fällen nicht zu raten, sondern „k. A.“ anzukreuzen. **Bitte schreibe zur Sicherheit an die Tafel: „k. A. = keine Angabe“.**
- d. Bitte unterstreichen Sie, dass **kein Lehrer die Antworten der Schüler bewertet** und es deshalb nicht nötig ist den Namen auf die beiden Teile des Testes zu schreiben. Verweisen Sie bitte auf das **Codiersystem**.
- e. Bitte **unterbinden Sie „Partnerarbeit“** zwischen den Schülern.

Teilen Sie bitte das Aufgabenheft aus.

Geben Sie den Schülern während der Bearbeitungsphase die Möglichkeit formale Rückfrage zu stellen. Inhaltliche Fragen bitte nicht beantworten und sonstige Hilfestellungen vermeiden.

Die Schüler haben **35-40 min Zeit** die Fragen zu beantworten.

**VIELEN DANK FÜR IHRE UNTERSTÜTZUNG!**

## Schülerfragebogen

<b>Allgemeine Angaben</b>										
<b>Geschlecht</b>	<b>Alter</b>	<b>mein Wahlpflichtfach</b>	<b>Code</b>							
<input type="checkbox"/> weiblich	<table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"> <tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr> </table>			<input type="checkbox"/> Gesellschaftswissenschaften	1. und 2. Buchstabe von:					
<input type="checkbox"/> männlich	<input type="checkbox"/> Naturwissenschaften & Technik	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Vorname Mutter</td> <td style="width: 33%;">Vorname Vater</td> <td style="width: 33%;">Geburts- monat</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Vorname Mutter	Vorname Vater	Geburts- monat			
Vorname Mutter	Vorname Vater	Geburts- monat								
		<input type="checkbox"/> Darstellen und Gestalten								
		<input type="checkbox"/> anderes: _____								

<b>Wie häufig machst du folgende Dinge in deiner Freizeit?</b>	immer	oft	gelegent- lich	selten	nie
Wissenschaftssendungen im Fernsehen anschauen. (z. B. Terra X, Nano, Abenteuer Erde, Quarks & Co, Galileo oder Youtube-Filme)	<input type="checkbox"/>				
Naturwissenschaftliche Zeitschriften oder Bücher lesen. (z. B. GEO, P.M., National Geographic, Spektrum)	<input type="checkbox"/>				
Technische Geräte untersuchen oder reparieren. (z. B. Computer, Radio, Fahrrad)	<input type="checkbox"/>				
Mit einem Experimentierkasten arbeiten. (z. B. Elektronik, Chemie)	<input type="checkbox"/>				
Technik-Museen oder naturwissenschaftliche Ausstellungen besuchen. (z. B. Imaginata, Planetarium, Botanischer Garten, Optisches Museum etc.)	<input type="checkbox"/>				
Pflanzen sammeln und untersuchen.	<input type="checkbox"/>				
Mitarbeit in einer naturwissenschaftlichen Arbeitsgruppe. (z. B. Physik AG, Chemie AG, Umwelt AG)	<input type="checkbox"/>				
Naturwissenschaftliche Seiten oder Foren im Internet besuchen.	<input type="checkbox"/>				

<b>Bitte nimm zu folgenden Aussagen Stellung:</b>	stimmt genau	stimmt eher	teils/ teils	stimmt kaum	stimmt nicht
Das Schulfach Mathematik finde ich interessant.	<input type="checkbox"/>				
In Mathematik kenne ich mich aus.	<input type="checkbox"/>				
Das Schulfach Biologie finde ich interessant.	<input type="checkbox"/>				
In Biologie kenne ich mich aus.	<input type="checkbox"/>				
Das Schulfach Chemie finde ich interessant.	<input type="checkbox"/>				
In Chemie kenne ich mich aus.	<input type="checkbox"/>				
Das Schulfach Physik finde ich interessant.	<input type="checkbox"/>				
In Physik kenne ich mich aus.	<input type="checkbox"/>				
Den Unterricht im Fach Mensch-Natur-Technik fand ich interessant.	<input type="checkbox"/>				

<b>Ich habe dieses Wahlpflichtfach gewählt, ...</b>	stimmt genau	stimmt eher	teils/ teils	stimmt kaum	stimmt nicht
...weil mir meine Familie oder Freunde dazu geraten haben.	<input type="checkbox"/>				
...weil Klassenkameraden oder Schulfreunde auch dieses Fach gewählt haben.	<input type="checkbox"/>				
...weil ich schon wusste, dass ein bestimmter Lehrer dieses Fach unterrichtet.	<input type="checkbox"/>				
...weil ich später ein(e) Studium/Ausbildung in diesem Bereich machen möchte.	<input type="checkbox"/>				
...weil ich an den Themen der anderen Wahlpflichtfächer kein Interesse habe.	<input type="checkbox"/>				
...weil mein Wahlpflichtfach für mich das geringste Übel darstellt.	<input type="checkbox"/>				
Ich glaube, dieses Fach zu wählen, war die richtige Entscheidung.	<input type="checkbox"/>				

## Kompetenztest

+++ Es ist immer nur eine Antwort richtig! +++

### Keime auf der Hand

„Nach dem Klo und vor dem Essen, Hände waschen nicht vergessen!“ Diesen Spruch hast du gewiss schon mal zu hören bekommen, auch wenn du keinen Schmutz an den Händen hattest. Jedoch gibt es dort noch die Bakterien auf der Haut. Einige Bakterien gelten als Krankheitserreger. Aber hilft Händewaschen gegen die Bakterien auf den Händen?

Es gibt es eine einfache Methode zu testen, wie viele verschiedene Bakterien auf der Haut sind. Dazu macht man einen Fingerabdruck auf einem Nährboden, auf dem sich Bakterien vermehren können. Nachdem die Bakterienkulturen gewachsen sind, können diese unter dem Mikroskop unterschieden werden.

#### Aufgabe 1:

Formuliere zum Thema eine wissenschaftliche Fragestellung, die mithilfe eines **naturwissenschaftlichen Experiments** (!) beantwortet werden kann!

---

(Streiche bitte die Linien schräg durch, wenn du die Lösung nicht weißt!)

### Windpocken

Bereits im 11. Jahrhundert haben chinesische Ärzte das Immunsystem von Menschen bewusst verändert. Sie haben pulverisierten Schorf eines Windpockenkranken in die Nasenlöcher ihrer Patienten geblasen und konnten so häufig eine milde Form von Windpocken herbeiführen, die eine spätere, schwerere Erkrankung verhinderte. Viele hundert Jahre später rieben sich Menschen ihre Haut mit getrocknetem Windpockenschorf ein, um sich vor der Krankheit zu schützen. Diese primitiven Praktiken wurden in England eingeführt. Ende des 18. Jahrhunderts ritzte der englische Arzt Boylston bei seinem sechsjährigen Sohn sowie bei 285 anderen Leuten die Haut ein und rieb Windpockenschorf in die Wunde. Bis auf sechs Patienten überlebten alle.

#### Aufgabe 2:

Welches große Ziel verfolgte der Arzt Boylston am ehesten mit seiner Untersuchung? Kreuze an!

- Boylston wollte seinen sechsjährigen Sohn gegen Windpocken immunisieren.
- Boylston wollte eine Impfung gegen Windpocken entwickeln.
- Boylston wollte möglichst viele Personen mit Windpocken infizieren.
- Boylston wollte die Haut der Personen einritzten.
- k. A.*

## Fragebögen

### Aufgabe 3:

Können die folgenden Größen mithilfe von **naturwissenschaftlichen Instrumenten** (!) gemessen werden? Kreuze jeweils ja oder nein an!

Frage:	Antwort:
Die Zeit, die du benötigst, diesen Fragebogen zu bearbeiten.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> <i>k. A.</i>
Die Anzahl der Personen, denen die Bearbeitung dieses Fragebogens leicht fällt.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> <i>k. A.</i>
Deine Meinung zum Sinn dieses Fragebogens.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> <i>k. A.</i>

## Kariesbefall

### Aufgabe 4:

In einem Land gibt es statistisch gesehen eine hohe Anzahl an kariösen Zähnen pro Person. Können die folgenden Fragen über Karies in diesem Land mithilfe von **naturwissenschaftlichen Experimenten** (!) beantwortet werden? Kreuze jeweils ja oder nein an!

Frage:	Antwort:
Welchen Einfluss auf Karies hätte der Zusatz von Fluor zum Trinkwasser?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> <i>k. A.</i>
Welche Höhe sollten die Kosten eines Zahnarztbesuches betragen?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> <i>k. A.</i>
Welchen Einfluss hätte die Senkung der Kosten für einen Zahnarztbesuch auf die Häufigkeit, mit der Patienten in diesem Land den Zahnarzt besuchen?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> <i>k. A.</i>

## Heißes Wasser

Julia vermutet, dass ein vollständig mit Wasser gefüllter Kochtopf länger auf dem Herd erhitzt werden muss, bis die Flüssigkeit verdampft ist, als ein halb-voller Kochtopf. Sie stellt deshalb zunächst einen Topf auf eine heiße Herdplatte. Der ist vollständig mit Wasser gefüllt. Julia stoppt die Zeit mit einer Stoppuhr, bis die Flüssigkeit im Topf vollständig verdampft ist. Julia wiederholt den Versuch anschließend mit einem Topf, der nur bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist.

### Aufgabe 5:

Welche der folgenden Aufzählungen gibt alle Faktoren an, die sich in Julias Kochtopf-Experiment verändern?

- Größe des Topfes, Volumen des Wassers im Topf
- Volumen des Wassers im Topf, Zeit
- Volumen des Wassers im Topf, Anzahl der Töpfe
- Zeit, Anzahl der Herdplatten
- k. A.*

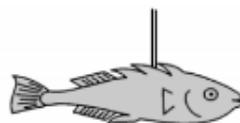
## Stichlinge in der Paarungszeit

Der Stichling ist ein Fisch. Während der Paarungszeit verfärbt sich der Bauch des Männchens von silbern nach rot. Das Männchen greift jedes andere konkurrierende Männchen an, das in sein Revier eindringt und versucht es durch Anrempeln zu vertreiben.

Michelle möchte das Verhalten zwischen Stichlingsmännchen in einem Experiment untersuchen: Ein Männchen befindet sich alleine im Aquarium. Michelle hat drei Wachsmodelle angefertigt (ein Silbernes, ein Hellrotes, ein Dunkelrotes) und an Draht befestigt. Sie hängt sie nacheinander für jeweils den gleichen Zeitraum in das Aquarium. Dann zählt sie, wie oft das echte Männchen aggressiv reagiert, indem es das Wachsmodell anrempelt.



Modell 1  
Farbe – silbern



Modell 2  
Farbe – rot



Modell 3  
Farbe – dunkelrot

### Aufgabe 6:

Formuliere die Frage, die Michelle versucht mit ihrem Experiment zu beantworten?

---

(Streiche bitte die Linien schräg durch, wenn du die Lösung nicht weißt!)

Aufgabe 7:

Welchen Faktor verändert Michelle in ihrem Experiment ganz bewusst.

- Anzahl der männlichen Stichlinge
- Geschwindigkeit des männlichen Stichlings
- Geschlecht des Stichlings
- Anzahl der Wachsmodele
- Farbe der männlichen Stichlinge
- Anzahl der Anrempel-Versuche
- k. A.

### Saurerer Regen

Das Foto unten zeigt Statuen, die sogenannten Kariatiden, die vor mehr als 2500 Jahren auf der Akropolis in Athen aufgestellt wurden. Die Statuen bestehen aus Marmor (einer Gesteinsart). Marmor besteht aus Calciumcarbonat. 1980 wurden die Originalstatuen in das Innere des Museums der Akropolis gebracht und durch Kopien ersetzt. Die Originale waren vom sauren Regen zerfressen worden.



Die Wirkung von saurem Regen auf Marmor kann simuliert werden, indem man Marmorsplitter über Nacht in Essig legt. Essig und saurer Regen haben in etwa denselben Säuregehalt. Wenn man ein Stück Marmor in Essig legt, bilden sich Gasblasen. Das Gewicht der trockenen Marmorsplitter kann vor und nach dem Versuch bestimmt werden.

Die Schüler, die diesen Versuch durchführten, legten außerdem Marmorsplitter über Nacht in reines (destilliertes) Wasser.

Aufgabe 8:

Erkläre, warum die Schüler diesen Versuch in ihr Experiment eingebaut haben.

---

(Streiche bitte die Linien schräg durch, wenn du die Lösung nicht weißt!)

## Sportschuh

Ein Sportschuhhersteller hat einen Schuh mit einer völlig neuartigen Sohle entwickelt. Der Hersteller erklärt, dass der Schuh formstabil und gleichzeitig flexibel ist. Außerdem soll der Schuh beim Laufen besonders gelenkschonend sein. Der wasserdichte Schuh soll in großer Stückzahl produziert werden und für alle Kunden erschwinglich sein.

### Aufgabe 9:

Können die Behauptungen des Herstellers mit naturwissenschaftlichen Methoden im Labor getestet werden? Kreuze jeweils ja oder nein an!

Der Schuh...	Antwort:
kann gebogen werden, ohne seine Form zu verlieren.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> <i>k. A.</i>
kann in großer Anzahl produziert werden, ohne teuer zu sein.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> <i>k. A.</i>
ist wasserdicht.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> <i>k. A.</i>

## Wasser

Cornelius gibt in 4 Bechergläser jeweils 100 ml destilliertes Wasser. In das erste Becherglas gibt Cornelius nichts. Er löst jedoch im Wasser des zweiten Becherglases 50 mg NaCl, im Wasser des dritten Becherglases 100 mg NaCl und im Wasser des vierten Becherglases 200 mg NaCl. Anschließend stellt er die Bechergläser zeitlich nacheinander auf eine heiße Kochplatte, wartet jeweils, bis der Inhalt des Becherglases zu sieden beginnt und misst dann sofort die Temperatur des Inhalts.

### Aufgabe 10:

Welche Frage kann Cornelius mit ihrem Experiment beantworten?

Nur eine Antwort ist richtig!

- Hängt die Siedegeschwindigkeit von der NaCl-Konzentration ab?
- Hängt der Siedepunkt von der Temperatur ab?
- Hängt die Siedetemperatur von der NaCl-Konzentration ab?
- Hängt die Siedetemperatur von der NaCl-Konzentration und vom Volumen des destillierten Wassers ab?

Aufgabe 11:

Welches Experiment müsste Cornelius wählen, um zu beweisen, dass der Luftdruck die Siedetemperatur beeinflusst? Nur eine Antwort ist richtig!

	<input type="checkbox"/> Exp. 1	<input type="checkbox"/> Exp. 2	<input type="checkbox"/> Exp. 3	<input type="checkbox"/> Exp. 4	<input type="checkbox"/> Exp. 5	<input type="checkbox"/> Exp. 6	<input type="checkbox"/> k. A.
<b>Siede- temperatur</b>	messen	konstant halten	messen	messen	messen	messen	
<b>NaCl- Konzentration</b>	beliebig	konstant halten	beliebig	konstant halten	konstant halten	beliebig	
<b>Luftdruck*</b>	gezielt variieren	beliebig	konstant halten	gezielt variieren	gezielt variieren	gezielt variieren	
<b>Flüssigkeits- volumen</b>	konstant halten	messen	gezielt variieren	beliebig	konstant halten	gezielt variieren	

\* Cornelius kann das Experiment in einer kleinen luftdichten Kammer durchführen, deren Luftdruck einstellbar ist.

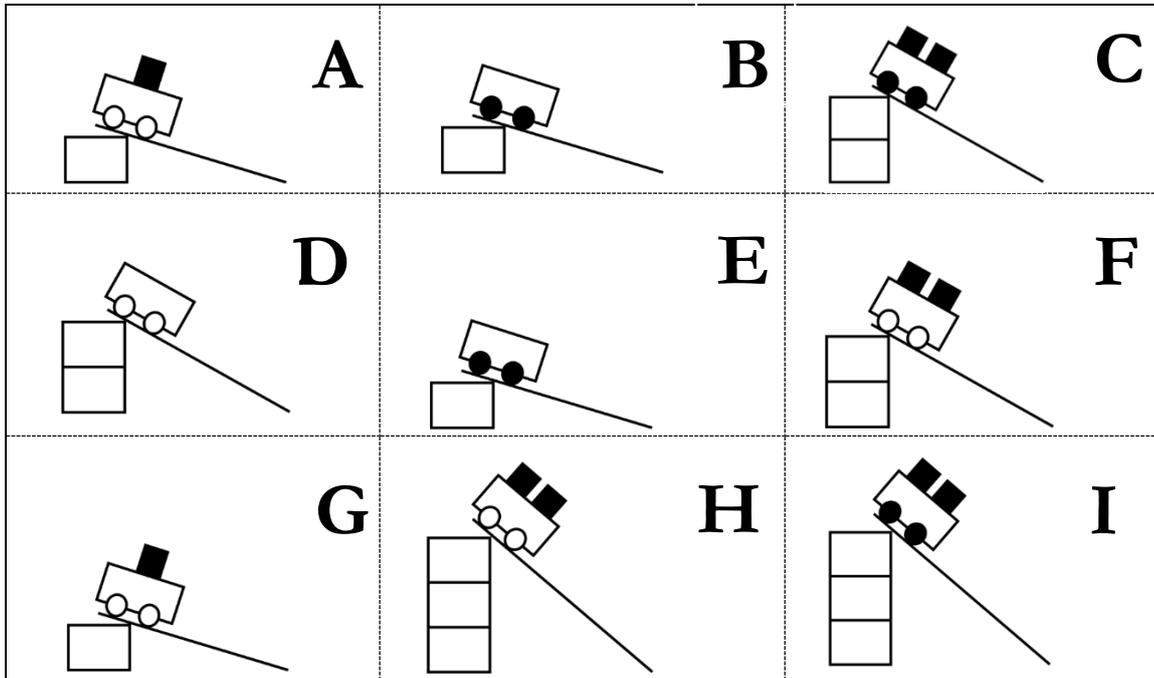
Aufgabe 12:

Welches der folgenden Laborgeräte ist geeignet den Luftdruck zu messen?

- Thermometer
- Stoppuhr
- Voltmeter
- Waage
- Barometer
- k. A.

### Geschwindigkeit eines Wagens

Julia vermutet, dass ein schwererer Wagen, der eine Rampe hinunter fährt, am Ende der Rampe eine größere Geschwindigkeit hat, als ein leichter Wagen. Die Abbildungen zeigen alle Versuche, die Julia mit unterschiedlichen Rädern durchgeführt hat. Sie hat die Wagen von unterschiedlichen Höhen hinabrollen lassen. Die Blöcke, die sie hineingelegt hat, hatten alle die gleiche Masse.



**Aufgabe 13:**

Welche Versuche muss Julia vergleichen, um ihre Vermutung zu überprüfen?

- A und B      C und I      F und G  
 D und E      D und F      F und I      *k. A.*

### Noten

Bitte trage im Folgenden deine letzten Zeugnisnoten für folgende Fächer ein:

Mathematik:.....

Physik:.....

Biologie:.....

Deutsch:.....

Chemie:.....

Englisch:.....

## Anhang 7: Items des Lehrerfragebogens

Item	Kurzform	Langform
1	NaWi-Fragestellungen im FNU	Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht (FNU) fördert das Interesse der Lernenden an naturwissenschaftlichen Fragestellungen.
2	NaWi-Fragestellungen im FNU (stärkere Förderung)	FNU fördert das Interesse der Lernenden an naturwissenschaftlichen Fragestellungen stärker als ein reiner Fachunterricht.
3	Vorwissen in Fachschubladen	Das Vorwissen und die Interessen der Lernenden sind zu Beginn der 9. Jahrgangsstufe noch nicht in Fachschubladen sortiert.
4	Fachunterrichtseignung vor NWuT	Der naturwissenschaftliche Fachunterricht vor der 9. Klassenstufe schafft die Lernvoraussetzungen für das neue Fach NWuT.
5	inhaltsbezogene Kompetenzen im FNU	FNU fördert v.a. inhaltsbezogene Kompetenzen (Kenntnis von Phänomenen, Begriffen, Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten und deren Zuordnung zu Basiskonzepten).
6	inhaltsbezogene Kompetenzen im FNU (stärkere Förderung)	FNU fördert inhaltsbezogene Kompetenzen stärker als ein reiner Fachunterricht.
7	prozessbezogene Kompetenzen im FNU	FNU fördert v.a. prozessbezogene Kompetenzen (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung).
8	prozessbezogene Kompetenzen im FNU (stärkere Förderung)	FNU fördert prozessbezogenen Kompetenzen stärker als ein reiner Fachunterricht.
9	Selbstständigkeit im FNU (stärkere Förderung)	FNU führt zur Entwicklung einer höheren Selbstständigkeit beim Lernen als ein reiner Fachunterricht.
10	Schlüsselprobleme im FNU (stärkere Förderung)	Im FNU können die Schlüsselprobleme der Menschheit (Klimawandel, Umweltveränderungen, Ressourcenknappheit u.a.) besser als im Fachunterricht abgebildet werden.
11	Verantwortungsbewusstsein im FNU	Ein fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht (FNU) fördert das Verantwortungsbewusstsein der Lernenden gegenüber der Umwelt und natürlichen Ressourcen.
12	Erfahrung mit Anfangsunterricht	Ich unterrichte regelmäßig das integrative Fach MNT.
13	fächerübergreifende Bezüge	Ich stelle in meinem naturwissenschaftlichen Fachunterricht so oft wie möglich fächerübergreifende Bezüge her.
14	fachwissenschaftliche Kompetenz Chemie	Ich fühle mich in Chemie fachwissenschaftlich kompetent.
15	fachdidaktische Kompetenz Chemie	Ich fühle mich in Chemie fachdidaktisch kompetent.
16	fachwissenschaftliche Kompetenz Physik	Ich fühle mich in Physik fachwissenschaftlich kompetent.
17	fachdidaktische Kompetenz Physik	Ich fühle mich in Physik fachdidaktisch kompetent.
18	fachwissenschaftliche Kompetenz Biologie	Ich fühle mich in Biologie fachwissenschaftlich kompetent.
19	fachdidaktische Kompetenz Biologie	Ich fühle mich in Biologie fachdidaktisch kompetent.
20	NWuT-Kompetenz (Unterrichten)	Ich fühle mich im Allgemeinen kompetent genug, um NWuT unterrichten zu können.
21	NWuT-Kompetenz (Bewerten & Beurteilen)	Ich fühle mich diagnostisch kompetent genug, um in NWuT bewerten und beurteilen zu können.
22	Erschließung neuer Fachinhalten	Es bereitet mir allgemein keine Schwierigkeiten, neue naturwissenschaftliche Fachinhalte zu erschließen.

Item	Kurzform	Langform
23	NWuT Herausforderungen	<i>Angenommen</i> , ich unterrichte in NWuT, werde ich die damit verbundenen Herausforderungen bewältigen.
24	Stellenwert Kooperation	Eine Kooperation mit meinen Kollegen des naturwissenschaftlichen Fachbereichs ist mir wichtig.
25	Üblichkeit des Materialenaustausches	Ein Austausch von Unterrichtsmaterialien zwischen Kollegen des naturwissenschaftlichen Fachbereichs meiner Schule ist üblich.
26	gegenseitiges Hospitieren	Gegenseitige Hospitationen der Kollegen kommen im naturwissenschaftlichen Bereich meiner Schule auch außerhalb der Lehramtsausbildung vor.
27	Stellenwert von NWuT-Fortbildungen	Eine regelmäßige Teilnahme an Fortbildungsveranstaltungen für NWuT ist mir wichtig.
28	Zugang zu Materialien	Der Zugang zu Materialien für mögliche Themen für einen FNU (Unterrichtsentwürfe, Lehrbücher, Experimentiervorschläge etc.) ist unproblematisch.
29	NWuT & Allgemeinbildung	NWuT leistet einen wichtigen Beitrag zu einer vertieften Allgemeinbildung.
30	NWuT & Wissenschaftspropädeutik	NWuT fördert vor allem eine wissenschaftspropädeutische Bildung.
31	NWuT sinnvoll	Die Einführung eines eigenständigen Wahlpflichtfachs für FNU in den höheren Jahrgangsstufen der gymnasialen Sekundarstufe I halte ich prinzipiell für sinnvoll.
32	NWuT = Pflichtfach	NWuT sollte neben Biologie, Chemie und Physik als Pflichtfach für alle Lernende eingeführt werden.

Legende: FNU ...fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht (allgemein)  
 NWuT ...Naturwissenschaften und Technik (Jahrgangsstufe 9/10)  
 MNT ...Mensch-Natur-Technik (Jahrgangsstufen 5/6)

## Anhang 8: Lehrerfragebogen mit Anschreiben



seit 1558

Friedrich-Schiller-Universität Jena · Postfach · D-07740 Jena

Lehrerinnen und Lehrer für **Biologie**,  
**Chemie** und **Physik** an  
Thüringer Gymnasien

**Friedrich-Schiller-Universität Jena**

**Chemisch-Geowissenschaftliche Fakultät**

**Chemiedidaktik**  
Marian Busch

A.-Bebel-Str. 6-8, Haus 2  
D-07743 Jena

Telefon: 0 36 41 - 94 84 92  
Telefax: 0 36 41 - 94 84 92

E-Mail: marian.busch@uni-jena.de

**Jena, den 06.01.2014**

■ **Umfrage zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht**

Liebe Lehrerinnen und Lehrer des naturwissenschaftlichen Bereichs,

im Rahmen meines Promotionsprojektes an der FSU Jena im Fachbereich Chemiedidaktik führe ich eine Umfrage an Thüringer Gymnasien durch. Das Thema der Umfrage lautet: **das Potenzial von fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht**. Ziel der Umfrage ist es, die Meinung der Lehrenden des naturwissenschaftlichen Bereichs zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht in den höheren Jahrgangsstufen der gymnasialen Sekundarstufe I zu erheben. Darauf aufbauend sollen Lehrerfortbildungsveranstaltungen für das neue Wahlpflichtfach „Naturwissenschaften und Technik“ (NWuT) entwickelt und regelmäßig angeboten werden.

In diesem Zusammenhang bitte ich Sie um Ihre Unterstützung. Die Teilnahme an dieser Umfrage ist freiwillig und dauert **nur ca. 8 Minuten**. Die Anonymität der gemachten Angaben und deren ausschließliche Verwendung für meine eigene Promotionsarbeit sichere ich Ihnen hiermit ausdrücklich zu. Selbstverständlich stelle ich Ihnen die Ergebnisse dieser Umfrage gern auf Anfrage zur Verfügung.

Bitte nutzen Sie zur Rücksendung des ausgefüllten Fragebogens den frankierten Umschlag. Diesen können Sie **im Sekretariat abgeben oder in einen Briefkasten Ihrer Wahl einwerfen bis zum 13.02.2014**.

Für Ihre unterstützende Hilfe möchte ich mich schon jetzt herzlich bedanken.

Mit freundlichen Grüßen,

Marian Busch

**Anhang: Fragebogen**

## Befragung der Lehrkräfte zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht (gymnasiale Sekundarstufe I)

<b>1. Allgemeine Angaben</b>							
Geschlecht	Alter	Fächerkombination (Lehrbefähigung)			Ich unterrichte NWuT:		
		Fach 1	Fach 2	Fach 3			
<input type="checkbox"/> weiblich	<table border="1" style="width: 40px; height: 40px; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> </table>			<input type="checkbox"/> Ma	<input type="checkbox"/> Ma	<input type="checkbox"/> Ma	<input type="checkbox"/> ja
<input type="checkbox"/> männlich	<input type="checkbox"/> Ch	<input type="checkbox"/> Ch	<input type="checkbox"/> Ch	<input type="checkbox"/> nein			
		<input type="checkbox"/> Phy	<input type="checkbox"/> Phy	<input type="checkbox"/> Phy	<input type="checkbox"/> vielleicht zukünftig		
		<input type="checkbox"/> Bio	<input type="checkbox"/> Bio	<input type="checkbox"/> Bio			
		<input type="checkbox"/> Geo	<input type="checkbox"/> Geo	<input type="checkbox"/> Geo			
		<input type="checkbox"/> W/R	<input type="checkbox"/> W/R	<input type="checkbox"/> W/R			
		<input type="checkbox"/> Astro	<input type="checkbox"/> Astro	<input type="checkbox"/> Astro			
		<input type="checkbox"/> sonst.	<input type="checkbox"/> sonst.	<input type="checkbox"/> sonst.			

<b>2. Interessen und Kompetenzen</b>					
Bitte nehmen Sie Stellung zu folgenden Aussagen:	stimmt genau	stimmt eher	teils/ teils	stimmt kaum	stimmt nicht
Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht im Allgemeinen (FNU) fördert das Interesse der Lernenden an naturwissenschaftl. Fragestellungen.	<input type="checkbox"/>				
FNU fördert das Interesse der Lernenden an naturwissenschaftl. Fragestellungen stärker als ein reiner Fachunterricht.	<input type="checkbox"/>				
Das Vorwissen und die Interessen der Lernenden sind zu Beginn der 9. Jahrgangsstufe noch nicht in Fachschubladen sortiert.	<input type="checkbox"/>				
Der naturwissenschaftl. Fachunterricht vor der 9. Klassenstufe schafft die Lernvoraussetzungen für das neue Fach NWuT.	<input type="checkbox"/>				
FNU fördert v.a. inhaltsbezogene Kompetenzen (Kenntnis von Phänomenen, Begriffen, Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten und deren Zuordnung zu Basiskonzepten).	<input type="checkbox"/>				
FNU fördert inhaltsbezogene Kompetenzen stärker als ein reiner Fachunterricht.	<input type="checkbox"/>				
FNU fördert v.a. prozessbezogene Kompetenzen (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung).	<input type="checkbox"/>				
FNU fördert prozessbezogenen Kompetenzen stärker als ein reiner Fachunterricht.	<input type="checkbox"/>				
FNU führt zur Entwicklung einer höheren Selbstständigkeit beim Lernen als ein reiner Fachunterricht.	<input type="checkbox"/>				
Im FNU können die Schlüsselprobleme der Menschheit (Klimawandel, Umweltveränderungen, Ressourcenknappheit u.a.) besser als im Fachunterricht abgebildet werden.	<input type="checkbox"/>				
Ein fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht (FNU) fördert das Verantwortungsbewusstsein der Lernenden gegenüber der Umwelt und natürlichen Ressourcen.	<input type="checkbox"/>				

– bitte wenden –

<b>3. Erfahrungen, Überzeugungen, motivationale Orientierungen</b>					
Bitte nehmen Sie Stellung zu folgenden Aussagen:	stimmt genau	stimmt eher	teils/ teils	stimmt kaum	stimmt nicht
Ich unterrichte regelmäßig das integrative Fach MNT.	<input type="checkbox"/>				
Ich stelle in meinem naturwissenschaftlichen Fachunterricht so oft wie möglich fächerübergreifende Bezüge her.	<input type="checkbox"/>				
Ich fühle mich in Chemie fachwissenschaftlich kompetent.	<input type="checkbox"/>				
Ich fühle mich in Chemie fachdidaktisch kompetent.	<input type="checkbox"/>				
Ich fühle mich in Physik fachwissenschaftlich kompetent.	<input type="checkbox"/>				
Ich fühle mich in Physik fachdidaktisch kompetent.	<input type="checkbox"/>				
Ich fühle mich in Biologie fachwissenschaftlich kompetent.	<input type="checkbox"/>				
Ich fühle mich in Biologie fachdidaktisch kompetent.	<input type="checkbox"/>				
Ich fühle mich im Allgemeinen kompetent genug, um NWuT unterrichten zu können.	<input type="checkbox"/>				
Ich fühle mich diagnostisch kompetent genug, um in NWuT bewerten und beurteilen zu können.	<input type="checkbox"/>				
Es bereitet mir allgemein keine Schwierigkeiten neue naturwissenschaftliche Fachinhalte zu erschließen.	<input type="checkbox"/>				
<i>Angenommen</i> , ich unterrichte in NWuT, werde ich die damit verbundenen Herausforderungen bewältigen.	<input type="checkbox"/>				

<b>4. Informationen und pädagogische Selbstorganisation</b>					
Bitte nehmen Sie Stellung zu folgenden Aussagen:	stimmt genau	stimmt eher	teils/ teils	stimmt kaum	stimmt nicht
Eine Kooperation mit meinen Kollegen des naturwissenschaftlichen Fachbereichs ist mir wichtig.	<input type="checkbox"/>				
Ein Austausch von Unterrichtsmaterialien zwischen Kollegen des naturwissenschaftl. Fachbereichs meiner Schule ist üblich.	<input type="checkbox"/>				
Gegenseitige Hospitationen der Kollegen kommen im naturwissenschaftl. Bereich meiner Schule auch außerhalb der Lehramtsausbildung vor.	<input type="checkbox"/>				
Eine regelmäßige Teilnahme an Fortbildungsveranstaltungen für NWuT ist mir wichtig.	<input type="checkbox"/>				
Der Zugang zu Materialien für mögliche Themen für einen FNU (Unterrichtsentwürfe, Lehrbücher, Experimentiervorschläge etc.) ist unproblematisch.	<input type="checkbox"/>				

<b>5. Allgemeine Einschätzung</b>					
Bitte nehmen Sie Stellung zu folgenden Aussagen:	stimmt genau	stimmt eher	teils/ teils	stimmt kaum	stimmt nicht
NWuT leistet einen wichtigen Beitrag zu einer vertieften Allgemeinbildung.	<input type="checkbox"/>				
NWuT fördert vor allem eine wissenschaftspropädeutische Bildung.	<input type="checkbox"/>				
Die Einführung eines eigenständigen Wahlpflichtfachs für FNU in den höheren Jahrgangsstufen der gymnasialen Sek. I halte ich prinzipiell für sinnvoll.	<input type="checkbox"/>				
NWuT sollte neben Biologie, Chemie und Physik als Pflichtfach für alle Lernende eingeführt werden.	<input type="checkbox"/>				

**Vielen Dank!**



## Anhang 9: Broschüre NWuT – Lernmaterial für den fächerübergreifenden Unterricht



seit 1558





FCI  
FONDS DER  
CHEMISCHEN  
INDUSTRIE

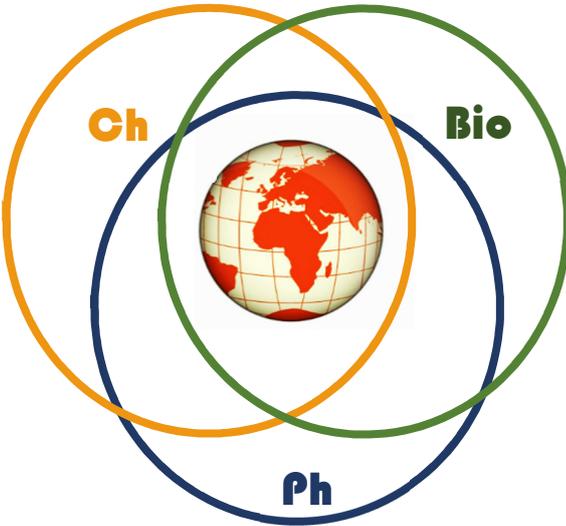
Friedrich-Schiller-Universität Jena

Chemisch-Geowissenschaftliche Fakultät  
Arbeitsgruppe Chemiedidaktik

## Naturwissenschaften und Technik

Lernmaterial für den fächerübergreifenden Unterricht  
Modul: Globale Umweltprobleme

Stand: März 2016



- fachliche und fachdidaktische Hintergrundinformationen
- Aufbauhilfen
- Musterlösungen

FREISTAAT THÜRINGEN  
Thüringer Ministerium für  
Bildung, Wissenschaft und Kultur

STAATSMINISTERIUM  
FÜR KULTUS

Freistaat  
SACHSEN

2014 FSU Jena  
Friedrich-Schiller-Universität Jena  
Arbeitsgruppe Chemiedidaktik  
August-Bebel-Straße 6-8  
07743 Jena

Marian Busch  
Volker Woest

Kontakt:

 03641/9 48 49-2 oder -0

 03641 94849-2

 [chemielehrerfortbildung@uni-jena.de](mailto:chemielehrerfortbildung@uni-jena.de)

## Vorwort

Nicht erst durch die Analysen der Ergebnisse der internationalen Schulvergleichsstudien wird für den naturwissenschaftlichen Unterricht eine stärkere horizontale Vernetzung gefordert (vgl. DEUTSCHER BILDUNGSRAT, 1969, S. 61f.; KREMER & STÄUDEL, 1997, S. 60). Dieser Forderung folgend reagierten viele Bundesländer in den vergangenen Jahren mit der Einführung von Verbundfächern in der Orientierungsstufe der Sekundarstufe I, in denen die drei Bezugsdisziplinen Biologie, Chemie und Physik in einem Fach integriert sind (vgl. GRAUBE, MAMMES & TUNCSOY, 2013, S. 177). Auch hinsichtlich der höheren Jahrgangsstufen des Sekundarbereichs reagierten die bildungspolitischen Entscheidungsträger der Bundesländer mit einer Erhöhung des Stellenwerts fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts. In sieben Bundesländern ist ein Fach für den fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht eingerichtet worden – zuletzt 2013 in Thüringen das Wahlpflichtfach *Naturwissenschaften und Technik* (NWuT) für die Jahrgangsstufen 9/10. Ein bedeutendes Ziel ist die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (TMBWK, 2013, S. 5). Die Arbeitsgruppe Chemiesdidaktik der Friedrich-Schiller-Universität Jena unterstützt seit 2013 die Einführung des neuen Faches u. a. durch die Entwicklung und Erprobung curriculare Bausteine und durch die Konzeption von Fortbildungsmaßnahmen für die Lehrkräfte des naturwissenschaftlichen Bereichs. Im Rahmen dieses Projektes wurde für den Themenkomplex „Globale Umweltprobleme – Klimawandel“ ein Vorschlag zur curricularen Umsetzung erarbeitet, der durch den engagierten Einsatz Thüringer Lehrer 2014 praxiserprobt, evaluiert und überarbeitet werden konnte.

Die Autoren der Broschüre freuen sich über Ihre Erfahrungen zum schulischen Einsatz, über Änderungswünsche und Kritik an diesem Unterrichtsmaterial.

Jena, 04.11.2014

Marian Busch, Volker Woest

## **Inhalt**

VORWORT.....	179
ÜBERBLICK.....	181
1 UMWELTPROBLEME.....	183
2 GLOBALE ERWÄRMUNG & TREIBHAUSEFFEKT.....	185
3 TREIBHAUSEFFEKT.....	190
4 GLOBALER KOHLENSTOFFKREISLAUF.....	199
5 KLIMAWANDEL.....	210
6 PERSÖNLICHE & INSTITUTIONELLE MAßNAHMEN.....	213
LITERATURANGABEN.....	215
BILDNACHWEIS.....	217

## Überblick

Im Folgenden werden die Konzeption der curricularen Einheit „Globale Umweltprobleme – Klimawandel“ dargestellt. Die Zielgruppe besteht aus Schülern des Gymnasiums in der Jahrgangsstufe 9/10. Diese Lehrerhandreichung beinhaltet fachliche und fachdidaktische Hintergrundinformationen sowie experimentelle Aufbauhilfen und Musterlösungen. Die Dokumente zu dieser Einheit befinden sich auf der beiliegenden CD-ROM.

Die Inhalte des hier zusammengetragen und entwickelte Unterrichtsmaterials orientieren sich an den Vorschlägen des Thüringer Lehrplans des Wahlpflichtfaches *Naturwissenschaften und Technik* (TMBWK, 2013). Mithilfe dieser Zusammenstellung sollen die folgenden Sach- und Methodenkompetenzen gefördert werden:

### **Treibhauseffekt**

Der Schüler kann

- die Arten von Treibhausgasen, ihre Herkunft, Verweildauer in der Atmosphäre und ihren Anteil am Treibhauseffekt nennen
- den Strahlungshaushalt der Erde qualitativ beschreiben
- ein einfaches Modell zum Zustandekommen des Treibhauseffektes beschreiben: Spektralbereiche unterscheiden; Zusammenwirken von Sonneneinstrahlung besonders im grünen Spektralbereich – hoher Durchlässigkeit der Atmosphäre für diese Strahlung – Absorption; auf der Erdoberfläche, Erwärmung, Abgabe von Infrarotstrahlung – Undurchlässigkeit, Absorption und Rückstrahlung durch Treibhausgase in der Atmosphäre
- zwischen natürlichen und anthropogenen Treibhauseffekt unterscheiden
- die Abhängigkeit des Kohlenstoffoxids-Anteils der Atmosphäre von der Stabilität der Teilsysteme des globalen Kohlenstoffkreislaufs beschreiben
- die Folgen steigender anthropogener Kohlendioxid-Emissionen für die Biosphäre und Ozeane erläutern

### **Globale Erwärmung und Klimawandel**

Der Schüler kann

- Veränderungen der Luft- und Meerestemperaturänderung interpretieren und mögliche zukünftige Entwicklungen erkennen
- die globale Erwärmung und den Klimawandel als mögliche Folgen des anthropogenen Treibhauseffektes begründen
- Bioindikatoren für den Klimawandel charakterisieren
- Folgen des möglichen Klimawandels für Eismassen, Ozeane und Landökosysteme ableiten
- mögliche Veränderungen des Klimas in Deutschland sowie die Häufung von Extremwettererscheinungen als mögliche Folge der globalen Erwärmung benennen
- weitere infrage kommende Ursachen für den möglichen Klimawandel nennen und erklären (Sonnenaktivität und Stadtklimaeffekt)

- persönliche, institutionelle und technische Maßnahmen erläutern, die zu einer Verringerung der anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emission führen und möglicherweise der Verstärkung des Klimawandels entgegenwirken

Das Unterrichtsmaterial gliedert sich in sechs Abschnitte. Der erste Abschnitt dient der Eröffnung des Themenkomplexes und dem Zugang zu kontroversen Fragestellungen, die im Abschnitt 6 zur weiteren Bearbeitung und Diskussion wieder aufgegriffen werden. Mit den Abschnitten 2 bis 5 werden die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zu der globalen Erwärmung, dem Treibhauseffekt und dem globalen Kohlenstoffkreislauf sowie die wichtigsten Aspekte zum Klimawandel erarbeitet.

Abschnitt		Kurzbeschreibung	Dauer
1	Umweltprobleme	<ul style="list-style-type: none"> <li>- inhaltliche Einstimmung auf den Themenkomplex</li> <li>- spielerisches Aufzeigen der Themenreichweite</li> <li>- Erarbeitung einer Definition für Umweltproblemen</li> <li>- Zugang zu kontroversen Fragestellungen</li> </ul>	1 x 45min
2	globale Erwärmung & Treibhauseffekt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaktivierung der Vorkenntnisse zum Treibhauseffekt</li> <li>- Vorstrukturierung der Thematik</li> </ul>	
3	Treibhauseffekt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vertieften Auseinandersetzung mit den naturwissenschaftlichen Zusammenhängen zum Treibhauseffekt</li> <li>- Lernzirkel mit Theorie- und Experimentalstationen</li> </ul>	4 x 45min
4	Globaler Kohlenstoffkreislauf	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaktivierung der Vorkenntnisse zum globalen Kohlenstoffkreislauf</li> <li>- vertieften Auseinandersetzung mit den Zusammenhängen zwischen dem Treibhauseffekt und den Teilsystemen des globalen Kohlenstoffkreislaufes</li> <li>- Lernzirkel mit Theorie- und Experimentalstationen</li> </ul>	4 x 45min
5	Klimawandel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erarbeitung der wichtigsten Aspekte zum Klimawandel: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wetter und Klima</li> <li>- Folgen für Landökosysteme</li> <li>- Folgen für Eismassen und Ozeane</li> <li>- Klima und Extremwetterereignisse</li> <li>- Maßnahmen gegen den Klimawandel</li> <li>- Gegenstandpunkte</li> </ul> </li> </ul>	4 x 45min
6	persönliche & institutionelle Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auseinandersetzung mit persönlichen und institutionellen Maßnahmen, die der Verstärkung des Treibhauseffektes und dem Klimawandel entgegenwirken: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rollenspiel: „Kein Fleisch in der Schulmensa“</li> <li>- Gruppenarbeit: „Anspruch und Wirklichkeit von Umwelthandeln“</li> </ul> </li> </ul>	5 x 45min

# 1 Umweltprobleme

Der Abschnitt dient der Motivation und inhaltlichen Einstimmung auf den Themenkomplex „Globale Umweltprobleme“ durch das spielerische Aufzeigen der Themenreichweite mithilfe eines Quiz. Hierauf baut eine Definition von Umweltproblemen auf, die es ermöglicht diese nach der Reichweite ihrer Folgen zu unterscheiden

## U 1 - Jeopardy

Die Aufgabe der Schüler besteht darin, in Anlehnung an die TV-Quizshow „Jeopardy“ aus den 1990er Jahren, in einem Lehrer-Schüler-Gespräch Begriffe zu erraten. Hierfür werden an eine Wandtafel 9 Metaplankarten befestigt, die auf der Vorderseite Kurzbeschreibungen von Umweltproblemen zeigen (Abb. 1 oben). Begriffe, die erraten wurden werden herum-gedreht, sodass der Begriff auf der Rückseite sichtbar wird (Abb. 1 unten).

Form der Luftverschmutzung, die v. a. im Hochsommer in Großstädten in Bodennähe auftritt	Verschmutzung von Flüssen, Seen, Meeren und Grundwasser mit teilweise giftigen Substanzen	lokale Verringerung eines wichtigen Bestandteils der Atmosphäre, der vor UV-Strahlung schützt und durch FCKW zerstört wird
Aufhellung des Nachthimmels durch Lichtquellen, deren Licht in den Luftschichten der Atmosphäre in alle Richtungen gestreut wird	Niederschlag mit ungewöhnlich niedrigem pH-Wert	Bezeichnung für den seit Mitte des 19. Jahrhunderts beobachteten Anstieg der Durchschnittstemperatur der erdoberflächennahen Atmosphäre
nicht mehr benötigte Überreste im festen und flüssigen Zustand, sowie Gase in Behältern	Ende der evolutionären Stammlinie durch den Tod aller Nachkommen einer Art	Vorgang, der ohne anschließende Wiederaufforstung zur Verringerung des Regenwaldes führt
Sommer-Smog 1	Gewässerverschmutzung 4	Ozonloch 7
Lichtverschmutzung 2	saurer Regen 5	globale Erwärmung 8
Müll 3	Arten-Sterben 6	Rodung des Regenwaldes 9

Abb. 1: Vorder- und Rückseite der Metaplankarten für Jeopardy

Mit dem Spiel werden bedeutende Umweltprobleme unserer Zeit zusammengetragen. Folgende als Merksatz geeignete Definition erfasst alle diese Probleme:

*Umweltprobleme sind vom Menschen verursachte Veränderungen im Ökosystem der Erde, die vom Menschen negativ bewertet werden. Die Umweltprobleme können durch die Nutzung von natürlichen Ressourcen, die Besiedlung neuer Gebiete sowie als Nebenprodukt der Nutzung von Technologien entstehen. Umweltprobleme lassen sich grob nach der Reichweite ihrer Folgen klassifizieren. Diese bewegen sich zwischen den Extremwerten „lokal“ und „global“. (KAUFMANN-HAYOZ & DI GIULIO, 1996; MOGALLE 2001)*

Beispiele für eher lokale Umweltprobleme sind der Müll, die Lichtverschmutzung und der Sommersmog (linke Spalten der Abb. 1). Beispiele für eher globale Umweltprobleme sind das Ozonloch, die globale Erwärmung und die Rodung des Regenwaldes (rechte Spalten der Abb. 1). Nach Abschluss des Spiels können alle Karten bis auf die Karte „globale Umweltprobleme“ abgenommen werden. Die verbleibende Karte ist der Ausgangspunkt für das sich anschließende Brainstorming.

Hinweis zum Material:

Eine OHP-Folie mit der Definition von Umweltproblemen befindet sich als Druckvorlage in Datei „U 1 - Was sind Umweltprobleme“ auf der CD.

## 2 Globale Erwärmung & Treibhauseffekt

Dieser Abschnitt dient der Reaktivierung des Wissens zu globalen Umweltproblemen, die eng mit dem Phänomen der globalen Erwärmung verbunden sind, sowie der Vorstrukturierung des Themas Klimawandel, um die kognitive Struktur der Schüler anschlussfähig für eine vertiefte Auseinandersetzung mit den naturwissenschaftlichen Grundlagen zu machen. Darüber hinaus sollen hier erste kontroverse Fragestellungen aufgeworfen werden.

### U 2.1 – Brainstorming zum Begriff „globale Erwärmung“

Es ist anzunehmen, dass Schüler der Jahrgangsstufe 9 aufgrund der medialen Präsenz der Thematik „globale Erwärmung“ bereits viele der damit verbundenen Begriffe zumindest schon einmal gehört haben. Ein freies Brainstorming ermöglicht einen assoziativen Zugang zur Thematik. Die Nennung der folgenden Begriffe ist zu erwarten: Klimawandel, Gletscherschmelze, Meeresspiegelanstieg, Überschwemmungen, Extremwetterereignisse/Unwetter, fossile Brennstoffe, CO<sub>2</sub>-Ausstoß und Treibhauseffekt. Die nachfolgenden Fragen können das Brainstorming bei Bedarf anregend unterstützen:

- Welche Folgen hat die globale Erwärmung?
- Wodurch wird die globale Erwärmung verursacht?
- Was kann dagegen getan werden?



Abb. 2: Muster für Brainstorming „ Globale Erwärmung“ [1]

### U 2.2 – Globale Erwärmung (nach Mroschen & Höttecke 2011)

Mit einer kleinen Gruppendiskussion kann das Phänomen der globalen Erwärmung über die Erhöhung der weltweiten Durchschnittstemperatur dargestellt werden. Als Ausgangspunkt kann hierbei die Brainstorming-Nennung „Meeresspiegelanstieg“ gewählt werden. Die Auswirkung eines solchen Meeresspiegelanstiegs zeigt das berühmte Spiegel-Titelbild von 1986 (Abb. 3 links). Dieses zeigt den Kölner Dom, der aufgrund des vorhergesagten Meeresspiegelanstiegs zur Hälfte im Wasser versunken

ist. Wenn auch sehr alt und überspitzt, hat die Grundaussage der Fotomontage nichts an Aktualität verloren. Der Anstieg des Meeresspiegels wird für weite Teile der Welt als ernst zunehmende Bedrohung durch die globale Erwärmung eingestuft. Ausgehend von den Informationen zu diesem Spiegel-Titelbild sollen die folgenden Fragen die Diskussion eröffnen: Halten die Schüler die hier dargestellten Folgen für realistisch oder unrealistisch? Welche Reaktionen könnten von den Spiegellesern erwartet werden?

Hieran anknüpfend kann ein weiteres Titelbild des Spiegels gezeigt werden (Abb. 3 rechts), das 2007 erschienen ist und die mediale Präsenz und Berichterstattung des Themas durch die Überschrift „Klimahysterie“ in den Mittelpunkt rückt. Impulse für die sich hierauf aufbauend Diskussion können durch nachfolgende Fragen gegeben werden: Wie nehmen die Schüler die gegenwärtige Berichterstattung wahr? Hierbei können verschiedene Grundpositionen auftreten, die im Idealfall auch die der Klimawandel-Skeptiker – insbesondere die der Ursachen-Skeptiker – einschließt. Dabei sollte ein Ziel der Diskussion sein, auf die Rechtfertigung von Einwänden der Klimawandel-Skeptiker und deren Interessen zu sprechen zu kommen. Eine abschließende Klärung ist mit den Vorkenntnissen der Schüler nicht möglich. Darüber hinaus sollten auch erste Möglichkeiten von Maßnahmen gegen den Klimawandel genannt werden. Diese eröffnet Anknüpfungspunkte für eine vertiefte Auseinandersetzung mit den naturwissenschaftlichen Grundlagen zum Klimawandel sowie einer Bearbeitung des Themas zur Förderung von Bewertungs- und Gestaltungskompetenz in Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung.



Abbildung 3: Spiegel-Titelbilder  
(links 1986; rechts 2007) [2]

Hinweis zum Unterrichtsmaterial:

Für Beamer und als Foliendruckvorlage bitte Datei „U 2.2 – globale Erwärmung“ auf der CD nutzen.

### **U 2.3 – Treibhauseffekt (Lehrervortrag + Lückentext)**

Als Ursache für den Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur gilt die anthropogen verursachte Zunahme an Spurengasen wie CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub>, die den natürlichen Treibhauseffekt der Erde verstärken. Kenntnisse über das Zustandekommen des Effektes sind Voraussetzung, um Inhalte der Unterrichtsmaterialien nachfolgender Abschnitte in die kognitive Struktur leichter integrieren zu können. Mit einem Lehrervortrag und einer anschließenden Ergebnissicherung mithilfe eines binnendifferenzierenden Lückentextes kann ein erstes allgemeines Verständnis hierfür geschaffen werden.

#### **a. Lehrervortrag**

Der Lehrervortrag soll dazu dienen mithilfe eines einfachen Modells des Systems Erde das Zustandekommen des Treibhauseffektes auf qualitativer Ebene didaktisch reduziert zu beschreiben. Da Schüler der Jahrgangsstufe 9 in der Regel Strahlung und insbesondere Licht über das Strahlenmodell und noch nicht über das Wellenmodell erklären können, sollten statt der Begriffe ‚kurzwellige/langwellige Strahlung‘ die Begriffe ‚Sonnen-/Wärmestrahlung‘ verwendet werden. Aus dem gleichen Grund sollte hinsichtlich der Lichtschwächung extraterrestrischer Strahlung auf dem Weg durch die Luftschichten der Erdatmosphäre nur auf die Absorption und Reflexion, nicht aber auf die Streuung eingegangen werden.

- Genese des Begriffs: Der Effekt verdankt seinen Namen den Vorgängen in einem Treibhaus. Wobei der Vergleich nicht ganz korrekt ist: Ein Treibhaus erwärmt sich neben dem „Treibhauseffekt“ auch dadurch, dass einfallende Sonnenstrahlung die Innenluft erwärmt und die Glaswände des Gewächshauses einen Austausch mit der kälteren Außenluft verhindern. Dadurch wird ein Ausströmen der warmen Luft nach oben verhindert, fachlich korrekt: die Konvektion der warmen Luft wird verhindert. Die Wärme kann nur entweichen, wenn die warme Innenluft Wärme nach außen strahlt. Beim Treibhauseffekt in der Erdatmosphäre ist die Wärmestrahlung nach außen vermindert.
- Einstrahlung der Sonnenstrahlung: Die von der Sonne kommende Strahlung kann die Atmosphäre zum größten Teil ungehindert passieren. Nur ein geringer Anteil der Sonnenstrahlung wird von der Atmosphäre absorbiert oder an Wolken zurück in den Weltraum reflektiert. Der Rest gelangt auf die Erdoberfläche. Dort wird ein kleiner Teil an hellen Oberflächen, wie z. B. schneebedeckte Berghänge und Wasseroberflächen, ebenfalls zurück in den Weltraum reflektiert. Der andere Teil wird durch dunklere Oberflächen der Erde, wie z. B. Gesteinsoberflächen und begrünte Flächen, absorbiert.
- Erwärmung der Atmosphäre: Die absorbierte Sonnenstrahlung wird in Wärmestrahlung umgewandelt und in Richtung Weltraum zurück gestrahlt. Natürliche Treibhausgase der Atmosphäre, wie z. B. H<sub>2</sub>O, absorbieren einen Teil dieser Wärmestrahlung. Dadurch erwärmt sich die Atmosphäre. Zusätzlich wird die Atmosphäre durch sogenannte atmosphärische Prozesse erwärmt. Ein

Beispiel ist das Aufsteigen warmer bodennaher Luftmassen (Konvektion wegen geringerer Dichte). (Ein anderes komplexeres Beispiel hängt mit der meteorologischen Niederschlagsbildung zusammen: Wasser von Oberflächengewässern (Meere, Seen, Flüsse) verdampft (Aufnahme von Wärme), steigt infolge von Erwärmung in höhere Atmosphärische Schichten auf. Kommt es zur Niederschlagsbildung wird die Verdunstungswärme wieder frei.)

- Aus- und Rückstrahlung der Wärmestrahlung: Die dadurch erwärmte Atmosphäre strahlt die Wärme wiederum ab – einen Teil in Richtung Weltraum, den anderen Teil zurück in Richtung Erdoberfläche. Diese Rückstrahlung bewirkt letztlich den natürlichen Treibhauseffekt, der Leben auf der Erde erst ermöglicht. Modellrechnungen haben ergeben, dass ohne dieses Phänomen die mittlere Oberflächentemperatur statt +15 °C nur -18 °C betragen würde.
- Anthropogener Treibhauseffekt: Durch eine vom Menschen verursachte Erhöhung des Treibhausgasanteils in der Atmosphäre, wie z. B. CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub>, wird die Rückstrahlung der Wärmestrahlung in Richtung Erdoberfläche verstärkt. Dieser zusätzliche Effekt wird anthropogener Treibhauseffekt genannt.

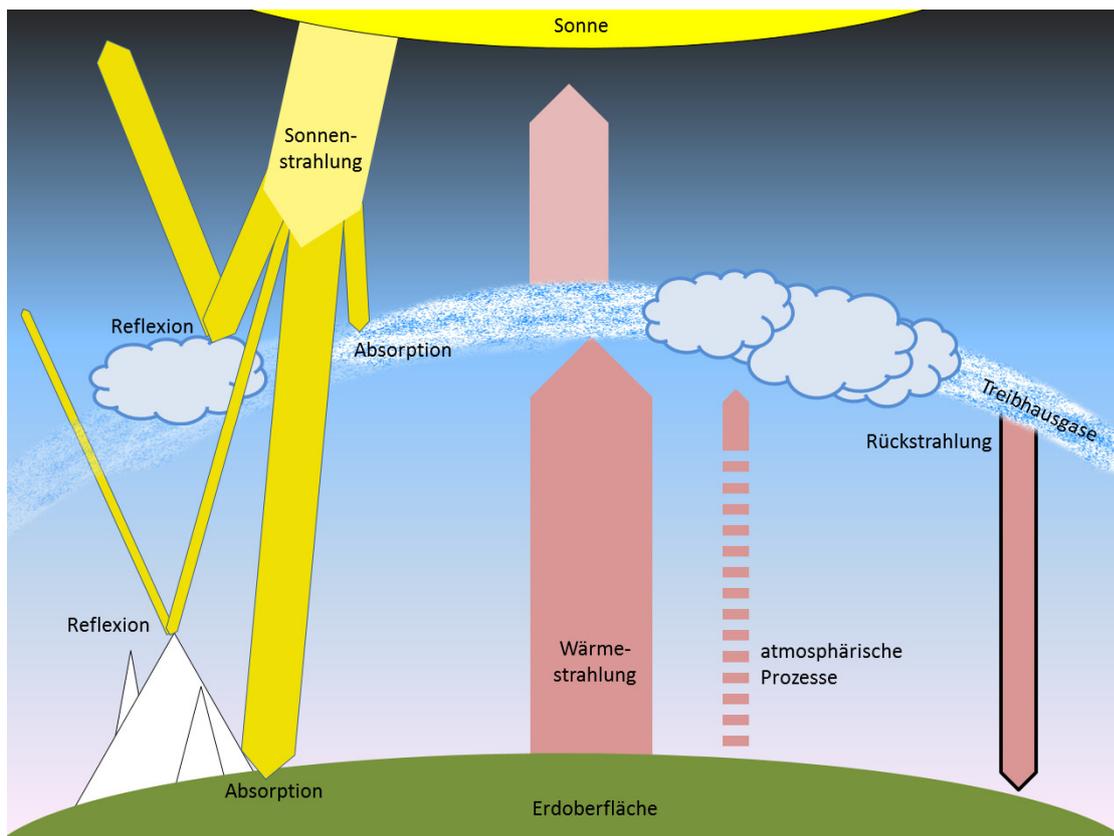


Abb. 4: einfaches Schema des Treibhauseffektes [3]

#### Hinweise zum Schema des Systems Erde:

Ein Schema des Systems Erde befindet in Datei „U 2.3 – Treibhauseffekt (Lehrervortrag)“ als PowerPoint-Präsentation auf der CD.

**b. Lückentext**Musterlösung:

Der Effekt verdankt seinen Namen den Vorgängen in einem **Treibhaus**. Wo- bei der Vergleich nicht ganz korrekt ist: Ein Treibhaus erwärmt sich vor al- lem auch dadurch, dass eingefallene **Sonnenstrahlung** die Innenluft er- wärmt und die Glaswände des Gewächshauses einen Austausch mit der kälteren Außenluft verhindert. Die Wärme kann nur entweichen, wenn die warme Innenluft Wärme nach außen strahlt. Beim Treibhauseffekt in der Erdatmosphäre ist die **Wärmestrahlung** nach außen vermindert. Warum? Die von der Sonne kommende kurzwellige Strahlung kann die Atmosphäre nahezu ungehindert passieren. Dabei wird ein kleiner Teil an Wolken re- flektiert oder von der Atmosphäre absorbiert. Der Rest gelangt auf die Erd- oberfläche und wird dort an hellen Oberflächen zurück in den Weltraum **reflektiert** oder durch dunklere Oberflächen **absorbiert**.

Die absorbierte kurzwellige Strahlung wird in langwellige Strahlung umge- wandelt und in Richtung Weltraum gestrahlt. Natürliche Treibhausgase der Atmosphäre, wie z. B. H<sub>2</sub>O, absorbieren einen Teil dieser Strahlung. Die dadurch erwärmte Atmosphäre strahlt die Wärme wiederum ab – einen Teil in Richtung Weltraum, den anderen Teil zurück in Richtung Erdober- fläche.

Diese **Rückstrahlung** bewirkt letztlich den **natürlichen** Treibhauseffekt, der das Leben auf der Erde erst ermöglicht. Ohne dieses Phänomen würde die mittlere Oberflächentemperatur statt +15 °C nur -18 °C betragen. Durch eine vom Menschen verursachte Erhöhung des Treibhausgasanteils, wie z. B. CO<sub>2</sub> und **CH<sub>4</sub>**, in der Atmosphäre wird die Rückstrahlung langwelliger Strahlung verstärkt, der zusätzliche Effekt wird **anthropogener** Treibhaus- effekt genannt.

Hinweise zum Lückentext:

Druckvorlagen befinden sich in Datei „U 2.3 - Treibhauseffekt (Lückentext)“ auf der CD.

### 3 Treibhauseffekt

Dieser Abschnitt dient der vertieften Auseinandersetzung mit der Hauptursache der globalen Erwärmung. Weitere mögliche Ursachen sind die zyklische Änderung des Sonnenaktivität und der Stadtklimaeffekt. Dieser werden im Abschnitt 5 aufgegriffen.

#### U 3.1 – Treibhauseffekt (Lernzirkel)

Die vertiefte Auseinandersetzung erfolgt über einen Lernzirkel, der auf einer vereinfachten Darstellung des Modells System Erde beruht.

- 5 Pflichtstationen und 1 Wahlstation (Experimental- und Theoriestationen)
- Reihenfolge der Bearbeitung frei wählbar
- Dauer der Bearbeitung mit Einführung, Ergebnisvergleich/-sicherung 5 x 45min
- Material besteht aus Laufzettel mit Übersicht, Stationsblätter mit Arbeitsaufträgen, Arbeitsblätter

**Nach Bedarf kann jede Station zweimal aufgebaut werden. Es folgen Aufbauhilfen für alle 6 Stationen für den Fall, dass Sie Probleme/Fragen beim Aufbau der Stationen haben.**

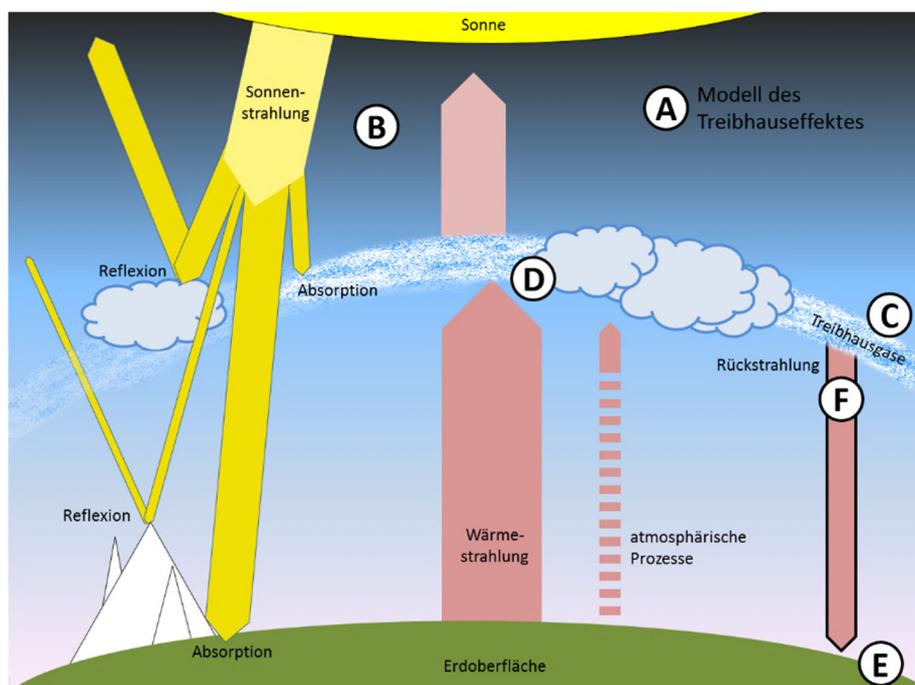


Abb. 5: einfaches Schema des Treibhauseffektes und Zuordnung der Stationen [4]

- |   |  |
|---|--|
| (A) Modell des Treibhauseffektes                      | (E) Absorption von Wärmestrahlung an Oberflächen |
| (B) Transparenz der Atmosphäre                        | (F) Reemission von Wärmestrahlung (Wahlstation)  |
| (C) Treibhausgase                                     |  |
| (D) Absorption von Wärmestrahlung durch Treibhausgase |  |

### Aufbauhilfe Station A: Modell des Treibhauseffektes

(nach MROSCHEN & HÖTTKE, 2011)

#### Kurzbeschreibung:

Mit dieser Experimentalstation sollen Schüler ihre Modellvorstellung zum Treibhauseffekt festigen. Die Schüler können hier mithilfe eines Wasser-Eimer-Modells den natürlichen Treibhauseffekt und dessen anthropogene Verstärkung nachvollziehen. Im Auswertungsteil sollen zur Schulung der Modellvorstellung die Elemente des Wasser-Eimer-Modells mit denen des Modells Systems Erde verglichen werden.

#### Das brauchen Sie:

- Dreifuß, präparierter Eimer, Kaffeetasse, (großes Waschbecken)

#### Hinweise zum Aufbau/Durchführung:

- Versuch einmal aufbauen, Stationsblatt zweimal auslegen

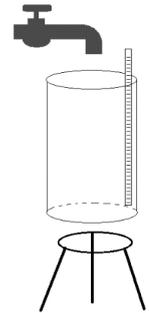


Abb. 6: Aufbau Station A [5]

### Aufbauhilfe Station B: Transparenz der Atmosphäre

#### Kurzbeschreibung:

An dieser Theoriestation sollen Schüler aus verschiedenen Darstellungsformen (Text, Diagramm und Schema) zielgerichtet Informationen zu den Bereichen des elektromagnetischen Spektrums und der Veränderung von Strahlung durch die Atmosphäre entnehmen (extraterrestrische Strahlung und Wärmestrahlung der Erdoberfläche). Zur Unterstützung des Textverständnisses helfen Fragen die wichtigsten Informationen aus den Darstellungsformen auszufiltern.

#### Hinweise zum Aufbau/Durchführung:

- Stationsblätter zweimal auslegen

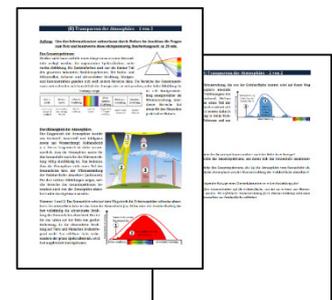


Abb. 7: Info-Texte Station B [6]

### Aufbauhilfe Station C: Treibhausgase

#### Kurzbeschreibung:

Im Mittelpunkt dieser Theoriestation steht das zielgerichtete Auswählen von relevante Informationen aus verschiedenen Quellen. Die Schüler sollen über eine Internetrecherche Informationen zu Treibhausgasen zusammentragen (Anteil in der Atmosphäre, Verweil-dauer, Herkunft, Verwendung und Anteil am anthropogenen Treibhauseffekt. Damit diese Station auch ohne Internet-Zugang durchgeführt werden

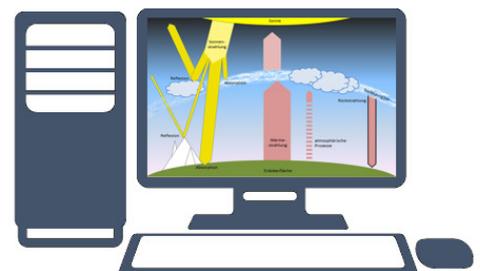


Abb. 8: Internetrecherche [7]

kann, sind dem Material Offline-Webseiten beigelegt, die eine Recherche der oben genannten Informationen ermöglicht (siehe CD-ROM).

Das brauchen Sie:

- 2 PC's mit Internet oder 2 PC mit Offline-Webseiten

Hinweise zum Aufbau/Durchführung:

- 2 Notebooks (Fachraum) oder 2 PC (Computerkabinett)
- Durchführung in Variante a oder b:
  - a. freie Internet-Recherche über Suchmaschinen (beste Variante)
  - b. Offline-Internet-Recherche mit Offline-Webseiten (komplette Webseiten von 2 Forschungseinrichtung wurden heruntergeladen und liegen auf der CD bereit im Ordner „U 4 - Treibhausgase (offline-websites)“
- Stationsblätter zweimal auslegen

**Aufbauhilfe Station D: Absorption von Wärmestrahlung durch Treibhausgase**

(verändert nach FEIERABEND, 2011)

Kurzbeschreibung:

An dieser Experimentalstation können die Schüler einen klassischen Treibhausgas-Versuch durchführen, bei dem der Temperaturanstieg einer Modellatmosphäre infolge der Absorption von Wärmestrahlung gemessen wird. Verglichen wird die Wirkung von Raumluft und Kohlendioxid. Auf Grundlage der Beobachtungen und der Auswertung des Experiments soll geschlossen werden, dass durch eine anthropogene CO<sub>2</sub>-Emission der natürliche Treibhauseffekt verstärkt wird.

Das brauchen Sie:

- 2 Styroporbehälter mit schwarzer Pappe und PE-Folie
- 2 Stative, 4 Muffen, 2 Stativklemmen, 2 Stativringe
- 2 Halogenlampen mit Reflektor (400W)
- 2 flache Kristallisierschalen
- 2 Digitalthermometer mit Einstichspitze
- 2 Stoppuhren

Hinweise zum Aufbau/Durchführung:

- 2x Versuchsaufbau (Markierungen an Stativstangen    Höhe der Stativmuffen)
- 2x Stationsblatt
- ausreichend Arbeitsblätter
- 1x CO<sub>2</sub>-Tankstelle aufbauen



Abb. 9: Aufbauansicht von oben [8]

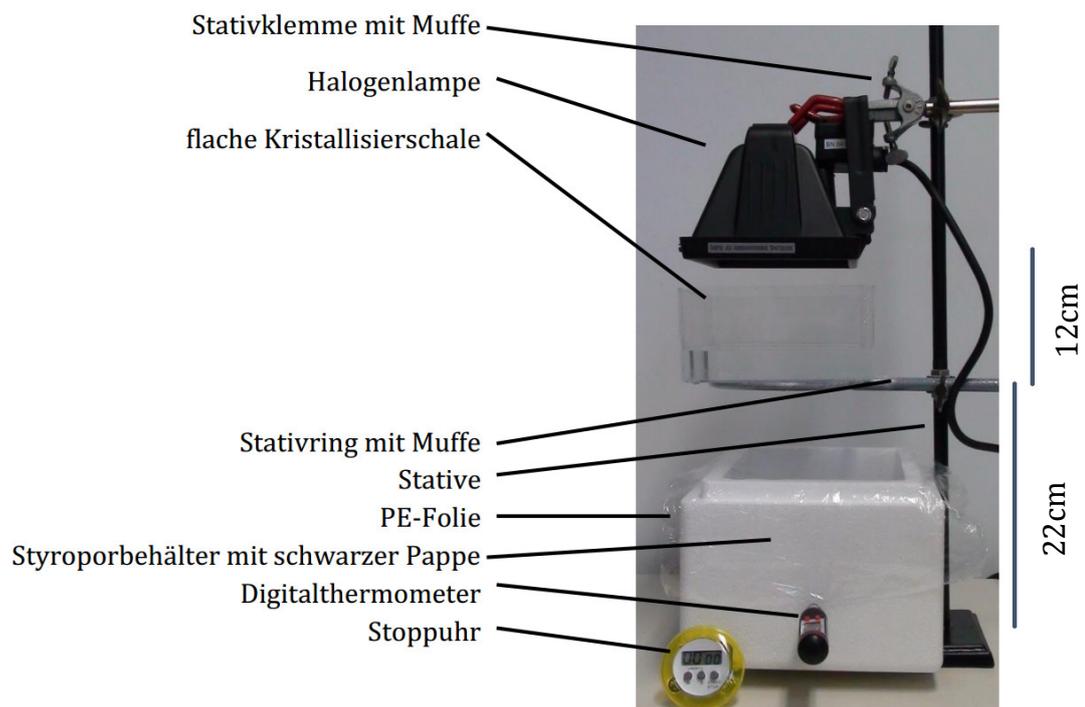


Abb. 10: Aufbauansicht seitlich [9]

### Aufbauhilfe Station E: Absorption von Wärmestrahlung an Oberflächen

(verändert nach JOACHIM HERZ STIFTUNG, o. J.)

#### Kurzbeschreibung:

An dieser Station steht das hypothesengeleitete, experimentelle Arbeiten im Mittelpunkt. Schüler sollen die folgende Hypothese überprüfen: „Wärmestrahlung wird an hellen Oberflächen stärker reflektiert und an dunklen Oberflächen stärker absorbiert.“ Mit einem einfachen Experiment kann die Temperaturerhöhung in Abhängigkeit der Oberflächenbeschaffenheit gemessen werden. Durch ein Arbeitsblatt wird die Durchführung und Bearbeitung der Station unterstützt und die Vorstellung zum Modell des Treibhauseffektes gefestigt.



Abb. 11: Aufbauhilfe Station E [10]

#### Das brauchen Sie:

- 2 schwarze und 2 silberne Bechergläser
- 4 Thermometer (nicht in den Kisten enthalten)
- 2 Holzklötze
- 2 Bügeleisen
- 2 Stoppuhren

#### Hinweise zum Aufbau/Durchführung:

- 2x Versuchsaufbau
- 2x Stationsblatt
- ausreichend Arbeitsblätter

### Aufbauhilfe Station F: Reemission von Wärmestrahlung (Wahlstation)

(verändert nach MROCHEN & HÖTTECKE 2011)

#### Kurzbeschreibung:

Diese Zusatzstation demonstriert modellhaft den Rückstrahleffekt über eine zuvor angestrahlte Plexiglasscheibe. Auch hier sollen wieder die Elemente des Modellexperiments mit denen des Systems Erde in Beziehung gesetzt werden.

#### Das brauchen Sie:

- 1 Schreibtischlampe mit 60 W-Glühbirne
- 1 Plexiglasscheibe

#### Hinweise zum Aufbau/Durchführung:

- 1x Versuchsaufbau
- 1x Stationsblatt

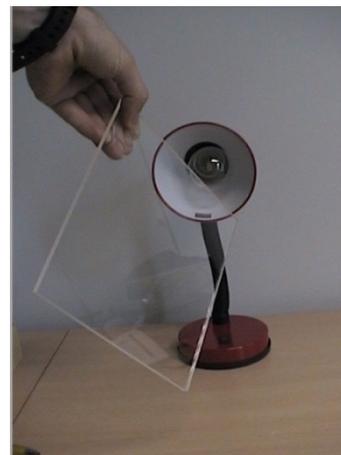


Abb. 12: Aufbauhilfe Station F [11]

## Musterlösungen – Lernzirkel Treibhauseffekt

### **(A) Modell des Treibhauseffektes (Auswertung)**

1. Im Versuch wird der Wasserpegel gemessen. Benenne die Größe, die bewusst verändert wird!
  - Geschwindigkeit mit der das Wasser, das aus dem Loch läuft, wieder in den Eimer geschüttet wird
2. Ordne die folgenden Begriffe aus dem Wasser-Eimer-Modell den Begriffen aus dem System Erde (siehe Schema, oben) zu!

Wasserzufuhr in den Eimer	Sonneneinstrahlung
kleine Tasse	Treibhausgase
Wasserhahn	Sonne
Wasserpegel	Temperatur der Erdoberfläche
Wasser	Energie der Strahlung
Wasserausfluss aus dem Eimer	Wärmestrahlung der Erdoberfläche

### **(B) Transparenz der Atmosphäre (Auswertung)**

1. Benenne die Bereiche des Gesamtspektrums sortiert nach der Höhe ihrer Energie!
  - Radiowellen, Mikrowellen, Infrarotstrahlung, sichtbares Licht, ultraviolette Strahlung, Röntgenstrahlung, Gammastrahlen
2. Benenne die Bereiche des Gesamtspektrums, die die Erdatmosphäre von der Sonne empfängt!
  - UV-Strahlung, sichtbares Licht, (teilweise) Wärmestrahlung
3. Benenne die Bereiche des Gesamtspektrums, die (a) von der Atmosphäre absorbiert werden und (b) nahezu ungehindert passieren können!
  - (a) (teilweise) UV-Strahlung, (teilweise) Wärmestrahlung
  - (b) sichtbares Licht
4. Können die folgenden Größen mithilfe von naturwissenschaftlichen Instrumenten (!) gemessen werden? Kreuze jeweils ja oder nein an!

Die Intensität der Wärmestrahlung, die auf einen bestimmten Punkt der Erdoberfläche trifft.	ja	<input type="checkbox"/> nein
Die Anzahl der Personen, die Angst vor UV-Strahlung haben.	<input type="checkbox"/> ja	nein
Deine Meinung zum Sinn dieser Fragen.	<input type="checkbox"/> ja	nein

#### **Zusatzaufgabe:**

Nimm Stellung zu folgender Aussage eines Schülers der Oberstufe im Fach Chemie!

*Von der Sonne treffen Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche, von der sie in Form von Wärmestrahlung reflektiert werden. Die reflektierte Sonnenstrahlung (jetzt Wärmestrahlung) wird dann wieder durch die Atmosphäre zur Erdoberfläche reflektiert.*

- Erster Satz falsch; Korrekturbeispiel: Von der Sonne treffen Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche, die diese teilweise absorbiert und sich dadurch erwärmt. Die erwärmte Erdoberfläche gibt dann einen Teil der Wärmeenergie in Form von Wärmestrahlung ab.
- Zweiter Satz falsch; Korrekturvorschlag: Die Treibhausgase der Atmosphäre absorbieren einen Teil der Wärmestrahlung. Die so erwärmte Atmosphäre strahlt ihre Wärmeenergie u. a. in Richtung Erdoberfläche zurück.

**(C) Treibhausgase (Lösungen)**

Treibhausgas	Anteil in der bodennahe Atmosphäre	Herkunft/Verwendung	Verweildauer in der Atmosphäre	Anteil am anthrop. Treibhauseffekt
<b>Wasserdampf</b>	0,4 %	Gewässer	unbegrenzt	0 %
<b>Kohlendioxid</b>	389 ppm	Verbrennung von Kohle und Erdöl	120 Jahre	60 %
<b>Methan</b>	1,8 ppm	Viehwirtschaft (Rinderzucht), Landwirtschaft (Reisanbau), Mülldeponien	9-15 Jahre	20 %
<b>Schwefelhexafluorid</b>	≈ 0 ppm	Herstellung von Schallschutzgläsern, Darstellung von Magnesium(großtechnisch), Isolationsgas	3000 Jahre	≈ 0%
<b>Distickstoffoxid</b>	310 ppm	Landwirtschaft (Überdüngung)	120 Jahre	6 %

Hinweis: Eine freie Internetrecherche wird für die Kategorien „Anteil in der Bodennahe Atmosphäre“ und „Anteil am anthrop. Treibhauseffekt“ z. T. verschiedene Werte liefern, da Schüler erfahrungsgemäß Zahlen verschiedener Studien zitieren, denen jeweils teilweise andere Klimamodelle zur Berechnung der Anteile zugrunde liegen. Unterschiedliche Werte sind also kein „Fehler“. Es sollte aber stets aus der Gegenüberstellung der Zahlen hervorgehen, dass CO<sub>2</sub> den größten Anteil in der bodennahen Atmosphäre stellt und auch den größten Anteil am anthropogenen Treibhauseffekt hat.

1. Nenne genau 4 Schlagwörter, die aus deiner Sicht geeignet sind, die fehlenden Informationen mithilfe einer Internet-Suchmaschine (z. B. Fireball, Google oder Altavista) zu sammeln!
  - z. B. Treibhausgas, Anteil, Herkunft, Verweildauer
  - Verbesserungsvorschläge: einzelne Schlagwörter sind besser als Fragesätze; die Aufführung einzelner Wortteile statt zusammengesetzter Wörter erhöht die Trefferquote
2. Können die folgenden Fragen über Treibhausgase durch naturwissenschaftliche Experimente beantwortet werden?

Sollte es einen internationalen Vertrag geben, der den anthropogenen Ausstoß von Treibhausgas verbindlich verringert?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Kann die Erdoberflächentemperatur gesenkt werden, wenn ein Satellit, so zwischen Erde und Sonne fliegt, dass die Erde in dessen Halbschatten liegt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein

- Hinweis: Meinungen über die Notwendigkeit von internationalen Vereinbarungen lassen sich zwar über statistische Erhebung generieren und demzufolge in Zahlen darstellen, fallen aber in den sozialwissenschaftlichen und damit nicht in den naturwissenschaftlichen Bereich. *Experimente des naturwissenschaftlichen Bereichs zeichnen sich u. a. dadurch aus, dass die untersuchten Objekte keine handelnden Subjekte (hier: Menschen) sind.* Diese Abgrenzung hat freilich ihre Schwächen, so z. B. im Bereich der Humanbiologie und der Medizin.

### **(D) Absorption von Wärmestrahlung durch Treibhausgase (Kurzprotokoll)**

**Hinweise zum Aufbau:** Vorversuche haben gezeigt, dass aussagekräftige Messwerte erhalten werden, wenn die offene Seite der 400W-Halogenleuchte in einer Höhe von 38 cm montiert wird und die Kristallisierschale auf einer Höhe von 22 cm fixiert wird.

**Frage:** Absorbiert in einer Modellatmosphäre CO<sub>2</sub> oder Raumluft mehr Infrarotstrahlung?

**Auswertung:**

1. Vervollständige folgende Tabelle in deinem Hefter!

<b>Füllung</b>	<b>Anfangstemperatur</b>	<b>Endtemperatur</b>	<b>Temperaturdifferenz</b>
<b>Luft</b>			klein
<b>Kohlendioxid</b>			größer

2. Formuliere eine kurze Erklärung für deinen Befund!

- Unterschied Luft und Kohlendioxid: Die normale Raumluft besteht zum größten Teil aus Stickstoff und Sauerstoff. Nur ein geringer Teil besteht aus Treibhausgasen. In reiner Kohlendioxid-Atmosphäre ist mehr Kohlendioxid enthalten als in normaler Raumluft. Dadurch ist der Temperaturanstieg im mit Kohlendioxid gefüllten Styroporbehälter größer als im mit Luft gefüllten Behälter.
- Unterschied Kohlendioxid und Methan: Methan absorbiert mehr Wärmestrahlung als Kohlendioxid.

3. Die Apparatur ermöglicht einen Modellversuch zu Treibhauseffekt. Nenne für die Bestandteile der Apparatur die Entsprechung im einfachen Modell des Treibhauseffekts!

Lampe	Sonne
Kristallisierschale	Atmosphäre/Wolken
Inhalt des Behälters	Atmosphäre/Treibhausgase
schwarze Pappe	Erdoberfläche

### **(E) Absorption von Wärmestrahlung an Oberflächen (Auswertung)**

1. Die Versuchsanordnung stellt ein Modell dar. Benenne, die Geräte, die einem Objekt im System Erde entsprechen!
  - helle Oberfläche = eisbedeckte Flächen oder Wasseroberfläche
  - dunkle Oberfläche = Gesteinsoberflächen
  - Bügeleisen = Atmosphäre
  
2. Nimm unter Verwendung der Versuchsergebnisse Stellung zur Hypothese!
  - Die Hypothese kann nicht vollständig bestätigt werden, da Wärmestrahlung zwar an hellen Oberflächen reflektiert wird, aber nicht vollständig. Ein Teil wird auch absorbiert, was durch den geringen Temperaturanstieg des Wassers im Becherglas mit Alu-Papier belegt werden kann.
  - Alternative: Wärmestrahlung wird hellen Oberflächen stärker als an dunklen Oberflächen absorbiert.
  
3. Begründe, warum laut Versuchsvorschrift beide Becher die gleiche Menge Wasser enthalten sollen!
  - Je mehr Wasser in einem Becherglas ist desto geringer fällt der Temperaturanstieg im Experiment aus. Eine ungleiche Füllung der beiden Becher würde einen sauberen Rückschluss auf die Wirkung der Becherglasoberfläche verhindern.
  - Ausführlich: Bei diesem Experiment wird der Einfluss der unabhängigen Variablen (Oberflächenbeschaffenheit der Bechergläser) auf die abhängige Variable (Temperaturanstieg) überprüft. Somit müssen alle anderen Variablen jeweils konstant sein (gleiche Bechergröße, gleicher Abstand und Winkel zur Bügeleisenoberfläche).

### **(F) Wahlstation: Reemission von Wärmestrahlung**

#### Auswertung:

Die Versuchsanordnung stellt ein Modell dar. Benennen, welche Geräte einem Objekt im System Erde entsprechen! Notiere deine Ergebnisse im Hefter!

- Strahlung der Lampe = Wärmestrahlung der Erdoberfläche
- Plexiglasscheibe = Atmosphäre

## 4 Globaler Kohlenstoffkreislauf

Dieser Abschnitt dient Reaktivierung der Vorkenntnisse zum globalen Kohlenstoffkreislauf, den die Schüler bereits aus dem Unterricht des Faches Geografie kennen, sowie der vertieften Auseinandersetzung mit den Zusammenhängen zwischen dem Treibhauseffekt und den Teilsystemen des globalen Kohlenstoffkreislaufes.

### **U 4.1 – globaler Kohlestoffkreislauf (Reaktivierung)**

Der Anteil kohlenstoffbasierter Treibhausgase in der Atmosphäre, wie z. B. CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub>, ist für das Ausmaß des Treibhauseffektes von zentraler Bedeutung und wird durch die Prozesse des Kohlenstoffkreislaufs bestimmt. Dabei wird hier von einem vereinfachten Kreislaufmodell ausgegangen, welches die Zusammenhänge zwischen den Kompartimenten rein qualitativ darstellt und keine Verknüpfung mit anderen Stoff- und Energiekreisläufen aufweist, z. B. Sauerstoffkreislauf. Darüber hinaus werden auch die Vorgänge innerhalb der Kompartimente didaktisch reduziert dargestellt. So wird beispielsweise auf eine Darstellung der chemischen Gleichgewichte zwischen den Carbonat-Spezies in wässriger Lösung verzichtet (Hydrosphäre).

Das vereinfachte Modell des Kohlenstoffkreislaufs erstreckt sich über die natürlichen Teilsysteme Ozean, Atmosphäre, Biosphäre und Pedosphäre. In der Biosphäre treffen die natürlichen Teilsysteme aufeinander. Zwischen den Teilsystemen findet ein CO<sub>2</sub>-Austausch statt. Zunächst dient eine binnendifferenzierende Ergänzungsaufgabe der Reaktivierung des Wissens über den globalen Kohlestoffkreislauf. Aufgabe ist es, gegebene Begriffe den Platzhaltern eines einfachen Kreislaufschemas zuzuordnen (Dissimilation, fossile Energieträger, Fotosynthese, Pflanzen, Zellatmung, Sedimente. Hilfstexte können durch die Schüler optional genutzt werden.

Musterlösung:

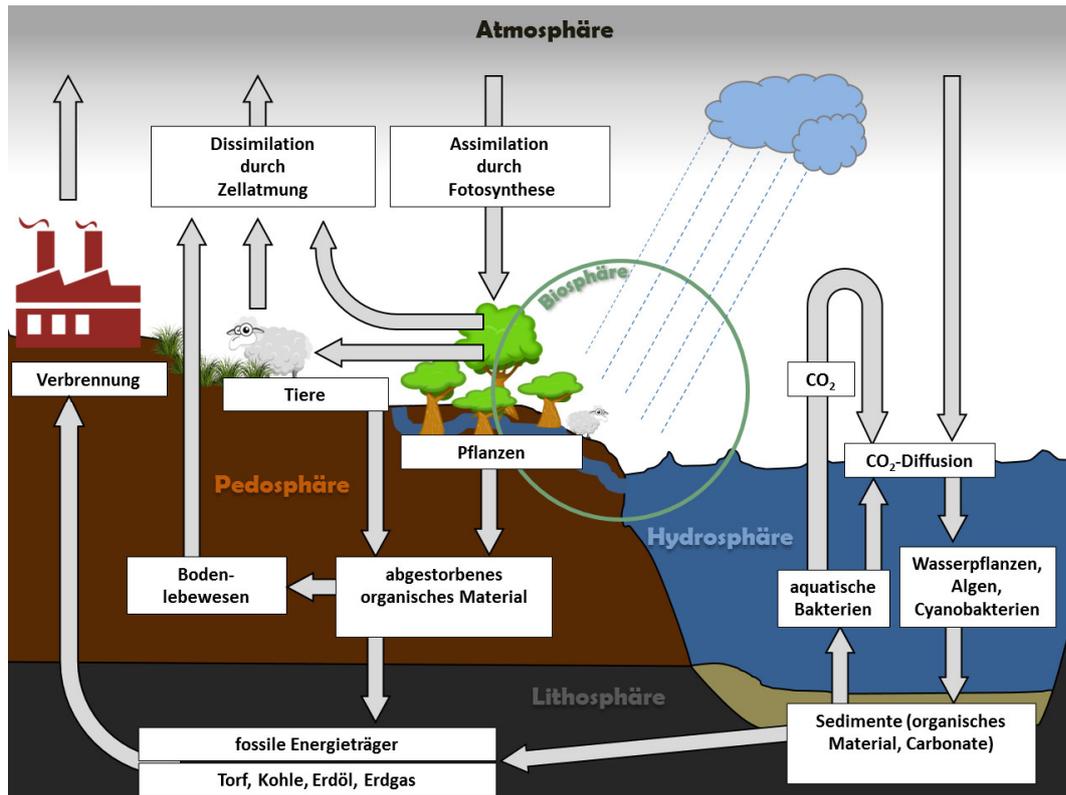


Abb. 13: vereinfachtes Modell des globalen Kohlenstoffkreislaufes (verändert nach TOR-TORA, FUNKE & CASE 2014 [12])

Hinweise zum Unterrichtsmaterial:

Druckvorlagen der Ergänzungsaufgabe befinden sich in Datei „U 4.1 – Kohlenstoffkreislauf (Reaktivierung)“ (CD).

**U 4.2 – CO<sub>2</sub> im globalen Kohlenstoffkreislauf (Lernzirkel)**

Eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem globalen Kohlenstoffkreislauf erfolgt auch hier über die methodische Großform des Lernzirkels. Aufbau und Struktur des Lernzirkels orientieren sich am vereinfachten Modell des globalen Kohlenstoffkreislaufes.

- 4 Pflichtstationen und 1 Pufferstation (Experimental- und Theoriestationen)
- Reihenfolge der Bearbeitung frei wählbar
- Dauer der Bearbeitung mit Einführung, Ergebnisvergleich/-sicherung 5 x 45min
- Material besteht aus Laufzettel mit Übersicht, Stationsblätter mit Arbeitsaufträgen, Arbeitsblätter
- Wasserpestsprossen, ca. 2,50 € im Zoohandel

**Nach Bedarf kann jede Station jeweils zweimal aufgebaut werden. Zusätzlich gibt es eine Pufferstation E. Es können maximal 8 Schülergruppen gleichzeitig arbeiten. Es folgen Aufbauhilfen für alle 5 Stationen für den Fall, dass Sie Probleme/Fragen beim Aufbau der Stationen haben.**

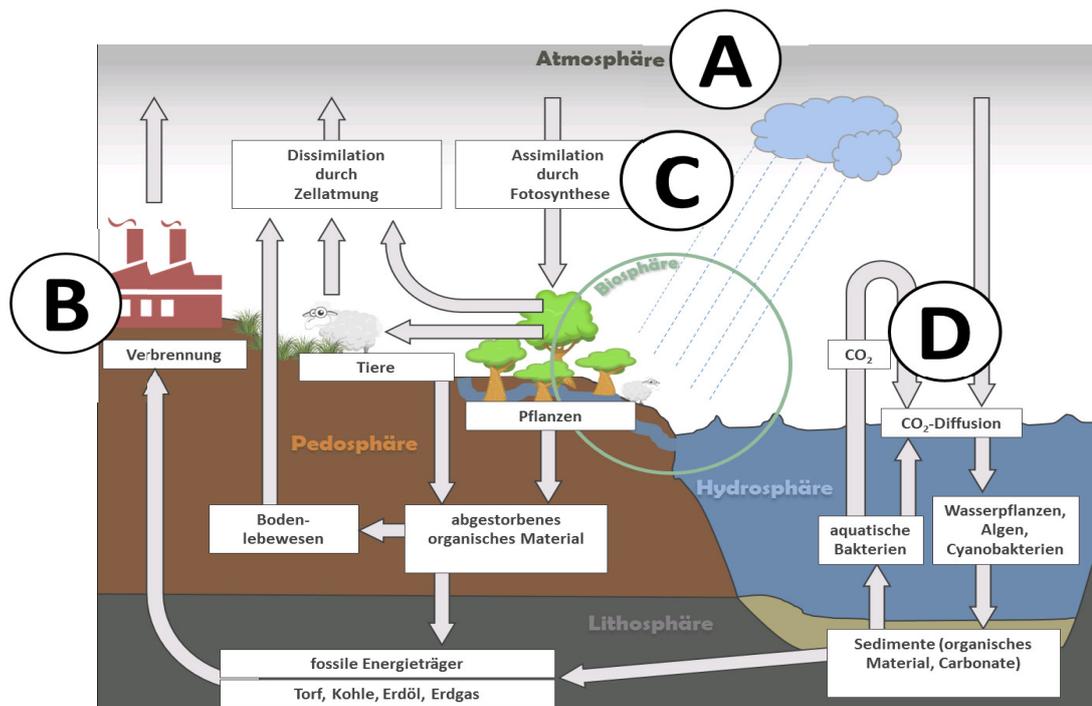


Abb. 14: globalen Kohlenstoffkreislaufes und Zuordnung der Stationen [13]

- (A) Atmosphärische Aufgaben
- (B) Anthropogene CO<sub>2</sub>-Emission (Video)
- (C) Fotosynthese von Pflanzen
- (D) Löseverhalten von CO<sub>2</sub> in Wasser
- (E) Suchworträtsel (Pufferstation)

### Aufbauhilfe Station A: Atmosphärische Aufgaben

#### Kurzbeschreibung:

Diese Theoriestation besteht aus drei Teilen. Im ersten Teil sollen die Schüler ihr in den vorangegangenen Abschnitten erworbenes Wissen zum Treibhauseffekt und der Wirkung von Treibhausgasen überprüfen. Dies erfolgt durch die Bewertung der fachlichen Richtigkeit von Aussagen, z. B. „Der Treibhauseffekt ist keine natürliche Erscheinung.“ Im zweiten Teil sollen die Schüler die naturwissenschaftliche Fragestellung eines beschriebenen Versuches formulieren, bei dem halb-quantitativ die Abschwächung von Wärmestrahlung beim Durchgang durch eine Modellatmosphäre in Abhängigkeit des CO<sub>2</sub>-Volumenanteils untersucht wird. Im dritten Teil sollen die Schüler mithilfe eines Diagramms den zeitlichen Verlauf der CO<sub>2</sub>-Konzentration an einem Sommertag in Jena interpretieren.

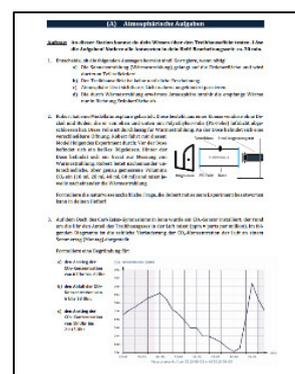


Abb. 15: Arbeitsblatt Station A [14]

#### Hinweise zum Aufbau/Durchführung:

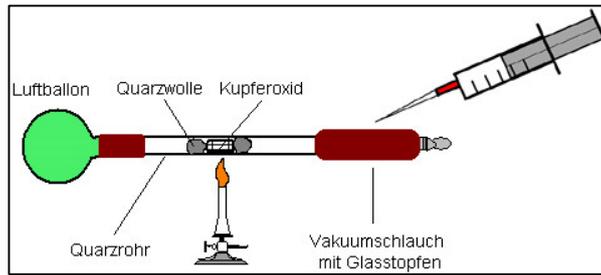
- Stationsblatt zweimal auslegen

## Aufbauhilfe Station B: Anthropogene CO<sub>2</sub>-Emission

(verändert nach BUSCH 2010; FULL, 1999)

### Kurzbeschreibung:

An dieser quasi-experimentellen Station sollen die Schüler auf Grundlage eines Experiments den CO<sub>2</sub>-Emissionswert von Flüssiggas ermitteln. Anschließend soll auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse die Nutzung ausgewählter fossiler Brennstoffe bewertet werden. Ein Vergleich von Emissionswerten fossiler Brennstoffe soll für eine Empfehlung zur Verwendung eines Brennstoffes an die fiktive Familie Köhler genutzt werden. Da das Experiment haptisch sehr anspruchsvoll ist und aufgrund der Verwendung von Einwegspritzen ein hohes Gefährdungspotential aufweist, wurde das Experiment aufgezeichnet. Es zeigt ein Experiment zur quantitativen Bestimmung von CO<sub>2</sub>, das durch die vollständige Verbrennung von Flüssiggas entsteht.



*Abb. 16: Arbeitsblatt Station A [15]*

### Das brauchen Sie:

- mindestens 1 PC mit leistungsstarkem Lautsprecher
- CD mit Video „U 4.2 Video Station B (38 ml).mp4“

### Hinweise zum Aufbau/Durchführung:

- Station mindestens einmal aufbauen
- Stationsblätter zweimal auslegen
- ausreichend Arbeitsblätter

## Aufbauhilfe Station C: Fotosynthese von Pflanzen

(verändert nach METZNER, 1982)

### Kurzbeschreibung:

Die Schüler sollen an dieser offen gestalteten Experimentalstation auf Grundlage einer naturwissenschaftlichen Fragestellung eine experimentell zu überprüfende Hypothese aufstellen: „Wenn die CO<sub>2</sub>-Konzentration steigt, steigt die Geschwindigkeit, mit der Pflanzen CO<sub>2</sub> assimilieren.“ Mit den gegebenen Versuchsmaterialien und einem vorstrukturierten Versuchsprotokoll sollen die Schüler selbst eine Versuchsdurchführung planen und durchführen. Dabei unterstützen Leitfragen die Versuchsplanung.

In diesem Versuch wird die Wärmestrahlung eines Baustrahlers durch ein mit Wasser gefülltes Becherglas gemindert, sodass die Wasserpestsprosse, die sich in einem Messzylinder befindet und mit dem Stielende nach oben gerichtet ist, keinen allzu großen Hitzestress ausgesetzt wird. Als Indiz für die höhere Geschwindigkeit der CO<sub>2</sub>-Assimilation gilt hier die höhere Anzahl von Luftbläschen pro Zeiteinheit am Stielende der Wasserpestsprosse (Fotosynthese-Sauerstoffs). Bei der Verwendung der höher konzentrierten NaHCO<sub>3</sub>-Lösung steigen mehr Bläschen pro Zeiteinheit auf.

### Das brauchen Sie:

- 2 Stative, 2 Muffen, 2 Stativklammern
- 2 Halogenlampe mit Reflektor (400W)
- 2 großes Becherglas
- 2 kleiner Standzylinder
- 2 Büroklammern
- 2 Stoppuhren
- 0,05 %-ige NaHCO<sub>3</sub>-Lsg. (Leitungswasser im Maßkolben)
- 1,0 %-ige NaHCO<sub>3</sub>-Lsg. (10 g NaHCO<sub>3</sub> auf 1000 ml Leitungswasser im Maßkolben)
- 1 Bund Wasserpestsprossen (nicht in Kisten enthalten) – Lagerung in Leitungswasser

### Hinweise zum Aufbau/Durchführung:

- Versuch zweimal aufbauen
- Hinweis: Lampe, Becherglas und Messzylinder müssen auf derselben Ebene und in einer Linie stehen
- Stationsblätter zweimal auslegen
- ausreichend Arbeitsblätter

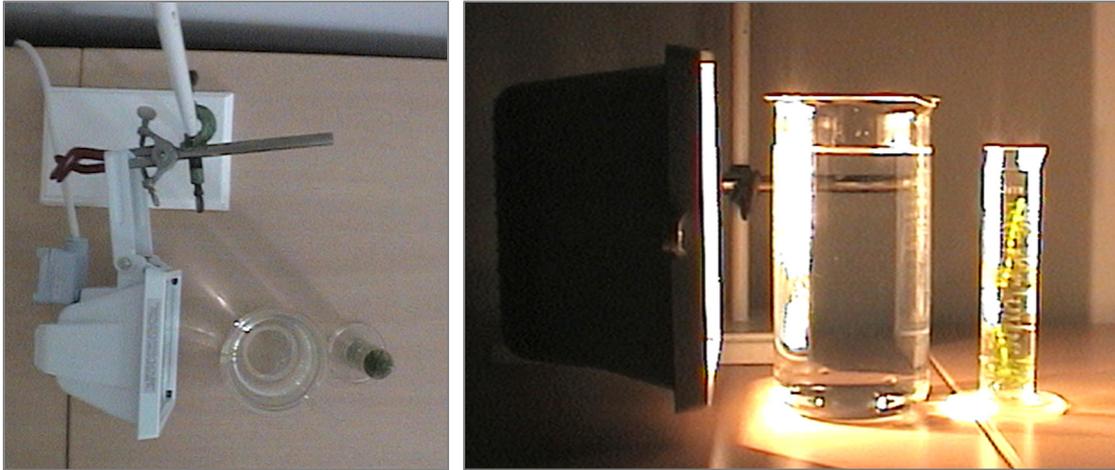


Abb. 17: Aufbauansicht von oben (links) und seitlich (rechts) [16]

### Aufbauhilfe Station D: Löseverhalten von CO<sub>2</sub> in Wasser

(verändert nach LUCIUS, 2005)

#### Kurzbeschreibung:

Schüler haben CO<sub>2</sub> und dessen Derivate bereits im Fachunterricht kennengelernt. An dieser Experimentalstation können Schüler die Wasserlöslichkeit des Gases in Abhängigkeit seiner Konzentration und der Wassertemperatur untersuchen. Als CO<sub>2</sub>-Spender werden handelsübliche Brausetabletten verwendet und das entstehende Gas wird pneumatisch aufgefangen. Die gewonnenen Befunde können dann auf das Modell des globalen Kohlenstoffkreislaufes übertragen werden, sodass hier wesentliche Erkenntnisse zum Senkenverhalten des Oberflächenwassers der Ozeane gewonnen werden können. So nimmt mit steigende Temperatur die Löslichkeit von CO<sub>2</sub> ab. Daneben führt eine Versauerung der Meere zu einer geringeren Aufnahmekapazität dieser Kohlenstoffsенке.

#### Das brauchen Sie:

- 2 große Kisten (1x warmes Wasser, 1x kaltes Wasser)
- 2 große Messzylinder (500 ml)
- 2 kleine Bechergläser (50 ml, hohe Form)
- ausreichend Brausetabletten

#### Hinweise zum Aufbau/Durchführung:

- 2x Versuchsaufbau
- Hinweis 1: die ersten beiden Schülergruppen füllen die Kisten mit kalten oder warmen Wasser (Wasser kann mehrfach verwendet werden)
- Hinweis 2: Jede Schülergruppe arbeitet zuerst mit kaltem Wasser und dann mit warmem Wasser oder umgekehrt
- 2x Stationsblatt
- ausreichend Arbeitsblätter

### Aufbauhilfe Station E: Suchworträtsel

(BUSCH, 2010)

Kurzbeschreibung:

Dieses thematische Rätsel dient als Pufferstation, falls Schülergruppen keine freie Station finden.

Hinweise zum Aufbau/Durchführung:

- ausreichend Arbeitsblätter in eine Ecke legen

## Musterlösungen – Lernzirkel Kohlenstoffkreislauf

### **(A) Atmosphärische Aufgaben**

1. Entscheide, ob die folgenden Aussagen korrekt sind! Korrigiere, wenn nötig!
  - a) Die Sonnenstrahlung (Wärmestrahlung) gelangt auf die Erdoberfläche und wird dort zum Teil reflektiert.
    - falsch. Korrektur: Die Sonnenstrahlung beinhaltet: UV-Strahlung, sichtbares Licht und Wärmestrahlung.
  - b) Der Treibhauseffekt ist keine natürliche Erscheinung.
    - richtig (natürliche Erscheinung kann aber anthropogen verstärkt werden)
  - c) Die Atmosphäre lässt sichtbares Licht nahezu ungehindert passieren.
    - richtig
  - d) Die durch Wärmestrahlung erwärmte Atmosphäre strahlt die empfangene Wärme nur in Richtung Erdoberfläche ab.
    - falsch: Korrektur: Der Rückstrahleffekt erfolgt in beide Richtungen – zum Welt- raum und zur Erdoberfläche.
2. Formuliere die naturwissenschaftliche Frage, die Robert mit seinem Experiment beant- worten kann in deinen Hefter?
  - Hängt die Intensität der Absorption der Wärmestrahlung von der  $\text{CO}_2$ -Anteil der Mo- dellatmosphäre ab?
  - Andere Formulierung: Robert untersucht, wie die Durchlässigkeit der Modellat- mosphäre vom  $\text{CO}_2$ -Anteil der Modellatmosphäre abhängt.
3. Formuliere eine Begründung für:
  - a) den Anstieg der  $\text{CO}_2$ -Konzentration von 0 Uhr bis 6 Uhr.
    - $\text{CO}_2$  wird in der Nacht durch Pflanzen und Tiere dissimiliert. Fotosynthese findet infolge des Lichtmangels nicht statt, also auch kein Effekt der die  $\text{CO}_2$ -Emission mindern kann.
  - b) den Abfall der  $\text{CO}_2$ -Konzentration von 6 Uhr 18 Uhr.
    - $\text{CO}_2$ -Assimilation durch Fotosynthese ist von der Lichtintensität abhängig. Da es ein Sommertag ist, ist davon auszugehen, dass gegen 6 Uhr die Sonne aufgegan- gen ist.
  - c) den Anstieg der  $\text{CO}_2$ -Konzentration von 18 Uhr bis 21:45 Uhr.
    - Verringerung der Sonneneinstrahlung verringert auch die Geschwindigkeit der Fotosynthese von Pflanzen. Verringerung der Assimilation von  $\text{CO}_2$ . Autoabgase infolge des Berufs- und Feierabendverkehrs erhöhen den  $\text{CO}_2$ -Anteil in der At- mosphäre.

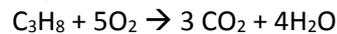
### **(B) Anthropogene $\text{CO}_2$ -Emission**

#### Beobachtung:

- Endvolumen in der Spritze: 38 ml
- Zuvor graue CuO-Drähte nach dem Versuch mit rötlichem Glanz

Auswertung:

1. Formuliere die Reaktionsgleichung für die quantitative Verbrennung des Flüssiggas-Bestandteils Propan!



2. Ermittle den CO<sub>2</sub>-Emissionswert X<sub>H</sub> des untersuchten Flüssiggases! X<sub>H</sub> = gibt die Masse an entstandenem CO<sub>2</sub> an pro freigesetzter Wärmemenge. Runde X<sub>H</sub> auf 4 Stellen nach dem Komma!

- a. Stoffmenge an CO<sub>2</sub>:

$$n = V/V_m \quad \text{mit } V_m = 22,41 \text{ L/mol} \quad = 0,0017$$

- b. Masse an CO<sub>2</sub>:

$$m = n \cdot M \quad \text{mit } M_{\text{CO}_2} = 44\text{g/mol} \quad = 0,07461$$

- c. X<sub>H</sub> gibt die Masse an Kohlendioxid an, die pro Einheit der nutzbaren Wärme H des Brennstoffs gebildet wird. Gehe davon aus, das H für 10 ml dieses Flüssiggases 1,089 kJ beträgt:

$$X_H = m_{\text{CO}_2}/H \quad [\text{g/kJ}] \quad = 0,0685$$

3. Feuerungsanlage

- (a) Für welche der Feuerungsanlagen und Brennstoffe sollten sich Frau und Herr Köhler entscheiden?

- Flüssiggas im Flüssiggasofen

- (b) Getrocknetes Holz hat im Durchschnitt einen CO<sub>2</sub>-Emissionswert von 0,10 g/kJ. Warum sind die Installation eines Kohlekessels und die Verwendung von Holz als Brennstoff zu bevorzugen?

- Der Kohlenstoff des Kohlendioxid, der bei der Verbrennung von Holz frei wird, stammt ursprünglich aus der Atmosphäre. Durch Wiederaufforstung kann der Atmosphäre das Kohlendioxid wieder entzogen werden.

**(C) Fotosynthese von Pflanzen**Fragestellung (siehe Infotext):

- Sind Pflanzen auch in der Lage mehr CO<sub>2</sub> über die Fotosynthese zu assimilieren, wenn die anthropogene CO<sub>2</sub>-Emission weiter zunimmt?

Hypothese (Formuliere eine Vermutung):

- Wenn die CO<sub>2</sub>-Konzentration steigt, steigt die Geschwindigkeit, mit der Pflanzen CO<sub>2</sub> assimilieren.

Versuchsplanung:

Was wird im Experiment gemessen?

- die Anzahl der aufsteigenden Gasblasen pro Zeiteinheit

Was wird im Experiment verändert?

- die CO<sub>2</sub>-Konzentration des Wassers

Was darf im Experiment nicht verändert werden?

- Zeitintervall in dem gemessen wird, Wasserpestpflanze (immer dieselbe verwenden), Abstand zur Lichtquelle, Lichtintensität

**Versuchsdurchführung/Beobachtung:**

- Reagenzglas vollständig mit einer Lösung füllen, Spross abschneiden, mit dem Sprossende nach oben in das Reagenzglas tauschen, mindestens 3 min warten, 1-2 min lang Bläschen zählen, Vorgang mit der anderen Lösung wiederholen
- Anzahl der Bläschen bei Verwendung von 1,0 %-ige NaHCO<sub>3</sub>-Lösung ist größer als bei Verwendung der 0,1 %-ige NaHCO<sub>3</sub>-Lösung

**Auswertung:**

- Die oben genannte Hypothese stimmt.

**Fehlerbetrachtung:**

- Fehler könnten sich ergeben, wenn bei den beiden Teilversuchen folgende Variablen nicht jeweils identisch sind: Zeitintervall in dem gemessen wird, Wasserpestpflanze (immer dieselbe verwenden), Abstand zur Lichtquelle, Lichtintensität

**(D) Löseverhalten von CO<sub>2</sub> in Wasser**

**Beobachtung:**

Wasser	kalt	warm
1. Tablette	≈ 70 ml	220 ml
2. Tablette	380 ml	> 280 ml

**Auswertung:**

1. Formuliere eine Erklärung für die Unterschiede der gemessenen Gasvolumina!
  - Die Tabletten setzen jeweils gleiche Mengen CO<sub>2</sub> frei. Nach der ersten Tablette löst sich nur noch wenig Gas im Wasser. CO<sub>2</sub> hat nur eine begrenzte Löslichkeit in Wasser.
  - Im kalten Wasser kann mehr CO<sub>2</sub> gelöst werden. Die Löslichkeit von CO<sub>2</sub> in Wasser sinkt mit steigender Wassertemperatur.
2. Übertrage deine Erkenntnisse auf den globalen Kohlenstoffkreislauf und verbinde je drei Bausteine zu einem Satz! Ein Baustein bleibt übrig.

Steigt die CO <sub>2</sub> -Konzentration des Wassers der Ozeane...	...sinkt...	...die CO <sub>2</sub> -Löslichkeit des Ozeanwassers.
---	-------------	---

Steigt die Temperatur der Ozeane...	...sinkt...	...die CO <sub>2</sub> -Löslichkeit des Wassers der Ozeane.
-------------------------------------	-------------	---

...steigt ...
---------------

3. Erkläre warum die Schüler diesen Versuch in ihr Experiment eingebaut haben!
  - Der erste Versuch wurde mit normalem Leitungswasser durchgeführt. Das Oberflächenwasser der Ozeane hat einen sehr viel höheren Gehalt an Salzen. Durch den Versuch wollten diese zeigen, dass sich das Löseverhalten von CO<sub>2</sub> auch unter diesen realitätsnahen Bedingungen so verhält.

*Zusatzaufgabe:* Durch die anthropogene Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentraion der Ozeane verringert sich auch der pH-Wert des Wassers, da CO<sub>2</sub> mit H<sub>2</sub>O zu Kohlensäure reagieren. Formuliere hierzu eine weitere beliebige Frage, die mit einem naturwissenschaftlichen Experiment beantwortet werden könnte!

- Beeinflusst der sinkende pH-Wert das Wachstum von Muscheln?
- Löst sich der Kalk von Muschel oder Koralle auf, wenn ein Ozean versauert?
- Beeinflusst die Versauerung der Meere das Wachstum von Wasserpflanzen?

**(E) Suchworträtsel**

T			E	R	E	A	H	P	S	O	I	B			
	R							K				R		A	
	D	E	M	I	S	S	I	O	N	S	W	E	R	T	
	I		I	A				R				N		M	
	X			B	O	Z	E	A	N	E		N		O	
	O			S	H			L		T		S		S	
	I			O		A		L		O		T		P	
	D			R			U	E		R		O		H	
	N			P				S		A		F		A	
	E			T					E	R		F		E	
	L			I						F				R	
	H			O						N	F			E	
	O			N						E	I	M	E	H	C
	K													K	
P	H	O	T	O	S	Y	N	T	H	E	S	E			T

## 5 Klimawandel

Dieser Abschnitt stellt das Thema Klimawandel in den Mittelpunkt und soll dazu dienen die wesentlichen Aspekte kennenzulernen. Dabei sollen der Unterschied zwischen Wetter und Klima sowie Folgen für Landökosysteme, Folgen für Eismassen und Ozeane, Klima und Extremwetterereignisse, Maßnahmen gegen den Klimawandel und Gegenstandspunkte erarbeitet werden.

### **U 5.1 – Gruppenpuzzle zum Klimawandel**

Über die kooperative Lernform des Gruppenpuzzles können die Schüler Inhalte zu den oben genannten Aspekten erarbeiten. Ziel ist die Erstellung eines Plakates zum Thema sowie eine dreiminütige Vorstellung dessen. In den Stammgruppen werden der Unterschied zwischen Wetter und Klima sowie die Ursachen des Klimawandels erarbeitet. Die Themen der Expertengruppen sind:

- (A) Folgen für Landökosysteme
- (B) Folgen für Eismassen und Ozeane
- (C) Klima und Extremwetterereignisse
- (D) Maßnahmen gegen den Klimawandel
- (E) optional: Gegenstandspunkte



Abb. 18: Gruppenpuzzle [17]

Das Gruppenpuzzle ist konzipiert für Lerngruppen zwischen 16 und 25 Schülern. Zur Gruppenbildung können die Puzzlekarten verwendet werden, die sich als Druckvorlage auf der CD befinden (Zahlen = Stammgruppen, Buchstaben = Expertenthemen). Beispiele:

- 16 Schülern: 4 Stammgruppen á 4 Schüler und  
4 Expertengruppen á 4 Schüler, „(E) Gegenstandspunkte“ entfällt
- 20 Schülern: 4 Stammgruppen á 5 Schüler und  
5 Expertengruppen á 4 Schüler
- 25 Schülern: 5 Stammgruppen á 5 Schüler und  
5 Expertengruppen 5 Schüler

Bei Lerngruppen mit ungleich 16, 20 oder 25 Schülern müssen unter Umständen Expertenthemen an zu große Stammgruppen doppelt vergeben werden oder Expertenthemen bei zu kleinen Stammgruppen weiter gekürzt werden. Die Durchführung des Gruppenpuzzles beansprucht ca. 5 Unterrichtsstunden. Folgender Ablauf ist für das Gruppenpuzzle denkbar:

0. Phase (Gruppierung): ggf. Erklärung der Methode und Gruppierung

1. Phase (Stammgruppen): In den Stammgruppen machen sich die Schüler mit dem Arbeitsauftrag und dem Material vertraut. Die Schüler sollen zunächst Daten über die Veränderung der Luft- und Meerestemperatur interpretieren sowie sich mit den Begriffen „Wetter“ und „Klima“ vertraut machen. Da die Erarbeitung eines Plakates weiterführendes Wissen voraussetzt, wechseln die Schüler gemäß ihrer Puzzlekarte in eine Expertengruppe. Stammgruppenblätter sind im Materialordner Abschnitt 5.
2. Phase (Expertengruppen): In den Expertengruppen erarbeiten die Schüler anhand des jeweiligen Informationsmaterials die Hintergrundwissen zu den jeweiligen Expertenthemen. Blätter zu den Expertenthemen befinden sich im Materialordner Abschnitt 5.
3. Phase (regroupierte Stammgruppen): Die Schüler informieren sich gegenseitig über ihre neu gewonnen Erkenntnisse. Die Erkenntnisse der anderen Stammgruppenmitglieder werden stichpunktartig notiert. Danach soll ein Plakat entworfen werden, das die Schüler der anderen Neigungsfächer kurz, übersichtlich und illustriert über die Ursache, Erscheinungen, Folgen und sinnvolle Gegenmaßnahme informiert. Bilder zur Illustration befinden sich zu Ausschneiden im Materialordner Abschnitt 5. Bunte A3-Plakate befinden sich in den Kisten.

Weiterhin werden benötigt:

- 1 Atlas (Expertenthema „ (B) Folgen für Eismassen & Ozeane“)
- Buntstifte aller Art
- evtl. breite Filzstifte
- Scheren
- Klebestifte oder Flüssigkleber

Muster:

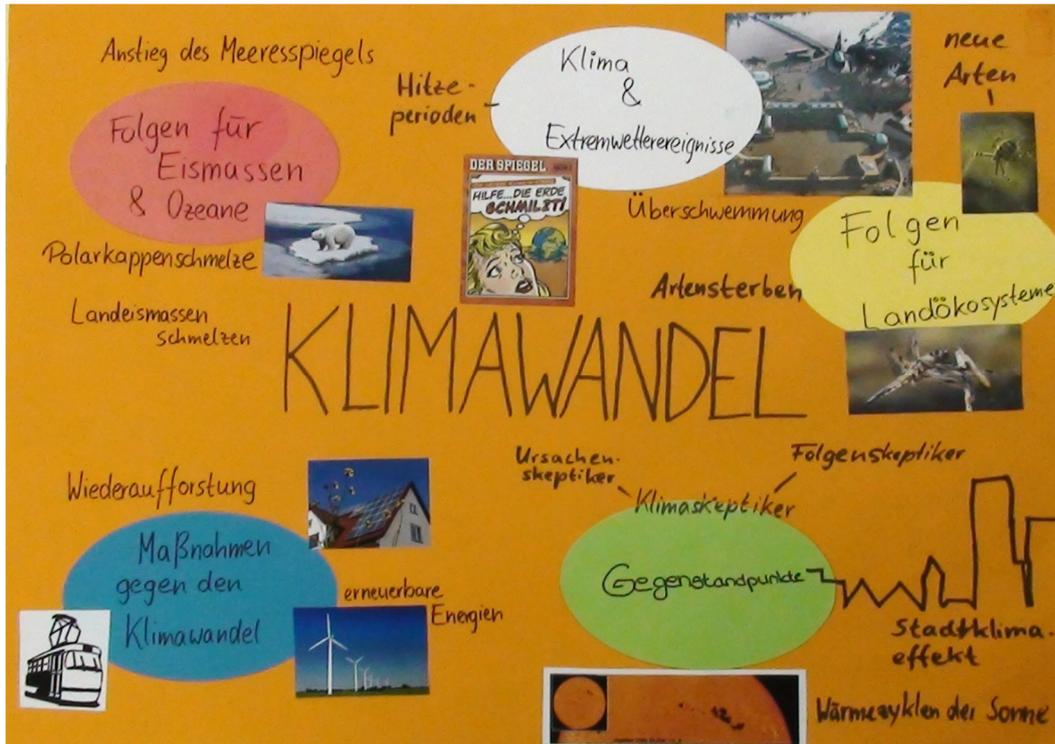


Abb. 19: Plakat Klimawandel [18]

## 6 Persönliche & institutionelle Maßnahmen

Im folgenden Abschnitt wird zur Bearbeitung der kontroversen Fragestellungen auf die in den vorangegangenen Abschnitten gewonnenen Kenntnisse zurückgegriffen. Im Mittelpunkt steht hier die Förderung von Bewertungs- und Handlungskompetenz. Im Folgenden werden Beispiele zur Auseinandersetzung mit persönlichen und institutionellen Maßnahmen vorgestellt, die der Verstärkung des Treibhauseffektes und dem Klimawandel entgegenwirken können.

### (1) Rollenspiel – „Kein Fleisch in der Schulmensa“

Mit diesem Rollenspiel sollen Schüler einerseits eine institutionelle Maßnahme kennenlernen die dazu beiträgt, dem Treibhauseffekt und dem Klimawandel entgegenzuwirken. Andererseits sollen die Schüler erleben, dass sich Maßnahmen gegen den Klimawandel nie einfach durchsetzen lassen aufgrund vorprogrammierter Konflikte zwischen verschiedenen Interessengruppen. Dabei müssen die jeweiligen Standpunkte sachgerecht vertreten werden und auftretende Interessenkonflikte bewältigt werden, um das Problem einer Lösung zuführen zu können.

Dieses Rollenspiel stammt aus EILKS et al. „Der Klimawandel vor Gericht“ und ist 2011 im Aulis-Verlag erschienen. Bei diesem Rollenspiel handelt es sich um eine stark an der Lebenswelt der Schüler orientierte Einheit. Die Durchführung dauert zwei Unterrichtsstunden. Das Thema ist Programm einer Sitzung des Schulvorstandes. Auf der Sitzung wird im Zusammenhang mit der Neueröffnung der Schulmensa ein entsprechender Antrag eines Schülers aus der Schülerversammlung diskutiert, in der Mensa zukünftig auf das Angebot von Fleischprodukten zu verzichten: Es gibt insgesamt zehn Spielrollen. An der Sitzung nehmen teil:

- Schüler aus der Schülerversammlung
- fleischliebender Schüler
- 2 Lehrer,
- 2 Elternvertreter
- lokaler Landwirt
- Ernährungsberater
- Klimaexperte
- Großküchenbetreiber

### (2) „Natürlich bin ich umweltbewusst!“ – Anspruch und Wirklichkeit von Umwelthandeln

Mithilfe verschiedener Erklärungsmodelle für die Diskrepanz zwischen Einstellung und Verhalten lernen die Schüler mögliche Gründe für den Widerspruch zwischen Anspruch und Wirklichkeit in Bezug auf das Umweltbewusstsein und Umwelthandeln von Menschen kennen.

Die Inhalte des Angebots der Bundeszentrale für politische Bildung (BPB, 2007) können arbeitsteilig in 4 verschiedenen Gruppen erarbeitet werden. Die Ergebnisse werden im Anschluss für einen kurzen Folienvortrag für die Mitschüler aufbereitet. So lernen die Schüler bereits wichtige Argumente für eine anschließende Diskussion kennen. In dieser Diskussion geht es um Beurteilung, welche Erklärung die Schüler am besten nachvollziehen können/für stichhaltig halten und inwiefern sich diese u. U. hier selbst wiederfinden. Die Durchführung dauert 3 Unterrichtsstunden. Folgende Erklärungsmodelle/ Gruppenthemen stehen zur Verfügung:

- ökonomisches Verhaltensmodell: in Entscheidungssituationen werden grundsätzlich persönlicher Nutzen und Kosten gegeneinander abgewogen
- kein unmittelbarer Handlungsdruck: in der eigenen "heilen Welt zu Hause" ist die Umwelt noch in Ordnung
- Trittbrettfahrerverhalten: Umweltprobleme sind ein gesellschaftliches Dilemma. Die Umwelt ist ein öffentliches Gut, da man es bisher, ohne einen Preis zu entrichten, konsumieren kann
- Lebensstil und Sozialprestige prägen auch das Konsumverhalten

Die Materialien sowie didaktisch-methodische Hinweise finden Sie im Internet unter: [www.bpb.de/lernen/unterrichten/grafstat/134798/anspruch-und-wirklichkeit-von-umwelthandeln-b5](http://www.bpb.de/lernen/unterrichten/grafstat/134798/anspruch-und-wirklichkeit-von-umwelthandeln-b5).

## Literaturangaben

- BPB - Bundeszentrale für politische Bildung (2007). *Projekt: Umweltbewusstsein und Klimaschutz. Baustein 5. Anspruch und Wirklichkeit von Umwelthandeln*, [www.bpb.de/lernen/unterrichten/grafstat/134798/anspruch-und-wirklichkeit-von-umwelthandeln-b5](http://www.bpb.de/lernen/unterrichten/grafstat/134798/anspruch-und-wirklichkeit-von-umwelthandeln-b5) (06.03.2016).
- BUSCH, M. (2010). *Kohlendioxid – ein Treibhausgas. Entwicklung, Erprobung und Bewertung eines Lernzirkels* (unveröffentlichte Staatsexamensarbeit), Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- DEUTSCHER BILDUNGSRAT (1969). *Einrichtung von Schulversuchen mit Gesamtschulen*, Bonn: Bundesdruckerei.
- FEIERABEND, T., EILKS, I., JESSEN, M., JUNG, U., MEIßNER-HAQUE, H., REAKE-HEY, U., SEIFERT, H., ZIPPEL, T. (2011). Ein Gruppen-Lernzirkel-Puzzle zu Kohlenstoffdioxid. Treibstoffen und Treibhauseffekt. In: Eilks, I., Feierabend T., Höttecke, D., Hößle, C., Menthe, J., Mrochen, M., Oelgeklaus, H. (Hrsg.), *Der Klimawandel vor Gericht – Materialien für den Fach- und Projektunterricht*, Hallbergmoos: Aulis-Verlag, 65-84.
- FULL, R. (1999). „Spritzige Experimente: Chemie mit Einwegspritzen. Teil 12: Quantitative Elementaranalyse von Kohlenwasserstoffen. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 48 (5), 38-40.
- GRAUBE, G., MAMMES, I., TUNCSOY, M. (2013). Natur und Technik in der gymnasialen Orientierungsstufe. Zur Notwendigkeit eines interdisziplinären Ansatzes, *Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht*, 66(3), 176-177.
- JOACHIM HERZ STIFTUNG (o. J.). *LEIFIphysik. Wärmetransport. Absorption der Temperaturstrahlung*, [www.leifiphysik.de/themenbereiche/waermetransport/versuche](http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/waermetransport/versuche) (07.03.2016).
- KAUFMANN-HAYOZ, R., DI GIULIO, A. (1996). *Umweltproblem Mensch. Humanwissenschaftliche Zugänge zu umweltverantwortlichem Handeln*, Bern: P-Haupt.
- KREMER, A., & STÄUDEL, L. (1997). Zum Stand des fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Bundesrepublik Deutschland. Eine vorläufige Bilanz, *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 52-66.
- LUCIUS, E. R., BAYRHUBER, H., HILDEBRANDT, K., HILDEBRANDT, K., LOCHTE, K., PEINERT, R., QUEISSER, C., PARCHMANN, I., SCHLÜTER, K., STARKE, K.-H. (2005). *Modul 9. Der Kohlenstoffkreislauf. Begleittext für Lehrkräfte*, [ftp://ftp.rz.uni-kiel.de/pub/ipn/SystemErde/09\\_Begleittext\\_oL.pdf](ftp://ftp.rz.uni-kiel.de/pub/ipn/SystemErde/09_Begleittext_oL.pdf) (01.03.2016).
- Metzner, H. (1982). *Pflanzenphysiologische Versuche*, Stuttgart/New York: Fischer Verlag.

MOGALLE, M. (2001). *Management transdisziplinärer Forschungsprozesse*, Basel: Birkhäuser: 2001.

MROCHEN, M, HÖTTECKE, D. (2011). Entstehung von natürlichem und anthropogenem Treibhauseffekt in einem Lernzirkel. In: Eilks, I., Feierabend T., Höttecke, D., Hößle, C., Menthe, J., Mrochen, M., Oelgeklaus, H. (Hrsg.), *Der Klimawandel vor Gericht – Materialien für den Fach- und Projektunterricht*, Hallbergmoos: Aulis-Verlag, 85-98.

TMBWK – Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (2013). *Lehrplan für den Erwerb der allgemeinen Hochschulreife. Wahlpflichtfach. Naturwissenschaften und Technik. Erprobungsfassung. 2013*, [www.schulportal-thueringen.de/tip/resources/medien/22300?dateiname=Neu\\_LP\\_WPF\\_NWuT\\_GY\\_18\\_06\\_2013\\_TMBWK\\_End\\_Fsg.pdf](http://www.schulportal-thueringen.de/tip/resources/medien/22300?dateiname=Neu_LP_WPF_NWuT_GY_18_06_2013_TMBWK_End_Fsg.pdf) (30.11.2014).

TORTORA, G. J., FUNKE, B. R., CASE, C. L. (2014). *Microbiology. An Introduction*, Boston et al.: Pearson.

## **Bildnachweis**

[Cover] rote Erde: [webdesignhot/freepik.com](http://webdesignhot/freepik.com),

[1] Busch & Woest (FSU Jena)

[2] Spiegel-Cover: Spiegel Online GmbH

[3-6] Busch & Woest (FSU Jena)

[7] PC-Vektorgrafik: © vectoropenstock

[8-16] Busch & Woest (FSU Jena)

[17] Scott Maxwell/flickr.com

[18] Busch & Woest (FSU Jena)

Anhang 10: NWuT-Klimakisten (gefördert durch den VCI)



## Anhang 11: Kompetenztests der Begleituntersuchung

## +++ Kompetenztest A +++

Allgemeine Angaben														
Geschlecht	Alter	mein Wahlpflichtfach	Code											
<input type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich	<table border="1"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table>			<input type="checkbox"/> Gesellschaftswissenschaften <input type="checkbox"/> Naturwissenschaften & Technik <input type="checkbox"/> Darstellen und Gestalten <input type="checkbox"/> anderes: _____	<table border="1"> <tr> <td colspan="3">1. und 2. Buchstabe von:</td> </tr> <tr> <td>Vorname Mutter</td> <td>Vorname Vater</td> <td>Geburtsmonat</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table>	1. und 2. Buchstabe von:			Vorname Mutter	Vorname Vater	Geburtsmonat			
1. und 2. Buchstabe von:														
Vorname Mutter	Vorname Vater	Geburtsmonat												

### Intelligente Kleidung

Britische Wissenschaftler arbeiten an der Entwicklung „intelligenter“ Kleidung, die stummen Kindern die Möglichkeit geben soll, wieder zu „sprechen“. Dazu wurde eine Weste entwickelt, die aus einem speziellen Material besteht und durch Klopfen auf die Oberfläche Klangtöne erzeugt. Dieses Material besteht aus normalem Stoff und einem Gewebe aus Fasern, die Graphit enthalten und dadurch den elektrischen Strom leiten können. Wenn auf das Material ein Druck ausgeübt wird, berechnet ein Computerchip in der Weste, an welcher Stelle diese berührt wurde und erzeugt einen Ton. Einer der Wissenschaftler sagt: „Das Material ist extrem robust“. Weiterhin behauptet der Wissenschaftler: „Ohne es dadurch zu beschädigen, kann das Material gewaschen, um Gegenstände gewickelt oder zusammengeknüllt werden, außerdem kann es in großen Mengen billig hergestellt werden kann.“

Aufgabe A:

Können die Aussagen des Artikels mit naturwissenschaftlichen Methoden im Labor getestet werden? Kreuze jeweils ja oder nein an!

Das Material kann ...	
gewaschen werden, ohne es zu beschädigen.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
um Gegenstände gewickelt werden, ohne es zu beschädigen.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
zusammengeknüllt werden, ohne es zu beschädigen.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
in großen Mengen billig hergestellt werden.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

Aufgabe B:

Welches der folgenden Laborgeräte ist geeignet zu überprüfen, ob das Gewebe den elektrischen Strom leitet? Nur eine Antwort ist richtig!

- Thermometer
- Voltmeter
- Waage
- Stoppuhr
- Barometer

## Reaktionsgeschwindigkeit

Lara möchte herausfinden, ob die Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion von der Temperatur  $T$  und/oder von der Konzentration  $c$  der Ausgangsstoffe abhängt. Sie weiß bereits, dass der Zerteilungsgrad eines Stoffes die Reaktionsgeschwindigkeit beeinflusst.

### Aufgabe A:

In einem Experiment gibt Lara Salzsäure ( $c = 0,1 \text{ mol/L}$ ) in 4 Reagenzgläser. Jedes Reagenzglas stellt sie in ein anderes Wasserbad. Diese haben verschiedene Temperaturen ( $T_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $T_2 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $T_3 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $T_4 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Sie gibt in jedes Reagenzglas einen gleich großen Zinkstreifen. Sie misst für jedes Reagenzglas die Zeit, bis sich der Zinkstreifen vollständig aufgelöst hat. Welche der Fragen kann Lara mit ihrem Experiment beantworten? Nur eine Antwort ist richtig!

- Hängt die Geschwindigkeit der Reaktion von der Säurekonzentration ab?
- Hängt die Geschwindigkeit der Reaktion von der Temperatur ab?
- Hängt die Geschwindigkeit der Reaktion vom Zerteilungsgrad der Edukte ab?
- Hängt die Geschwindigkeit der Reaktion von der Temperatur und von der Konzentration der Säure ab?

### Aufgabe B:

Welches Experiment muss Lara wählen, um zu beweisen, dass der Zerteilungsgrad die Reaktionsgeschwindigkeit beeinflusst? Nur eine Antwort ist richtig!

	<input type="checkbox"/> Exp. 1	<input type="checkbox"/> Exp. 2	<input type="checkbox"/> Exp. 3	<input type="checkbox"/> Exp. 4	<input type="checkbox"/> Exp. 5	<input type="checkbox"/> Exp. 6
<b>Zeit</b>	messen	konstant halten	messen	messen	messen	messen
<b>Konzentration</b>	beliebig	konstant halten	beliebig	konstant halten	konstant halten	beliebig
<b>Zerteilungsgrad</b>	gezielt variieren	beliebig	konstant halten	gezielt variieren	gezielt variieren	gezielt variieren
<b>Temperatur</b>	konstant halten	messen	gezielt variieren	konstant halten	beliebig	gezielt variieren

## Fragebögen

### Aufgabe:

Können die folgenden Größen durch **naturwissenschaftliche Instrumente (!)** gemessen werden? Kreuze jeweils ja oder nein an!

Können diese Größen durch naturwissenschaftliche Instrumente gemessen werden?	
Die Zeit, die du benötigst diesen Fragebogen zu bearbeiten.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Die Anzahl der Personen, denen die Bearbeitung dieses Fragebogens leicht fällt.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Deine Meinung zum Sinn dieses Fragebogens.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

---

## Windpocken

Bereits im 11. Jahrhundert haben chinesische Ärzte das Immunsystem manipuliert. Sie bliesen pulverisierten Schorf eines Windpockenkranken in die Nasenlöcher ihrer Patienten und konnten so häufig eine milde Form von Windpocken herbeiführen, die eine spätere, schwerere Erkrankung verhinderte. Anfang des 18. Jahrhunderts rieb man sich mit getrocknetem Schorf ein, um sich vor der Krankheit zu schützen. Diese primitiven Praktiken wurden in England und in den amerikanischen Kolonien eingeführt. 1771 und 1772 ritzte Zabdiel Boylston, ein Arzt in Boston, bei seinem sechsjährigen Sohn sowie bei 285 anderen Leuten die Haut ein und rieb Eiter von Windpockenschorf in die Wunde. Bis auf sechs Patienten überlebten alle.

### Aufgabe A:

Welche Idee könnte Zabdiel Boylston getestet haben?

---

---

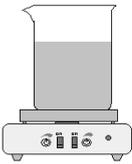
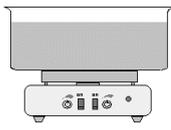
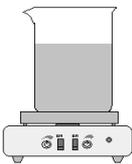
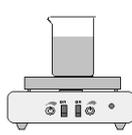
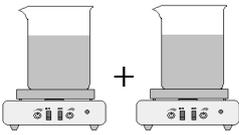
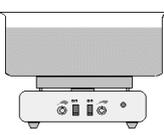
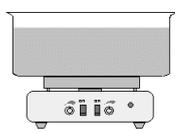
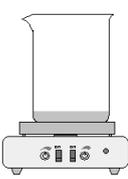
### Aufgabe B:

Welchen Zweck verfolgte Boylston am ehesten mit seiner Untersuchung? Kreuze an!

- Boylston wollte seinen sechsjährigen Sohn gegen Windpocken immunisieren.
- Boylston wollte eine Impfung gegen Windpocken entwickeln.
- Boylston wollte möglichst viele Personen mit Windpocken infizieren
- Boylston wollte die Haut der Personen einritzten.

## Heißes Wasser

Julia vermutet, dass ein volleres Becherglas länger erhitzt werden muss, bis die Flüssigkeit eine Temperatur von 50 °C erreicht. Die Abbildungen zeigen alle Versuche die Julia durchgeführt hat. Wie stark die Heizplatte heizt, kannst du der Leistungsanzeige (Einheit W = Watt) entnehmen.

 <b>A</b> 1200 W	 <b>B</b> 600 W	 <b>C</b> 600 W
 <b>D</b> 600 W	 <b>E</b> 600 W    1200 W	 <b>F</b> 1200 W
 <b>G</b> 600 W	 <b>H</b> 600 W	 <b>I</b> 300 W

### Aufgabe A:

Welche Versuche muss Julia vergleichen, um ihre Vermutung zu überprüfen?

Nur eine Antwort ist richtig!

- A und B     C und H     F und G  
 D und E     D und F     F und I

## Kariesbefall

### Aufgabe:

In einem Land gibt es statistisch gesehen eine hohe Anzahl an kariösen Zähnen pro Person. Können die folgenden Fragen über Karies in diesem Land durch **naturwissenschaftliche Experimente (!)** beantwortet werden? Kreuze jeweils ja oder nein an!

Kann diese Frage durch naturwissenschaftliche Experimente beantwortet werden?	
Sollte es ein Gesetz geben, das Eltern verpflichtet ihrem Kind Fluor-Tabletten zu geben?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Welchen Einfluss auf Karies hätte der Zusatz von Fluor zum Trinkwasser?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Wie viel sollte ein Zahnarztbesuch kosten?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

## Speichel

Michelle möchte mithilfe eines Experimentes untersuchen, wie Speichel die Stärke in gekochten Kartoffeln während des Kauens verändert. Sie vermutet, dass die Kartoffelstärke (ein Mehrfachzucker) durch ein Enzym, welches im Speichel enthalten ist, zu Zweifachzuckern und Einfachzuckern abgebaut wird. Dazu bereitet Michelle vier Reagenzgläser mit verschiedenen Inhalten vor, die sie 1 Stunde in 30°C warmen Wasser stehen lässt, siehe Tabelle. Sie verwendet die Fehling-Probe zum Nachweis von Einfachzuckern und die Lugolsche Lösung (Jod-Kalium-Iodid-Lösung) zum Nachweis von Stärke.

	Inhalt	Beobachtung vor → nach	Ergebnis nach 1 Stunde
Test auf Stärke	0,1g Stärke + 10 ml H <sub>2</sub> O + 1ml Lugolsche Lsg.	violett → violett	enthält Stärke
	0,1g Stärke + 10 ml H <sub>2</sub> O + 1ml Lugolsche Lsg. + 1ml Speichel	violett → farblos	keine Stärke
Test auf Einfachzucker	0,1g Stärke + 10 ml H <sub>2</sub> O + 1ml Fehling I & II	blau → blau	keine Einfachzucker
	0,1g Stärke + 10 ml H <sub>2</sub> O + 1ml Fehling I & II + 1ml Speichel	blau → ziegelrot	enthält Einfachzucker

### Aufgabe A:

Kreuze alle Faktoren an, die in diesem Experiment bewusst verändert (manipuliert) werden oder gemessen werden! Es sind mehrere Antworten möglich.

- Volumen des Wassers
- Dauer des Kauens
- Volumen des Speichels
- Temperatur der Lösungen
- Farbe der Lösungen

Aufgabe B:

Kreuze den Faktoren an, der in diesem Experiment bewusst verändert (manipuliert) wird! Nur eine Antwort ist richtig!

- Volumen des Wassers
- Dauer des Kauens
- Volumen des Speichels
- Temperatur der Lösungen
- Farbe der Lösungen

**Pflanzenwachstum**

Aufgabe:

Peter vermutet, dass Pflanzen zum gesunden Wachstum neben Wasser, Erde und Sonnenlicht auch Mineralstoffe benötigen. Hilf ihm bei der Planung einer kleinen Versuchsreihe, um seine Vermutung zu überprüfen. Als Versuchsmaterial stehen zur Verfügung: 2 Tontöpfe, 2 Pflanzen, Sand, Wasser, Pflanzendünger (Mineralstofflieferant) und eine sonnige Fensterbank. Beschreibe kurz, wie du vorgehen möchtest!

---

---

---

---

---

---

---

---

## Keime auf der Hand

„Nach dem Klo und vor dem Essen, Hände waschen nicht vergessen!“ Diesen Spruch hast du gewiss schon mal zu hören bekommen. Vielleicht hast du schon mal geantwortet: „Aber die sind doch gar nicht schmutzig!“ Aber auch wenn man keinen Schmutz auf der Hand sieht, gibt es dort noch die Bakterien auf der Haut. Einige Bakterien gelten auch als Krankheitserreger. Aber hilft denn Händewaschen überhaupt gegen die Bakterien auf der Hand? Oder benötigt man zur Entfernung der Bakterien andere Mittel? Um das feststellen zu können, muss man die Bakterien zählen. Dazu macht man einen Fingerabdruck auf einem Bakterien-Nährboden. Nach einiger Zeit können die gewachsenen Bakterienkolonien unter einer Lupe gezählt werden. Je mehr Bakterienkolonien auf dem Nährboden gewachsen sind, desto mehr Bakterien waren schon zuvor am Finger.

### Aufgabe A:

Formuliere für das Thema eine konkrete Fragestellung, die mithilfe eines naturwissenschaftlichen Experiments beantwortet werden kann!

---

---

### +++ Kompetenztest B +++

Allgemeine Angaben																													
Geschlecht	Alter	mein Wahlpflichtfach	Code																										
<input type="checkbox"/> weiblich  <input type="checkbox"/> männlich	<table border="1" style="width: 100%; height: 30px;"> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> </table>			<input type="checkbox"/> Gesellschaftswissenschaften <input type="checkbox"/> Naturwissenschaften & Technik <input type="checkbox"/> Darstellen und Gestalten  <input type="checkbox"/> anderes: _____	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th colspan="6">1. und 2. Buchstabe von:</th> </tr> <tr> <td style="width: 16.6%;">Vorname</td> <td style="width: 16.6%;">Vorname</td> <td colspan="4">Geburts-</td> </tr> <tr> <td>Mutter</td> <td>Vater</td> <td colspan="4">monat</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1. und 2. Buchstabe von:						Vorname	Vorname	Geburts-				Mutter	Vater	monat									
1. und 2. Buchstabe von:																													
Vorname	Vorname	Geburts-																											
Mutter	Vater	monat																											

### Schulweg

Aufgabe:

Können die folgenden Größen durch **naturwissenschaftliche Instrumente (!)** gemessen werden? Kreuze jeweils ja oder nein an!

Können die folgenden Größen durch naturwissenschaftliche Instrumente gemessen werden?	
Die durchschnittliche Zeit, die jeder Schüler benötigt, um von seinem Wohnort zur Schule zu gelangen.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Die Anzahl deiner Mitschüler, die es mögen, morgens mit dem Fahrrad zur Schule zu kommen.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Die Anzahl deiner Mitschüler, die 5 Minuten nach Beginn des Unterrichts an der Schule ankommen.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

### Sportschuh

Ein Sportschuhhersteller hat einen Schuh mit einer völlig neuartigen Sohle entwickelt. Der Hersteller erklärt, dass der Schuh durch die neuartige Sohle formstabil und gleichzeitig flexibel ist. Außerdem soll der Schuh besonders gelenkschonend sein, da die Sohle aufgrund ihrer Federwirkung die Aufprallgeschwindigkeit des Fußes beim Laufen verringert. Der wasserdichte Schuh soll in großer Stückzahl produziert werden und für alle Kunden erschwinglich sein.

Aufgabe A:

Können die Behauptungen des Herstellers durch **naturwissenschaftliche Experimente (!)** im Labor getestet werden? Kreuze jeweils ja oder nein an!

Der Schuh...	
kann gebogen werden, ohne seine Form zu verlieren.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
kann in großer Stückzahl produziert werden, ohne teuer zu sein.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
ist wasserdicht.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
verringert die Aufprallgeschwindigkeit des Fußes beim Laufen.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

## Reaktionsgeschwindigkeit

In einem Experiment gibt Lara in 4 Bechergläser jeweils 100 ml destilliertes Wasser. Zusätzlich löst Lara im Wasser des zweiten Becherglases 50 mg NaCl, im Wasser des dritten Becherglases 100 mg NaCl und im Wasser des vierten Becherglases 200 mg NaCl. In das erste Becherglas gibt Lara nichts. Anschließend stellt Lara die Bechergläser zeitlich nacheinander auf eine heiße Kochplatte, wartet jeweils, bis der Inhalt des Becherglases zu sieden beginnt, und misst dann sofort die Temperatur des Inhalts.

### Aufgabe A:

Welche Frage kann Lara mit ihrem Experiment beantworten?

Nur eine Antwort ist richtig!

- Hängt die Siedegeschwindigkeit von der NaCl-Konzentration ab?
- Hängt der Siedepunkt von der Temperatur ab?
- Hängt die Siedetemperatur von der NaCl-Konzentration ab?
- Hängt die Siedetemperatur von der NaCl-Konzentration und vom Volumen des destillierten Wassers ab?

### Aufgabe B:

Welches Experiment müsste Lara wählen, um zu beweisen, dass der Luftdruck die Siedetemperatur beeinflusst? Nur eine Antwort ist richtig!

	<input type="checkbox"/> Exp. 1	<input type="checkbox"/> Exp. 2	<input type="checkbox"/> Exp. 3	<input type="checkbox"/> Exp. 4	<input type="checkbox"/> Exp. 5	<input type="checkbox"/> Exp. 6
<b>Siedetemperatur</b>	messen	konstant halten	messen	messen	messen	messen
<b>NaCl-Konzentration</b>	beliebig	konstant halten	beliebig	konstant halten	konstant halten	beliebig
<b>Luftdruck*</b>	gezielt variieren	beliebig	konstant halten	gezielt variieren	gezielt variieren	gezielt variieren
<b>Flüssigkeitsvolumen</b>	konstant halten	messen	gezielt variieren	beliebig	konstant halten	gezielt variieren

\*Lara kann das Experiment in einer kleinen luftdichten Kammer durchführen, deren Luftdruck einstellbar ist.

### Aufgabe C:

Welches der folgenden Laborgeräte ist geeignet den Luftdruck zu messen? Nur eine Antwort ist richtig!

- Thermometer
- Amperemeter
- Waage
- Stoppuhr
- Barometer

### Klonen von Tieren

In Europa sind Milchkühe die Hauptlieferanten von Milch. Die Viehwirtschaft versucht durch die Vermehrung von Kühen produktiver Kuh-Rassen die Milchproduktion insgesamt zu erhöhen. Seit den 90er Jahren versucht man sich auch im Klonen von Tieren. Im Jahre 1993 hat es ein Forscherteam aus Frankreich erstmals geschafft 5 Klone einer leistungsfähigen Kuh zu erzeugen (Klone = Tiere mit demselben genetischen Material). Zunächst haben Forscher den Embryo einer Kuh (Kuh A) entfernt. Der Embryo bestand aus ca. 30 Zellen. Die Forscher trennten die 30 Zellen voneinander und isolierten die Zellkerne. Danach haben die Forscher ca. 30 unbefruchtete Eizellen einer anderen Kuh (Kuh B) entfernt und deren Zellkerne jeweils durch Zellkerne von Kuh A. Die so präparierten Eizellen wurden in 30 andere Kühe eingepflanzt. 9 Monate später wurden 5 Kälber lebend geboren.

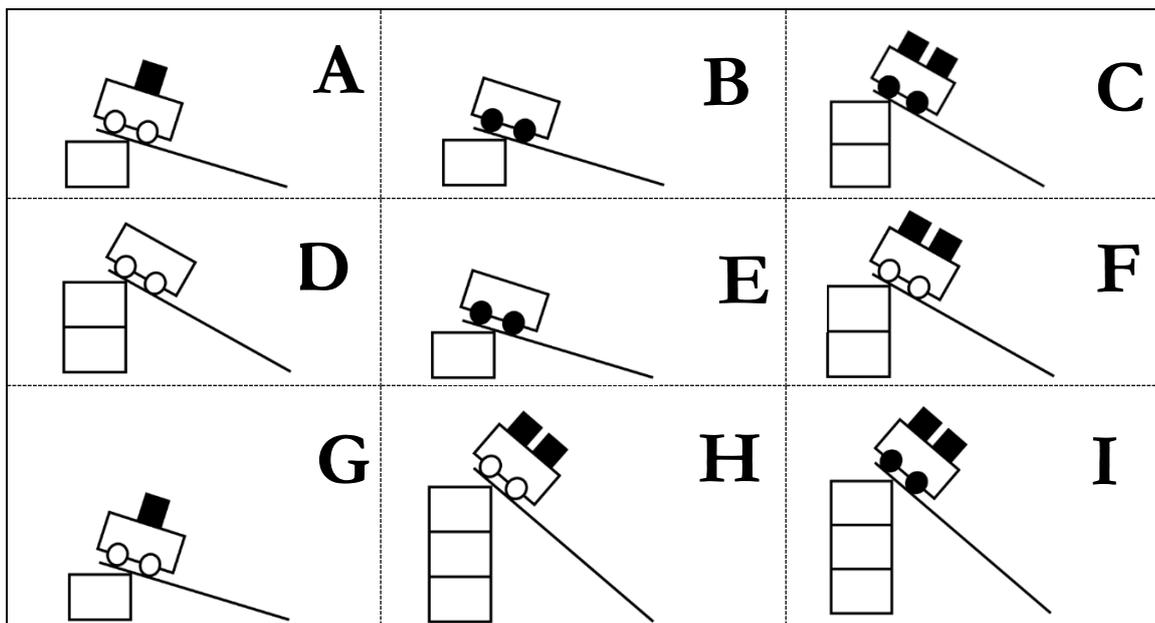
Aufgabe A:

Welchen Zweck verfolgten die Forscher am ehesten mit ihrem Experiment? Nur eine Antwort ist richtig!

- Die Forscher wollten 30 Kühen jeweils eine Eizelle einpflanzen.
- Die Forscher wollten eine noch produktivere Kuh züchten.
- Die Forscher wollten einen Embryo gewinnen.
- Die Forscher wollten zeigen, dass das Klonen von Kühen möglich ist.

### Geschwindigkeit eines Wagens

Julia vermutet, dass ein schwererer Wagen, der eine Rampe hinunter fährt, am Ende der Rampe eine größere Geschwindigkeit hat, als ein leichter Wagen. Die Abbildungen zeigen alle Versuche, die Julia mit Rädern unterschiedlicher Breite durchgeführt hat. Sie hat die Wagen von unterschiedlichen Höhen hinabrollen lassen. Die Blöcke, die sie hineingelegt hat, hatten alle die gleiche Masse.

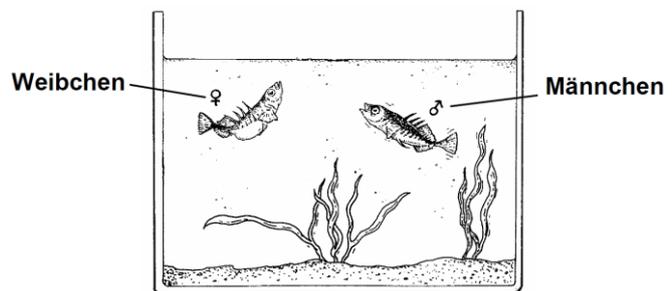


Welche Versuche muss Julia vergleichen, um ihre Vermutung zu überprüfen?  
Nur eine Antwort ist richtig!

- A und B       C und I       F und G  
 D und E       D und F       F und I

### Fisch in der Paarungszeit

Der Stichling ist ein Fisch, der leicht in einem Aquarium zu halten ist. Während der Paarungszeit verfärbt sich der Bauch des Stichlingsmännchens von silbern nach rot. Das Stichlingsmännchen greift jedes konkurrierende Männchen an, das in sein Revier eindringt und versucht es durch Anrempeln zu vertreiben. Nähert sich ein silberfarbiges Weibchen, versucht er sie in sein Nest zu führen, damit sie dort ihre Eier ablegt.



Michelle möchte dieses Verhalten in einem Experiment näher untersuchen: Ein Stichlingsmännchen befindet sich alleine im Aquarium. Michelle hat drei Wachsmodelle angefertigt (ein Silbernes, ein Hellrotes, ein Dunkelrotes) und an Draht befestigt. Sie hängt sie nacheinander für jeweils den gleichen Zeitraum in das Aquarium. Dann zählt sie, wie oft das Männchen aggressiv reagiert, indem es das Wachsmodell anrempelt.

#### Aufgabe A:

Welche Frage versucht Michelle mit dem Experiment zu beantworten?

---



---

#### Aufgabe B:

Kreuze alle Faktoren an, die in diesem Experiment bewusst verändert (manipuliert) werden oder gemessen werden! Es sind mehrere Antworten möglich.

- Anzahl weiblicher Stichlinge  
 Farbe männlicher Stichlinge  
 Geschlecht des Stichlings  
 Anzahl der Anrempel-Versuche  
 Stärke der Anrempel-Versuche

Aufgabe C:

Kreuze den Faktoren an, der in diesem Experiment bewusst verändert (manipuliert) wird! Nur eine Antwort ist richtig!

- Anzahl weiblicher Stichlinge
- Farbe männlichen Stichlinge
- Geschlecht des Stichlings
- Anzahl der Anrempel-Versuche
- Stärke der Anrempel-Versuche

**Pockenimpfung**

Aufgabe:

Die Pocken sind eine für den Menschen gefährliche Infektionskrankheit, die durch Pocken-Viren verursacht wird. Seit 1977 sind keine Pockenfälle mehr aufgetreten. Die Mehrheit der Mediziner geht davon aus, dass eine weltweite und flächendeckende Pocken-Impfung weiterhin notwendig ist, um eine erneute Verbreitung von Pocken-Viren zu verhindern. Die Pockenimpfung führt bei 1 von 500000 Personen zum Tod. Können die folgenden Fragen zur Pockenimpfung durch naturwissenschaftliche Experimente beantwortet werden? Kreuze jeweils ja oder nein an!

<b>Kann diese Frage durch naturwissenschaftliche Experimente beantwortet werden?</b>	
Sollte es eine Regelung geben, die es jeder Person freistellt sich einer Pockenimpfung zu unterziehen?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Welchen Einfluss hat die Hygiene einer Person auf das Risiko sich mit Pocken zu infizieren?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Wie viel sollte eine Pockenimpfung kosten?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

## Tabakrauch

Tabak wird in Zigaretten, Zigarren und Pfeifen geraucht. Statistisch sterben täglich weltweit fast 13500 Personen infolge des Konsums von Tabak. Mediziner vermuten, dass im Jahre 2020 der Konsum von Tabak für 12 % aller Todesfälle weltweit verantwortlich sein wird. Tabakrauch enthält viele gesundheitsschädigende Substanzen wie Teer, Nikotin und Kohlenstoffmonoxid. Einige Auswirkungen durch die Aufnahme dieser Substanzen sind jedoch auch schon kurzfristig messbar z. B. eine Verringerung der Durchblutung der Haut sowie eine Verringerung der sportlichen Ausdauer.

### Aufgabe A:

Formuliere für das Thema eine konkrete Fragestellung, die mithilfe eines naturwissenschaftlichen Experiments beantwortet werden kann!

---

---

## Alkoholische Gärung

### Aufgabe:

Peter vermutet, dass man zur Herstellung von Alkohol aus Zucker und Wasser auch Hefe benötigt. Hilf ihm bei der Planung einer kleinen Versuchsreihe, um seine Vermutung zu überprüfen. Als Versuchsmaterial stehen zur Verfügung: 2 Erlenmeyerkolben, 2 passende Gummistopfen mit einem Gärröhrchen, Wasser, Zucker und Hefe. (Hinweis: Das Gärröhrchen verhindert, dass keine Luft in den Erlenmeyerkolben gelangt, vorhandene Luft kann jedoch entweichen.) Beschreibe nachvollziehbar, wie du vorgehen würdest!

---

---

---

---

---

Anhang 12: Curriculum Vitae

**Name:** Marian Busch  
**Geburtsdatum:** 26. Mai 1983  
**Geburtsort:** Erfurt  
**Familienstand:** ledig  
**Adresse:** Saalbahnhofstraße 27, 07743 Jena



**Universitäre Ausbildung:**

10/2003 - 2016 Friedrich-Schiller-Universität Jena  
05/2012 - 2016 Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Chemiedidaktik von Prof. Dr. Volker Woest  
03/2012 1. Staatsexamen für das Lehramt an Gymnasien für die Fächer Chemie und Wirtschaftslehre/Recht (Gesamtnote: 1,5)  
10/2003 - 03/2012 Studium des Lehramts an Gymnasien für die Fächer Chemie, Geografie und Wirtschaftslehre/Recht

**Zivildienst:**

10/2002 - 07/2003 pflegerische Hilfskraft, Senioren- und Pflegeheim „Am Wiesenhügel“, Erfurt

**Ehrenamtliche Tätigkeiten:**

01/2006 - 05/2006 Mitarbeit in medienpädagogischen Projekten für Radio F.R.E.I., Erfurt  
03/2001 - 09/2005 Redakteur des Morgenmagazins Kaffeesatz, Radio F.R.E.I.

**Schulische Ausbildung:**

10/1995 - 07/2002 Staatliches Gymnasium „Heinrich-Mann“, Erfurt  
Allgemeine Hochschulreife  
08/1994 - 10/1995 Staatliches Gymnasium „Albert-Schweitzer“, Sömmerda  
08/1990 - 07/1994 Staatliche Grundschule „Moritz-Schule“, Erfurt

## Anhang 13: Veröffentlichungen und (Poster-)Vorträge

- Busch, M. & Woest, V. (2014). Potenzial und Grenzen von fächerübergreifendem NaWi-Unterricht. Lehrerperspektive. In: Bernholt, S. (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in München 2013*, Kiel: IPN, S. 423–425.
- Busch, M. & Woest, V. (2015). Fächerübergreifender NaWi-Unterricht in Thüringen-Lehrerperspektive. In: Bernholt, S. (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Bremen 2014*, IPN: Kiel, S. 55–57.
- Busch, M. & Woest, V. (2016). Kompetenzentwicklung im fächerübergreifenden Unterricht - eine replikative Querschnittsuntersuchung. In: Maurer, C. (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Berlin 2015*, Regensburg: Universität Regensburg, S. 455–457.
- Busch, M. & Woest, V. (in Druck). Potenzial und Grenzen von fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht. Empirische Befunde zur Lehrerperspektive. *MNU Journal*.

Anhang 14: Durchgeführte Lehrerfortbildungsveranstaltungen für den fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht im Rahmen dieser Arbeit

Nr.	Datum	Ort	Thema
1	15.09.2012	Freiburg	MNT Modul 2: Der Aufbau von Stoffen
2	22.11.2012	Jena	Chem2Do –Wacker-Schulversuchskoffer
3	17.01.2013	Mühlhausen	MNT Modul 2: Der Aufbau von Stoffen
4	20.06.2013	Jena	NWuT – Chemie der Arzneimittel
5	20.08.2013	Ranis	Chemie in der Grundschule: Ernährung & Luft
6	14.11.2013	Jena	NWuT – Chemie der Arzneimittel
7	29.08.2013	Osnabrück	Genussmittel: Kaffee, Tee und Kakao
8	23.01.2014	Schleusingen	NWuT – Chemie der Arzneimittel
9	12.03.2014	Erfurt	NWuT - Lebensmittelzusatzstoff
10	13.03.2014	Erfurt	NWuT – Chemie der Arzneimittel
11	08.05.2014	Jena	NWuT – Globale Umweltprobleme
12	26.08.2014	Eisenberg	Chemie in der Grundschule: Feuer & Luft
13	06.11.2014	Bleicherode	NWuT – Globale Umweltprobleme
14	15.01.2015	Jena	NWuT – Lernen von der Natur (Bionik)
15	19.02.2015	Suhl	NWuT – Globale Umweltprobleme
16	04.03.2015	Erfurt	Genussmittel: Kaffee, Tee und Kakao
17	05.03.2015	Erfurt	NWuT – Lernen von der Natur (Bionik)
18	18.03.2015	Jena	NWuT – Chemie der Arzneimittel
19	18.06.2015	Arnstadt	NWuT - Lebensmittelzusatzstoff
20	18.08.2015	Eisenberg	MNT Modul 1: Sinneswahrnehmung
21	19.08.2015	Wintersdorf	Chemie in der Grundschule: Luft & Wasser
22	11.09.2015	Leipzig	NWuT – Lernen von der Natur (Bionik)
23	26.09.2015	Jena	NWuT – Lernen von der Natur (Bionik)
24	01.10.2015	Mühlhausen	Chemie in der Grundschule: Feuer & Flamme
25	19.11.2015	Jena	Chem2Do –Wacker-Schulversuchskoffer
26	26.11.2015	Arnstadt	Genussmittel: Kaffee, Tee und Kakao
27	21.01.2016	Gotha	Chem2Do –Wacker-Schulversuchskoffer

## Anhang 15: Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen haben.

Prof. Dr. Volker Woest danke ich für die sehr gute und enge Betreuung meiner Arbeit, die optimalen Arbeitsbedingungen in der Arbeitsgruppe sowie sein Vertrauen in diese Arbeit. Daneben danke ich der gesamten Arbeitsgruppe für die große Hilfsbereitschaft und die vielen konstruktiven Diskussionen zu konzeptionellen und methodischen Fragen dieser Arbeit und die motivierenden Denkpausen.

Prof. Dr. Bernd Ralle und Prof. Dr. Ilka Parchmann danke ich für die Übernahme des Zweit- bzw. Drittgutachtens.

Matthias Müller vom Thüringer Institut für Lehrerfortbildung, Lehrplanentwicklung und Medien danke ich für die Unterstützung bei der Organisation der Durchführung der landesweiten Lehrerbefragung. Prof. Dr. Insa Melle danke ich für die Unterstützung bei der Auswertung der Lehrerbefragung.

Darüber hinaus danke ich den Thüringer Lehrkräften, die mich bei der Durchführung der Erprobungsphase tatkräftig unterstützt haben. Auch dem Verband der Chemischen Industrie e. V. danke ich für die finanzielle Unterstützung dieses Projektes.



Anhang 16: Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und unter Verwendung der angegebenen Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen angefertigt habe.

Jena, den 16. Juni 2016



---

Marian Busch