

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
Dr. phil. nat.
der Fakultät für Physik
an der Universität Duisburg-Essen

Sprachförderung im Physikunterricht

Entwicklung und Evaluation eines Unterrichtskonzepts für die Unterstufe

vorgelegt von
Robert Aleksov
geboren in Zajecar

Mai 2021

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

ub | universitäts
bibliothek

Diese Dissertation wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt und liegt auch als Print-Version vor.

DOI: 10.17185/duepublico/76267

URN: urn:nbn:de:hbz:465-20220719-102136-2

Alle Rechte vorbehalten.

Diese Arbeit entstand im Rahmen des Projektes „Ganz In. Mit Ganztag mehr Zukunft. Das neue Ganztagsgymnasium NRW“. Das Projekt wurde von der Stiftung Mercator gefördert.

Erstgutachter: Prof. Dr. Hendrik Härtig
Zweitgutachter: Prof. Dr. Heiko Krabbe
Prüferin: Prof. Dr. Hans E. Fischer
Vorsitzender des Prüfungsausschusses: Prof. Dr. Andreas Wucher
Tag der mündlichen Prüfung: 19. Oktober 2021

Danksagung

Auf meiner Reise durch die Welt der naturwissenschaftlichen Arbeit haben mich viele wundervolle Menschen begleitet, unterstützt und geleitet. Hiermit würde ich mich gerne bei ihnen aufrichtig und von ganzem Herzen bedanken. Danke! Ohne euch wäre meine Promotion nicht möglich gewesen.

Ganz besonderer Dank gilt Prof. Dr. Hans E. Fischer, der mir meine Promotion ermöglicht und mich am Tag meiner Disputation als Prüfer begleitet hat. Ich bedanke mich für das Vertrauen in mich und meine Arbeit sowie für die besten Arbeitsbedingungen. Vielen Dank für die unzähligen Chancen und Möglichkeiten zu lernen und mich weiterzuentwickeln.

Meine tiefe Dankbarkeit gilt Prof. Dr. Hendrik Härtig, der die Leitung der Arbeitsgruppe und die Erstbetreuung meiner Promotion herausragend übernommen hat. Er hat mich gefördert und gefordert, mir viele Freiheiten in der Gestaltung meiner Arbeit gelassen und sich um mich stets gekümmert. Vielen Dank für alle deine Arbeitsstunden, die du in mich investiert hast, und die wundervollen Gespräche, obwohl ich nur „ein Erbe“ war.

Prof Dr. Heiko Krabbe möchte ich für die Übernahme des zweiten Gutachtens und die ausgiebige Unterstützung danken. Seine Expertise und seine Rückmeldungen haben zweifellos zur Qualität meiner Arbeit beigetragen, selbst und insbesondere, wenn sie am Abend vor einem Vortrag bei einem gemütlichen Beisammensein in Irland kamen.

Ohne meine Bürokolleginnen und Bürokollegen hätte ich nicht alle Hürden überwinden können. Ich möchte mich bei diesen fantastischen Menschen aus tiefstem Herzen bedanken: Christine Enzenbach, Joachim Müller und Thomas Schlake. Lieber Thomas, insbesondere du warst und bist eine großartige Begleitung für alle möglichen Lebenslagen. Vielen Dank für die unvergesslichen Jahre im Büro und deine immerwährende Unterstützung. Für eine mehr als gute Arbeitsatmosphäre und immer spannende Gesprächsthemen beim Kaffee oder auf Ausflügen bedanke ich mich bei Cornelia Geller, Lina Boyer, Nicole Kohlen, Barbara Steffentorweihen, Anita Stender, Heike Theyßen, Thomas Kersting, Stefan Kirchner und Rasmus Viefers. Ein besonderer Dank gilt Maria Opfermann, die für schöne Dienstreisen gesorgt und mich mit ihrem Fachwissen und ihren Englischkenntnissen stets begeistert hat.

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen des Ganz-In-Projektes angefertigt. Ich danke der Stiftung Mercator für die Finanzierung des Projektes. Insbesondere möchte ich mich bei allen Lehrerinnen und Lehrern bedanken, die meine Studie begleitet haben. Ohne ihre Hilfe und ohne ihr Engagement wäre die Durchführung der Studie nicht möglich gewesen. Für die logistische Unterstützung und geduldiges Zuhören bedanke ich mich herzlich bei Claudia Evers, Anne Hager, Verena Broszeit und Eike Lange. Außerdem haben studentische Hilfskräfte wertvolle Arbeit für das Gelingen des Projektes geleistet. Vielen Dank Eva, Sven, Nils und Rebecca. Siv Ling Ley, Simon Zander und Felix Schoppmeier möchte ich für die Einführung in die Welt der Physikdidaktik danken.

Danksagung

Last but not least danke ich meiner Familie und meinen Freunden. Meinen Eltern danke ich für ihre immerwährende Unterstützung und das Vertrauen in meine Fähigkeiten. Meiner Freundin Isabelle danke ich für ihre unendliche Geduld und ihre Hilfe in Momenten meiner größten Zweifel. Eure Liebe und euer Verständnis sind unbezahlbar.

Zusammenfassung

Sprache ist ein wesentlicher Bestandteil der Wissenschaft, der naturwissenschaftlichen Kompetenz und konstitutiv für den Fachunterricht. Die Bedeutung der expliziten Spracharbeit in den naturwissenschaftlichen Fächern wird durch die Ergebnisse zahlreicher Studien unterstrichen.

Trotz dieser empirischen Erkenntnisse bieten Lehrerinnen und Lehrer den Schülerinnen und Schülern nur wenige Möglichkeiten, ihre Sprachkompetenzen im Fachunterricht zu entwickeln. Darüber hinaus fehlen empirisch validierte Unterrichtskonzepte, die ein sprachbewusstes Lernen im Fachunterricht ermöglichen. Die vorliegende Studie zielte darauf ab, einen Teil dieser Lücke zu schließen, indem ein Unterrichtskonzept entwickelt wurde, das eine Förderung der Sprachkompetenzen zielführend mit der Vermittlung von Fachinhalten verknüpft. Die Studie fokussierte dabei auf domänenspezifische sprachliche Mittel, um die Verbindung zwischen Sprach- und Physikkompetenzen zu stärken.

Die Ergebnisse zeigen, dass Sprachkompetenzen und insbesondere die Fähigkeit, konditionale Satzmuster im Physikunterricht anzuwenden, durch eine Intervention gefördert werden können und dass eine solche Förderung mit einem Zuwachs des Fachwissens einhergeht. Darüber hinaus ist die Intervention sowohl für Schülerinnen und Schüler mit als auch ohne Migrationshintergrund effektiv.

Abstract

Language has always been a constitutive element of teaching and learning and an integral part of science and scientific literacy. It is a means of doing science, constructing scientific knowledge, and communicating about science. This is also emphasized by educational policies worldwide, which demand to convey communication competencies within science classrooms. The importance of explicitly teaching language in science is underlined by the results of numerous studies, which suggest that language is closely connected to student learning in general.

However, despite such empirical evidence, science teachers still provide only few opportunities for students to develop their language competencies within science classrooms. Furthermore, there is still a lack of empirically validated lesson concepts, which incorporate scientific language learning in science classrooms. This study aimed at closing a bit of this gap by developing a lesson concept that embeds language education by means of writing-to-learn activities within physics classrooms. The study focused on domain-specific terminology to strengthen the connection between language and physics competencies.

The results of the study show that language competencies and in particular the ability to apply conditional sentences in physics can be increased with a training which goes along with an increase in content knowledge. Furthermore, the intervention is beneficial for students with as well as without migration backgrounds.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	v
Zusammenfassung	vii
Abstract	viii
1 Einleitung	1
2 Theoretischer Hintergrund	5
2.1 Sprache und Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer	5
2.2 Die Sprache im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer	7
2.3 Zur Funktionalität der Sprache im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer	15
2.4 Die Sprache im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer als Barriere und Ressource	18
2.5 Schreiben im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer – Writing to Learn	23
2.6 Unterrichtswirklichkeit, Forschungs- und Entwicklungsdesiderate	25
2.7 Sprachförderung im Physikunterricht – ein Unterrichtskonzept basierend auf dem Prinzip der unterrichtsökonomischen Schwerpunktsetzung	27
3 Forschungsfragen und Hypothesen	31
3.1 Forschungsfragen und Hypothesen	31
4 Design und Methoden	35
4.1 Darstellung des Entwicklungsprozesses: Entwicklungsarbeit mit Lehrerinnen und Lehrern	35
4.1.1 Der Rahmen der gemeinsamen Projektarbeit	35
4.1.2 Ziele der gemeinsamen Projektarbeit	38
4.2 Darstellung des Entwicklungsprodukts: Entwicklung der Intervention	42
4.2.1 Erprobung der gemeinsam entwickelten Unterrichtseinheiten	50
4.3 Studiendesign	51
4.3.1 Durchführung der Intervention und der Testungen	52
4.4 Testinstrumente	53
4.4.1 Kontrollvariablen	54
4.4.2 Fachwissenstest zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit	56
4.4.3 Testinstrument zur Erfassung der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern	60
4.5 Stichprobe	64

5	Ergebnisse	65
5.1	Deskriptive Ergebnisse	65
5.1.1	Interne Konsistenzen der eingesetzten Verfahren	65
5.1.2	Überprüfung der Verteilungsannahmen	67
5.1.3	Kognitive, sprachliche, fachliche und motivationale Eingangsvoraussetzungen	70
5.2	Auswertung der Interventionsergebnisse	71
5.2.1	Forschungsfragen 1 und 2: Zuwachs der fachlichen und sprachlichen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler	72
5.2.2	Forschungsfrage 3: Differentielle Effekte der Intervention – Zusammenhang der Interventionseffekte mit dem Migrationshintergrund der Schülerinnen und Schüler	74
5.2.3	Weitere Ergebnisse: Individuelle Eigenschaften von Schülerinnen und Schülern (und ihr Zusammenwirken) als Prädiktoren für Lernerfolg	75
6	Zusammenfassung und Diskussion	81
6.1	Diskussion der Forschungsfragen	81
6.2	Limitationen und Ausblick	85
6.2.1	Auswirkungen des Projektrahmens	85
6.2.2	Diskussion der entwickelten Testinstrumente	87
6.2.3	Diskussion der Intervention	88
6.2.4	Ausblick	90
	Literatur	93
	Abbildungsverzeichnis	109
	Tabellenverzeichnis	111

1 Einleitung

Es ist notwendig dass alle, die mit Kindern zu tun haben, sprachliche Bildung als eine Selbstverständlichkeit annehmen, damit langfristig Disparitäten in allen Kompetenzbereichen reduziert werden können.

(Rauch et al., 2016, S. 344)

Sprachkompetenz wird als konstitutiv für die Teilhabe an Bildungs- und Gesellschaftsprozessen angenommen (z.B. Becker-Mrotzek et al., 2013; Beese & Benholz, 2013). Dies wird auch aus der empirischen Perspektive bestätigt; so ist allgemeiner Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern eng verknüpft mit ihrer Sprachkompetenz (z.B. OECD, 2007). Für den naturwissenschaftlichen Fachunterricht bestätigen empirische Studien, dass Sprachkompetenz im Allgemeinen den Erwerb entscheidender Kompetenzen bedingt (u.a. Härtig et al., 2015; Rauch et al., 2016). Auch für das Fach Mathematik zeigt sich, dass Sprachkompetenz einer der größten Einflussfaktoren auf die fachliche Leistung von Schülerinnen und Schülern ist (Prediger et al., 2015). Vor dem Hintergrund von Migration und Zuwanderung (vgl. z.B. OECD, 2007) gewinnt das Thema Sprachkompetenz zunehmend an Bedeutung. Insbesondere Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund können vom Fachunterricht in der Unterrichtssprache nicht profitieren und schneiden in Leistungsstudien schlechter ab als ihre Peers ohne Migrationshintergrund (Heinze et al., 2007; OECD, 2007). Diese Leistungsunterschiede werden unter anderem auf die geringeren Sprachkompetenzen der Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund in der Unterrichtssprache zurückgeführt (vgl. Heinze et al., 2007; Klieme, 2008). Durch die Bildungsexpansion und stark zunehmende Zahlen an Schülerinnen und Schülern in Gymnasien (vgl. Hillebrand, 2014), stehen Schulen also vermehrt vor der Herausforderung, heterogene Gruppen von Lernenden aufzunehmen und systematisch sowie bedarfsgerecht zu fördern (vgl. z.B. Wendt & Bos, 2015a; Wendt & Bos, 2015b). Dabei muss ein besonderer Fokus insbesondere auf die sprachliche Bildung gelegt werden (Thürmann et al., 2017).

Auch an Gymnasien zeigt sich diese Herausforderung aus vielen verschiedenen Gründen (vgl. Hillebrand, 2014). Vor diesem Hintergrund hatte das Projekt *Ganz in. Mit Ganzttag mehr Zukunft. Das neue Ganzttagsgymnasium NRW*. [Ganz In]¹ unter anderem zum Ziel, „durch eine bedarfsorientierte Entwicklung von Ganztagsangeboten der auch an Gymnasien vorzufindenden Heterogenität von Schülerschaften gerecht zu werden und durch die Ausgestaltung spezifischer Angebote verbesserte Möglichkeiten der individuellen Förderung zu schaffen“ (Wendt & Bos, 2015b, S. 18). Das Teilprojekt

¹Ganz In ist ein kooperatives Schulentwicklungsprojekt der Universitäten der Ruhrallianz, der Stiftung Mercator und des Ministeriums für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Wendt & Bos, 2015b)

Sprachbildung im Physikunterricht der Physikdidaktiken der Universität Duisburg-Essen und der Ruhr-Universität Bochum, in dessen Rahmen die vorliegende Arbeit verfasst wurde, fokussierte dabei auf explizite sprachliche Bildung im Physikunterricht. Am Projekt Sprachbildung im Physikunterricht nahmen insgesamt drei Gymnasien aus Nordrhein-Westfalen teil, die regelmäßig etwa zehn Lehrerinnen und Lehrer für Projektarbeiten zur Verfügung gestellt haben. Für die gemeinsame Entwicklungsarbeit haben die Lehrerinnen und Lehrer an ganztägigen, durch die Arbeitsgruppe didaktisch begleiteten Seminaren an der Universität Duisburg-Essen teilgenommen. In Absprache mit den teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrern und ihren Schulen wurden für das Teilprojekt drei übergeordnete Ziele festgesetzt. Als erstes Ziel sollten Lehrerinnen und Lehrer für sprachliche Schwierigkeiten und Herausforderungen im Physikunterricht sensibilisiert werden. Dabei sollte verdeutlicht werden, dass Sprache einerseits eine Barriere beim Lernen fachlicher Inhalte sein kann, aber andererseits auch als Ressource genutzt werden kann, um fachliche Inhalte zu vermitteln. Das zweite Ziel beinhaltete die Vermittlung von Methoden und Werkzeugen, die es den Lehrerinnen und Lehrern ermöglichen, selbständig Sprachkompetenzen ihrer Schülerinnen und Schüler zu diagnostizieren und auch zu fördern. Das dritte Ziel des Projektes Sprachbildung im Physikunterricht war es, in einer Entwicklungskooperation mit den teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrern ein Unterrichtskonzept zu entwickeln und empirisch zu überprüfen, das sprachliches Handeln im Fachunterricht mit dem fachlichen Lernen verknüpft.

Der Aufbau der vorliegenden Arbeit orientiert sich an den übergeordneten Projektzielen des Projektes *Sprachbildung im Physikunterricht*. In Kapitel 2 wird zunächst die Stellung der Sprache in den Naturwissenschaften im Allgemeinen sowie in der aktuellen internationalen und nationalen Bildungspolitik herausgearbeitet. Anschließend werden die sprachlichen Anforderungen der domänenspezifischen Sprache im Fachunterricht diskutiert und potenzielle sprachliche Barrieren für Schülerinnen und Schüler erläutert. Zusätzlich wird das Potential dieser domänenspezifischen Sprache aufgezeigt, durch ihre Funktionalität in der fachlichen Kommunikation als Ressource für ein verknüpftes fachliches und sprachliches Lernen zu dienen. Insbesondere der produktive Umgang mit dieser domänenspezifischen Sprache wird als Möglichkeit der Verknüpfung des fachlichen Lernens mit dem sprachlichen Handeln dargestellt. Im Anschluss werden der aktuelle Forschungsstand sowie die Unterrichtswirklichkeit in Bezug auf die Arbeit mit Sprache im Fachunterricht vorgestellt. Es wird das Fehlen von Studien über sprachexpliziten Fachunterricht, insbesondere in dem Fach Physik, sowie von empirisch abgesicherten didaktischen Modellen und Unterrichtskonzepten, die die Arbeit mit Sprache im Fachunterricht integrieren, aufgezeigt. Dem dritten Projektziel des Projektes *Sprachbildung im Physikunterricht* entsprechend, wird dann ein Unterrichtskonzept vorgestellt, das in einer Entwicklungskooperation mit den am Projekt teilgenommenen Lehrerinnen und Lehrern entwickelt wurde und sprachliche und fachliche Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern gemeinsam fördern soll. In Kapitel 3 werden die Forschungsfragen zur empirischen Überprüfung dieses Unterrichtskonzepts dargestellt und aus dem Kapitel 2 hergeleitete Hypothesen aufgestellt. Die Forschungsfragen resultieren zum Teil aus der methodischen Komponente der vorliegenden Arbeit und basieren auf der gemeinsamen Arbeit mit den am Projekt *Sprachbildung im Physikunterricht* teilgenommenen Lehrerinnen und Lehrern. Die Präzisierung der Forschungsfragen erfolgte also nach der vollständigen Entwicklung des gemeinsamen Unterrichtskonzepts. Zum Zeitpunkt der Präzisierung waren der fachliche und der sprachliche Schwerpunkt der zu überprüfenden Unterrichtseinheit klar. Die methodische Komponente der vorliegenden Arbeit wird im Kapitel 4 vorgestellt. Im ersten Teil des dritten Kapitels wird zunächst der

Rahmen der gemeinsamen Entwicklungsarbeit mit Lehrerinnen und Lehrern im Projekt *Sprachbildung im Physikunterricht* erläutert. Dazu gehören unter anderem die Zielsetzung für die Arbeit im Projekt sowie der Aufbau und die Inhalte der Arbeitssitzungen. Des Weiteren wird die Entwicklung der Interventionsinhalte für die Interventionsgruppe und die Kontrollgruppe genauer dargestellt. Im weiteren Verlauf des dritten Kapitels wird letztendlich das Design der empirischen Begleitstudie, unter anderem der Verlauf der Interventionen sowie die eingesetzten Testinstrumente und Verfahren, erläutert. Kapitel 5 stellt die Ergebnisse der statistischen Analysen zur Beantwortung der Forschungsfragen vor, die in Kapitel 6 zusammengefasst und anschließend diskutiert werden. Dabei wird zunächst der Zuwachs der sprachlichen und fachlichen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler in der Interventionsgruppe und in der Kontrollgruppe betrachtet, um dann auf differenzielle Effekte der Intervention einzugehen. Anschließend wird der Zusammenhang zwischen den sprachlichen und den fachlichen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler untersucht. Auf der Grundlage der vorgestellten und diskutierten Ergebnisse werden letztendlich Implikationen für die explizite Arbeit mit Sprache im Fachunterricht abgeleitet. Unter anderem werden Hinweise für den Unterrichtsalltag herausgearbeitet sowie mögliche Folgestudien skizziert, um die in Kapitel 2 aufgezeigten Forschungslücken weiter zu schließen.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Sprache und Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer

Knowing and understanding the language of science is an essential component of scientific literacy.

(Wellington und Osborne, 2001, S. 139)

Kommunikation im Allgemeinen ist ein bedeutender Teil der naturwissenschaftlichen Arbeit (Fang et al., 2008; Phillips & Norris, 2009). Dazu gehören unter anderem das Lesen und Schreiben von naturwissenschaftlichen Texten genauso, wie der Diskurs mit Kolleginnen und Kollegen (Härtig et al., 2015; Lemke, 1993). Ohne das Lesen und Schreiben könnten die sozialen Prozesse, die naturwissenschaftliches Arbeiten ermöglichen, nicht stattfinden. Dazu zählen unter anderem die Aufnahme von Daten, die Beschreibung von Tätigkeiten und Experimenten, die Entwicklung und Bewertung der Ideen von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie die Vermittlung dieser Ideen zwischen Personen, die nicht am selben Ort oder zur selben Zeit leben (Hand et al., 2003; Norris und Phillips, 2003). Naturwissenschaften werden also zum Teil durch Kommunikationsprozesse und Sprache konstruiert (Norris und Phillips, 2003). Insgesamt können der Sprache in den Naturwissenschaften zwei entscheidende Funktionen zugesprochen werden: Einerseits wird durch Sprache Wissen weitergegeben und andererseits wird mittels Sprache neues Wissen generiert und in die bereits vorhandenen Wissensstrukturen integriert (Glaserfeld, 1987, Vygotskij, 2017).

Die Stellung der Sprache in den Naturwissenschaften wird in den aktuellen Anforderungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Schulen im internationalen Bereich aufgegriffen; so wird Sprache als ein unabdingbarer Teilbereich der naturwissenschaftlichen Grundbildung in vielen internationalen Bildungsstandards gesehen (u.a. Achieve, 2012; National Academy of Sciences, 1999). Ist ein Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts, Schülerinnen und Schüler zu befähigen, an einer von Produkten naturwissenschaftlicher Arbeit dominierten Welt als kritische Verbraucherinnen und Verbraucher teilzunehmen (vgl. National Academy of Sciences, 1999), so ist naturwissenschaftliche Grundbildung und damit auch die Sprache eine unabdingbare Voraussetzung (vgl. Fang, 2004). Die Konzeption naturwissenschaftlicher Grundbildung mit einem starken Fokus auf Literalität (vgl. Norris & Phillips, 2003) ist in didaktischen Arbeiten weitgehend akzeptiert (u.a. Fang et al., 2008; Jang & Hand, 2017; Webb, 2010). Norris und Phillips (2003) unterscheiden zwar einen „fundamental sense“ (beispielsweise die Fähigkeit zu argumentieren und zu informieren) und einen „derived sense“ (beispielsweise das Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte) (S. 224) als zwei Komponenten

der naturwissenschaftlichen Grundbildung, diese sind aber eng miteinander verknüpft und für naturwissenschaftliche Lehr- und Lernprozesse sowie Wissenskonstruktion gleichermaßen entscheidend. Die Konzeption der naturwissenschaftlichen Grundbildung von Norris und Phillips (2003) macht deutlich, dass neben Fachwissen und Wissen über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung auch die Beherrschung der für die Naturwissenschaften typischen Sprache gehört sowie die Fähigkeit, diese zur Kommunikation angemessen einzusetzen.

In den deutschen Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss in den naturwissenschaftlichen Fächern, die sich an der naturwissenschaftlichen Grundbildung orientieren, findet sich der Fokus auf Sprache und die Fähigkeit, diese zur Kommunikation angemessen einzusetzen, wieder (vgl. Kultusministerkonferenz, 2005a; Kultusministerkonferenz, 2005b; Kultusministerkonferenz, 2005c). „Die Fähigkeit zu adressatengerechter und sachgerechter Kommunikation ist ein wesentlicher Bestandteil physikalischer Grundbildung“ (Kultusministerkonferenz, 2005c, S.10). Die zentrale Stellung der Sprache für die physikalische und naturwissenschaftliche Grundbildung mündet im Kompetenzbereich „Kommunikation“ (Kultusministerkonferenz, 2005a; Kultusministerkonferenz, 2005b; Kultusministerkonferenz, 2005c). Von Schülerinnen und Schülern werden in den Bildungsstandards für das Fach Physik „eine angemessene Sprech- und Schreibfähigkeit in der Alltags- und der Fachsprache, das Beherrschen der Regeln der Diskussion und moderne Methoden und Techniken der Präsentation“ erwartet (Kultusministerkonferenz, 2005c, S. 10). Schülerinnen und Schüler sollen zum Beispiel physikalische Fachbegriffe kennen, alltagssprachliche und fachsprachliche Beschreibungen von Phänomenen differenzieren sowie Fachtexte, Graphiken und Tabellen verstehen und interpretieren können (Kultusministerkonferenz, 2005c). Über die benutzten Operatoren, wie zum Beispiel beschreiben, erklären und erläutern, wird deutlich, dass auch in den anderen Kompetenzbereichen Sprache sowie sprachliches Handeln Voraussetzungen sind (Tajmel, 2011). Auch im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ (Kultusministerkonferenz, 2005a; Kultusministerkonferenz, 2005b; Kultusministerkonferenz, 2005c) wird die Vernetzung von Sprache, Lernen und Erkenntnis betont und somit eine Anknüpfung an die Konzeption der naturwissenschaftlichen Grundbildung von Norris und Phillips (2003) deutlich. Schülerinnen und Schüler „beschreiben Phänomene und führen sie auf bekannte physikalische Zusammenhänge zurück“, „stellen an einfachen Beispielen Hypothesen auf“ und „beurteilen die Gültigkeit empirischer Ergebnisse und deren Verallgemeinerung“ (Kultusministerkonferenz, 2005c, S. 11). „Erkenntnisgewinn und fachbezogener Spracherwerb bedingen sich gegenseitig“ (Kultusministerkonferenz, 2005a, S. 11). Aufgrund der Funktionen von Sprache als Medium des Lernens und der Kommunikation ist aus der bildungspolitischen Perspektive eine Sprachbildung also verpflichtend und eine grundlegende Aufgabe auch der naturwissenschaftlichen Fächer (vgl. Ministerium für Schule, Jugend und Kinder des Landes Nordrhein-Westfalen, 1999).

Obwohl Sprache in den Bildungsstandards im Fokus steht und in allen Kompetenzbereichen Sprachhandlungen erwartet werden, fehlt es an der genauen Darstellung sprachlicher Lernziele und der Beschreibung der für die Sprachhandlungen erforderlicher sprachlicher Mittel (Tajmel, 2011). Im Gegensatz zu den konkret formulierten fachlichen Anforderungen, die beispielsweise auf der Ebene der Kernlehrpläne hierarchisch aufgebaut und strukturiert werden (vgl. Ministerium für Schule und Weiterbildung, 2008), finden sich darüber hinaus keine Vorgaben für eine *Fachsprache* oder die Beschreibung ihrer Alleinstellungsmerkmale in Abgrenzung zu anderen Konzeptionen von Sprache,

wie zum Beispiel der explizit erwähnten *Alltagssprache* (vgl. Beese et al., 2014). Vor diesem Hintergrund werden im folgenden Kapitel zunächst die Charakteristiken einer für die naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer typischen *Fachsprache* erläutert, die eine Grundlage für die vorliegende Arbeit darstellen. Es wird herausgearbeitet, dass sich eine solche *Fachsprache* von der im Alltag oder in anderen Schulfächern gelernten Sprache unterscheidet und Schülerinnen und Schülern den Zugang zu den fachlichen Inhalten erschweren kann. Ziel einer solchen Herausarbeitung ist es, über die bildungspolitischen Verpflichtungen hinaus eine inhaltlich-pragmatische Begründung für dezidierte Spracharbeit im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer zu finden sowie adäquate sprachliche Lernziele vorzuschlagen, die im Unterricht anderer Fächer nicht erfüllt werden können.

2.2 Die Sprache im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer

In fachdidaktischen Arbeiten und im bildungspolitischen Diskurs zur Sprachbildung im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer lassen sich unterschiedliche Konzeptionen von Sprache finden (u.a. Gogolin et al., 2013; Härtig et al., 2015; Riebling, 2013). Dabei werden insbesondere die Konzeptionen *Bildungssprache* und *Fachsprache* als Ziele schulischer Ausbildung diskutiert (u.a. Gogolin & Lange, 2011; Thürmann, 2011). Die Auseinandersetzung mit Konzeptionen von Sprache ist eine andauernde Tradition (vgl. u.a. Habermas, 1978; Halliday, 1993). Bereits Habermas (1978) versucht *Umgangssprache*, *Fachsprache* und *Bildungssprache* zu definieren und voneinander zu trennen:

„Die Bildungssprache [...] unterscheidet sich von der Umgangssprache durch die Disziplin des schriftlichen Ausdrucks und durch einen differenzierteren, fachlich einbeziehenden Wortschatz; andererseits unterscheidet sie sich von Fachsprachen dadurch, dass sie grundsätzlich für alle offensteht, die sich mit den Mitteln der allgemeinen Schulbildung ein Orientierungswissen verschaffen können“ (Habermas, 1978, S. 330).

Die Trennung der Konzeptionen von Sprache erfolgt nach Habermas (1978) durch die Disziplin des Ausdrucks (schriftlich oder mündlich), den domänenspezifischen Wortschatz, die Kommunikationspartnerinnen und Kommunikationspartner und den Spezialisierungsgrad des zu vermittelnden Wissens. Insbesondere das kognitiv anspruchsvolle und komplexe Fachwissen verlangt demnach das Beherrschen der entsprechenden sprachlichen Mittel, was durch den Zusammenhang zwischen Sprache und Lernen begründet werden kann (vgl. z.B. Thürmann, 2010; Vollmer, 2011). Um sprachliche Lernziele im naturwissenschaftlichen Unterricht aufzustellen, ist es also sinnvoll, die für den Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer typische *Fachsprache* in Kontrast zu anderen Konzeptionen von Sprache zu klassifizieren sowie ihre Charakteristiken zu analysieren. Insbesondere im Hinblick auf die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss und die sprachlichen Anforderungen für den Umgang mit einer *Fachsprache* und einer *Alltagssprache* (siehe Kapitel 2.1 - zum Beispiel Kultusministerkonferenz, 2005c), ist es für eine inhaltlich-pragmatische Begründung einer dezidierten Spracharbeit im Rahmen des naturwissenschaftlichen Unterrichts wichtig, die beiden Konzeptionen von Sprache *Alltagssprache* und *Fachsprache* differenziert zu betrachten und voneinander abzugrenzen.

Die differenzierte Betrachtung erfolgt dabei, ähnlich zum Ansatz von Habermas (1978), aus einer funktionalen und einer lexikalisch-syntaktischen Perspektive. Die beiden theoretischen Perspektiven der Betrachtung sowie die differenzierten Konzeptionen der Sprache werden im Laufe der Analyse aufeinander bezogen.

Um der Funktionalität der Konzeptionen *Alltagssprache* und *Fachsprache* im naturwissenschaftlichen Unterricht gerecht zu werden, erfolgt ihre Klassifizierung und differenzierte Betrachtung zunächst anhand der Registertheorie von Halliday (1979). Unter einem Register wird dabei „a set of meanings that appropriate to a particular function of language, together with words and structures which express these meanings“ (Halliday, 1979, S. 195) verstanden. Ein Register ist durch bestimmte morphologische, syntaktische und lexikalische Eigenschaften bestimmt, die es einer Person ermöglichen, in einer bestimmten Situation zu kommunizieren und eine Bedeutung zu konstruieren (vgl. Halliday, 1993). Die vorgegebene Situation (zum Beispiel ein bestimmter schulischer Kontext) diktiert dabei das zu verwendende Sprachregister. Die an vorgegebene Situationen gebundenen linguistischen Eigenschaften von Sprachregistern sind durch drei Kategorien vorbestimmt: *field*, *mode* und *tenor* (Halliday & Martin, 1993). Unter *field* wird das Rahmensetting verstanden, in welchem die Kommunikation stattfindet, darunter zum Beispiel Thema, Inhalt, Gegenstand oder Genre. Die Kategorie *mode* beschreibt das Medium der Kommunikation (zum Beispiel schriftlich oder mündlich) und dessen besondere sprachliche Eigenschaften. Mit *tenor* wird das soziale Verhältnis und Beziehung zwischen Kommunikationspartnerinnen und Kommunikationspartner beschrieben (vgl. Halliday und Martin, 1993). Die drei Kategorien sprachlicher Register werden im Folgenden für die konzeptionelle Trennung der *Alltagssprache* von der *Fachsprache* genutzt.

Bevor Schülerinnen und Schüler im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer mit einer *Fachsprache* umgehen müssen, verfügen sie über sprachliche Kompetenzen, die sie sich aufgrund ihren außerschulischen Spracherfahrungen abhängig von ihrem Alter aneignen und eventuell über in anderen Fächern bereits erworbene Fragmente der *Bildungssprache* (vgl. Ahrenholz, 2017). Zum *field* dieser zum Großteil aus den außerschulischen Erfahrungen resultierenden Sprache, die im Allgemeinen als *Alltagssprache* bezeichnet wird, gehört das Alltagswissen (commonsense knowledge) (vgl. Halliday & Martin, 1993; Tajmel, 2017). Das Alltagswissen beruht auf bestimmten Ereignissen, wird von den Schülerinnen und Schülern unbewusst erworben und wird als Erfahrungswissen nicht überprüft (vgl. Halliday & Martin, 1993; Riebling, 2013). Riebling (2013) charakterisiert das Alltagswissen weiterhin als unbestimmt und unsystematisch. Die Eigenschaften des *fields* übertragen sich auf den *mode* der *Alltagssprache*. Der *mode* der *Alltagssprache* wird als konzeptionell mündlich bezeichnet (vgl. Koch & Oesterreicher, 1985). Eine konzeptionell mündliche Sprache ist das Ergebnis mündlicher Kommunikation, „die spontan produziert wird und Korrekturen der Aussagen nur im Nachhinein zulässt“ und „durch das Vorhandensein einer face-to-face-Interaktion zwischen den Kommunikationspartnern sowie durch den Aufbau eines gemeinsamen Gesprächsdiskurses“ charakterisiert wird (Eckhardt, 2007, S. 64). Koch und Oesterreicher (1985) führen noch geringe Planung und geringe Informationsdichte sowie Vorläufigkeit, freien Sprecherwechsel und Kontextualisierung als weitere Eigenschaften einer konzeptionell mündlichen Sprache auf. *Alltagssprache* ist also an unmittelbare Handlungen der Kommunikationspartnerinnen und Kommunikationspartner gebunden, ist stark kontextualisiert (vgl. Handt & Weis, 2015) und kann in einer graphischen (schriftlichen) oder einer phonischen (mündlichen) Form vorkommen (Koch & Oesterreicher, 1985). Selbst in einer schriftlichen Form (beispielsweise in Kurznachrichten oder in der Kommunikation auf sozialen Plattformen)

überwiegen konzeptionell mündliche Charakteristiken (vgl. Koch & Oesterreicher, 1985). Bezogen auf den *tenor* kann *Alltagssprache* als die „Sprache der Nähe“ bezeichnet werden (Koch & Oesterreicher, 1985, S. 21). Dazu gehören eine Vertrautheit der Kommunikationspartnerinnen und Kommunikationspartner und die Abwesenheit von Öffentlichkeit (vgl. Koch & Oesterreicher, 1985). Abbildung 2.1 fasst Eigenschaften einer „Sprache der Nähe“ in Abgrenzung zu einer „Sprache der Distanz“ zusammen (Koch & Oesterreicher, 1985, S. 23).

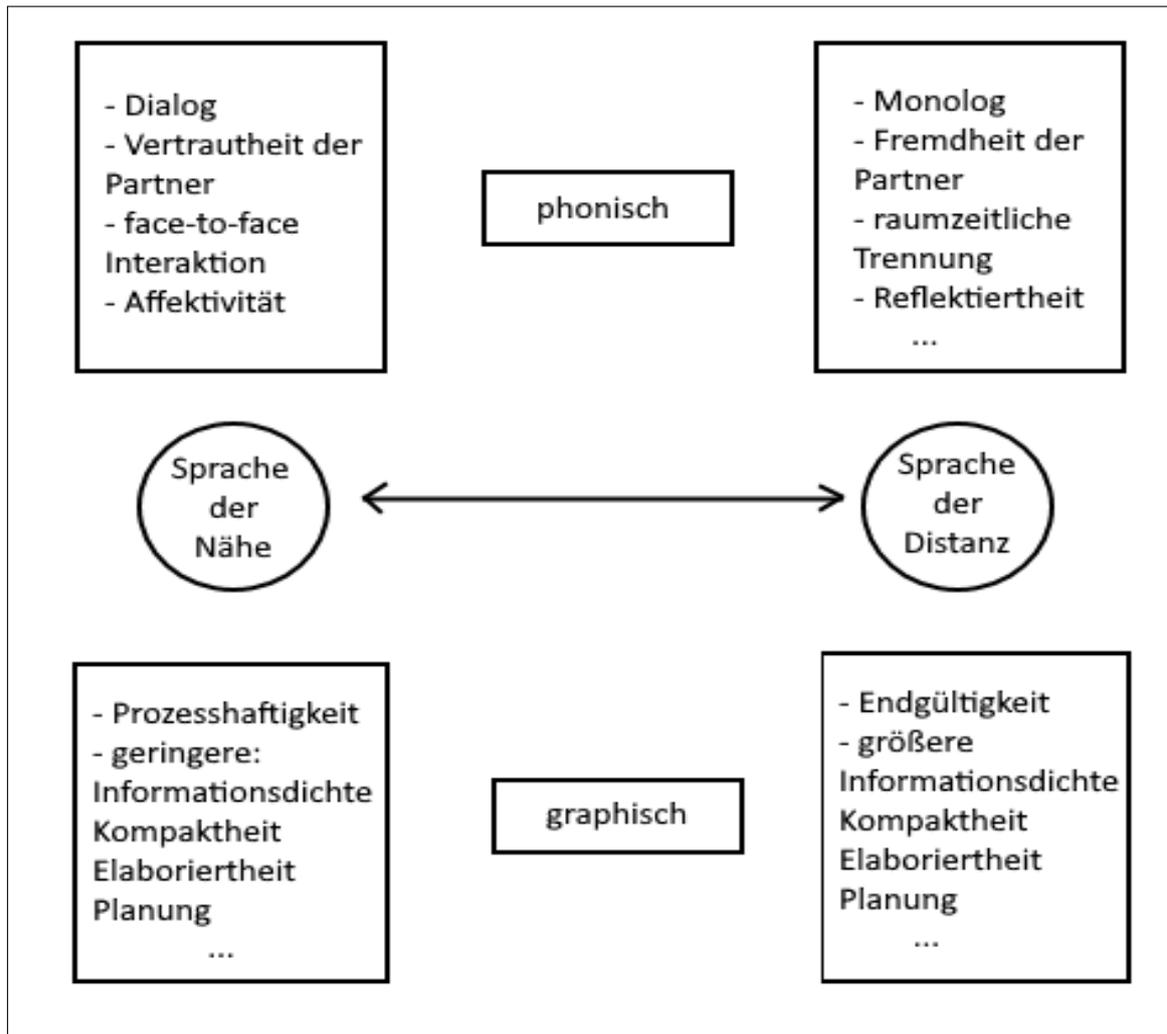


Abbildung 2.1: Sprache der Nähe und Sprache der Distanz (in Anlehnung an Koch und Oesterreicher, 1985)

Alltagssprache ist also ein Sprachregister, das für alltägliche und eher informelle Zwecke benutzt wird (z.B. für Smalltalk oder Gespräche unter Peers). Unter *Alltagssprache* können verschiedene Sprachvarietäten, u.a. Jugendsprache oder Regionalsprache, zusammengefasst werden. Für Kommunikation in der *Alltagssprache* sind nur grundlegende Sprachkompetenzen erforderlich, die in der Theorie von Cummins (1981) als *Basic Interpersonal Communication Skills* [BICS] bezeichnet werden. In der Regel werden BICS im natürlichen Sprachlernprozess ohne besondere Ausbildung erworben. Auf der Ebene der BICS wird Bedeutung über den Kontext sowie eigene kulturelle und soziale

Erfahrungen konstruiert (vgl. Cummins, 2010). Über die Kontextualisierung hinaus, betrachtet Cummins (1981) in seiner Theorie auch die Ebene des kognitiven Aufwands. So geht der hohe Grad der Kontextualisierung der *Alltagssprache* mit einer niedrigeren kognitiven Belastung einher (vgl. Cummins, 1981). Dabei kann Kontextualisierung, dem Begriff *field* aus der Registertheorie von Halliday (Halliday & Martin, 1993) ähnlich, als Gegenwärtigkeit der Kommunikationssituation betrachtet werden, die nach Koch und Oesterreicher (1985) entweder als Nähe oder als Distanz bezeichnet wird. Abbildung 2.2 stellt die in der Theorie von Cummins (1981) vorgeschlagenen Dimensionen (Kontextualisierung und kognitiver Aufwand) einer Sprache dar (Cummins, 2010). Halliday und Martin (1993) verdeutlichen die enge Kontextualisierung der Alltagssprache und liefern einen ersten Hinweis auf die Anforderungen für den Erwerb eines weiteren Sprachregisters.

„At the beginning of the transition from proto-language, when children are first using language to annotate and classify experience, the particular experience that is being construed in any utterance is one that the addressee is known to have shared. When the child says green bus, the context is ‘that’s a green bus; you saw it too (and can check my wording)’. What children cannot do at this stage is impart the experience to someone who has not shared it. Parents often notice how, if they ask their child after an outing to “tell Granny what you saw,” the child is unable to do this.“ (Halliday, 1993, S. 102).

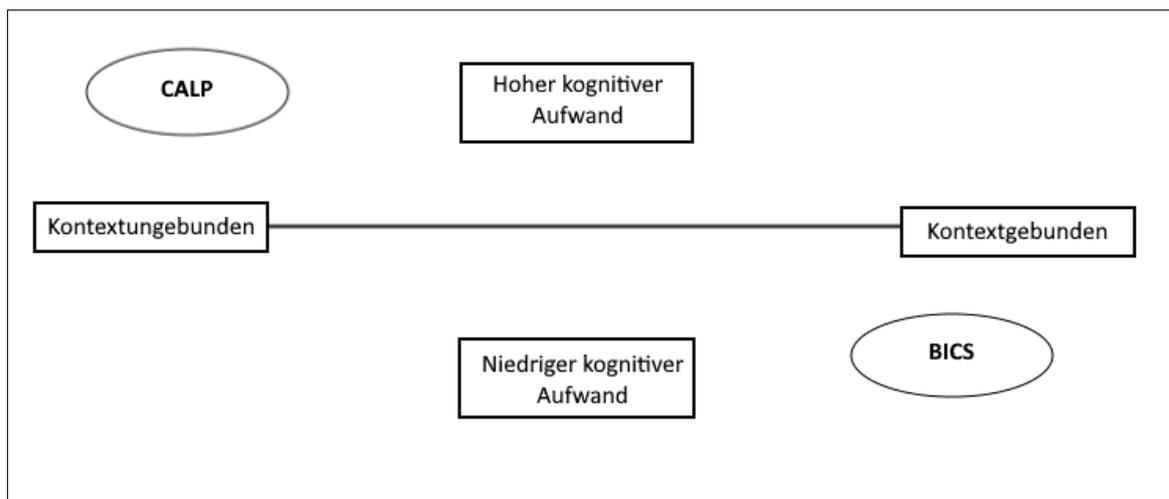


Abbildung 2.2: Kontextualisierung und kognitiver Aufwand (in Anlehnung an Cummins, 2010)

Insbesondere Kinder brauchen einen konkreten Kontext, um kommunizieren zu können. Die kontext-, zeit- und ortsungebundene Kommunikation muss mit zunehmendem Alter gelernt werden (vgl. Halliday, 1993). Mit zunehmender Kontextungebundenheit (bzw. Dekontextualisierung) steigen die lexikalische Dichte sowie die Komplexität der Grammatik und des Wortschatzes des zu benutzenden Sprachregisters (beispielsweise der *Fachsprache*) (vgl. Cummins, 2010; Halliday, 1979, 1993). Im Vergleich zu der *Alltagssprache* gehen die Anforderungen eines kontextungebundenen Sprachregisters mit einem höheren kognitiven Aufwand einher (siehe Abbildung 2.2). Der höhere kognitive Aufwand kann bei Schülerinnen und Schülern sowohl zu sprachlichen als auch zu fachinhaltlichen Verständnisproblemen führen (vgl. Wellington & Osborne, 2001).

Im Gegensatz zur *Alltagssprache* ist die für den Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer typische *Fachsprache* ein Register, das erst im Fachunterricht erworben wird (vgl. Tajmel, 2017). Die Konzeption *Fachsprache* kann abhängig von der zugrunde gelegten Definition weit gefasst sein (vgl. Ahrenholz, 2017). Hoffmann (1985) definiert *Fachsprache* als „die Gesamtheit aller sprachlichen Mittel, die in einem fachlich begrenzten Kommunikationsbereich verwendet werden, um die Verständigung zwischen den in diesem Bereich tätigen Menschen zu gewährleisten“ (S. 53). Die sprachlichen Mittel enthalten lexikalische, morphologische und phonetische Elemente, die als Einheit eine funktionale Kommunikation innerhalb eines Faches ermöglichen (vgl. Hoffmann, 1985). Ähnlich der Registertheorie von Halliday (1979), sind neben der Funktionalität auch die Abhängigkeit von vorgegebenen Situationen sowie die Kommunikationspartnerinnen und Kommunikationspartner wichtige Elemente der Definitionen von *Fachsprache*. In Ergänzung zu Hoffmann (1985) charakterisiert Beier (1980) *Fachsprache* als „einen komplexen Bereich (einen Ausschnitt, eine Varietät) der Sprachverwendung, der - bedingt durch die Spezifika verschiedener fachlicher Situationen - eine Binnendifferenzierung aufweist“ (S. 13). Er erweitert den Personenkreis, der eine *Fachsprache* benutzt, um Fachleute anderer Disziplinen und Laien (Beier, 1980). „Echte Fachsprache“ (Beier, 1980, S. 14) ist dabei aber immer an die Fachleute gebunden und repräsentiert die fachlichen Denkstrukturen und Arbeitsweisen (vgl. Beier, 1980; Hoffmann, 1985). Buhlmann und Fearn (1991) schlagen eine „horizontale Gliederung“ (S. 12) und eine „vertikale Schichtung“ (S. 13) von *Fachsprachen* vor. Die horizontale Gliederung unterteilt *Fachsprachen* nach ihren Fachrichtungen (vgl. Buhlmann & Fearn, 1991). Demnach sind *Fachsprachen* gegenstandsbezogen, sodass beispielsweise Biologen eine andere *Fachsprache* benutzen als Physiker. Die vertikale Schichtung meint dabei den „Spezialisierungsgrad“ (Buhlmann & Fearn, 1991, S. 13) einer *Fachsprache* (vgl. Buhlmann & Fearn, 1991). Beispielsweise hat ein Text in einem Physik-Schulbuch einen niedrigeren Spezialisierungsgrad als ein Text in einer didaktischen Fachzeitschrift. Übertragen auf den Kontext des Unterrichts der naturwissenschaftlichen Fächer könnte also die dort benutzte *Fachsprache* als eine Vereinfachung der „echte[n] Fachsprache“ (Beier, 1980, S. 14) bezeichnet werden. Eine umfassende Definition und eine klare Abgrenzung ist nicht vollständig möglich, sodass ein Ziel der Betrachtung einer solchen *Fachsprache* nur ein Aufzeigen bestimmter Charakteristiken sein kann, die im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer als sprachliche Lernziele dienen können (vgl. Buhlmann & Fearn, 1991).

In Bezug auf den *tenor* kann die *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer als eine „Sprache der Distanz“ (Koch & Oesterreicher, 1985, S. 23) bezeichnet werden. Bei solch einer Sprache wird von Fremdheit der Kommunikationspartnerinnen und Kommunikationspartner, Öffentlichkeit und raumzeitlicher Trennung ausgegangen (vgl. Koch & Oesterreicher, 1985). Die Kommunikation erfolgt situationsungebunden und kontextreduziert (Cummins, 2010). Der *mode* der *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer kann als „konzeptionell schriftlich“ (Koch & Oesterreicher, 1985, S. 13) bezeichnet werden und ist an Regeln des Schriftsprachgebrauchs gebunden (vgl. Feilke, 2012). Eigenschaften einer konzeptionell schriftlichen Sprache sind unter anderem hohe Informationsdichte und Elaboriertheit (vgl. Koch & Oesterreicher, 1985). Die *Fachsprache* kann medial in einer graphischen (schriftlichen) oder einer phonischen (mündlichen) Form vorkommen (vgl. Koch & Oesterreicher, 1985). Selbst in der phonischen Form dominieren aber Eigenschaften einer konzeptionell schriftlichen Sprache (vgl. Brünner, 2015). Das *field* der *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer umfasst hoch vernetzte Fachinhalte, die abstrakte Gegenstände und Themen behandeln (vgl. Bernstein, 1999). Die Komplexität und die Abstraktheit der Fachinhalte

erfordern umfangreichere Sprachkompetenzen (vgl. Uessler et al., 2013), die nicht im Alltag, sondern erst im Fachunterricht erworben und eingeübt werden (vgl. Tajmel, 2017). In der Theorie von Cummins (1981) werden diese weiterführenden Sprachkompetenzen als *Cognitive academic language proficiency* [CALP] bezeichnet. Da die *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer weitaus komplexer ist als die *Alltagssprache*, ist die CALP umfangreicher und kognitiv anspruchsvoller als die BICS (vgl. Cummins, 2010). Abbildung 2.3 fasst Eigenschaften konzeptionell mündlicher und schriftlicher Sprachen abgrenzend voneinander zusammen und führt einige Beispiele für ihre Anwendungsbereiche an.

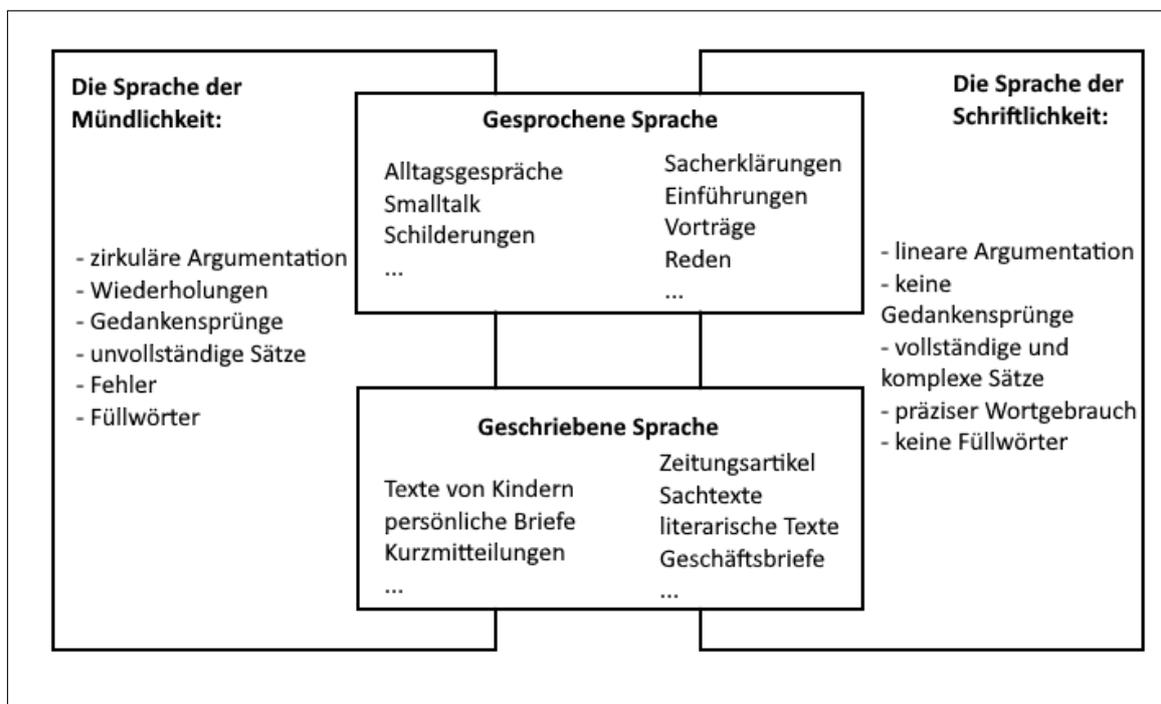


Abbildung 2.3: Konzeptionell mündliche und schriftliche Sprachen sowie Beispiele ihrer Anwendung (in Anlehnung an Schiesser und Nodari, 2007)

Abbildung 2.4 stellt die vorgestellten Sprachregister aufgrund ihres *fields, modes* und *tenors* zusammenfassend in Bezug zueinander. *Alltagssprache* (Umgangssprache) und *Bildungssprache* sind demnach die zwei Pole auf der Skala der Nähe und Distanz, beziehungsweise der Skala der konzeptionellen Mündlichkeit und Schriftlichkeit (vgl. Krabbe, 2016). *Alltagssprache* und *Bildungssprache* sind in der Lebenswelt verortet, wobei *Bildungssprache* als sprachliches Register dazu dient, sich Orientierungswissen zu verschaffen (vgl. Gogolin & Lange, 2011; Habermas, 1978). *Bildungssprache* ist demnach „die Sprache der Bildungseinrichtungen und -institutionen (wie auch in Teilen des medial geführten Diskurses in der Öffentlichkeit)“ (Riebling, 2013, S. 37). Im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer wird *Bildungssprache* domänenspezifisch ausdifferenziert und spezialisiert, sodass sie auf der Seite der Fachwelt in eine *Fachsprache* übergeht (vgl. Riebling, 2013). *Fachsprache* besitzt keine eigene Syntax und nutzt die in der *Bildungssprache* bereits vorhandene sprachlichen Formen (Rösch, 2013). Der grundlegende Unterschied besteht in der fachspezifisch funktionalen Nutzung dieser sprachlichen Formen und dem eigenen Fachvokabular (vgl. Merzyn, 2008). In der Fachwelt sind entsprechende

Pole der *Fachsprache* der (mündliche) *Fachjargon* und die (schriftliche) *Fachsprache*.

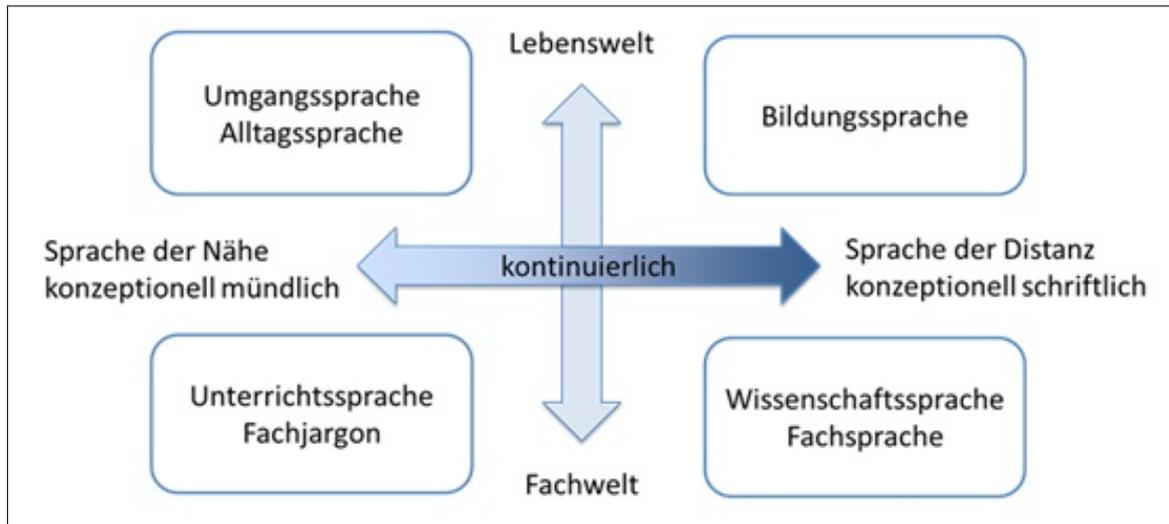


Abbildung 2.4: Vorgestellte Sprachregister und ihr Bezug zueinander (Krabbe, 2016)

In ihrer Arbeit versucht Pineker-Fischer (2016) die Register *Alltagssprache*, *Bildungssprache* und *Fachsprache* in Beziehung zueinander zu setzen. Sie bezieht sich dabei unter anderem auf Cummins (2010) und stellt die einzelnen Register aufgrund ihrer Kontextorientierung sowie des kognitiven Aufwands in Relation zueinander auf (siehe Abbildung 2.5). Die horizontale Gliederung der einzelnen Register in ihrem Modell verdeutlicht, dass Kompetenzen in der *Alltagssprache* eine Voraussetzung für das Erlernen der *Bildungssprache* und der *Fachsprache* sind (Pineker-Fischer, 2016). Ebenfalls ist eine Überschneidung zwischen der *Alltagssprache* und der *Bildungssprache* sowie zwischen der *Bildungssprache* und der *Fachsprache* zu erkennen. Die Überschneidung zwischen der *Bildungssprache* und der *Fachsprache* ist dabei größer und weist auf den kleineren Schritt von der *Bildungssprache* zur *Fachsprache* durch die besondere Spezialisierung hin (vgl. Pineker-Fischer, 2016).

Neben der Betrachtung der funktionalen Eigenschaften des Registers *Fachsprache*, werden zusätzlich seine Charakteristiken aus einer lexikalisch-syntaktischen Perspektive aufgeführt. Diese Charakteristiken der *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer werden aufgrund der klareren Abgrenzung auf der textuellen Makrostruktur aus Analysen von für die Naturwissenschaften repräsentativen Texten hergeleitet (vgl. Ahrenholz, 2017; Härtig et al., 2015). Die Herleitung der Charakteristika der *Fachsprache* (siehe dazu auch Tabelle 2.1 auf S. 15) basiert im Allgemeinen also auf der Analyse von Texten, die bezogen auf die Abbildung 2.4 in der Fachwelt einzuordnen sind und eine konzeptionell schriftliche Sprache der Distanz als Grundlage haben. Im Folgenden werden die Charakteristiken der *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer herausgearbeitet und ihre Besonderheiten in Bezug auf die typischen sprachlichen Mittel zunächst deskriptiv beschrieben. Eine genauere Betrachtung der Funktionalität erfolgt im nachfolgenden Kapitel.

Der *tenor*, der *mode* und das *field* der *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer diktiert also die Auswahl der sprachlichen Mittel, die für Kommunikationsvorgänge im Allgemeinen genutzt werden. Die sprachlichen

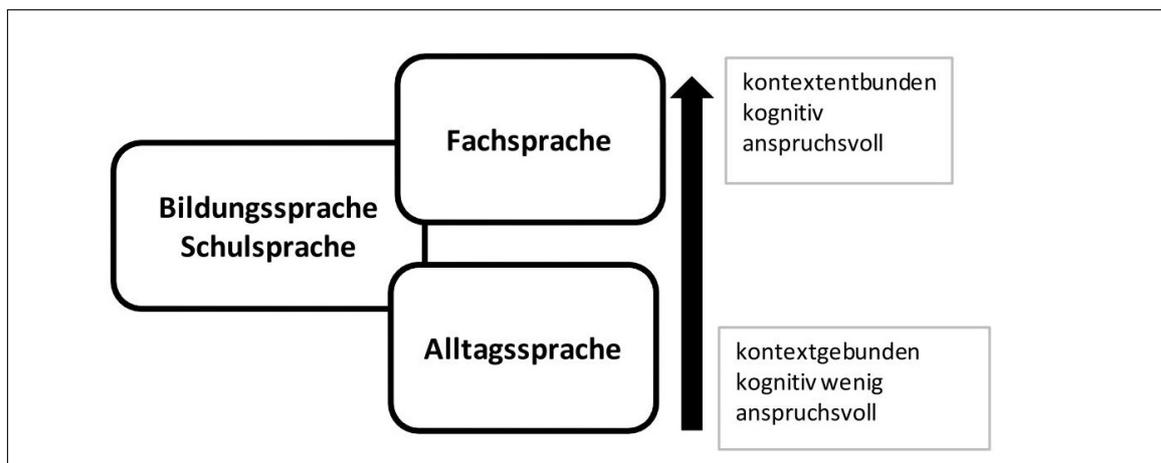


Abbildung 2.5: Relation *Alltagssprache*, *Bildungssprache* und *Fachsprache* (Pineker-Fischer, 2016, S. 70)

Mittel sind aufgrund der Komplexität und der Abstraktheit der darzustellenden Fachinhalte anspruchsvoller als die typischen sprachlichen Mittel der *Alltagssprache* (Uessler et al., 2013). Roelcke (2010) analysiert naturwissenschaftliche Texte und diskutiert charakteristische sprachliche Mittel der *Fachsprache* auf Wort- Satz- und Textebene. Tabelle 2.1 listet einige dieser sprachlichen Mittel auf. Auf der Wortebene sind oft Nominalisierungen, Komposita, umfangreiche Attribute sowie Präfix- und Partikelverben zu finden (Ahrenholz, 2013; Buhlmann & Fearn, 1991; Roelcke, 2010; Röhner & Hövelbrinks, 2013). Die Fachbegriffe sind hoch spezialisiert und können aus der *Alltagssprache* kommen oder neu erfunden sein (vgl. Buhlmann & Fearn, 1991; Roelcke, 2010). Auf der Satzebene sind u.a. Attributsätze, Relativsätze, Konditional- und Kausalsätze sowie Passiv- und Reflexivkonstruktionen charakteristisch (Buhlmann & Fearn, 1991; Roelcke, 2010). Auf der Textebene finden sich Textbaupläne (zum Beispiel Versuchsprotokolle oder Beurteilungen), komplexe Argumentationsketten und Erklärungen sowie nonverbale Elemente (zum Beispiel Tabellen, Bilder und Diagramme) (Buhlmann & Fearn, 1991; Roelcke, 2010).

Die charakteristischen sprachlichen Mittel der *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer erfüllen unterschiedliche Funktionen in der fachlichen Kommunikation. Aufbauend auf den deskriptiv beschriebenen Eigenschaften des Registers *Fachsprache*, wird im folgenden Kapitel seine bereits angedeutete Funktionalität in der fachlichen Kommunikation genauer diskutiert. Anschließend wird aufgezeigt, dass die Eigenschaften und die Funktionalität der *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer zu Verständnisschwierigkeiten bei Schülerinnen und Schülern führen und ihnen den Zugang zu den fachlichen Inhalten erschweren können. Abschließend werden mögliche sprachliche Lernziele für den Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer, insbesondere für den Physikunterricht, aufgestellt.

Tabelle 2.1: Charakteristiken naturwissenschaftlicher Texte (Härtig et al., 2015; in Anlehnung an Roelcke, 2010)

Ebene	Sprachliche Eigenschaften
Wortebene	Termini im Allgemeinen (Festgelegte Definitionen zu bestimmten Nomen) Komposita (Zusammensetzungen aus Substantiven, Adjektiven, Verben etc.) Konversion (Substantivierung, Benennung mittels Namen etc.) Bevorzugung der dritten Person Dominanz des Präsens Passiv- und Reflexivkonstruktionen Genetivformen
Satzebene	Konditional- und Finalsätze Relativsätze Attribuierungen Funktionsverbgefüge Präpositionalkonstruktionen Fachtextbausteine (z.B. typische Struktur eines Versuchsprotokolls) Typische Textbausteine (wie Verweise oder Fußnoten)
Textebene	Nonverbale Elemente (Zeichnungen, Schaubilder, Diagramme, Tabellen etc.) Frage-Antwort Konstruktionen Schlussverfahren (Argumentationslinien)

2.3 Zur Funktionalität der Sprache im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer

Scientific language is functional for construing special realms of scientific knowledge and beliefs.

(Fang, 2004, S. 337)

Im vorhergehenden Kapitel wurde dargestellt, dass sich die *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer unter anderem durch ihren Spezialisierungsgrad von Sprachen anderer Fächer und von der *Alltagssprache* unterscheidet. Die Eigenschaften der *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer sowie ihre Entwicklung sind an ihre besondere Funktionalität in den Naturwissenschaften gebunden (Fang, 2004). Naturwissenschaften bilden eine Kultur mit eigenen Überzeugungen, Theorien und Arbeitsweisen (Roth & Lawless, 2002). Halliday (1993) leitet her, dass die Naturwissenschaften und ihre Arbeitsweisen (u.a. Problemerkennung, Aufstellung von Hypothesen, Planung von Experimenten oder Analyse von Daten) eine typische *Fachsprache* hervorgebracht haben. Diese *Fachsprache* kann den Anforderungen der Naturwissenschaften gerecht werden, fachliche Erkenntnis und Wissen zu generieren sowie weiterzugeben. Die besondere Lexik, Syntax und Semantik dieser *Fachsprache* werden genutzt, physikalische Theorien zu entwickeln und empirisch abzusichern (vgl.

Halliday, 1993). Die Theorie einer funktionalen Entwicklung der *Fachsprache* wird ebenfalls aus der Perspektive der funktionalen Pragmatik unterstützt. Funktionale Pragmatik ist eine linguistische Theorie; sie beschäftigt sich mit den sprachlichen Strukturen von Sprache allgemein und den von ihr initiierten Handlungen (Redder, 2008). Sprachliche Strukturen und Handlungen entwickeln sich, um den gesellschaftlichen Anforderungen an Kommunikation gerecht zu werden; Übertragen auf den Kontext des Unterrichts in den naturwissenschaftlichen Fächern sowie der Wissenschaften im Allgemeinen würde dies für die im vorhergehenden Kapitel vorgestellten sprachlichen Mittel bedeuten, dass sie an ihre Funktion gebunden sind, zum Beispiel physikalische Inhalte angemessen darzustellen, weiterzugeben und diskutierbar zu machen (vgl. z.B. Ehlich, 2012). Die sprachlichen Mittel sind also durch die Domänenspezifität und die Anforderungen des Faches vorgegebene Mitteilungsstrukturen, die aus ihren Funktionen und den Zielen der fachlichen Kommunikation abgeleitet werden (Buhlmann & Fearn, 1991).

Roelcke (2010) analysiert verschiedene Funktionen von *Fachsprachen*. Als charakteristische Funktionen bezeichnet er Deutlichkeit, Verständlichkeit, Ökonomie, Anonymität und Identitätsstiftung (Roelcke, 2010). Unter Deutlichkeit versteht er einen „möglichst adäquaten Bezug zu den fachlichen Gegenständen und Sachverhalten sowie Abläufen und Verfahren“ (Roelcke, 2010, S. 25). Die Deutlichkeit wird durch eine fachliche Formalität („technicality“ Fang, 2004, S. 341) unterstützt. Der Bezug zu den fachlichen Gegenständen und Sachverhalten soll dabei für Rezipientinnen und Rezipienten angemessen hergestellt werden, was Roelcke (2010) unter Verständlichkeit zusammenfasst. Zur Beurteilung von Verständlichkeit müssen der fachliche sowie der sprachliche Kenntnisstand des Rezipienten berücksichtigt werden. Die Funktion, fachliche Sachverhalte und Zusammenhänge möglichst nachvollziehbar darzustellen, bezeichnet Feilke (2012) auch als *Explizieren*. Die Ökonomie der *Fachsprachen* bezieht sich auf das Verhältnis zwischen dem kommunikativen Aufwand und dem kommunikativen Ergebnis (Roelcke, 2010). Durch eine *Fachsprache* lässt sich eine bestimmte maximale fachliche Darstellung mit einem minimalen sprachlichen Aufwand erreichen (Roelcke, 2010). Maximale fachliche Darstellung wird auch als Verdichtung oder Informationsdichte („informational density“, Fang, 2004, S. 338) bezeichnet (Fang, 2004; Feilke, 2012). Die fachliche Darstellung erfolgt entkoppelt von der sprachlichen Kennzeichnung des Autors, was Roelcke (2010) als Anonymität bezeichnet. Dadurch kann der Bezug zu den fachlichen Gegenständen und Sachverhalten unmittelbar sowie unabhängig von den Einflüssen eines Autors hergestellt werden (Roelcke, 2010). Der Autor distanziert sich bewusst von seinem Text, um objektiv und präzise berichten zu können. Die Funktion der Anonymität wird vor diesem Hintergrund auch als Objektivität bezeichnet (u.a. Fang, 2004; Riebling, 2013). Als letzte funktionale Eigenschaft von *Fachsprache* nennt Roelcke (2010) Identitätsstiftung, die sich auf die Zugehörigkeit der *Fachsprache* zu einer bestimmten Personengruppe bezieht. *Fachsprachen* können also als Identifikationsmerkmal für Gruppen gesehen werden (Roelcke, 2010). Dieser Ausdruck der sozialen Zugehörigkeit wird auch als sozialsymbolische Funktion bezeichnet (Morek & Heller, 2012).

Die analysierten Funktionen werden von der *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer ebenfalls erfüllt (vgl. z.B. Feilke, 2012). Die Ausrichtung des Registers *Fachsprache* im naturwissenschaftlichen Unterricht auf Objektivität, Inhaltsdichte und Abstraktheit überträgt sich auf den Einsatz der typischen sprachlichen Mittel, die im vorhergehenden Kapitel vorgestellt wurden (Riebling, 2013). Das Register reflektiert die Änderungen im Erfahrungsraum und die Erkenntnismethoden des naturwissenschaftlichen Unterrichts (Riebling, 2013). Die sprachlichen Mittel sind

nicht auf einzelne Personen und ihre Handlungen ausgerichtet, sondern sollen durch Abstraktionen allgemeine Erkenntnisse und Gesetzmäßigkeiten darstellen (Riebling, 2013). Das folgende Zitat verdeutlicht die Funktion sprachlicher Mittel in der Darstellung von Gesetzmäßigkeiten anhand eines Textbeispiels in einem Schulbuch:

„Verändert sich in einer Spule das Magnetfeld, so wird an deren Enden eine Spannung induziert. Befindet sich die Spule in einem geschlossenen Stromkreis, so fließt ein Induktionsstrom. Das Magnetfeld in der Spule ändert sich zum Beispiel, wenn

- der Magnet oder die Spule bewegt werden
- der Magnet ein- oder ausgeschaltet wird.

Je schneller die Änderung erfolgt, umso größer ist die induzierte Spannung. Je mehr Windungen die Induktionsspule besitzt, umso größer ist die induzierte Spannung“ (Backhaus et al., 2010, S. 290).

In dem Textbeispiel können mehrere für den Physikunterricht charakteristische sprachliche Mittel (vgl. Tabelle 2.1) identifiziert werden. Um eine hohe Objektivität zu suggerieren, wird die Passivform eingesetzt. Passivsätze und Passiversatzformen gelten als eine unpersönliche und trägerabgewandte Form der Kommunikation (Riebling, 2013; Tajmel, 2013). Feilke (2012) schreibt dem Passiv darüber hinaus eine generische und verallgemeinernde Funktion zu. Damit sollen Zusammenhänge als allgemeingültig dargestellt werden. Eine ähnliche Funktion erfüllt die Zeitform Präsens, die eine räumliche und zeitliche Allgemeingültigkeit ausdrücken kann (Fang, 2006; Tajmel, 2013). Die Neigung zu Objektivierung wird durch Nominalisierungen unterstützt, die ebenfalls Satzinhalte thematisch komprimieren können (vgl. Painter et al., 2007). Nominalisierungen, hohe Nomendichte sowie Kollokationen tragen zur Deutlichkeit bei (Pineker-Fischer, 2016; Tajmel, 2013). Für die Deutlichkeit ist ebenfalls die Anwendung konditionaler und kausaler Satzmuster zentral (Pineker-Fischer, 2016; Riebling, 2013). Konditionale und kausale Satzmuster erlauben eine präzise und adäquate Darstellung fachlicher Zusammenhänge und Abhängigkeiten zwischen physikalischen Größen. Insbesondere können mit konditionalen Satzmustern funktionale Zusammenhänge zwischen unabhängigen und abhängigen Variablen aufgestellt werden. Somit ergibt sich eine enge Verknüpfung zwischen dem fachlichen und dem sprachlichen Handeln (vgl. z.B. Ricart Brede, 2017).

Um konditionale und kausale Zusammenhänge und Abhängigkeiten zwischen Größen herzustellen, werden in naturwissenschaftlichen Texten besonders oft Informationen aus einzelnen Sätzen durch logische Konnektoren, insbesondere konditionale (beispielsweise wenn, falls und im Falle) und kausale (beispielsweise weil, da, so... dass), verknüpft (vgl. Román et al., 2016). Im Vergleich zu sozialwissenschaftlichen Texten, ist die Frequenz der Konnektoren in naturwissenschaftlichen Texten höher (Román et al., 2016). Die Studie von Román et al. (2016) unterstreicht die Bedeutung von Konnektoren und Satzgefügen, die sich der Konnektoren als Informationsverknüpfung bedienen, für das Verständnis naturwissenschaftlicher Inhalte. Insbesondere in den Naturwissenschaften muss der Umgang mit Konnektoren, die Aufgrund ihres Beitrags zu Textkohäsion besonders häufig vorkommen, geübt werden (Román et al., 2016). Die Autoren nennen unter anderem die hohe Anzahl von Fakten, die in den Naturwissenschaften miteinander verknüpft werden müssen sowie die zahlreichen experimentellen Prozesse, Rechnungen und Modelle, die verständlich vermittelt werden sollen als Ursachen der vermehrten Verwendung von logischen Konnektoren, die gerade diese Funktionen in der naturwissenschaftlichen Kommunikation erfüllen. „[...] science writers use logical connectives to provide readers with a coherent way of connecting a high density of concepts presented in a limited

amount of text“ (Román et al., 2016, S. 11). Eine Funktion von logischen Konnektoren ist also ebenfalls eine starke Verdichtung von Informationen; dadurch wirkt ein Text im Allgemeinen elaborierter (Feilke, 2012; Ricart Brede, 2017).

Die exemplarische Betrachtung der Funktionalität konditionaler Satzmuster und Konnektoren im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer verdeutlicht einerseits, dass das Verstehen fachlicher Inhalte abhängig ist von dem Verständnis der für ihre Darstellung genutzten sprachlichen Mittel (vgl. z.B. Redder, 2012). Es ist also nicht verwunderlich, dass Bildungsteilhabe und Sprachkompetenz auch im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer eng zusammenhängen (u.a. Härtig et al., 2015; Rauch et al., 2016). Andererseits liefert die Betrachtung der Funktionalität der sprachlichen Mittel Hinweise für eine explizite und gezielte Spracharbeit im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer, die sowohl sprachliche als auch fachliche Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler fördern kann. Im folgenden Kapitel wird die *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer als Barriere für das Verstehen fachlicher Inhalte sowie mögliche sprachliche Lernziele für den Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer diskutiert.

2.4 Die Sprache im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer als Barriere und Ressource

In den vorhergehenden Kapiteln wurde die *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer in Abgrenzung unter anderem zur *Alltagssprache* dargestellt und ihre Funktionalität in der Darstellung und Vermittlung fachlicher Inhalte diskutiert. Die *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer unterscheidet sich insbesondere in ihrer Funktionalität sowie in der Art der Anwendung ihrer typischen sprachlichen Mittel von der *Alltagssprache*. Es muss also davon ausgegangen werden, dass das Register *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer sprachliche Mittel enthält, die aus dem Alltag oder aus anderen schulischen Kontexten nicht bekannt sind oder im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer in besonderer Weise genutzt werden (vgl. z.B. Benholz et al., 2015; Handt & Weis, 2015). Unter den im vorhergehenden Kapitel vorgestellten sprachlichen Mitteln können unter anderem komplexe Attribute (wesentlicher Träger neuer Informationen; werden im Alltag aber kaum verwendet) sowie Präfix- und Partikelverben (schwer anzueignen, insbesondere für Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund) als Beispiele für Schwierigkeiten im Umgang mit der *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer genannt werden (z.B. Hövelbrinks, 2014). Für Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund (Deutsch als Zweitsprache) diagnostiziert Ricart Brede (2017) Defizite insbesondere im Umgang mit logischen Konnektoren (siehe Kapitel 2.3). Die *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer stellt insbesondere Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund vor besonderen Herausforderungen (vgl. z.B. Berendes et al., 2013; Fürstenau & Gomolla, 2011). Neben fachlichen Leistungen werden im Fachunterricht also auch sehr spezifische sprachliche Leistungen gefordert (Feilke, 2012). Der Deutschunterricht kann zwar grundlegende bildungssprachliche Kompetenzen vermitteln, aber nicht auf die spezifischen sprachlichen Anforderungen der einzelnen Fächer vorbereiten (vgl. Feilke, 2012).

„[...] fachunterrichtlich anspruchsvolle kognitive Leistungen können von den SuS nur erbracht werden, wenn sie über die entsprechenden sprachlichen Mittel verfügen, um sich aktiv am unterrichtlichen Diskurs auf einer Anspruchsebene zu beteiligen, die für das Sachfach üblich ist“ (Thürmann, 2012, S. 142f.).

Die Analyse des Registers *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer und seiner Besonderheiten im Vergleich zur *Alltagssprache* und zur *Bildungssprache* erfüllt zweierlei Funktionen. Als Erstes wird deutlich, dass das Register *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer den Schülerinnen und Schülern keine einfache Möglichkeit bietet, an ihre Kompetenzen in der *Alltagssprache* anzuknüpfen (u.a. Pineker-Fischer, 2016; Riebling, 2013). Kompetenzen in der *Alltagssprache* und allgemeines Sprachverständnis reichen für eine Teilnahme an Kommunikations- und Lernprozessen im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer nicht aus (Fang, 2004; Yore et al., 2003). Ausgeprägte sprachliche Kompetenzen sind eine Voraussetzung, um an den vielfältigen Lernangeboten in der Schule teilnehmen zu können (vgl. z.B. Cummins, 2010; Gogolin et al., 2003; Redder & Weinert, 2013). Die *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer wird vor diesem Hintergrund als eine Barriere bezeichnet, die Schülerinnen und Schülern den Zugang zu allen fachlichen Inhalten erschweren kann (Lemke, 1993; Wellington & Osborne, 2001). Die Annahme, dass die *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer eine Verständnisbarriere sein kann, wird auch aus der empirischen Perspektive unterstützt. So sind der Lernerfolg und die Leistungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler in den naturwissenschaftlichen Fächern sowie in der Mathematik abhängig von ihrer sprachlichen Kompetenz (z.B. Heinze et al., 2007; Rudolph-Albert et al., 2009). Prediger et al. (2015) bezeichnen die Sprachkompetenz sogar als stärksten Einfluss auf die Mathematikleistung. Sichere Beherrschung der *Fachsprache* ist unabdingbar für den Erwerb entscheidender fachlicher Kompetenzen (vgl. z.B. Özcan, 2012). Eine Begründung hierfür findet Vollmer (2008) im Zusammenhang zwischen Sprache und Denken (siehe auch Kapitel 2.1):

„Aus der Abhängigkeit der Kognition und des Denkens von symbolischen Bezeichnungen und sprachlich geprägten Operationen folgt, dass die fachlich relevanten Arbeitsweisen zugleich sprachliche Handlungen sind, durch die diese Arbeitsschritte vollzogen werden. Es besteht also eine Simultanität zwischen dem Arbeitsschritt, der fachlich angemessen erscheint, und der Beherrschung und Verfügung über eine dementsprechende sprachliche Handlung“ (Vollmer, 2008, S. 61).

Fachsprache darf also nicht als Werkzeug angesehen werden, das Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht beherrschen und einfach nur anwenden müssen (vgl. Norris & Phillips, 2003). *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer muss vielmehr unabhängig von Jahrgangsstufe und Schulform gezielt gefördert werden, um Schülerinnen und Schülern den Zugang zu den fachlichen Inhalten zu ermöglichen und der Heterogenität sowie den Leistungsdifferenzen zu begegnen (vgl. z.B. Fang, 2006; Gogolin & Michel, 2010; Lemke, 1993; Wellington & Osborne, 2001). Vor dem Hintergrund des Ziels des Unterrichts in den naturwissenschaftlichen Fächern, Schülerinnen und Schüler zu kritischen Verbrauchern von Produkten moderner naturwissenschaftlicher Arbeit auszubilden (siehe Kapitel 2.1), kommt also nur eine Anpassung ihrer Fähigkeiten an fachsprachliche Anforderungen in Frage, was im Kontext des Umgangs mit Texten im Fachunterricht als „offensiv“ (Leisen, 2007, S. 11) bezeichnet wird. Der Ansatz, die Förderung sprachlicher Kompetenzen als einen entscheidenden Baustein in allen Schulfächern in die Lernprozesse zu integrieren,

wird als „durchgängige Sprachbildung“ (Gogolin & Michel, 2010, S. 373) bezeichnet. Gogolin und Lange (2011) betonen, dass eine Förderung der sprachlichen Kompetenz in der gesamten Bildungsbiographie von Kindern und Jugendlichen präsent sein muss und alle Beteiligten miteinander kooperieren sollen. Dabei wird die Kooperation der Beteiligten auf einer vertikalen und einer horizontalen Ebene unterschieden (Gogolin & Lange, 2011). Die Kooperation auf der vertikalen Ebene meint dabei eine gezielte Förderung der sprachlichen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern über alle Jahrgangsstufen hinweg (Gogolin & Lange, 2011). Die Kooperation auf der horizontalen Ebene fokussiert die Arbeit und den Austausch in und zwischen allen Fächern (Gogolin & Lange, 2011). Die Relevanz der Förderung der sprachlichen Kompetenz im Fachunterricht, beispielsweise im Physikunterricht, wird dadurch zusätzlich betont. Der Physikunterricht ist dabei verantwortlich für die Schulung für das Fach inhaltlich, thematisch und funktional (siehe Kapitel 2.3) bedeutsamer sprachlicher Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern. Gleichzeitig kann der Physikunterricht auf der horizontalen Ebene, etwa dem Deutschunterricht, beispielsweise fachtypische Textsorten und Fachkontexte zur Verfügung stellen, an denen die Förderung sprachlicher Fähigkeiten erfolgen kann (vgl. Gogolin et al., 2011; Thürmann, 2013).

Darüber hinaus kann die Analyse des Registers *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer Lehrerinnen und Lehrern Hinweise liefern, an welchen Stellen sprachliche Herausforderungen für ihre Schülerinnen und Schülern zustande kommen können. Sind die Charakteristiken der *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer und potentielle sprachliche Herausforderungen bekannt, können Lehrerinnen und Lehrer ihren Unterricht sprachbewusster ausrichten. Für die Aufstellung sprachlicher Lernziele kann eine Analyse fachtypischer sprachlicher Muster und ihrer Funktionen in der naturwissenschaftlichen Kommunikation, wie in den Kapiteln 2.2 und 2.3 dargestellt, genutzt werden. Um die in Kapitel 2.1 dargestellten Ziele für den naturwissenschaftlichen Unterricht zu erreichen, müssen Lehrerinnen und Lehrer sprachliche und fachliche Kompetenzen ihrer Schülerinnen und Schüler gleichermaßen fördern. Dabei ist es entscheidend, einzelne sprachliche Mittel und grammatikalische Phänomene nicht isoliert zu betrachten und einzuüben (z.B. Schleppegrell, 2001; Thürmann & Vollmer, 2013). Es ist nicht sinnvoll, die Förderung sprachlicher Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht durch einen vermehrten Gebrauch der sprachlichen Mittel ohne Anwendung in einem naturwissenschaftlichen Kontext durchzuführen (vgl. Thürmann & Vollmer, 2013). Eine von Fachinhalten unabhängige und isolierte Förderung führt zu keinen nennenswerten Erfolgen, weder beim Lernen fachlicher Inhalte und Arbeitsweisen noch bei der Anwendung sprachlicher Strukturen (vgl. z.B. Bangert-Drowns et al., 2004; Philipp, 2017). Vielmehr sollte die Vermittlung sprachlicher Mittel und grammatikalischer Phänomene im naturwissenschaftlichen Fachunterricht gebunden an ihre Funktionalität in der fachlichen Kommunikation erfolgen (vgl. u.a. Beese & Roll, 2015a; Boubakri et al., 2017; Schleppegrell, 2001). Das Sprachenlernen im naturwissenschaftlichen Fachunterricht soll inhaltsorientiert und eng verknüpft mit der Vermittlung von Fachinhalten erfolgen (Reich & Roth, 2002; Thürmann & Vollmer, 2013). „Literacy instruction in content-area classrooms must focus on the texts and literacies central to the discipline“ (Draper et al., 2015, S. 32). Die Auseinandersetzung mit den Fachinhalten beim Sprachenlernen kann damit dem fachlichen Lernen dienen (vgl. z.B. Reich & Roth, 2002; Thürmann & Vollmer, 2013). Ziel sollte es also sein, Schülerinnen und Schülern das Erlernen fach- und domänenspezifischer sprachlicher Mittel in Auseinandersetzung mit fachlichen Inhalten zu ermöglichen (Thürmann & Vollmer, 2013).

„We do not suggest that science teachers should function as language teachers, but rather as supporters of the language learning that occurs in a content-rich and discourse-rich classroom environment“ (Quinn et al., 2012, S. 1).

Die Förderung der Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im Umgang mit der *Fachsprache* im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer soll also inhaltsorientiert erfolgen und auf konzeptioneller Schriftlichkeit basieren (siehe auch Kapitel 2.2). Dabei werden einem von medialer Schriftlichkeit dominierten Unterricht mehrere Vorteile gegenüber einem von medialer Mündlichkeit (beispielsweise von Unterrichtsgesprächen) dominierten Unterricht attestiert. Zum einen sind Unterrichtsgespräche oft durch Alltagssprache und hohe Redeanteile der Lehrerinnen und Lehrer geprägt und bieten durch ihre konzeptionelle Mündlichkeit insbesondere leistungsschwachen Schülerinnen und Schülern keine Möglichkeit, ihre sprachlichen Kompetenzen weiterzuentwickeln (vgl. Ahrenholz, 2009; Chlosta & Schäfer, 2008; Riebling, 2013; Sumfleth & Pitton, 1998). Zum anderen bleiben in einem mündlichen Fachunterricht Schwierigkeiten und Verständnisprobleme bei fachlichen Inhalten sowie sprachliche Schwächen unentdeckt (vgl. z.B. Pineker-Fischer, 2016). Gegenüber einem Unterricht, der von Unterrichtsgesprächen dominiert wird, bietet ein auf medialer Schriftlichkeit basierender Unterricht Vorteile bezüglich des fachlichen und sprachlichen Lernens der Schülerinnen und Schüler. Im Gegensatz zur mündlichen Sprache wird das Schreiben als konsistenter und vollständiger bezeichnet (vgl. Emig, 1977). Typisch für geschriebene Sprache ist eine klare logische Gliederung und ein größerer Erkenntniswert (Aebli, 2011).

„Wo die mündliche Rede voll mit Wiederholungen, unscharf, häufig auch formal unkorrekt ist und wo in ihrer Niederschrift die logischen Beziehungen und die Akzente schlecht sichtbar werden, weil sie der Redner durch nicht-sprachliche Mittel signalisiert hat oder weil sie aus der gemeinsamen Handlungssituation hervorgegangen sind, da formuliert der Schreiber kürzer, präziser, formal korrekter. [...] Die klarere logische Gliederung geschriebener Texte hat zur Folge, dass ihr Erkenntniswert auch für den Verfasser größer ist, als wenn er die gleiche Sache nur mündlich vorträgt, und dass er sie besser behält. Darum gibt es kein besseres Mittel für den Erwachsenen wie für den Schüler, sich eine Sache klarzumachen, als sie schriftlich darzustellen.“ (Aebli, 2011, S. 157).

Insbesondere im Kontext der naturwissenschaftlichen Grundbildung werden dem Schreiben positive Einflüsse auf die Entwicklung der fachlichen und sprachlichen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern attestiert (Bangert-Drowns et al., 2004; Graham & Perin, 2007, vgl. z.B.). Es wird davon ausgegangen, dass insbesondere im „verlangsamenden Medium der Schrift“ (Beese & Roll, 2015a, S. 53) Schülerinnen und Schüler fachliche Inhalte ordnen und vernetzen sowie Zusammenhänge erkennen und generalisieren können (z.B. Beese & Roll, 2015a; Keys et al., 1999; Schmölzer-Eibinger & Thürmann, 2015).

„Das Schreiben ist Medium des Lernens, insofern es ein ausführliches „Benagen“ und „Begrübeln“ von Gedanken fördert, und es ist Gegenstand des Lernens, insofern es die „Entdeckung“ sprachlicher Mittel begünstigt, welche die Schaffung eines Sprachwerks, in diesem Fall: eines wissenschaftlichen Sprachwerks ermöglichen“ (Pohl & Steinhoff, 2010, S. 15), zitiert nach Hermanns, 1988, S. 71.

Naturwissenschaften als besonders schriftsprachlich geprägte Domänen verlangen für

Wissensaneignung und Informationstransfer ausgeprägte schriftsprachliche Kompetenzen (vgl. Norris & Phillips, 2003). Die besondere Stellung des rezeptiven und insbesondere produktiven Umgangs mit Texten in den Naturwissenschaften verdeutlichen Norris und Phillips (2003, S. 233) (vgl. auch Kapitel 2.1):

„[...] science would not be possible without text and without literacy in the fundamental sense. Science is in part constituted by texts and by our means of dealing with them. Without the expressive power and relative fixity of text; and without the comprehension, interpretive, analytical, and critical capacities we have developed for dealing with texts; then western science as we know it could never have come into being.“

Der Mehrwert eines Unterrichts, der das Schreiben als die formale Seite der Sprache fokussiert, wird aus der bildungspolitischen Perspektive vom Ministerium für Schule, Jugend und Kinder des Landes Nordrhein-Westfalen (1999) unterstrichen. Das folgende Zitat verdeutlicht die bildungspolitische Stellung des Schreibens im Fachunterricht und fasst die vorhergehenden Überlegungen der vorliegenden Arbeit zusammen.

„Der Unterricht sollte im Besonderen die Möglichkeiten und Bedingungen des schriftlichen Sprachgebrauchs nutzen und fördern, weil er besondere Leistungen ermöglicht und fördert:

- Die Schriftsprachlichkeit treibt die Imagination, das Denken und die Sprachentwicklung an.
- Schriftsprache zwingt dazu, Sachverhalte und Gedanken weitgehend zu entwickeln und auszuarbeiten. Schriftsprachliche Texte müssen mit all dem „versorgt“ sein, was nötig ist, damit sie von möglichen Leserinnen und Lesern situationsunabhängig verstanden werden können.
- Das schriftliche Formulieren erfordert die Verlangsamung der geistigen und sprachlichen Verfahren, verlangt viel Konzentration und das Verknüpfen von Elementen zu einem Zusammenhang.
- Schließlich spielen beim schriftlichen Verfassen von Texten sprachliche Angemessenheit und sprachliche Richtigkeit eine besondere Rolle, weil sie Prüfstein für logische Genauigkeit und gedankliche Präzision sind.“ (Ministerium für Schule, Jugend und Kinder des Landes Nordrhein-Westfalen, 1999, S. 10)

Vor diesem Hintergrund fokussiert die vorliegende Arbeit auf die Förderung fachlicher und sprachlicher Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer durch den gezielten Einsatz von Schreibaufträgen. Im folgenden Kapitel werden zunächst die Annahmen und Ergebnisse von Studien zum *Writing-to-Learn*-Ansatz vorgestellt.

2.5 Schreiben im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer – Writing to Learn

Writing puts language in chains; it freezes it, so that it becomes a thing to be reflected on.

(Halliday und Martin, 1993, S. 118)

Bereits in den 1960er und 1970er Jahren forderten Forscherinnen und Forscher sowie Bildungsbeauftragte Schreiben als einen wichtigen Bestandteil des Unterrichts aller Fächer zu integrieren (vgl. z.B. Martin, 1984). Fachliches Lernen sowie besseres und tieferes Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte werden als erwartete Resultate der Integration des Schreibens genannt (z.B. Applebee, 1984; Emig, 1977; Hand et al., 1999; Martin, 1984). Theoretische Annahmen über die genauen Funktionen des Schreibens in Lernprozessen, die Ursachen seiner positiven Wirkung auf die Förderung fachlicher und sprachlicher Kompetenzen sowie die Forschungsansätze zur Überprüfung der theoretischen Annahmen, wurden im Laufe der letzten Jahrzehnte angepasst und weiterentwickelt (Klein & Boscolo, 2016). Zunächst wurde für das Medium Text angenommen, dass automatisch kognitive Prozesse angestoßen werden, die für das Lernen notwendig sind und dass durch die Syntax und die Semantik der Sprache das Lernen gesteuert wird (Klein & Boscolo, 2016). Daraufhin rückten kognitive Modelle in den Mittelpunkt, die Lernprozesse beim Schreiben abhängig von Zielen und Strategien des Schreibers darstellten (Klein & Boscolo, 2016). Die kognitiven Modelle beschreiben das Schreiben eines Textes als einen zielorientierten Problemlöseprozess, bei dem die Eigenschaften des Schreibenden einen entscheidenden Einfluss haben (Flower & Hayes, 1981; Hayes, 2012). Nach Flower und Hayes (1981) bearbeiten Schreibende eine Schreibaufgabe indem sie einen Plan in Wechselwirkung mit ihrem Langzeitgedächtnis entwickeln. Im Langzeitgedächtnis ist das Wissen über das gegebene Thema und über die Adressaten gespeichert (Flower & Hayes, 1981). Das Wissen wird strukturiert und aufgeschrieben, sodass der Text mehrmals gelesen und überarbeitet werden kann (Flower & Hayes, 1981). Abbildung 2.6 (Flower & Hayes, 1981, S. 370) stellt die Struktur eines Schreibprozesses dar.

Den unterschiedlichen theoretischen Annahmen über die Funktionen des Schreibens in Lernprozessen entsprechend, wurden unterschiedliche Ansätze entwickelt, um die Effektivität von *Writing-to-Learn*-Methoden zu überprüfen (Klein & Boscolo, 2016). Neben einzelnen Studien zur Überprüfung der positiven Effekte des Schreibens auf das Lernen (z.B. Chen et al., 2013; Gunel et al., 2009; Hand, Hohenshell et al., 2004; Hand, Wallace et al., 2004; Jang & Hand, 2017), untersuchen Meta-Studien darüber hinaus den Einfluss einzelner personen- und umweltbezogener Merkmale auf den sprachlichen und fachlichen Lernzuwachs der Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer (z.B. Bangert-Drowns et al., 2004; Graham & Perin, 2007). Bangert-Drowns et al. (2004) finden in 75 Prozent der analysierten Studien einen positiven Effekt der *Writing-to-Learn*-Methode auf den Bildungserfolg. Die Effekte sind überwiegend klein, aber signifikant (Cohen's $d = 0.17$). Zusätzlich wird der Einfluss unterschiedlicher Kontrollvariablen auf die Ergebnisse überprüft. Die Jahrgangsstufe der Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer, die Länge der Intervention und eingebaute Phasen, in denen die Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer Gelegenheit bekommen, ihr Verständnis zu reflektieren, haben einen großen Effekt auf die Ergebnisse der Studien. Längere Intervention und Reflexionsphasen während des Schreibprozesses haben einen großen, positiven Effekt auf die fachlichen

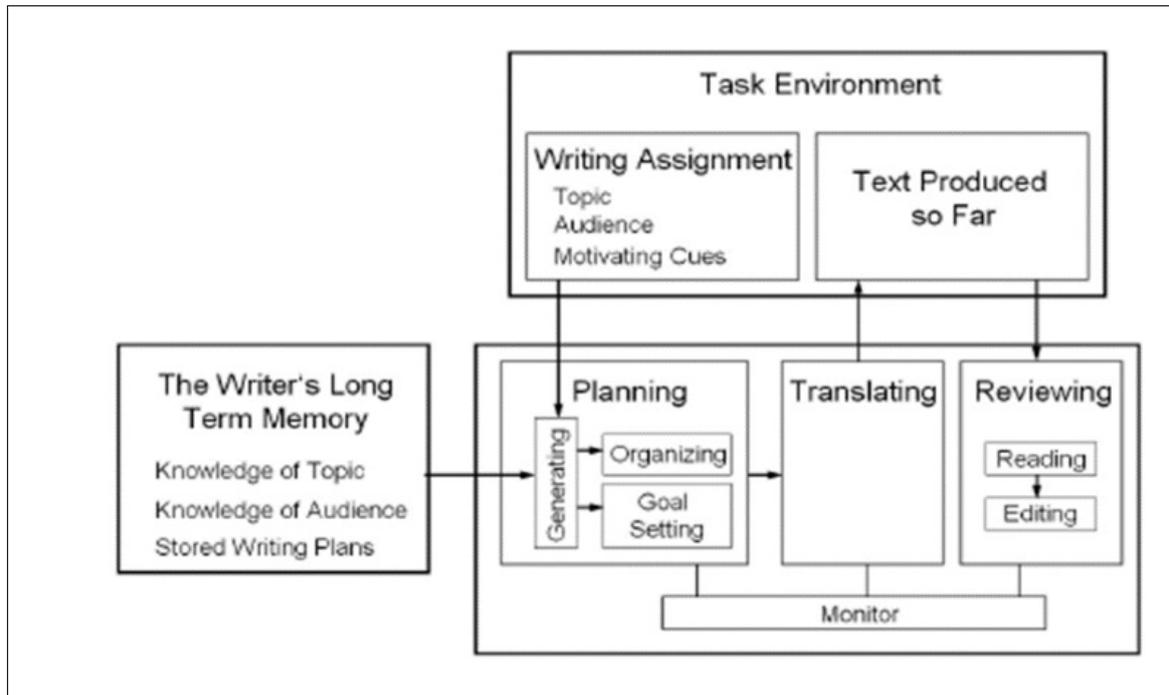


Abbildung 2.6: Die Struktur eines Schreibprozesses (Flower & Hayes, 1981, S. 370)

und sprachlichen Kompetenzen der Studentenehmerinnen und Studentenehmer, während Thema und Interventionssetting keinen Einfluss oder in den Jahrgangsstufen sechs, sieben und acht sogar einen negativen Einfluss auf die Ergebnisse haben. Graham und Perin (2007) erweitern diese Meta-Analyse um weitere Studien, in denen zusätzliche Einflüsse auf die Qualität der von Studentenehmerinnen und Studentenehmer angefertigten Schreibprodukte untersucht werden. Unter anderem wird der moderate, positive Einfluss der Beteiligung von Lehrerinnen und Lehrern an Schreibinterventionen hervorgehoben (Graham & Perin, 2007). Hervorgehoben werden die negativen Ergebnisse in Bezug auf die fachlichen und sprachlichen Kompetenzen der Studentenehmerinnen und Studentenehmer in Studien, in denen nur von Fachinhalten abgekoppelte Grammatikübungen durchgeführt werden. Aufgrund ihrer Analysen stellen sie Empfehlungen für zukünftige Lernumgebungen auf, die auf der *Writing-to-Learn*-Methode aufbauen sollen. Unter anderen wird für Schreibinterventionen vorgeschlagen, Ziele für die Schreibprodukte aufzustellen, die Schülerinnen und Schüler komplexe Sätze aufarbeiten zu lassen, adäquate Schreibmodelle einzuführen sowie Lehrerinnen und Lehrer für die Implementierung authentischer Schreibaufgaben auszubilden (Graham & Perin, 2007). Dabei ist es wichtig zu beachten, dass die Einstellung der Schülerinnen und Schüler zum Schreiben im Fachunterricht, ihr Empfinden der Sinnhaftigkeit und der Funktionen des Schreibens sowie ihr Vorwissen entscheidende Einflussfaktoren auf den Lernerfolg sein können (Butterfield et al., 1996; Gunel et al., 2007; Nieswandt, 1997). Bergeler (2009) weist darauf hin, dass Schülerinnen und Schüler Schreibaktivitäten anstrengend finden und insbesondere Schüler wenig motiviert sind, an Schreibaktivitäten teilzunehmen. Die Einstellung der Schülerinnen und Schülern im Allgemeinen sowie ihre Motivation muss also bei der Planung und bei der Durchführung schreiborientierter Interventionen berücksichtigt werden.

In einzelnen Studien zur Überprüfung der Effektivität von *Writing-to-Learn*-Methoden können die Effekte auf den fachlichen Lernzuwachs genauer analysiert werden. Im Allgemeinen werden positive Effekte von *Writing-to-Learn*-Methoden auf das Fachwissen und auf das konzeptuelle Verständnis von Inhalten in den untersuchten Fächern berichtet (u.a. Hand, Hohenshell et al., 2004; Hohenshell & Hand, 2006; Mason & Boscolo, 2000; Rivard & Straw, 2000). Hohenshell und Hand (2006) berichten einen positiven Effekt der *Writing-to-Learn*-Methode auf das konzeptuelle Verständnis der in ihrer Studie behandelten Inhalte in Zellbiologie. In der Studie von Hand, Wallace et al. (2004) schneiden die Schülerinnen und Schüler, die an einer *Writing-to-Learn*-Intervention teilgenommen haben, in einem Wissenstest mit Fragen zum konzeptionellen Verständnis von Inhalten aus der Biologie besser ab als ihre Peers in der Kontrollgruppe. Darüber hinaus zeigen die Schülerinnen und Schüler aus der Interventionsgruppe ein tieferes Verständnis von wissenschaftlichen Untersuchungen sowie von kognitiven und meta-kognitiven Prozessen, die dabei stattfinden. Rivard und Straw (2000) zeigen, dass das Schreiben ein wichtiges Werkzeug ist, rudimentäres Wissen in ein Wissen zu transformieren, das kohärent und strukturiert ist. Einen positiven Einfluss der *Writing-to-Learn*-Methode auf das Fachwissen von Schülerinnen und Schülern konnten ebenfalls Mason und Boscolo (2000) in ihrer Studie feststellen.

Das Schreiben im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer zeigt also zwei wesentliche Stärken. Zum einen können *Writing-to-Learn*-Methoden konzeptuelles Verständnis von Schülerinnen und Schülern fördern, sie bei dem Erwerb von Fachwissen sowie bei der Entwicklung eigener Lernstrategien unterstützen und ermöglichen damit ein fachliches Lernen an fachrelevanten Kontexten. Dabei ist es entscheidend, dass das Schreiben tiefere und komplexere kognitive Prozesse auslöst. Pohl und Steinhoff (2010) nennen als medial-bedingte Faktoren unter anderem umfangreiche Planungsprozesse und die Nutzung externer Wissensspeicher, Möglichkeit zur Überarbeitung sowie Reflexionspotential. Als konzeptionell-bedingte Faktoren nennen sie unter anderem den Zwang zur Verbalisierung und zur Entfaltung von Wissen sowie das Antizipieren von Leserbedürfnissen. Zum anderen bieten sich für das Schreiben im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer inhaltlich motivierte und authentische Schreibanlässe, die beispielsweise im Sprachunterricht nicht leicht integriert werden könnten (vgl. z.B. Bachmann & Becker-Mrotzek, 2010; Bachmann & Feilke, 2014). Um unter anderem mangelnde Motivation bei Schülerinnen und Schülern zu verhindern, sollten Schreibanlässe im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer entsprechend situiert und profiliert werden (Bachmann & Becker-Mrotzek, 2010). Um sinnvolle und lernförderliche Schreibprozesse anzuregen, sollten Schreibanlässe unter anderem eine erkennbare Funktion erfüllen, das kommunikative Problem deutlich machen, im Kontext sozialen Austauschs angesiedelt sein und eine Möglichkeit bieten, die Wirkung auf die Leser überprüfen zu können (Bachmann & Becker-Mrotzek, 2010, S. 195).

2.6 Unterrichtswirklichkeit, Forschungs- und Entwicklungsdesiderate

In den vorhergehenden Kapiteln wurde dargestellt, dass sowohl aus der bildungspolitischen als auch aus einer inhaltlich-pragmatischen Perspektive betrachtet, die Notwendigkeit besteht, explizite Spracharbeit in den Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer

zu integrieren. Funktionale, mit Fachinhalten verknüpfte Vermittlung von sprachlichen Mitteln durch sinnvoll situierte und profilierte Schreibaufträge fördert sowohl sprachliche als auch fachliche Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern. Im folgenden Kapitel wird der Stand fachgebundener Sprachförderung im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer sowie in der Unterrichtsforschung untersucht.

Im Allgemeinen empfinden Lehrerinnen und Lehrer Sprachbildung und Förderung sprachlicher Kompetenzen ihrer Schülerinnen und Schüler als wichtig (z.B. Wilmanns et al., 2015). Bei Studierenden sowie Referendarinnen und Referendaren stellen Nitz et al. (2011) allerdings eine leichte Ablehnung zur Vermittlung der *Fachsprache* als einem Ziel des Unterrichts der naturwissenschaftlichen Fächer fest. In der von Becker-Mrotzek et al. (2012) durchgeführten Umfrage, an der insgesamt 512 Lehrerinnen und Lehrer aus 394 allgemeinbildenden Schulen teilgenommen haben, sprechen sich 96% der befragten Lehrerinnen und Lehrer für eine Sprachförderung aus, wobei sich 91% der Lehrerinnen und Lehrer eine systematische, über alle Altersstufen hinweg angelegte Sprachförderung wünschen. 82% der befragten Lehrerinnen und Lehrer halten Sprachförderung im Unterricht aller Fächer für sinnvoll. Trotzdem wird Sprachbildung eher selten in den Fachunterricht integriert (Becker-Mrotzek et al., 2012; Fisher & Ivey, 2005). Lehrerinnen und Lehrer ermöglichen ihren Schülerinnen und Schülern nur wenig Gelegenheit, ihre sprachlichen Kompetenzen zu entwickeln oder an *Writing-to-Learn*-Aktivitäten teilzunehmen (u.a. Beyer & Davis, 2008; Schmölzer-Eibinger & Langer, 2010; Thürmann, 2012). Insbesondere das Schreiben wird auf instrumentelle oder pragmatische Texte beschränkt (u.a. Nieswandt, 2015; Thürmann, 2012). Schreiben wird oft nur für das Übertragen von Tafelbildern oder Ergebnissicherung genutzt (Thürmann, 2012). Zusätzliche Schreibaktivitäten, beispielsweise das Erstellen von Versuchsprotokollen, führen im naturwissenschaftlichen Fachunterricht oft zu Motivationsverlusten (Parchmann & Bernholt, 2013). Versuchsprotokolle im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer sind für Lehrerinnen und Lehrer sowie Schülerinnen und Schüler mit zusätzlichem Zeitaufwand und mangelnder Beliebtheit verbunden (Kraus & Stehlik, 2008). Schülerinnen und Schüler produzieren konzeptionell mündliche Texte und sind dadurch nicht ausreichend auf schriftliche Leistungssituationen vorbereitet (Pineker-Fischer, 2016). Erstellte Versuchsprotokolle sind nicht nachvollziehbar und oft fachlich falsch (vgl. z.B. Moll, 2003; Witteck & Eilks, 2004). Vor diesem Hintergrund sind zusätzliche Schreibaktivitäten, wie zum Beispiel in der Intervention der vorliegenden Studie integriert, notwendig und sinnvoll. Dabei muss den Motivationsverlusten der Schülerinnen und Schüler vorbeugt werden (siehe auch Kapitel 2.5).

Für die nur in Ansätzen umgesetzte Berücksichtigung der Sprache im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer findet die Literatur häufig Begründung in der Einstellung der Fachlehrerinnen und Fachlehrer zum Thema Spracharbeit sowie in der mangelnden Ausrichtung und Lernzielvorgaben der Begleitmaterialien und Bücher (u.a. Beese & Benholz, 2013; Buhlmann & Fearn, 1991; O'Brien et al., 1995; Wellington & Osborne, 2001). Traditionell kümmern sich Fachlehrerinnen und Fachlehrer nicht um Textarbeit und halten sich nicht verantwortlich dafür, Sprachbildung in ihren Unterricht zu integrieren (O'Brien et al., 1995; Wellington & Osborne, 2001). Darüber hinaus werden Lehrerinnen und Lehrer nicht bei der Umsetzung sprachexpliziten Fachunterrichts von verfügbaren Büchern unterstützt (Draper et al., 2015). Weiterhin fehlen Materialien und Übungsaufgaben, die Spracharbeit auf Wort-, Satz- und Textebene mit fachlichen Inhalten verknüpfen (Beese & Benholz, 2013). Bereits Buhlmann und Fearn (1991) fassen die ungünstige „Situation des Lehrers“ (S. 8) zusammen. Unter anderem wird bemängelt,

dass die Lehrkraft „meist kein Fachmann auf dem Gebiet, dessen Sprache er gerade vermitteln soll“ (Buhlmann & Fearn, 1991, S. 9) ist oder „einen Fachsprachenkurs geben muß, für den es kein, nicht ausreichendes oder nicht befriedigendes Material gibt“ (Buhlmann & Fearn, 1991, S. 9). Dies wird auch in der Umfrage von Becker-Mrotzek et al. (2012) bestätigt. Diejenigen Lehrerinnen und Lehrer, die keine Sprachförderung in ihrem Fachunterricht durchführen (61% aller befragten Lehrerinnen und Lehrer), geben das Fehlen einer sprachlichen Dimension in ihrer fachlichen Ausbildung, fehlende Unterstützung, beispielsweise durch sprachdidaktisch aufbereitete Unterrichtsmaterialien, zusätzliche Zeitbelastung bei der Vorbereitung und Durchführung sprachexpliziten Unterrichts sowie die Befürchtung, Unterrichtszeit für fachliche Lernziele einzubüßen als Gründe für die mangelnde Umsetzung von sprachbildenden Maßnahmen an.

Das Fehlen empirisch überprüfter und abgesicherter Unterrichtskonzepte sowie didaktischer Modelle für sprachexplizites Lernen im Fachunterricht wird ebenfalls bemängelt (Beese & Roll, 2015b). Ahrenholz (2010) betrachtet das Feld des sprachexpliziten Fachunterrichts als offen für Forschung und Materialentwicklung. Zusätzlich werden weitere empirische Studien über sprachexpliziten Fachunterricht gefordert (Beese & Benholz, 2013). Darüber hinaus wird die limitierte Anzahl von Studien, die das Schreiben im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer fokussieren, kritisiert (Gillespie, 2014). Insbesondere für das Fach Physik finden sich nur wenige Studien zu *Writing-to-Learn*-Methoden (Bergeler, 2009). Die bereits vorhandenen Ergebnisse sollen reproduziert und überprüft werden (Bangert-Drowns et al., 2004). Zusätzlich sollen differenzielle Effekte von *Writing-to-Learn*-Interventionen, beispielsweise auf Randgruppen, untersucht werden (Rivard, 2004).

Wie im Kapitel 1 dargestellt, versucht die empirische Begleitstudie im Projekt *Sprachbildung im Physikunterricht*, einen Ansatz für die Schließung der oben beschriebenen Lücken in der Materialentwicklung für die naturwissenschaftlichen Fächer Physik, Chemie und Biologie vorzustellen sowie einen Beitrag zur empirischen Forschung im Bereich des sprachexpliziten Unterrichts zu liefern. Ziel ist es, ein Unterrichtskonzept basierend auf bereits durchgeführten Studien und theoretischen Überlegungen der Fachdidaktiken, der Lehr-Lern-Psychologie und der Linguistik zur integrierten Förderung fachlicher und sprachlicher Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern zu entwickeln und empirisch zu überprüfen. Das Unterrichtskonzept für die Physik nutzt die Eigenschaften von funktionalen sprachlichen Mitteln (siehe Kapitel 2.3 und verknüpft das fachliche Lernen mit dem sprachlichen Handeln. Die Entwicklung des Unterrichtskonzepts und die methodischen Überlegungen zur empirischen Überprüfung werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

2.7 Sprachförderung im Physikunterricht – ein Unterrichtskonzept basierend auf dem Prinzip der unterrichtsökonomischen Schwerpunktsetzung

„Entsprechend groß ist der Wunsch nach Unterstützung bei der praktischen Arbeit – sei es durch speziell qualifizierte Kräfte (48%) oder geeignete Materialien (46%). Der pragmatische Wunsch nach „schnell“ verfügbaren sprachfördernden Methoden und Materialien für den unterrichtlichen

Gebrauch ist verständlich und wird beispielsweise durch die Schulbuchverlage mannigfaltig bedient. Die Anwendung birgt jedoch die Gefahr, dass durch den Fokus auf einzelne Unterrichtsstunden und -reihen der Blick für eine systematische und koordinierte durchgängige Sprachförderung verloren geht“ (Thürmann et al., 2017, Daten zitiert nach Becker-Mrotzek et al., 2012)

Im Hinblick auf die hier dargestellte Gefahr, von Fachinhalten entkoppelte, unsystematische und punktuelle Sprachförderung gelegentlich in den Fachunterricht einzubauen, war ein zentrales Ziel des Projekts *Sprachbildung im Physikunterricht*, in Kooperation mit teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrern ein Unterrichtskonzept zu entwickeln, das ausgehend von den zu vermittelnden fachlichen Inhalten und Kompetenzen ein zugrundeliegendes, funktionales sprachliches Mittel identifiziert und dieses systematisch fördert. Damit soll der Vorgabe entsprochen werden, fachliche Progression im Unterricht durch explizite Spracharbeit nicht zu gefährden (Thürmann et al., 2017). Zusätzlich sollen mit einem fachzielorientierten Zugang eine größtmögliche ökologische Validität sowie eine Flexibilität in der Wahl des zeitlichen Umfangs der aus dem Unterrichtskonzept resultierenden Unterrichtseinheit. Einen solchen Zugang zur Planung sprachexpliziten Unterrichts nennen Thürmann et al. (2017) „das Prinzip der unterrichtsökonomischen Schwerpunktsetzung“ (S. 50).

In Anlehnung an Thürmann et al. (2017) sowie Vollmer und Thürmann (2013) stellt Abbildung 2.7 das Vorgehen bei der Entwicklung einer dem Unterrichtskonzept und der Vorgabe, explizite Spracharbeit nur gebunden an die Funktionen der Sprache für die Vermittlung von Fachinhalten durchzuführen, entsprechende Unterrichtseinheit dar. Ausgangspunkt für die Entwicklung einer Unterrichtseinheit sind die zu vermittelnden fachlichen Inhalte und Kompetenzen. Die Unterrichtsplanung, beispielsweise die Festsetzung der Fachmethoden auf der Tiefenstrukturebene oder auf der Oberflächenstrukturebene, wird dem Erreichen der festgesetzten fachlichen Lernziele untergeordnet. Die für die Förderung identifizierten sprachlichen Mittel erfüllen eine bestimmte Funktion und sind dann an typische Sprachverwendung in authentischen fachlichen Situationen gebunden (Vollmer & Thürmann, 2013). Somit hat die explizite Spracharbeit auch für die Schülerinnen und Schüler eine „glaubhaft dienende Funktion“ (Thürmann et al., 2017, S. 50).

Auf der „Ebene der sprachlichen Mittel“ (Thürmann et al., 2017, S. 52) wird also durch eine Analyse der sprachlichen Anforderungen der zu vermittelnden Fachinhalte ein bestimmtes, funktionales sprachliches Mittel festgesetzt und im Laufe der Unterrichtseinheit eingeführt und systematisch gefördert. Die Einführung, Einübung und Anwendung des sprachlichen Mittels erfolgt verknüpft mit den Fachinhalten und wird durch Scaffolding unterstützt (vgl. Thürmann et al., 2017). Als Scaffolding wird im Kontext der expliziten Sprachbildung ein sprachliches Unterstützungssystem bezeichnet, das Schülerinnen und Schüler bei ihrer Kompetenzentwicklung fördern soll. Die Theorie des Scaffolding basiert auf der Theorie der Zone der proximalen Entwicklung von Vygotskij (1981). Vygotskij (1981) argumentiert, dass Lernen und Kompetenzentwicklung erst dann zuverlässig erfolgen können, wenn Schülerinnen und Schüler vor einer Aufgabe oder Anforderung gestellt werden, die sich außerhalb ihrer aktuellen Kompetenz befinden. Eine solche Aufgabe oder Anforderung darf dabei nicht zu leicht oder zu schwer für die Schülerinnen und Schüler sein, um eine Unterforderung oder Überforderung zu vermeiden (vgl. Vygotskij, 1981). Scaffolding unterstützt die Schülerinnen und Schüler, ihr Wissen und Kompetenzen auf neue Aufgaben und Kontexte zu übertragen und sich dabei weiterzuentwickeln (Hammond & Gibbons, 2005). Dabei werden

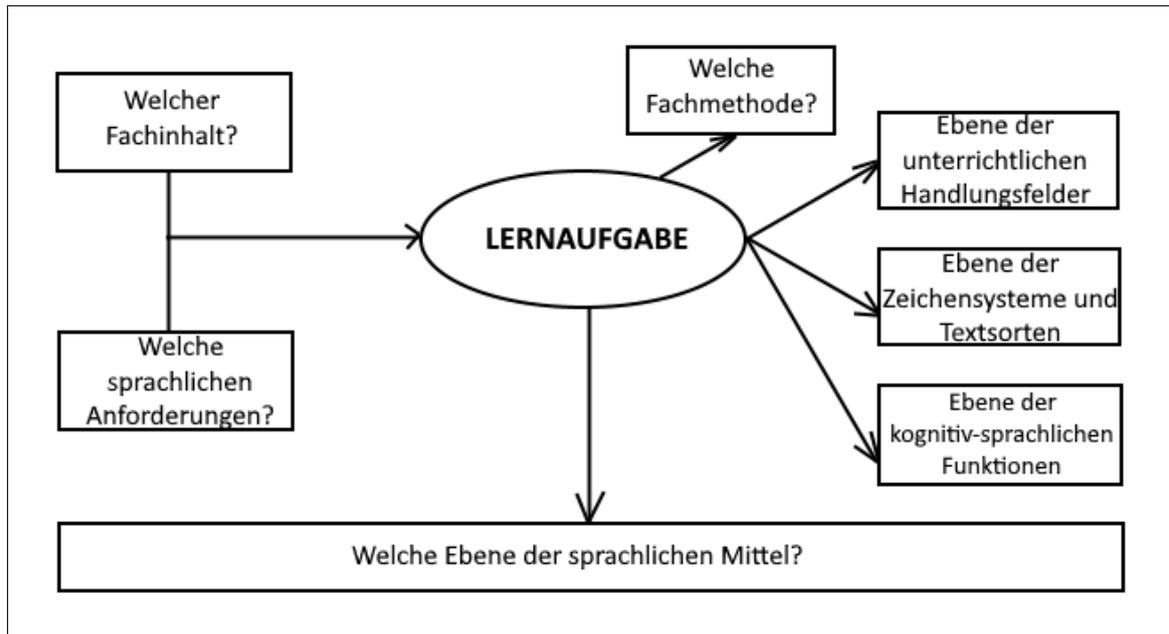


Abbildung 2.7: Das Prinzip der unterrichtsökonomischen Schwerpunktsetzung (in Anlehnung an Thürmann et al., 2017, S. 51)

Makro- (beispielsweise Bedarfsanalysen, Lernstandserfassung oder Unterrichtsplanung) und Mikro-Scaffolding (beispielsweise einzelne Unterrichtsinteraktionen zwischen der Lehrkraft und den Schülerinnen und Schülern) unterschieden (vgl. Hammond & Gibbons, 2005; Kniffka, 2010).

Die „Ebene der kognitiv-sprachlichen Funktionen“ (S. 51) und die „Ebene der Zeichensysteme und Textsorten“ (S. 51) ergeben sich bei der weiteren Konkretisierung des Unterrichtsvorhabens (Thürmann et al., 2017, S. 51). Auf der Ebene der Zeichensysteme und Textsorten können beispielsweise Messwerttabellen als einfache Textsorte oder Versuchsprotokolle eingeführt werden. Auf der Ebene der kognitiv-sprachlichen Handlungen können beispielsweise Beschreibungen bei Beobachtungen in Experimenten eingeführt werden. Andere kognitiv-sprachliche Handlungen können unter anderem benennen/definieren, erklären/erläutern, argumentieren/positionieren und urteilen/bewerten sein (vgl. Thürmann et al., 2017; Vollmer & Thürmann, 2013). Ein Beispiel für eine auf dem Prinzip der unterrichtsökonomischen Schwerpunktsetzung entwickelten Unterrichtseinheit ist im Kapitel 4.2 (siehe S. 42) dargestellt.

In der Entwicklungskooperation mit den teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrern im Projekt Sprachbildung im Physikunterricht wurde also ein Unterrichtskonzept entwickelt, das ein funktionales sprachliches Mittel innerhalb eines fachlichen Kontexts einführt und systematisch fördert. Das Unterrichtskonzept wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit empirisch überprüft. Die Forschungsfragen, das Design der Studie und die Methoden für die empirische Überprüfung werden in den folgenden Kapiteln vorgestellt.

3 Forschungsfragen und Hypothesen

Im folgenden Kapitel werden die aus dem theoretischen Hintergrund (Kapitel 2) und aus den Zielen des Projektes *Sprachbildung im Physikunterricht* abgeleiteten Forschungsfragen und Hypothesen vorgestellt.

3.1 Forschungsfragen und Hypothesen

Ein zentrales Ziel des Projektes *Sprachbildung im Physikunterricht* war es, in Zusammenarbeit mit Lehrerinnen und Lehrern ein Unterrichtskonzept zu entwickeln, das sprachliches Handeln im Umgang mit einem funktionalen sprachlichen Mittel (siehe z.B. Kapitel 2.3 und Kapitel 2.7) zielführend mit dem fachlichen Lernen verknüpft. Wie in der Literatur gefordert (siehe Kapitel 2.6), soll das entwickelte Unterrichtskonzept in der vorliegenden Arbeit empirisch überprüft werden. In der empirischen Überprüfung soll zunächst festgestellt werden, in welchem Umfang der Umgang mit einem funktionalen sprachlichen Mittel innerhalb einer Intervention geschult werden kann. Zusätzlich soll überprüft werden, ob aufgrund der funktionalen Verknüpfung des sprachlichen Mittels mit den zu vermittelnden Fachinhalten die fachlichen Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern ebenfalls geschult werden können. Damit soll festgestellt werden, inwiefern die Befürchtung von Lehrerinnen und Lehrern, durch explizite Spracharbeit im Fachunterricht fachliche Lernziele zu vernachlässigen (siehe z.B. Kapitel 2.6 und 2.7), gerechtfertigt ist.

Aufgrund des vorgegebenen Projektrahmens und der Projektziele (vgl. dazu z.B. Kapitel 1), die unter anderem zu gemeinsamen Absprachen bezüglich der sprachlichen (Umgang mit konditionalen Satzmustern) und fachlichen (Themenbereich Elektrizitätslehre) Inhalte der vorliegenden Arbeit geführt haben, können die Forschungsfragen an dieser Stelle konkretisiert werden.

Forschungsfrage 1: In welchem Umfang lässt sich durch die im Rahmen des Promotionsprojektes entwickelte Intervention die Fähigkeit von Schülerinnen und Schüler schulen, konditionale Satzmuster anzuwenden?

Hypothese 1a: Die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler, konditionale Satzmuster anzuwenden, steigt in der Interventionsgruppe und in der Kontrollgruppe.

Eine Steigerung der Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler in beiden Gruppen, konditionale Satzmuster anzuwenden, wird aufgrund der Interventionsinhalte angenommen. Von Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe wird ebenfalls

erwartet, fachliche Zusammenhänge und experimentelle Ergebnisse (nicht angeleitet) aufzuschreiben.

Hypothese 1b: Der Anstieg der Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler, konditionale Satzmuster anzuwenden, ist in der Interventionsgruppe signifikant höher.

Forschungsfrage 2 wird analog zur ersten Forschungsfrage formuliert und fokussiert dabei das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler in der Elektrizitätslehre der entwickelten Unterrichtseinheit.

Forschungsfrage 2: In welchem Umfang steigt im Rahmen der Intervention das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler in der Elektrizitätslehre der entwickelten Unterrichtseinheit?

Hypothese 2a: Das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler in der Elektrizitätslehre in der Unterrichtseinheit steigt sowohl in der Interventionsgruppe als auch in der Kontrollgruppe.

Hypothese 2b: Der Zuwachs des Fachwissens der Schülerinnen und Schüler in der Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit ist in der Interventionsgruppe signifikant höher als in der Kontrollgruppe.

Hypothese 2c: Der Zuwachs des Fachwissens der Schülerinnen und Schüler in der Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit korreliert positiv und signifikant mit ihrer Fähigkeit, konditionale Satzmuster anzuwenden.

In Interventionen, die sprachliche Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern schulen, lernen Randgruppen von Schülerinnen und Schülern, insbesondere Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund, oft weniger als ihre Peers (vgl. Kapitel 2). Mit der dritten Forschungsfrage sollen vor diesem Hintergrund differentielle Effekte der Intervention auf die fachlichen und sprachlichen Fähigkeiten im Umgang mit einem funktionalen sprachlichen Mittel überprüft werden. Dabei wird insbesondere der Migrationshintergrund der Schülerinnen und Schüler fokussiert.

Forschungsfrage 3: Inwiefern lassen sich differenzielle Interventionseffekte auf die sprachlichen (Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern) und fachlichen Fähigkeiten (Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit) von Schülerinnen und Schüler feststellen?

Hierbei werden keine gerichteten Hypothesen aufgestellt, da Gruppenunterschiede in beide Richtungen denkbar wären. So könnten Schülerinnen und Schüler von der Intervention besonders gut profitieren, wenn sie Zuwächse ihrer sprachlichen Fähigkeiten zeigen, die ihnen ermöglichen, auch ihr Fachwissen schneller auszubauen. Andererseits

wäre aber auch denkbar, dass gerade ihre sprachlichen Defizite zu Beginn der Intervention eine Entwicklung ihrer fachlichen Fähigkeiten verlangsamen.

4 Design und Methoden

Im folgenden Kapitel wird der empirische Teil des Projektes *Sprachbildung im Physikunterricht* vorgestellt. Dabei wird zunächst die gemeinsame Entwicklungsarbeit mit den am Projekt teilgenommenen Lehrerinnen und Lehrern zusammenfassend dargestellt. Anschließend werden die Interventionsinhalte als das Ergebnis der gemeinsamen Entwicklungsarbeit vorgestellt. Im letzten Abschnitt wird das Design der durchgeführten empirischen Studie (unter anderem der Ablauf der Intervention sowie die eingesetzten Testinstrumente) erläutert.

4.1 Darstellung des Entwicklungsprozesses: Entwicklungsarbeit mit Lehrerinnen und Lehrern

Ein entscheidender Teil des Projektes *Sprachbildung im Physikunterricht* bestand in der gemeinsamen Entwicklungsarbeit mit teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrern (vgl. Kapitel 1). Für die gemeinsame Entwicklungsarbeit wurden in Absprache mit der Projektleitung sowie mit den teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrern und ihren Schulen drei zentrale Ziele festgelegt:

1. Die Erarbeitung der Relevanz von Sprache und sprachexplizitem Unterricht für die naturwissenschaftlichen Fächer, insbesondere für den Physikunterricht,
2. die Vermittlung von Methoden und Werkzeugen für die Diagnose und die Förderung von Sprachkompetenzen im Physikunterricht sowie
3. die kooperative Entwicklung und Erprobung eines Unterrichtskonzepts, das sprachliches Handeln mit dem fachlichen Lernen im Physikunterricht verknüpft.

Im Folgenden wird zunächst der Rahmen der projektinternen Entwicklungsarbeit zusammenfassend vorgestellt, um dann die einzelnen Projektziele genauer zu erläutern. Dabei wird im Hinblick auf die Inhalte und Ziele der vorliegenden Arbeit ein besonderer Fokus auf die kooperative Entwicklung und Erprobung des Unterrichtskonzepts gelegt.

4.1.1 Der Rahmen der gemeinsamen Projektarbeit

Am Projekt *Sprachbildung im Physikunterricht* haben insgesamt drei Ganztagsgymnasien aus Nordrhein-Westfalen teilgenommen. Für die gemeinsame Entwicklungsarbeit mit der Universität Duisburg-Essen haben die drei teilnehmenden Ganztagsgymnasien etwa zehn Lehrerinnen und Lehrer ausgesandt. Die Lehrerinnen und Lehrer wurden zu Arbeitssitzungen an die Universität Duisburg-Essen eingeladen. Die Arbeitssitzungen fanden in regelmäßigen Zeitabständen statt und wurden ganztägig angesetzt. Die

Planung, Durchführung sowie die didaktische und wissenschaftliche Begleitung der Arbeitssitzungen wurde von der Arbeitsgruppe Physikdidaktik der Universität Duisburg-Essen übernommen.

Zur Planung und Durchführung der einzelnen Arbeitssitzungen gehörte eine Vorbereitung auf vorher abgesprochene Aufgaben sowohl der teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer als auch der Arbeitsgruppe selbst. Die Auswahl der Aufgaben erfolgte unter anderem bezogen auf aktuelle Anliegen der Lehrerinnen und Lehrer, beispielsweise Fragen über bestimmte Möglichkeiten der Sprachförderung im Fachunterricht oder über aktuelle Erkenntnisse der fachdidaktischen Forschung im Hinblick auf sprachexpliziten Fachunterricht. Hierbei war es für die Arbeitsgruppe Physikdidaktik von großer Bedeutung, bei der Planung und Durchführung aller gemeinsamen Seminare und anderen projektbegleitenden Arbeitsformen auf die Wünsche und Bedürfnisse der teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer einzugehen und somit durch einen Dialog und fortwährende Absprachen eine bestmögliche Betreuung zu gewährleisten.

Der charakteristische Aufbau der einzelnen Arbeitssitzungen ist in der Abbildung 4.1 am Beispiel der ersten Arbeitssitzung dargestellt. Angefangen wurde mit einer Begrüßungsphase, in der neben Informationen zum Austausch von entwickelten Unterrichtsmaterialien, Aufgaben zur Vorbereitung der nächsten Arbeitssitzungen und wissenschaftlichen Texten auf dem gemeinsamen Server, auch aktuelle Anliegen der Lehrerinnen und Lehrer sowie Entwicklungen in ihrem Unterricht besprochen wurden. Im zweiten Abschnitt der Arbeitssitzungen fand oft eine Inputphase statt, die von der Arbeitsgruppe Physikdidaktik vorbereitet und vorgetragen wurde. Die thematische Orientierung und die Art der Inhalte der Inputphase wurden im Hinblick auf die übergeordneten Ziele der gemeinsamen Entwicklungsarbeit ausgewählt (siehe dazu die Einleitung in das Kapitel 4, sowie Kapitel 1). Beispiele für vorgestellte Inhalte sind unter anderem das Versuchsprotokoll als fachtypische Textsorte und daraus resultierende Möglichkeiten der Sprachförderung (siehe Abbildung 4.2) sowie unterschiedliche Übungsformen zur dezidierten Sprachförderung im Physikunterricht (siehe dazu Kapitel 4.1.2). Im Anschluss an die Inputphase erfolgte eine Arbeitsphase, in der die Lehrerinnen und Lehrer eine Möglichkeit hatten, die neuen Erkenntnisse und Methoden gemeinsam mit der Arbeitsgruppe Physikdidaktik einzuüben, auf eigene Unterrichtskontexte anzupassen und weiterzuentwickeln. Die erarbeiteten Inhalte wurden am Ende der Sitzungen reflektiert und diskutiert und konnten von den Lehrerinnen und Lehrern anschließend in ihrem eigenen Unterricht ausprobiert werden. Die so gesammelten Erfahrungen und Erkenntnisse wurden in der darauffolgenden Arbeitssitzung im Plenum geteilt und konnten für die Weiterentwicklung der Ansätze und Materialien für sprachexpliziten Physikunterricht genutzt sowie in die Planung folgender Arbeitssitzungen einbezogen werden.



Mit Ganzttag mehr Zukunft.
Das neue Ganzttagsgymnasium NRW

Ablauf der 1. Arbeitssitzung
Sprachbildung im Physikunterricht
am 25. November 2015, 10.00-16.30h,
Universität Duisburg-Essen, Raum T03 R06 D02

Ziele:

- Kennenlernen der Projektteilnehmer
- Reflexion der Nutzung des Versuchsprotokolls im Physikunterricht
- Vorstellung von Sprachförderkonzepten in Verbindung mit dem Versuchsprotokoll
- Diskussion und Planung des weiteren Vorgehens

Tagesablauf:

10.00 – 10.15 Uhr Begrüßung – Vorstellungsrunde

10.15 – 11.15 Uhr Einstieg: Das Versuchsprotokoll als fachtypische Textsorte
(Heiko Krabbe)

Kaffeepause

11.30 – 12.30 Uhr Arten von Experimenten und Experimentelle Kompetenz
(Robert Aleksov)

Mittagspause

13.00 – 14.30 Uhr Sprachförderung anhand des Versuchsprotokolls – Konzepte
und Ideen (Heiko Krabbe)

Kaffeepause

14.45 – 15.30 Uhr Überlegungen zur unterrichtlichen Umsetzung

15.30 – 16.30 Uhr Arbeitsplanung, Termine, Zielvereinbarungen, Feedback

Zur Vorbereitung der Sitzung haben wir Ihnen folgendes Material im BSCW-Raum
der Universität Duisburg Essen bereitgestellt.

- Krabbe (2015). Das Versuchsprotokoll als fachtypische Textsorte im Physikunterricht.
- Nawrath, Maiseyenko, Schecker (2011). Experimentelle Kompetenz.
- Krabbe, Beese – Handout Sprachförderung beim Experimentieren.

Die ersten beiden Texte bitten wir Sie zur Vorbereitung auf die Sitzung zu lesen. Die
Inhalte des Handouts werden in der Sitzung erarbeitet.

„Ganz In. Mit Ganzttag mehr Zukunft. Das neue Ganzttagsgymnasium NRW.“ ist ein gemeinsames Projekt von:



Abbildung 4.1: Ablauf der ersten gemeinsamen Arbeitssitzung

Sprachliche Merkmale aus der Deutschdidaktik

- Abstraktion von der handelnden Person durch unpersönliche Konstruktionen,
- Verwendung des „naturwissenschaftlichen Präsens“,
- Formulierung offener Forschungsfragen,
- Formulierung einer persönlichen Erwartung z.B. mit Satzmustern wie „Ich vermute/glaube/denke, dass ...“
- Aufzählungen von Materialien und Geräten,
- temporale Ausdrücke in der Durchführung,
- konditionale Ausdrücke in der Beobachtung,
- kausale Ausdrücke in der Auswertung,
- sprachliche Bezugnahme auf die Sinneswahrnehmung in der Beobachtung (z.B. „Man sieht/hört/fühlt/.../, dass ...“) zur Abgrenzung von der Auswertung
- sprachliche Bezugnahme auf die Frage bzw. Vermutung in der Auswertung

(Beese & Roll, 2013, S. 199 f).

Abbildung 4.2: Vorgestellte Inhalte in den gemeinsamen Arbeitssitzungen:
Versuchsprotokoll als fachtypische Textsorte

4.1.2 Ziele der gemeinsamen Projektarbeit

Im Folgenden werden die bereits in der Einleitung in das Kapitel 4 angedeuteten Ziele der gemeinsamen Projektarbeit genauer erläutert. Dabei wird insbesondere die kooperative Entwicklung des Unterrichtskonzepts, das sprachliches Handeln sinnvoll und zielführend mit dem fachlichen Lernen verknüpft, fokussiert.

Mit dem ersten Ziel für die gemeinsame Projektarbeit (Erarbeitung der Relevanz von Sprache und sprachexpliziten Unterricht für die naturwissenschaftlichen Fächer, insbesondere für den Physikunterricht) sollten die teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer zunächst für die sprachlichen Herausforderungen und Schwierigkeiten im Physikunterricht sensibilisiert werden. Einerseits sollte verdeutlicht werden, dass Sprache eine Barriere sein kann, die den Schülerinnen und Schülern den Zugang zu den Fachinhalten erschweren kann. Dies erfolgte beispielsweise durch Präsentationen aktueller Ergebnisse didaktischer und Large-Scale-Forschung (siehe dazu auch Kapitel 2) oder durch eine gemeinsame Analyse von typischen Fachtexten sowie Aufgabenstellungen aus dem Physikunterricht. Dabei wurde insbesondere auf fachtypische Termini sowie spezifische und oft wiederkehrende sprachliche Handlungsmuster hingewiesen. Andererseits wurde auch verdeutlicht, dass

sprachexpliziter Fachunterricht eine Ressource sein kann, mit der sprachliche und fachliche Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern miteinander verknüpft gefördert werden können. Zusammenfassend betrachtet, sollten mit dem ersten Ziel der gemeinsamen Projektarbeit die folgenden drei entscheidenden Funktionen der Sprache im Fachunterricht verdeutlicht werden:

1. Sprache als Medium der Kommunikation im Fachunterricht (zum Beispiel schriftlich durch Fachtexte in Schulbüchern oder mündlich durch die Lehrperson),
2. Sprache als ein wichtiger Lerngegenstand (zum Beispiel Fachtermini oder fachtypische sprachliche Handlungsmuster) und
3. Sprache als Lernmedium (Verknüpfung zwischen dem sprachlichen Handeln und dem fachlichen Lernen) (z.B. Trendelenburg und Roß, 2018; siehe auch Kapitel 2).

Damit verbunden sollten mit dem zweiten Ziel für die gemeinsame Projektarbeit den teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrern Methoden und Werkzeuge vermittelt werden, die es Ihnen ermöglichen, sprachliche Kompetenzen ihrer Schülerinnen und Schüler zu diagnostizieren und zu fördern.

Zu den vorgestellten Möglichkeiten der Diagnose gehören unter anderem verschiedene standardisierte Tests, wie beispielsweise der C-Test (z.B. Grotjahn, 2014). Für die Förderung der Sprachkompetenzen von Schülerinnen und Schülern wurden mehrere Ansätze präsentiert. Als ein Ansatz wurden beispielsweise verschiedene Aufgabentypen zu Unterstützung des fachlichen und sprachlichen Lernens im Physikunterricht vorgestellt (siehe Abbildung 4.3; Krabbe und Beese, o.D.). Die verschiedenen Aufgabentypen, die sich eher für einen punktuellen Einsatz im Unterricht eignen, dafür aber flexibel und einfach implementierbar sind, wurden in den Arbeitssitzungen auf ihre allgemeinen Merkmale sowie Funktionen analysiert und im Anschluss von den teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrern für die Entwicklung eigener Übungen genutzt. Somit konnte ein zyklischer Entwicklungsprozess angestoßen werden, der aus Erarbeitungs-, Erstellungs-, Reflexions- und Feedbackphasen bestand. Darüber hinaus wurde unter anderem auch ein Unterrichtskonzept vorgestellt, das auf dem Prinzip der unterrichtsökonomischen Schwerpunktsetzung basiert (siehe Kapitel 2.7) und die Grundlage für die vorliegende Arbeit bildet. Die gemeinsame Entwicklung und Erprobung einer auf diesem Unterrichtskonzept aufbauenden Unterrichtseinheit wird im Folgenden vorgestellt.

Dem dritten Ziel für die gemeinsame Entwicklungsarbeit entsprechend (kooperative Entwicklung und Erprobung eines Unterrichtskonzepts, das sprachliches Handeln mit dem fachlichen Lernen verknüpft), wurde im Laufe der Projektlaufzeit in Kooperation mit den teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrern eine Unterrichtseinheit entwickelt, die auf den theoretischen Annahmen der vorliegenden Arbeit (siehe Kapitel 2) aufbaut und gleichzeitig die Rahmenbedingungen des Projekts sowie die Wünsche und Vorstellungen der Lehrerinnen und Lehrer und ihrer Schulen einbezieht. Entscheidend für alle an der gemeinsamen Entwicklungsarbeit und der anschließenden Erprobung beteiligten Personen waren eine minimale Veränderung des Unterrichtsalltags im Fach Physik an den Schulen der Lehrerinnen und Lehrer sowie eine Gelegenheit, möglichst viele Projektteilnehmerinnen und Projektteilnehmer an der Erprobung der entwickelten Unterrichtseinheit zu beteiligen.

Um die oben genannten Vorgaben erfüllen zu können, wurden zunächst die Unterrichtsverteilungen und Stundenpläne der teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer analysiert. Ziel war es, eine größtmögliche Überschneidung in den Unterrichtsverteilungen der Lehrerinnen und Lehrer für die Schuljahre, in denen die Erprobung der

Typen	Merkmale	Funktionen
Sortier- und Zuordnungsaufgaben	<ul style="list-style-type: none"> -Teilaussagen/Bilder (eindeutig) einander zuordnen -Aussagen/Bilder in verschiedene Kategorien gruppieren -Aussagen/Bilder in eine Reihenfolge bringen 	<ul style="list-style-type: none"> -fachliche Zusammenhänge herstellen und sichern -sprachliche Marker erkennen und nutzen - kann zur Erarbeitung, Übung, Sicherung und Prüfung eingesetzt werden
Korrekturaufgaben	<ul style="list-style-type: none"> -sprachliche und fachliche Fehler finden 	<ul style="list-style-type: none"> -bereits ausführlich eingeführte fachliche und sprachliche Phänomene üben -Fähigkeit zur Selbstkorrektur fördern -Sensibilität für Sprachgebrauch entwickeln
Lückentexte, Einsetzungen und freie Ergänzungen von Satzanfängen	<ul style="list-style-type: none"> -geschriebener Text mit Lücken, die Von den SuS ausgefüllt werden müssen -konkreter fachlicher Bezug -die Lösung ist relativ eindeutig (richtig/falsch) -nicht nur fachliche Leerstellen, sondern auch sprachliche Leerstellen (z. B. Artikel, Adverbien, Konjunktionen) sind möglich 	<ul style="list-style-type: none"> -Reduktion der Anforderungen (Hilfestellung, durch Vorgabe) -Prüfen und Sichern des fachlichen Verständnisses (Fachbegriffe, fachliche Zusammenhänge) -gleichzeitige Übung sprachlicher Fähigkeiten (z.B. Deklinationen, Konjugationen, Präpositionen usw.) -Leseverstehen wird trainiert
Satzmuster	<ul style="list-style-type: none"> -vorgegebene Phrasen, Satzglieder oder Formulierungen ohne konkreten fachlichen Bezug/Kontext 	<ul style="list-style-type: none"> -Hilfestellung, um fachliche Inhalte angemessen zu formulieren -Abstraktion von konkretem fachlichen Kontext -Aufbereitung für Transfer
Wortgeländer	<ul style="list-style-type: none"> -Fachwörter (Nomen, Verben, Adjektive, teilweise Konjunktion, Präposition) werden angegeben, mit denen eine fachliche, korrekte Aussage gebildet soll -i. d. R. stehen die Fachwörter in der Grundform, so dass sie sprachlich angepasst werden müssen 	<ul style="list-style-type: none"> -Reduktion der Anforderungen (Hilfestellung, durch Vorgabe) -Prüfen und Sichern des fachlichen Verständnisses (Fachbegriffe, fachliche Zusammenhänge) -gleichzeitige Übung sprachlicher Fähigkeiten (z. B. Deklinationen, Konjugationen)
Auswahlaufgaben	<ul style="list-style-type: none"> -verschiedene Aussagen, aus denen die-richtige ausgewählt werden muss 	<ul style="list-style-type: none"> -fachliche Vereinfachung, indem Alternativen vorgegeben werden -sprachliche Vereinfachung, indem nicht selbst formuliert werden muss -Hilfestellung durch Lenkung der Aufmerksamkeit auf bestimmte fachliche und sprachliche Aspekte -fachliches Wissen und sprachliche Fähigkeiten überprüfen und sichern
Umformulierungsaufgaben	<ul style="list-style-type: none"> -vorgegebene Sätze werden in neue/schwierigere sprachliche Formen umgewandelt; Fokus auf die Sprache, kein fachlicher Zugewinn -vorgegebene schwierigere Sätze und sprachliche Formen werden in bekannte Formen zurückverwandelt; Fokus auf das fachliche Verstehen 	<ul style="list-style-type: none"> - Übung und Förderung eines flexibleren-(anspruchsvolleren) Sprachgebrauchs -sprachliches Verstehen/Dekodieren schwieriger Formen üben -sprachliche Vereinfachung, um das Verständnis zu fördern

Abbildung 4.3: Typisierung von Übungsformen (Krabbe & Beese, o.D.)

Unterrichtseinheit (Pilotierung) und der Einsatz der überarbeiteten Unterrichtseinheit (Hauptstudie) stattfanden, zu gewährleisten. Durch die Analyse wurden die Jahrgangsstufen sechs und sieben als die gemeinsame Grundlage für die Unterrichtseinheit festgelegt. Die Festlegung auf zwei Jahrgangsstufen resultierte aus der Unterrichtsverteilung in den einzelnen Projektschulen. Abhängig von der Unterrichtsverteilung in der Schule, wurde Physik erstmals entweder in der sechsten oder in der siebten Jahrgangsstufe unterrichtet. Nach einer etwas genaueren Absprache einigten sich die Lehrerinnen und Lehrer auf den Themenbereich der Elektrizitätslehre als den zentralen fachlichen Inhalt für die Unterrichtseinheit. Der Grund hierfür war neben der Überschneidung in der Unterrichtsverteilung der Lehrerinnen und Lehrer unter anderem auch der Wunsch, den Schülerinnen und Schülern eine Möglichkeit zu geben, eigene Experimente mit einfach zu erwerbenden Materialien durchzuführen, was den schulinternen Vorgaben für die Jahrgangsstufen sechs und sieben entsprach. Der Umfang der Unterrichtseinheit sollte fünf Doppelstunden nicht übersteigen.

Sobald die Rahmenbedingungen für die Unterrichtseinheit festgelegt wurden, konnten die teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer gemeinsam mit der Arbeitsgruppe Physikdidaktik mit der Entwicklung beginnen. Die Grundlage für die Entwicklung der Unterrichtseinheit bildete das Unterrichtskonzept zur Verknüpfung des sprachlichen Handelns mit dem fachlichen Lernen, das im Kapitel 2.7 vorgestellt und in Kooperation mit den Lehrerinnen und Lehrern in den Arbeitssitzungen erarbeitet und weiterentwickelt wurde. Das Unterrichtskonzept basiert auf dem Ansatz, ein funktionales sprachliches Mittel einzuführen und verknüpft mit dem zu vermittelnden Fachinhalt zu erarbeiten und einzuüben. Das zu erarbeitende sprachliche Mittel darf also nicht losgelöst vom Fachinhalt betrachtet werden. Vielmehr muss das sprachliche Mittel gebunden an seine Funktionen in der Vermittlung der Fachinhalte sowie in der Fachkommunikation eingeübt werden (vgl. Kapitel 2.4). In einem ersten Schritt war es zunächst also wichtig, die in der Unterrichtseinheit zu vermittelnden Fachinhalte festzulegen. Um die zu vermittelnden Fachinhalte festzulegen, wurden für den in den Rahmenbedingungen ausgewählten Themenbereich Elektrizitätslehre in der Unterstufe zunächst zentrale und schulinterne Lehrpläne sowie die KMK-Standards analysiert (u.a. Kultusministerkonferenz, 2005c). Die Analyse stellte unter anderem Bedingungen für die Existenz elektrischen Stroms, Eigenschaften verschiedener Schaltungen und Kategorisierung von Leitern und Isolatoren in den Mittelpunkt des Unterrichtsvorhabens. Im nächsten Schritt musste das zugrundeliegende sprachliche Mittel festgelegt werden, das im Laufe der Unterrichtseinheit systematisch, mit den zu vermittelnden Fachinhalten verknüpft, gefördert werden soll. Dafür mussten die sprachlichen Anforderungen im Themenbereich der Elektrizitätslehre für die Unterstufe überprüft werden. Als sprachliche Anforderungen wurden unter anderem das Beschreiben fachlicher Zusammenhänge sowie experimenteller Ergebnisse und Beobachtungen festgestellt. Im sprachlichen Fokus der gemeinsam entwickelten Unterrichtseinheit liegen also konditionale Satzmuster. Nachdem der fachliche Inhalt (Elektrizitätslehre in der Unterstufe) und der sprachliche Inhalt (Umgang mit konditionalen Satzmustern) festgelegt wurden, konnte die fünf Doppelstunden lange Unterrichtseinheit zunächst auf der Ebene der Unterrichtsreihe und anschließend auf der Ebene der Einzelstunden geplant und entwickelt werden. Dieser Prozess wird am konkreten Beispiel der Intervention der vorliegenden Studie im folgenden Kapitel genauer erläutert. Zusätzlich werden Beispiele zur Verknüpfung des sprachlichen und fachlichen Lernens aus der Intervention dargestellt.

Zusammenfassend besteht das Vorgehen bei der Entwicklung einer auf dem

im Theoretischen Hintergrund vorgestellten Unterrichtskonzept basierenden Unterrichtseinheit aus vier Teilprozessen:

1. Fachinhalte festlegen, die im Rahmen einer Unterrichtseinheit zu vermitteln sind (konkrete fachinhaltliche Lernziele festlegen),
2. die zu vermittelnden Fachinhalte auf sprachliche Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler analysieren; hierzu gehört die Überprüfung auf sprachliche Mittel oder Muster, die notwendig sind, um beispielsweise Abhängigkeiten von physikalischen Größen oder Erklärungen bestimmter physikalischer Phänomene darzustellen,
3. Konkrete sprachliche Lernziele bezogen auf das durch die Analyse der sprachlichen Anforderungen gewählte sprachliche Mittel oder Muster festlegen,
4. Unterrichtseinheit zunächst auf der Ebene der Unterrichtsreihe, dann auf der Ebene der einzelnen Unterrichtsstunden planen; dabei ist zu beachten, dass die fachinhaltlichen und die sprachlichen Lernziele durch die Funktionalität des sprachlichen Mittels oder Musters miteinander verknüpft vermittelt werden.

Die methodische Umsetzung der einzelnen Schulstunden der Unterrichtseinheit ist dabei den Lehrerinnen und Lehrern überlassen und kann ihren Wünschen und Vorlieben sowie den Bedürfnissen ihrer Schülerinnen und Schüler angepasst werden.

4.2 Darstellung des Entwicklungsprodukts: Entwicklung der Intervention

Die für die empirische Überprüfung entwickelte Unterrichtseinheit basiert auf dem im Kapitel 2.7 erläuterten Unterrichtskonzept und beinhaltet eine fachkontextorientierte Einführung konditionaler Satzmuster als domänenspezifisches sprachliches Mittel sowie deren funktionalen Erarbeitung im Themenbereich der Elektrizitätslehre der Unterstufe (siehe Kapitel 4.1.2). Die fachinhaltlichen und sprachlichen Ziele mussten in jeder einzelnen Unterrichtsstunde miteinander verknüpft werden. Die Verknüpfung erfolgte aufgrund der Funktionalität der konditionalen Satzmuster für den Themenbereich der Elektrizitätslehre der Unterstufe. Die Verknüpfung der fachinhaltlichen mit den sprachlichen Lernzielen wird in Tabelle 4.1 für zwei Doppelstunden der Unterrichtseinheit beispielhaft dargestellt. Auf Grund ihrer Eigenschaft, Bedingungen mit ihren Folgen in Verbindung zu setzen (vgl. Kapitel 2), wurden konditionale Satzmuster beispielsweise in der zweiten Doppelstunde für die Verschriftlichung experimenteller Beobachtungen angewendet. Damit konnten Schülerinnen und Schüler ebenfalls unterstützt werden, reflektiert mit unabhängigen und abhängigen Variablen zu arbeiten. Im Folgenden erfolgt beispielhaft eine genauere Analyse einer Doppelstunde der Unterrichtseinheit.

UE	Fachinhaltliche Stundenziele Die Schülerinnen und Schüler...	Sprachliche Stundenziele Die Schülerinnen und Schüler ...
1	<ul style="list-style-type: none"> - bauen selbstständig einfache Stromkreise auf, in denen elektrischer Strom fließt - nennen einen geschlossenen Stromkreis als Voraussetzung für das Fließen des elektrischen Stroms 	<ul style="list-style-type: none"> - verwenden einfache konditionale Satzmuster (wenn-dann-Sätze), um die Voraussetzungen für das fließen des elektrischen Stroms zu formulieren - erläutern, dass in Konditionalsätzen der Nebensatz (wenn-Satzteil) die Bedingung enthält und der Hauptsatz (dann-Teil) die Folge
2	<ul style="list-style-type: none"> - definieren Leiter als Materialien, durch die elektrischer Strom fließen kann und Isolatoren als Materialien, durch die elektrischer Strom nicht fließen kann - ordnen Materialien der Gruppe „Leiter“ oder der Gruppe „Isolator“ aufgrund von Beobachtungen experimentell zu 	<ul style="list-style-type: none"> - nutzen konditionale Satzformen (einfache wenn-dann-Satzmuster), um Beobachtungen fachlich und sprachlich korrekt zu dokumentieren (Anwendung des Konzepts „Konditionalsatz“ im Kontext der Beobachtungsbeschreibung) - erläutern, dass bei der Beschreibung von Beobachtungen mit Konditionalsätzen im wenn-Teil die unabhängige Variable genannt wird und im dann-Teil die abhängige

Tabelle 4.1: Fachliche und sprachliche Lernziele für zwei Doppelstunden der entwickelten Unterrichtseinheit

Nachdem die fachinhaltlichen und sprachlichen Ziele der Unterrichtseinheit festgelegt wurden, musste die Frage nach den didaktischen Grundlagen für die Planung der einzelnen Schulstunden festgelegt werden. Vor dem Hintergrund der Ergebnisse von PISA und TIMSS, die offenbart haben, dass viele Schülerinnen und Schüler in Deutschland Schwierigkeiten beim Verstehen naturwissenschaftlicher Zusammenhänge haben und ihr Wissen nicht in unbekanntenen Situationen anwenden können, wurde die *Theorie der Basismodelle des Lernens und Lehrens* (Oser & Baeriswyl, 2011) als eine Möglichkeit der Lernprozessorientierung im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer zunehmend erforscht. Die Ergebnisse der Forschung zeigen, dass ein Unterricht, der sich an der *Theorie der Basismodelle des Lernens und Lehrens* als Strukturierungsgrundlage orientiert, positive Effekte auf beispielsweise das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler hat, wobei insbesondere leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler von so einem Unterricht profitieren können (vgl. z.B. Zander, 2015). Zusätzlich zu den Forschungsergebnissen konnten die am Projekt *Sprachbildung im Physikunterricht* teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer aufgrund ihrer bereits gesammelten Erfahrung im Umgang mit den Basismodellen aus älteren Teilprojekten im *Ganz-In-Rahmen* überzeugt werden, die *Theorie der Basismodelle des Lernens und Lehrens* als eine Planungsgrundlage für die Unterrichtseinheit zu nutzen.

Basismodelle können als Modelle zur Sequenzierung des Unterrichts auf der Tiefenstrukturebene (beispielsweise die Abfolge einzelner Lernfunktionen) und der Oberflächenebene (beispielsweise die Methodenwahl) verstanden werden (Zander, 2015). Für den Physikunterricht haben sich insbesondere drei Basismodelle als nützlich erwiesen: *Lernen durch Eigenerfahrung*, *Konzeptbildung* und *Problemlösen* (Krabbe et al., 2015). Die drei Basismodelle haben unterschiedliche Voraussetzungen und werden im Hinblick auf die Lernziele der einzelnen Stunden ausgewählt. Bei dem

Basismodell *Lernen durch Eigenerfahrung* sollen Schülerinnen und Schüler „in der handelnden Auseinandersetzung mit einem Lerngegenstand Erfahrungen machen und dabei individuelles, noch unstrukturiertes Wissen erwerben“ (Krabbe et al., 2015, S. 15). Bei dem Basismodell *Konzeptbildung* sollen die Schülerinnen und Schüler „anhand eines Beispiels (Prototyp) hochstrukturiertes Wissen erwerben“ (Krabbe et al., 2015, S. 15). Im Vergleich dazu sollen die Schülerinnen und Schüler bei dem Basismodell *Problemlösen* ihr Fachwissen nutzen, um „Strategien für Lösungswege“ (Krabbe et al., 2015, S. 15) zu entwickeln. Aufgrund der Voraussetzung des Fachwissens, wurde bei den vorliegenden Unterrichtseinheiten darauf verzichtet, das Basismodell *Problemlösen* für die Planung zu nutzen. Die Komponente der handelnden Auseinandersetzung mit einem Lerngegenstand bei dem Basismodell *Lernen durch Eigenerfahrung* bot sich für die Planung des fachinhaltlichen Teils der Unterrichtseinheit an (vgl. Kapitel 4.1.2). Die durch den Rahmen der Unterrichtseinheit vorgegebenen Experimente für die Schülerinnen und Schüler eigneten sich für die aktive und handlungsorientierte Auseinandersetzung mit den Fachinhalten. Andere Handlungen der Schülerinnen und Schüler im Physikunterricht, beispielsweise das Aufschreiben von Ergebnissen, werden im Basismodell *Lernen durch Eigenerfahrung* als Nebeneffekt und nicht als Störfaktor gesehen (vgl. Krabbe et al., 2015). Um die gesammelten Erfahrungen zu vergleichen, zu verknüpfen und zu verallgemeinern, müssen die Schülerinnen und Schüler die folgenden fünf Handlungskettenschritte durchführen: (1) Planung der Handlungen (2) Durchführung der Handlungen (3) Konstruktion von Bedeutung (4) Generalisierung der Erfahrung (5) Reflexion von ähnlichen Erfahrungen (Krabbe et al., 2015, S. 15).

Mit dem Basismodell *Konzeptbildung* konnten konditionale Satzmuster an den Beispielen ihrer Anwendungen in der Fachkommunikation erarbeitet und angewandt werden. Ziel des Basismodells *Konzeptbildung* ist es, einen bestimmten Begriff oder ein Konzept aufzubauen und die Schülerinnen und Schüler dahingehend auszubilden, dass sie damit flexibel umgehen können. Folgende Handlungskettenschritte sind Bestandteil des Basiskonzepts *Konzeptbildung*: (1) Bewusstmachung des Vorwissens, (2) Durcharbeiten eines Prototyps, (3) Beschreibung der wichtigen Merkmale des neuen Konzepts, (4) Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept und (5) Anwendung des neuen Konzepts in anderen Kontexten (Krabbe et al., 2015, S. 15). Das Basismodell *Konzeptbildung* wurde für die Vermittlung des Umgangs mit konditionalen Satzmustern aus mehreren Gründen gewählt. Zunächst sind Konditionalsätze den Schülerinnen und Schülern im Allgemeinen aus dem Alltag oder anderen Kontexten bekannt und konnten damit als Vorwissen genutzt werden. Allerdings unterscheidet sich die Anwendung der Konditionalsätze im Physikunterricht durch ihre Funktionalität von der Anwendung im Alltag und muss im Fachkontext erarbeitet werden. Darüber hinaus musste ein flexibler Umgang mit konditionalen Satzmustern vermittelt werden, um den Schülerinnen und Schülern zu ermöglichen, diese in verschiedenen Situationen anwenden zu können.

Für die Vermittlung der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern in verschiedenen Situationen des Themenbereiches Elektrizitätslehre der Unterstufe wurde das Basismodell *Konzeptbildung* bereits auf der Ebene der kompletten Unterrichtseinheit genutzt. Bei dem ersten Handlungskettenschritt (Bewusstmachung des Vorwissens) wurden die Schülerinnen und Schüler mit konditionalen Satzmustern aus dem Alltag konfrontiert. Es wurde überprüft, inwiefern ihre Anwendungsmöglichkeiten bekannt sind und festgestellt, dass Konditionalsätze im Allgemeinen die Funktion erfüllen, Bedingungen und ihre Folgen zu verknüpfen (siehe Abbildung 4.4).

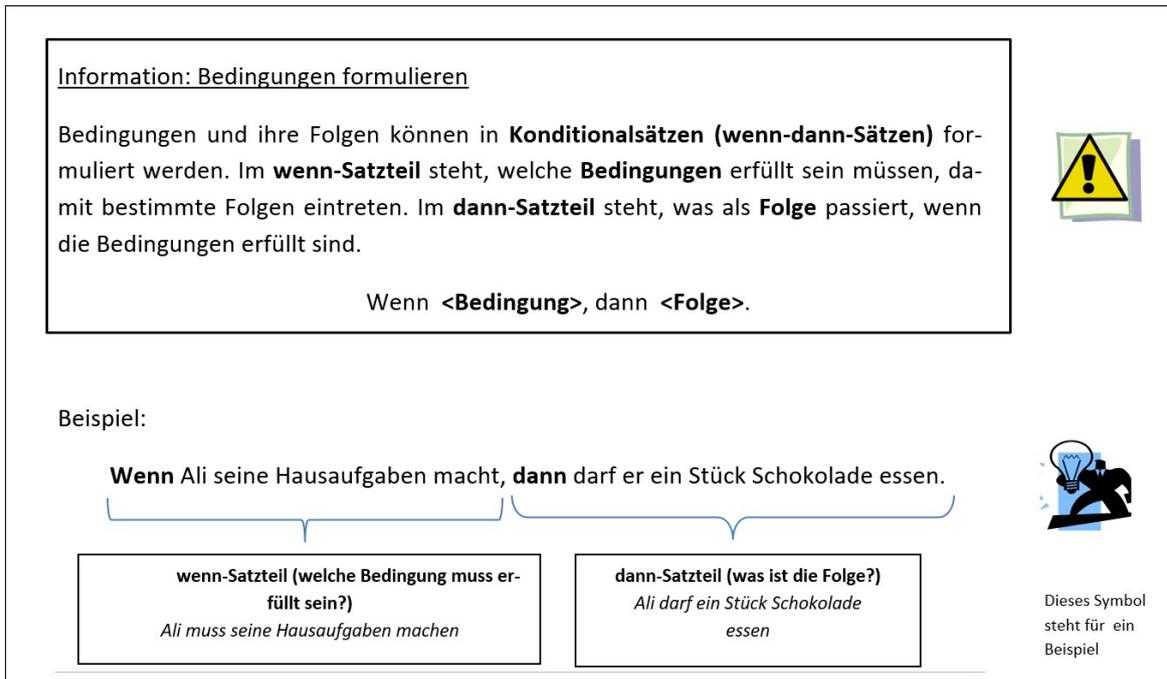


Abbildung 4.4: Funktion konditionaler Satzmuster in der Darstellung von Bedingungen und ihren Folgen

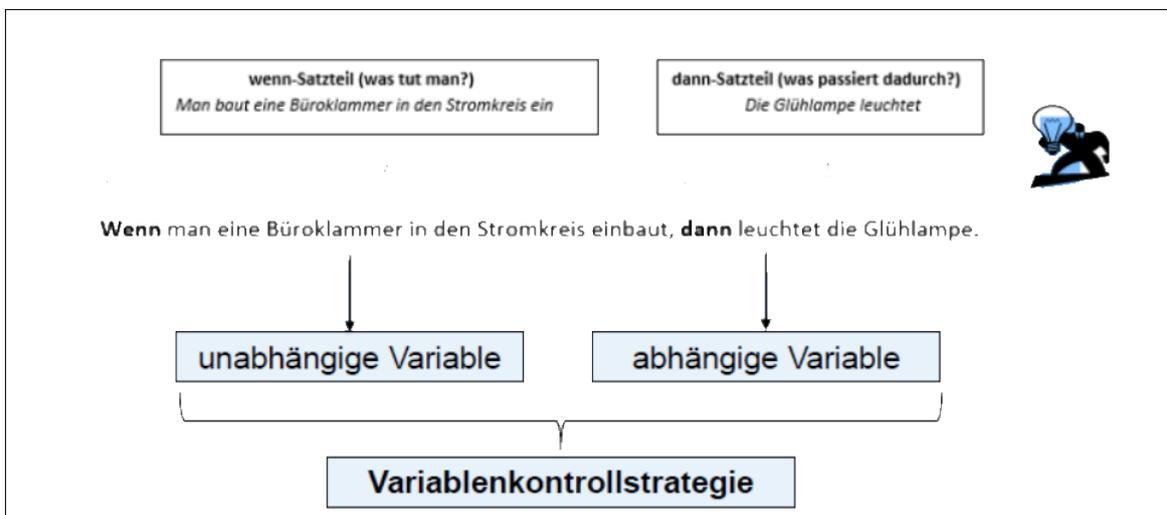


Abbildung 4.5: Eigenschaften und Funktionen konditionaler Satzmuster im Fachkontext

Im zweiten und im dritten Handlungskettenschritt (Durcharbeiten eines Prototyps und Beschreibung der wichtigen Merkmale des neuen Konzepts) wurden konditionale Satzmuster im Kontext der Elektrizitätslehre der Unterstufe eingeführt und ihre Eigenschaften und Funktionen erläutert (siehe z.B. Abbildung 4.5). Die Schülerinnen und Schüler lernen als Prototyp zunächst konditionale Satzmuster als domänenspezifisches sprachliches Mittel kennen, um das Eintreten bestimmter fachlicher Konsequenzen zu

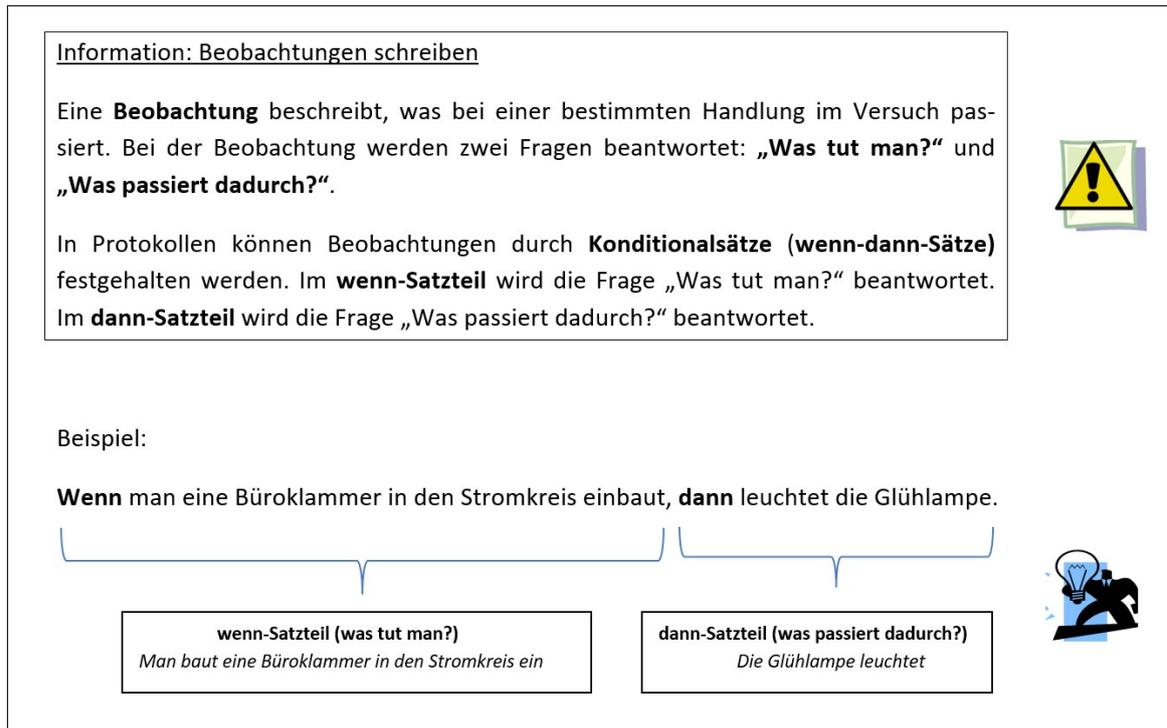


Abbildung 4.6: Funktionen konditionaler Satzmuster in der Darstellung von Beobachtungen

beschreiben. Darauffolgend wurde der Konditionalsatz für die Formulierung der Bedingung für Strom in einem vorgegebenen Stromkreis genutzt (Beispiel: Wenn beide Anschlüsse der Glühlampe jeweils isoliert mit beiden Anschlüssen der Flachbatterie verbunden sind, dann leuchtet die Glühlampe / dann entsteht elektrischer Strom).

Nun konnten die Schülerinnen und Schüler im vierten Handlungskettenschritt (Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept) mit konditionalen Satzmustern im Kontext der Elektrizitätslehre aktiv umgehen. Das sprachliche Mittel wurde nachfolgend in verschiedenen Situationen angewandt und eingeübt. Dem Ansatz entsprechend wurden in der Unterrichtseinheit Konditionalsätze für die Darstellung von experimentellen Beobachtungen und Ergebnissen (siehe Abbildung 4.6) sowie für die Arbeit mit Beobachtungstabellen verallgemeinert (siehe Abbildung 4.7).

Für einen abschließenden Schritt bot sich die Abgrenzung des geförderten Ausdrucksmittels von anderen Ausdrucksmitteln an. In der Unterrichtseinheit wurden kausale Satzmuster als verwandtes Ausdrucksmittel eingeführt und für die Verschriftlichung von Begründungen genutzt, die im Fachunterricht oft zu finden sind, beispielsweise in Versuchsprotokollen bei der Auswertung oder Deutung (Beese & Roll, 2012). Dabei wurde auf Ähnlichkeiten und Unterschiede in der fachlichen Funktion der Ausdrucksmittel aufmerksam gemacht. Die Schülerinnen und Schüler konnten so unterstützt werden, ein adäquates Ausdrucksmittel zu wählen, um Inhalte fachlich und sprachlich korrekt zu verschriftlichen.

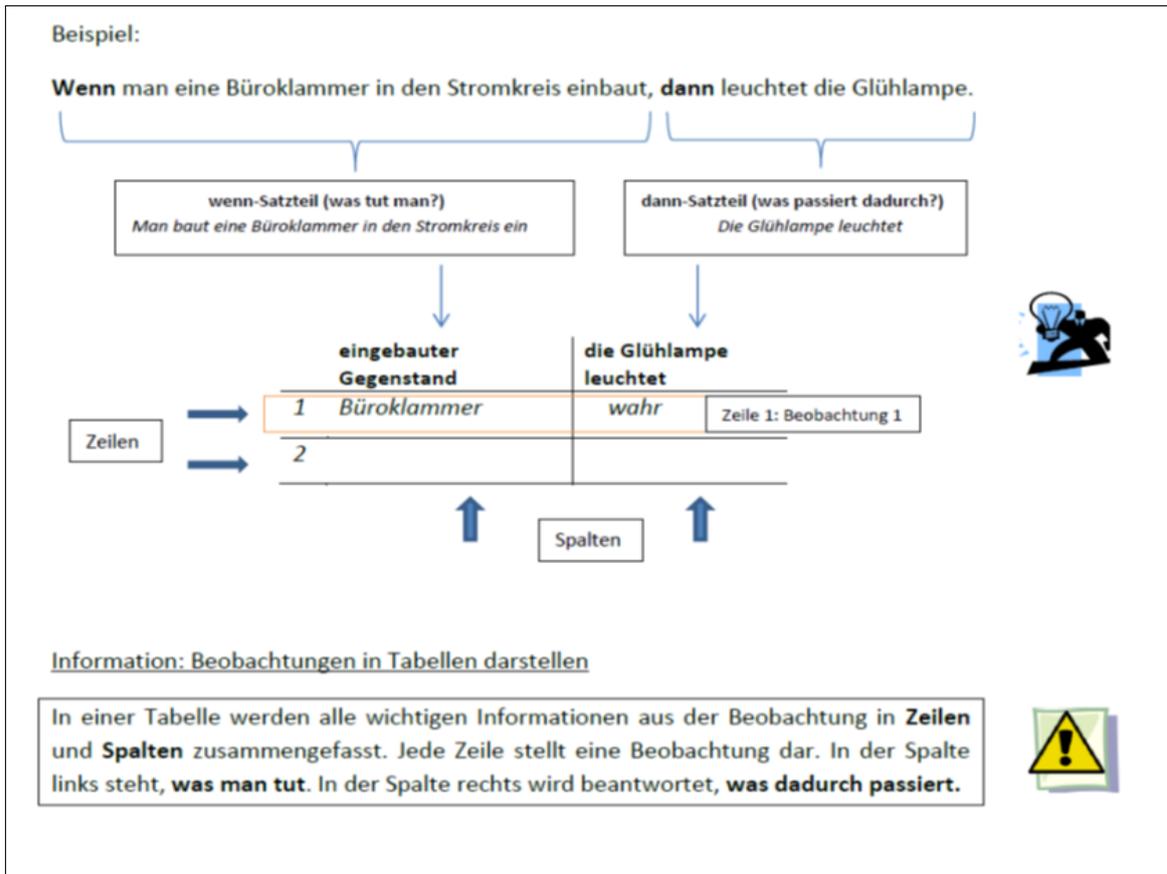


Abbildung 4.7: Konditionale Satzmuster und Arbeit mit Beobachtungstabellen

Für die Planung der Unterrichtseinheiten für die beiden Studiengruppen auf der Ebene der Unterrichtsreihe sowie der Einzelstunden wurden im Vorhinein weitere didaktische und methodische Entscheidungen getroffen. Aufgrund der theoretischen Annahmen der vorliegenden Arbeit zum Schreiben im Fachunterricht (siehe Kapitel 2.5) sowie des Projektrahmens, steht in der Unterrichtseinheit der Interventionsgruppe das angeleitete Verschriftlichen fachlicher Inhalte durch konditionale Satzmuster im Mittelpunkt des Unterrichtsvorhabens. Bei der Verschriftlichung von Fachinhalten wurden die Schülerinnen und Schüler durch sprachliche Scaffolds unterstützt (vgl. Hammond und Gibbons, 2005; siehe auch Kapitel 2.7). Der Einsatz von Scaffolds war insbesondere vor dem Hintergrund der mangelnden Erfahrung von Schülerinnen und Schülern im Umgang mit sprachlichen Anforderungen im Fachunterricht sinnvoll (vgl. z.B. Jang & Hand, 2017). Die sprachlichen Scaffolds waren dabei Schreibanleitungen, deren Anzahl im Verlauf der Unterrichtseinheit in der Form eines Fadings (Hammond & Gibbons, 2005) reduziert wurde. So konnte neben einer Progression der fachlichen Aufgabenschwierigkeit auch eine Erhöhung der sprachlichen Anforderungen gewährleistet werden.

Darüber hinaus wurden die den Schülerinnen und Schüler beider Studiengruppen gestellten Experimentieraufgaben aufgrund der eingesetzten Experimentiermaterialien in Partnerarbeit gelöst. Schreibaufgaben sowie inhaltliche Aufgaben im Allgemeinen wurden den Handlungskettenschritten des Basismodells *Lernen durch Eigenerfahrung* entsprechend zunächst in Einzelarbeit gelöst, dann in Partnerarbeit und im

Plenum diskutiert (think-pair-share) (z.B. Estes et al., 2011). Die Lehrkräfte beider Studiengruppen konnten im Rahmen der Interventionen darüber hinaus zusätzliche Unterrichtsmaterialien zur Differenzierung einsetzen. Die Unterrichtsmaterialien zur Differenzierung wurden für die Unterstützung von leistungsschwachen sowie für die Förderung von leistungsstarken Schülerinnen und Schülern von den Kooperationspartnern im Projekt *Sprachbildung im Physikunterricht* konzipiert. Leistungsschwache Schülerinnen und Schüler konnten auf Hinweiskarten und Lösungsbeispiele zugreifen. Ein Beispiel hierfür waren Schaltsymbolpuzzles als Hilfestellung bei der Erarbeitung von Wechselschaltungen. Für leistungsstarke Schülerinnen und Schüler wurden Zusatzaufgaben vorbereitet. Als Zusatzaufgabe können die Einführung des Morsealphabets und die Kodierung von Nachrichten genannt werden. Im Anhang befindet sich eine vollständige Auflistung der entwickelten Unterrichtsmaterialien.

Allen Schülerinnen und Schülern stand in der Studie ein gedrucktes Booklet zur Verfügung, das Unterrichtseinstiege, Informationen und Merksätze sowie Anleitungen und Aufgaben beinhaltet. Die Schülerinnen und Schüler konnten ihre Antworten und Ergebnisse im Booklet eintragen und im Laufe des Schuljahres zum Lernen nutzen. Experimentieraufgaben wurden in Gruppen mit zwei Schülerinnen und Schülern durchgeführt. Für die Durchführung konnte jede Gruppe ein Experimentierset benutzen, das Kabel, Glühlampen und Schalter beinhaltet (siehe Abbildung 4.8). Zusätzliche Experimentiermaterialien wurden bereitgestellt, um den teilnehmenden Lehrkräften weitere Differenzierungsmöglichkeiten zu bieten. Zu den weiteren Experimentiermaterialien zählten zum Beispiel Dioden, die es den Schülerinnen und Schülern ermöglicht haben, den elektrischen Strom als gerichtete Größe wahrzunehmen. Um die Testfairness sowie die inhaltliche Validität zu erhöhen, wurden die ergänzenden Differenzierungsinhalte bei der Konstruktion der Testinstrumente nicht berücksichtigt. Somit hatten die Differenzierungsinhalte keinen Einfluss auf die berichteten Ergebnisse.

Einzelne Schulstunden wurden im Hinblick auf die Vermittlung des Umgangs mit konditionalen Satzmustern ähnlich zu der kompletten Unterrichtseinheit aufgebaut und hatten ebenfalls das Basismodell *Konzeptbildung* als Grundlage. Zur Planung des fachinhaltlichen Teils der Schulstunden wurde das Basismodell *Lernen durch Eigenerfahrung* verwendet. Parallel dazu wurde für die Schulung des Umgangs mit konditionalen Satzmustern das Basismodell *Konzeptbildung* genutzt. Dabei wurde darauf geachtet, dass das fachliche Lernen verknüpft mit dem sprachlichen Handeln erfolgt. Tabelle 4.2 verdeutlicht die Planung der einzelnen Schulstunden anhand eines Beispiels aus der Unterrichtseinheit.

Die parallel entwickelte Unterrichtseinheit für die Kontrollgruppe entspricht thematisch und fachinhaltlich der Unterrichtseinheit der Interventionsgruppe. Der Aufbau der Unterrichtseinheit für die Kontrollgruppe sowie der zeitliche Ablauf der Unterrichtsdurchführung wurden vergleichbar zur Interventionsgruppe konzipiert. Der Unterrichtseinheit der Interventionsgruppe entsprechend, befand sich das Thema der Elektrizitätslehre für die Unterstufe im Mittelpunkt des Unterrichtsvorhabens für die Kontrollgruppe. Dabei wurde auf die Komponente der expliziten Spracharbeit verzichtet. Die Kontrollgruppe konnte also nicht auf Anleitungen zur Verschriftlichung von fachlichen Zusammenhängen und Ergebnissen zurückgreifen. Ebenfalls wurde in der Kontrollgruppe nicht über sprachliche Ausdrucksmittel und ihre Funktion in der Fachkommunikation reflektiert.

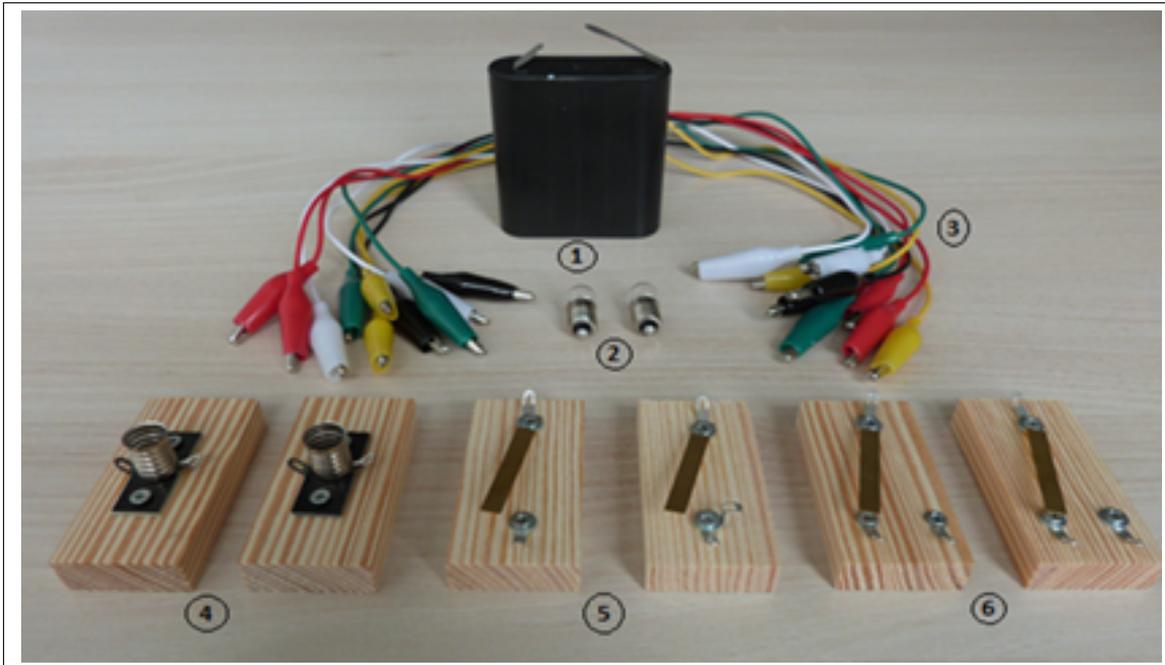


Abbildung 4.8: Eingesetzte Experimentiermaterialien in der Interventionsgruppe und in der Kontrollgruppe

Damit du dir einen elektrischen Stromkreis besser vorstellen kannst, vergleichst du ihn am besten mit einem „Wasserstromkreis“ (Abbildung 2). Wasser befindet sich in einem geschlossenen Rohr. Zunächst passiert nichts. Wenn aber jemand die Pumpe anstellt, drückt sie das Wasser durch das Rohr in die Turbine. Diese beginnt sich zu drehen. Das Wasser strömt weiter, nichts geht dabei verloren. Wird das Ventil aber geschlossen, strömt kein Wasser mehr, auch wenn die Pumpe noch läuft.

Ähnlich ist es beim elektrischen Stromkreis (Abbildung 3). In den Leitungen und in den elektrischen Bauteilen befinden sich Elektronen. Durch die Verbindung von der Batterie über die Lampe und den Schalter zurück zur Batterie entsteht ein geschlossener Kreis. Die Batterie treibt die Elektronen an. Diese strömen durch die *Hinleitung* zur Lampe und lassen sie aufleuchten. Die Elektronen bleiben aber nicht dort, sondern bewegen sich durch die *Rückleitung* zum anderen Anschluss der Batterie. Sie strömen also im Kreis. Den Elektronenstrom kannst du unterbrechen, wenn du den Schalter öffnest.

Abbildung 2 „Wasserstromkreis“

Abbildung 3 Stromkreis

Abbildung 4.9: Einführung des Wasserkreislaufmodells in der Kontrollgruppe

Die Kontrollgruppe hatte also die Möglichkeit, ihre Beobachtungen und Stundenergebnisse zu verschriftlichen, allerdings erfolge diese Verschriftlichung auf der sprachlichen Ebene unreflektiert. Um die effektive Lernzeit (time-on-task) (z.B. Kovanović et al., 2015) zu kontrollieren und eine vergleichbare Unterrichtseinheit im Umfang von fünf Doppelstunden zu entwickeln, wurden die Fachinhalte in der Kontrollgruppe erweitert. Die Erweiterung der Fachinhalte erfolgte innerhalb des Themengebiets der Elektrizitätslehre.

Zur Erweiterung der Fachinhalte gehörten zum Beispiel Ergänzungen von weiterführenden Experimenten. Ein Beispiel für weiterführende Experimente ist die Betrachtung von komplexeren und zusammengesetzten UND- und ODER-Schaltungen in der vierten Doppelstunde. Als zusätzlicher Kontext kann die Einführung des Wasserkreislaufmodells genannt werden (vgl. Abbildung 4.9).

Tabelle 4.2: Beispiel der tabellarischen Übersicht über den Unterrichtsverlauf einer Doppelstunde in der Interventionsgruppe

Fachinhaltliche Handlung	HKS	Sprachliche Handlung	HKS
Die Lehrkraft stellt den Experimentierauftrag vor; es sollen Gegenstände auf ihre Leitfähigkeit überprüft werden. Dabei wird der Aufbau vorher erarbeitet und geplant.	LdE1		
		Die Lehrkraft überprüft, was die Schülerinnen und Schüler aus der ersten Doppelstunde über Konditionalsätze wissen. Die Funktion und Eigenschaften von Konditionalsätzen werden zusammengetragen.	Kb1
		Die Lehrkraft stellt ein neues Beispiel für einen Konditionalsatz vor. Die Schülerinnen und Schüler lesen den Satz und beschreiben den Inhalt sowie den Zusammenhang zu den Konditionalsätzen aus der vergangenen Doppelstunde.	Kb2
Die Schülerinnen und Schüler organisieren sich in Partnerarbeit und bereiten ihre Experimentiermaterialien vor. Sie führen ihre Versuche mit den verschiedenen Gegenständen durch und dokumentieren ihre Beobachtungen	LdE2		
		Die Lehrkraft fasst die wichtigsten Eigenschaften von Konditionalsätzen zusammen, die für die Dokumentation einer experimentellen Beobachtung genutzt werden. Dabei wird insbesondere auf den Zusammenhang zu den zu dokumentierenden Fachinhalten hingewiesen: Was verändert man? Was verändert sich dadurch?	Kb3
		Die Schülerinnen und Schüler können ihre Beobachtungen aufschreiben und damit mit der neuen Funktion der Konditionalsätze arbeiten.	Kb4
Die Lehrkraft beendet die Experimentierphase und eröffnet eine Diskussion im Plenum: Welche Erfahrungen habt ihr im Experiment gemacht? Welche Gegenstände leiten den elektrischen Strom? Es wird erwartet, dass sich die Ergebnisse der einzelnen Gruppen für einige typische Materialien überschneidet.	LdE3		
		Die Schülerinnen und Schüler können sich mit Beobachtungstabellen auseinandersetzen und vergleichen die beiden Arten, Beobachtungen zu dokumentieren.	Kb4
Die Lehrkraft fasst die Ergebnisse zusammen und leitet die Schülerinnen und Schüler dazu an, ihre Ergebnisse auf Generalisierbarkeit zu überprüfen: Welche Gegenstände / Stoffe leiten den elektrischen Strom im Allgemeinen?	LdE4		
		Die Schülerinnen und Schüler können nun durch Konditionalsätze versuchen, eine Verallgemeinerung zu schreiben. Dabei setzen sie sich im Kontext der Verallgemeinerung mit „nur wenn, dann“ zusammenhängen auseinander.	Kb5
Die Lehrkraft überprüft, in welchen anderen Kontexten die Schülerinnen und Schüler mit Leitern und Isolatoren Erfahrungen gemacht haben.	LdE5		

4.2.1 Erprobung der gemeinsam entwickelten Unterrichtseinheiten

Die gemeinsam entwickelten Unterrichtseinheiten für die Interventionsgruppe und für die Kontrollgruppe wurden im Laufe der Projektlaufzeit im Rahmen einer Präpilotierung

und einer Pilotierung erprobt. Die Präpilotierung und die Pilotierung dienten neben der Erprobung der Unterrichtseinheiten, auch der Überprüfung der Logistik der Studie sowie der entwickelten Testinstrumente und wurden während des Schuljahres 2016/2017 durchgeführt. An der Präpilotierung und an der Pilotierung waren insgesamt drei sechste und zwei siebte Klassen der teilnehmenden Projektschulen beteiligt. Dabei haben zwei Klassen sieben und eine Klasse sechs sowohl an der Präpilotierung als auch an der Pilotierung teilgenommen. Die Stichprobe setzte sich aus insgesamt 234 Schülerinnen und Schülern ($M = 12.06$, $SD = 1.03$, 48% weiblich) zusammen, wobei 209 ($M = 12.12$, $SD = 1.04$, 47% weiblich) der Interventionsgruppe und 25 ($M = 11.60$, $SD = 0.86$, 60% weiblich) der Kontrollgruppe zugeordnet waren. Die Erprobung der gemeinsam entwickelten Unterrichtseinheit und die Überprüfung der Testinstrumente erfolgten also in denselben Projektschulen und denselben Jahrgangsstufen wie in der Hauptstudie, um eine maximale Vergleichbarkeit der Stichproben gewährleisten zu können.

In der Präpilotierung wurde zunächst eine Vortestung durchgeführt, in der die entwickelten Testinstrumente eingesetzt wurden. Aufgrund des Projektrahmens (vgl. Kapitel 1) und der zeitlichen Belastung konnten nicht alle Kontrollvariablen erhoben werden. Bereits etablierte Testinstrumente für die Erhebung der Kontrollvariablen wurden nicht überprüft. Informationen aus der Datenanalyse wurden genutzt, um die Testinstrumente anzupassen und weiterzuentwickeln. Die angepassten Testinstrumente wurden anschließend in der Pilotierung eingesetzt, um die Testinstrumente für die Hauptuntersuchung zu entwickeln. Die Konzeption und die Entwicklung der Testinstrumente sowie ihr Optimierungsprozess werden im Kapitel 4.4 vorgestellt.

Die Erprobung der Interventionsinhalte erfolgte in der Pilotierung. Ziel dieser Erprobung war es, zu überprüfen, ob in unterschiedlichen Klassen die für die Intervention aufgestellten Lernziele erreicht werden konnten. Darüber hinaus wurde die Dauer der unterrichtlichen Erprobung der Intervention im Schulalltag gemessen. Am Ende der Pilotierungsstudie erfolgte eine gemeinsame Reflektion der eingesetzten Unterrichtsmaterialien mit den teilnehmenden Lehrkräften in Arbeitssitzungen und Fortbildungsseminaren. Die daraus resultierenden Optimierungsvorschläge wurden anschließend in die finale Version der Interventionsinhalte sowohl für die Interventionsgruppe als auch für die Kontrollgruppe eingearbeitet.

4.3 Studiendesign

Um die erste Forschungsfrage (siehe Kapitel 3) zu beantworten, musste zunächst die Entwicklung der sprachlichen und fachlichen Fähigkeiten der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler analysiert werden. Zur Klärung der Forschungsfragen sollen die korrelativen Zusammenhänge zwischen diesen Fähigkeiten längsschnittlich im Rahmen einer Interventionsstudie aufgeklärt werden (z.B. Bortz & Weber, 2005; Döring & Bortz, 2016). Auf Grund der nicht randomisierten Gelegenheitsstichprobe (vgl. Kapitel 4.5) konnte für die Untersuchung kausaler Zusammenhänge nur ein quasiexperimentelles Design für die Studie gewählt werden. Die Schülerinnen und Schüler der Kontroll- und Interventionsgruppe wurden zu zwei Zeitpunkten - vor und nach der Intervention - getestet. Der Aufbau der Studie ist in Tabelle 4.3 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 4.3: Aufbau der Studie

	Interventionsgruppe	Kontrollgruppe
	Vortest	
	2 Schulstunden	
	Unterrichtseinheit zum Themenbereich der Elektrizitätslehre	
Intervention		
5 Doppelstunden	Verschriftlichung von Fachinhalten durch konditionale Satzmuster unter Anleitung	Thematisch vergleichbare Erweiterung der Fachinhalte unter Kontrolle der effektiven Lernzeit
	Nachtest	
	2 Schulstunden	

Der Ablauf der Untersuchung kann in drei Einheiten aufgeteilt werden. Eine Woche vor und nach der Intervention wurden Vortest und Nachtest durchgeführt. Um die Fähigkeitsentwicklungen der Schülerinnen und Schüler überprüfen zu können, wurden die fachbezogenen Konstrukte in beiden Testungen erhoben. Die Erhebung der für die Dauer der Intervention zeitlich stabilen Kontrollvariablen wurde aus zeitökonomischen Gründen auf beide Messzeitpunkte verteilt. Die eingesetzten Testinstrumente werden im Kapitel 4.4 beschrieben.

4.3.1 Durchführung der Intervention und der Testungen

Die Unterrichtseinheiten der Intervention wurden in der Interventionsgruppe und in der Kontrollgruppe von den im Projekt *Sprachbildung im Physikunterricht* teilnehmenden Lehrkräften durchgeführt. Drei Lehrkräfte unterrichteten jeweils eine Klasse in der Interventionsgruppe und eine Klasse in der Kontrollgruppe. Zwei Lehrkräfte konnten wegen der Unterrichtsverteilung in den teilnehmenden Schulen nur eine Klasse unterrichten. Um die Vergleichbarkeit der in den unterschiedlichen Klassen von verschiedenen Lehrkräften durchgeführten Unterrichtseinheiten zu gewährleisten, wurden die Lehrkräfte mit standardisierten Unterrichtsmaterialien versorgt und in gemeinsamen Arbeitssitzungen und Einzelgesprächen auf die Intervention vorbereitet. Für die weitere Erhöhung der Durchführungsobjektivität wurden die eingesetzten Unterrichtsmaterialien mit expliziten Handlungsanleitungen und Musterlösungen zu allen Aufgaben versehen. Um die Durchführung zusätzlich zu kontrollieren, wurden stichprobenartig mehrere Unterrichtsstunden hospitiert und anschließend gemeinsam reflektiert. Darüber hinaus wurden alle Lehrkräfte angehalten, ihre Unterrichtsstunden mit genauen Stundenverläufen und Kommentaren zu Unregelmäßigkeiten zu protokollieren. Diese Datensätze blieben allerdings unvollständig und somit wenig zuverlässig. Mögliche Konsequenzen des praxisorientierten Studiendesigns für die Gütekriterien der Objektivität, Reliabilität und Validität sowie für die Gültigkeit der Aussagen werden in Kapitel 6 diskutiert.

Alle Testungen wurden von einem Testleiter standardisiert durchgeführt. Zur Standardisierung wurden Testleitermanuale erstellt, die einheitliche Leitfäden und genaue

Instruktionen für den Ablauf der Testungen beinhalten. Die Testsituationen dauerten zwei Schulstunden. Alle Testungen fanden in Physikräumen statt und wurden vom Testleiter und der unterrichtenden Lehrkraft beaufsichtigt. Sowohl Vorgehen als auch Auffälligkeiten während der Testung wurden in einem Durchführungsprotokoll vom Testleiter dokumentiert. Die Schülerinnen und Schüler erhielten zunächst eine zehnminütige Einleitung in die Testung, in der das Projekt *Sprachbildung im Physikunterricht* sowie der Aufbau der Testinstrumente vorgestellt wurden. Während der Bearbeitung der Testhefte wurden das Matching der Daten vorbereitet und die Einverständniserklärungen der Eltern oder Erziehungsberechtigten für die Teilnahme an der Studie überprüft. Alle hier erwähnten Dokumente und Materialien befinden sich im Anhang.

Die Studie wurde im Regelphysikunterricht der teilnehmenden Lehrkräfte während des Schuljahres 2017/2018 durchgeführt. Der Physikunterricht fand wöchentlich in Doppelstunden gegliedert statt, sodass die Untersuchung in jeder Klasse insgesamt sieben Wochen dauerte. Die Studie fand, bis auf eine Ausnahme, parallel in allen teilnehmenden Schulen statt. In einer Klasse fing die Studie wegen des epochalen Physikunterrichts etwa drei Wochen verzögert an. Die Vergleichbarkeit der teilgenommenen Klassen wird in Kapitel 6 diskutiert.

4.4 Testinstrumente

Dem Studiendesign (vgl. Kapitel 4.3) entsprechend, wurden im Laufe der Untersuchung zunächst die kognitiven Fähigkeiten, die aktuelle Motivation, basale Lesefertigkeiten und demographische Daten als Kontrollvariablen erhoben. Darüber hinaus wurden im Vortest und im Nachtest die beiden zentralen Variablen - der Umgang mit konditionalen Satzmustern und das Fachwissen in der Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit - überprüft. Tabelle 4.4 listet die im Laufe der Untersuchung eingesetzten Testinstrumente zur Erhebung der genannten Variablen auf. Im Folgenden werden die eingesetzten Testinstrumente sowie ihr Konstruktionsprozess genauer vorgestellt und analysiert.

Tabelle 4.4: Die in der empirischen Untersuchung eingesetzten Testinstrumente

Eingesetzte Instrumente	
Vortest	Kognitiver Fähigkeitstest (Heller & Perleth, 2000)
	Fachwissenstest zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit
	Test zur Erfassung der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern
	Fragebogen zur aktuellen Motivation (adaptiert nach Rheinberg et al., 2001)
Nachtest	Salzburger Lese-Screening 2-9 (Wimmer & Mayringer, 2016)
	Intrinsic Motivation Inventory (u.a. Ryan, 1982; Ryan et al., 1991)
	Fachwissenstest zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit
	Test zur Erfassung der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern

4.4.1 Kontrollvariablen

Kognitiver Fähigkeitstest

Aufgrund der Überprüfung fachlicher Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern, wurden in der vorliegenden Studie die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten als Kontrollvariable erhoben (vgl. z.B. Kauertz, 2008; Viering, 2012). Die gemessenen Fähigkeiten im Umgang mit konditionalen Satzmustern sowie das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler könnten durch die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten beeinflusst (moderiert) werden. Zur Erhebung der allgemeinen kognitiven Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler wurde der kognitive Fähigkeitstest (**KFT 4-12 + R**) eingesetzt (Heller & Perleth, 2000). Der KFT 4-12 + R erfasst Fähigkeitsbereiche wie beispielsweise das Sprachverständnis, arithmetisches sowie das anschauungsgebundene Denken und umfasst insgesamt drei Skalen (verbale Skala, quantitative Skala, nonverbale Skala) (Heller & Perleth, 2000). Aus zeitökonomischen Gründen konnten in der Untersuchung nur eine der drei Skalen erhoben werden. Aufgrund des Einsatzes des Salzburger Lese-Screenings (Wimmer & Mayringer, 2016), das die basalen Lesefertigkeiten von Schülerinnen und Schülern überprüft, wurde auf die Erhebung der verbalen Skala verzichtet. Weiterhin überprüfen die quantitative und die nonverbale Skala das logische Denken bezüglich anschauungsgebundener Aspekte und hängen miteinander zusammen (Heller & Perleth, 2000), sodass in der Untersuchung nur die Subskala N2 eingesetzt wurde. Darüber hinaus spielt Mathematisierung in der Intervention weniger eine Rolle als beispielsweise die Klassifikation und der Vergleich von Beobachtungen. Das Format der Aufgaben der Subskala N2 ist Multiple-Choice-Single-Select, wobei eine von insgesamt fünf Antwortmöglichkeiten korrekt ist. Schülerinnen und Schüler mussten bei den Aufgaben der Subskala N2 mit Figurenanalogien arbeiten (Heller & Perleth, 2000). Es wurden insgesamt 25 Aufgaben bearbeitet.

Als ein etabliertes Instrument zur Erhebung der allgemeinen kognitiven Fähigkeiten, das bereits vielfach eingesetzt und überprüft wurde, wurde der KFT 4-12 + R in der Pilotierung nicht eingesetzt. Die Reliabilitäten der Subskala N2 werden für die Jahrgangsstufen 6 und 7 im Mittel mit etwa .89 angegeben (Heller & Perleth, 2000).

Salzburger Lese-Screening 2-9

Aufgrund des Einflusses sprachlicher Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern auf ihre fachlichen Leistungen (siehe Kapitel 2), wurden in der vorliegenden Studie die sprachlichen Eingangsvoraussetzungen kontrolliert. Als sprachliche Eingangsvoraussetzung wurde aus zeitökonomischen Gründen nur die Lesefertigkeit erhoben. Insbesondere aufgrund des Einsatzes umfangreicher, schriftlicher Unterrichtsmaterialien ist die Lesefertigkeit entscheidend. Das **Salzburger Lese-Screening 2-9** (SLS) ist ein zeitökonomisches Verfahren zur Überprüfung der basalen Lesefertigkeit von Schülerinnen und Schülern (Wimmer & Mayringer, 2016). Schülerinnen und Schüler wurden aufgefordert, in kurzer Zeit (drei Minuten) eine Abfolge von Sätzen zu lesen und ihre inhaltliche Korrektheit mit richtig oder falsch zu bewerten.

Als ein etabliertes Instrument zur Erhebung der basalen Lesefertigkeit von Schülerinnen und Schülern, das bereits vielfach eingesetzt und überprüft wurde, wurde das SLS in der Pilotierung nicht eingesetzt. Die Reliabilitäten des SLS betragen für die Jahrgangsstufen

6 und 7 im Mittel etwa .91 (Wimmer & Mayringer, 2016).

Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen

Schülerinnen und Schüler sind im Allgemeinen im Fachunterricht eher wenig motiviert zu schreiben (siehe Kapitel 2.6). Zusätzlich können schreibintensive Interventionen, die explizite Spracharbeit fokussieren, zu Motivationsverlusten bei Schülerinnen und Schülern führen (siehe Kapitel 2.5). Um mögliche motivationale Effekte und Gruppenunterschiede kontrollieren zu können, wurde in der Vortestung die initiale Motivation der Schülerinnen und Schüler mit einem angepassten Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen [FAM] erhoben (Rheinberg et al., 2001). Der FAM besteht aus insgesamt 18 Items, die vier Skalen abbilden: Misserfolgsbefürchtung, Erfolgswahrscheinlichkeit, Interesse und Herausforderung. Der FAM wurde bereits national und international ($N = 944$) erprobt. Aus verschiedenen Experimenten in der Erprobung liegen Validitätshinweise vor (Rheinberg et al., 2001). Die internen Konsistenzen für die einzelnen Skalen bewegen sich zwischen $\alpha = .66$ und $\alpha = .90$. Als ein etabliertes Testinstrument wurde der FAM in der vorliegenden Studie nicht zusätzlich pilotiert. Aus testökonomischen Gründen wurden in der vorliegenden Studie nur die Skalen Interesse und Herausforderung erhoben. Die beiden Skalen Interesse und Herausforderung wurden aufgrund ihrer Eigenschaft, fachliche Leistung von Schülerinnen und Schülern vorherzusagen, ausgewählt (vgl. Rheinberg et al., 2001).

Intrinsic Motivation Inventory

Der *Intrinsic Motivation Inventory* [IMI] ist ein mehrdimensionales Messinstrument zur Erfassung der subjektiven Erfahrung über eine beliebige Aktivität (vgl. z.B. Ryan, 1982; Ryan et al., 1991), das auf der Selbstbestimmungstheorie der Motivation basiert (z.B. Deci & Ryan, 1993). Den Hintergrund des IMI bildet die Annahme, dass Menschen selbstgesteuert agieren und Aktivitäten internalisieren, wenn sie diese als interessant, wertvoll und nützlich empfinden. Das Messinstrument umfasst insgesamt sechs Skalen, wovon in der vorliegenden Studie aufgrund der theoretischen Annahmen zur Motivation von Schülerinnen und Schülern bei Schreibaktivitäten (siehe Kapitel 2.6) nur drei (*Interesse/Vergnügen*, *Kompetenzerleben* und *Wert/Nutzen*) berücksichtigt werden konnten. Die Skala *Interesse/Vergnügen* wird dabei als ein starkes Indiz intrinsischer Motivation betrachtet und umfasst mehr Items als alle anderen Skalen (vgl. Deci et al., 1994). Der IMI wurde bereits in vielen Studien erprobt und validiert, auch in der Kurzversion (vgl. z.B. McAuley et al., 1989; Wilde et al., 2009).

In der vorliegenden Studie wurden in Anlehnung an den englischen Originalversionen und an der IMI-Kurzskala (Wilde et al., 2009) alle Items der drei Skalen konstruiert und pilotiert. Die Items umfassen eine Aussage zum Schreiben im Physikunterricht (beispielsweise „Das Schreiben im Physikunterricht hat mir Spaß gemacht“, „Mit meiner Leistung beim Schreiben im Physikunterricht bin ich zufrieden“ oder „Das Schreiben im Physikunterricht ist wichtig“) und eine Likert-Skala mit sieben Merkmalsausprägungen, auf der die Schülerinnen und Schüler angeben mussten, inwiefern sie dieser Aussage zustimmen. Die Zuordnung der Items zu den einzelnen Skalen wurde in der statistischen

Auswertung mit einer Faktoranalyse überprüft. Die internen Konsistenzen der Skalen betragen in der Pilotierung Cronbachs $\alpha = .87$ (Skala *Interesse/Vergnügen*), $\alpha = .75$ (Skala *Kompetenzerleben*) und $\alpha = .87$ (Skala *Wert/Nutzen*).

Learning Climate Questionnaire

Als eine weitere Möglichkeit den Unterricht der an den Interventionen teilgenommenen Lehrerinnen und Lehrer zu kontrollieren und vergleichen zu können (siehe dazu auch 4.3.1) wurde im Rahmen der vorliegenden Studie der *Learning Climate Questionnaire* [LCQ] in seiner Kurzform eingesetzt (z.B. Black & Deci, 2000; Williams et al., 1997). Der LCQ erfasst die wahrgenommene Autonomieunterstützung der Schülerinnen und Schüler in dem vorgegebenen Unterrichtssetting (vgl. dazu Kapitel 4.3).

Die eingesetzte Kurzform des LCQ umfasst sechs Items, die aus einer Aussage zum Unterrichtssetting (beispielsweise „Mein Lehrer ermutigt mich, ihn um Rat zu fragen“ oder „Mein Lehrer lässt mir im Physikunterricht Freiheiten und Wahlmöglichkeiten“) und einer Likert-Skala mit sieben Merkmalsausprägungen bestehen. Die sechs Items wurden in Anlehnung an die Originalversion übersetzt und pilotiert. Bei der statistischen Auswertung wurde zunächst durch eine Faktoranalyse sichergestellt, dass die sechs Items eine Skala bilden. In der Pilotierung zeigte die Skala eine interne Konsistenz von Cronbachs $\alpha = .80$.

Demographische Daten

Im Vortest wurden ebenfalls demographische Daten der Schülerinnen und Schüler erfasst. Dabei wurden persönliche Merkmale (Alter, Geschlecht, Migrationshintergrund) sowie vorwissensbezogene Merkmale (letzte Zeugnisnoten in den Fächern Deutsch und Mathematik) abgefragt. Die Zeugnisnote im Fach Physik konnte zum Testzeitpunkt nicht abgefragt werden. Darüber hinaus wurden die Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler im Themengebiet der Elektrizitätslehre und im Umgang mit konditionalen Satzmustern überprüft.

4.4.2 Fachwissenstest zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit

Um das Fachwissen zur Elektrizitätslehre aus der Unterrichtseinheit vor und nach der Intervention zu erfassen, wurde ein Fachwissenstest entwickelt. Im Folgenden wird zunächst der Entwicklungsprozess des Fachwissenstests erläutert und im Anschluss zusammenfassend Ergebnisse aus der Pilotierungsstudie sowie Testgütekriterien diskutiert.

Ziel des Fachwissenstests war es, die Inhalte aus der entwickelten Unterrichtseinheit (siehe Kapitel 4.2) curricular (den zentralen und schulinternen Lehrplänen sowie den Standards und den in der Unterrichtseinheit vermittelten Inhalte entsprechend) und ökologisch (angepasst an die Schulpraxis der teilnehmenden Projektschulen) valide zu erfassen. Bereits erprobte und etablierte Instrumente, beispielsweise der Fachwissenstest aus dem Ganz-In-Längsschnitt (Krabbe & Fischer, 2015) oder das Testinstrument zum Verständnis in der Elektrizitätslehre (Urban-Woldron & Hopf, 2012), konnten nicht

gänzlich übernommen werden, da sie die Inhalte der Unterrichtseinheit nicht ausreichend abdecken oder einen gänzlich anderen Fokus im Themenbereich der Elektrizitätslehre haben. Ähnlich zum Vorgehen bei der Entwicklung der Unterrichtseinheit für die Intervention, wurde die curriculare und inhaltliche Validität des Fachwissenstests durch eine Analyse der Standards für den mittleren Schulabschluss, der zentralen und schulinternen Lehrpläne sowie in den Projektschulen eingesetzten Schulbücher sichergestellt (z.B. Boysen et al., 2009; Feldmann et al., 2008; Kultusministerkonferenz, 2005c). Der inhaltlichen Verteilung in der Unterrichtseinheit entsprechend, konnten für die Überprüfung durch den Fachwissenstest insgesamt fünf Themengebiete identifiziert werden (siehe Tabelle 4.5). Im Fachwissenstest eingesetzte Items wurden den einzelnen Unterrichtsstunden zugeordnet.

Tabelle 4.5: Die in der Unterrichtseinheit behandelten Themengebiete

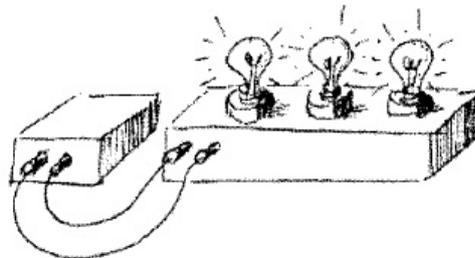
UE	Thema (zusammengefasst)	Itembezeichnung
1	Geschlossener Stromkreis	U1##
2	Leiter und Isolatoren	U2##
3	Reihen- und Parallelschaltungen	U3##
4	UND- und ODER-Schaltungen	U4##
5	Wechselschaltungen	U5##

Die ersten beiden Zeichen in der Bezeichnung der Items im Fachwissenstest beziehen sich also auf die Unterrichtsstunde, in der das zu überprüfende Thema eingeführt wurde. Überprüft ein Item ein übergeordnetes Konzept oder mehrere Zusammenhänge (siehe Konstruktionsprozess weiter unten), so bezieht sich die Bezeichnung des Items auf die letzte Unterrichtsstunde, in der das notwendige Wissen für die Lösung des Items vermittelt wurde. Um die Bezeichnung der Items im Fachwissenstest zu verdeutlichen, stellt Abbildung 4.10 ein eingesetztes Item (U3K3) dar. Im dargestellten Beispiel mussten Schülerinnen und Schüler aufgrund der dargestellten Eigenschaften über die verwendete Schaltung entscheiden. Über die Bedingungen für geschlossene Stromkreise hinaus mussten die Schülerinnen und Schüler Eigenschaften von Reihen- und Parallelschaltungen kennen, die erst in der dritten Unterrichtsstunde behandelt wurden, was in der Itembezeichnung U3## resultiert.

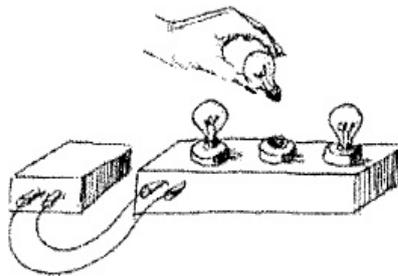
Die Items des Fachwissenstests zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit wurden entweder selbst entwickelt oder aus bereits etablierten Instrumenten, wie zum Beispiel aus dem DIRECT-Test (Engelhardt & Beichner, 1997), dem Ganz-In-Längsschnitt (Krabbe & Fischer, 2015) oder PISA (z.B. Frey et al., 2015) und TIMSS (z.B. International Association for the Evaluation of Educational Achievement, 2007) entnommen. Alle Items waren im Multiple-Choice-Single-Select-Format, wobei nur eine von vier Antwortmöglichkeiten richtig war. Dadurch sollten sowohl die Testökonomie, als auch die Auswertungsobjektivität erhöht werden (vgl. Döring & Bortz, 2016). Um die aufgelisteten Themen der entwickelten Unterrichtseinheit (siehe Tabelle 4.5) zu erfassen, wurden für die Erstellung des Fachwissenstests Items unterschiedlicher Schwierigkeiten benötigt. Um Items unterschiedlicher Schwierigkeiten zu konstruieren, wurde eine vereinfachte Version des ESNaS-Kompetenzstrukturmodells im Kompetenzbereich *Fachwissen* eingesetzt (vgl. Walpuski et al., 2010).

U3K3

Aus einem Kasten, der an eine elektrische Quelle angeschlossen ist, ragen drei leuchtende Glühlampen heraus.



Schraubt man eine dieser Glühlampen heraus, leuchten die übrigen nicht mehr.



Kreuze an, welche Schaltung für die Glühlampen verwendet wurde.

- Reihenschaltung.
- Wechselschaltung.
- Brückenschaltung.
- Parallelschaltung.

Abbildung 4.10: Fachwissenstest zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit: Beispielitem

Die eingesetzten Komplexitätsstufen waren mit aufsteigender Schwierigkeit *ein Fakt (F)*, *ein Zusammenhang (Z)* und *mehrere Zusammenhänge oder ein übergeordnetes Konzept (K)*.

Die Bezeichnung des Items U3** in der Abbildung 4.10 wurde also der Komplexitätsstufe *mehrere Zusammenhänge oder ein übergeordnetes Konzept (K)* zugeordnet. Für die Pilotierung wurden insgesamt 35 Items entwickelt, die alle Themen und Komplexitätsstufen abgedeckt haben. Ein Expertenrating für die Zuordnung der Items zu den Themen und zu den Komplexitätsstufen wurde vor der Pilotierung durchgeführt. Für die Zuordnung der Items zu den Themen lag Cohens κ bei .88 und für die Zuordnung zu den Komplexitätsstufen bei .80.

Um die Qualität der entwickelten Items vor dem Einsatz in der Hauptstudie zu überprüfen, wurde der Fachwissenstest zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit in einer Präpilotierung und in einer Pilotierung eingesetzt (für genauere Angaben siehe Kapitel 4.2.1). Die an der Präpilotierung teilgenommenen Schülerinnen und Schüler hatten in ihrem Physikunterricht das Themengebiet der Elektrizitätslehre nicht behandelt. Ihr Vorwissen bezüglich der Elektrizitätslehre war somit vergleichbar mit dem Vorwissen der Hauptstudienstichprobe vor der durchgeführten Intervention. Die Pilotierung wurde im Anschluss an die Erprobung der entwickelten Unterrichtseinheit zum Themenbereich der Elektrizitätslehre für die Interventionsgruppe durchgeführt. Das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler bezüglich der Elektrizitätslehre wurde als vergleichbar mit dem Vorwissen der Hauptstudienstichprobe nach der durchgeführten Intervention angenommen. Alle Schülerinnen und Schüler mussten in der Präpilotierung und in der Pilotierung die komplette Itemauswahl bearbeiten. In den Testungen wurden die Schülerinnen und Schüler dazu aufgefordert, alle Items zu bearbeiten, sodass alle fehlende Antworten als falsch kodiert wurden.

Sowohl in der Präpilotierung als auch in der Pilotierung wurden die Eigenschaften der einzelnen Items des entwickelten Fachwissenstests zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit statistisch überprüft. Aufgrund des geringen Vorwissens der Schülerinnen und Schüler und des daraus resultierenden Ratens bei der Bearbeitung der Items, waren die interne Konsistenz des Testinstruments sowie die Trennschärfen der einzelnen Items in der Präpilotierung typischerweise gering, sodass von einem höheren Messfehler ausgegangen werden musste. Die Ergebnisse der Präpilotierung wurden genutzt, Fehler bei den konstruierten Items vor der Pilotierung zu beheben sowie erhaltenes Feedback von Experten bezüglich der Itemformulierungen und der Itemschwierigkeit einzuarbeiten. Eine genauere Betrachtung der internen Konsistenz sowie der Trennschärfen der einzelnen Items erfolgte in der Pilotierung. Dadurch konnten diejenigen Items für den Einsatz in der Hauptstudie identifiziert werden, die eine ausreichende Trennschärfe ($r \geq .3$) sowie eine adäquate Itemschwierigkeit aufweisen ($.2 \leq P \leq .8$) (vgl. z.B. Döring & Bortz, 2016). Die so identifizierten 25 Items zeigten in der Pilotierung eine interne Konsistenz von Cronbach's $\alpha = .75$. Eine interne Konsistenz von $\alpha = .80$ wird im Allgemeinen als zufriedenstellend oder gut bezeichnet (vgl. z.B. Bühner, 2011; Döring & Bortz, 2016). Der Gesamtscore der Schülerinnen und Schüler im Fachwissenstest zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit in der Pilotierung korreliert mit ihren letzten Zeugnisnoten in den Fächern Physik ($r = -.25, p < .001$) und Mathematik ($r = -.13, p < .05$), aber nicht mit ihrer letzten Zeugnisnote im Fach Deutsch. Eine diskriminante Validierung zum KFT konnte nicht durchgeführt werden (siehe Kapitel 4.4.1).

In der Hauptstudie wurde die Durchführungsobjektivität für den Fachwissenstest zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit durch den Einsatz von Testleitermanualen sichergestellt. Durch eine doppelte Eingabe der Testhefte konnte die Auswertungsobjektivität sichergestellt werden. Dabei wurden etwa 10% der Testhefte aus der Prätestung (22 Testhefte) sowie etwa 10% der Testhefte aus der Posttestung (22

Testhefte) doppelt eingegeben. Sowohl in der Prätestung als auch in der Posttestung konnten keine fehlerhaften Eingaben festgestellt werden. Darüber hinaus soll die Interpretationsobjektivität durch genaue Erläuterungen des Vorgehens bei der Datenanalyse und der Diskussion sichergestellt werden.

4.4.3 Testinstrument zur Erfassung der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern

Um die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Umgang mit konditionalen Satzmustern vor und nach der Intervention zu erheben, wurde ein Testinstrument entwickelt. Ähnlich zum Vorgehen im Kapitel 4.4.2, werden im folgenden Kapitel zunächst der Entwicklungsprozess des Testinstruments vorgestellt und anschließend Ergebnisse aus der Pilotierungsstudie zusammenfassend diskutiert.

Ziel des Testinstruments war es, die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Umgang mit konditionalen Satzmustern bei Beschreibungen fachlicher Zusammenhänge sowie experimenteller Beobachtungen inhaltsvalide zu überprüfen. Bereits etablierte und erprobte Testinstrumente zur Erhebung sprachlicher Kompetenz von Schülerinnen und Schülern in der Unterstufe zielen auf die Erhebung sprachlicher Kompetenzen im Allgemeinen oder auf Teilbereiche sprachlicher Kompetenz, beispielsweise der C-Test (z.B. Grotjahn, 2014; Grotjahn & Kleppin, 2017) oder Tulpenbeet und Bumerang (z.B. Dirim & Döll, 2009; Gantefort & Roth, 2008). Ein zu den Zielen der vorliegenden Studie passendes Testinstrument wurde nicht gefunden und musste konstruiert werden. Um das Testinstrument zur Erfassung der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern inhaltsvalide zu konstruieren, wurden zunächst die sprachlichen Lernziele der für die Interventionsgruppe entwickelten Unterrichtseinheit analysiert. Zusätzlich wurde die Unterrichtseinheit der Kontrollgruppe auf die erforderlichen sprachlichen Handlungen für die Dokumentation und Diskussion fachlicher Ergebnisse untersucht. Die so als sprachliche Lernziele festgelegten fachlichen Funktionen konditionaler Satzmuster wurden in den Aufgaben des entwickelten Testinstruments erhoben. Die Inhaltsvalidität des Testinstruments wurde mit Experten (am Projekt teilgenommene Lehrerinnen und Lehrer sowie Studentinnen und Studenten des Masterstudiengangs Physik) überprüft.

Alle Items des Tests zur Erfassung der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern wurden selbstständig konstruiert. Um Items unterschiedlicher Schwierigkeiten zu konstruieren sowie alle fachlichen Funktionen konditionaler Satzmuster aus der Unterrichtseinheit zu überprüfen, wurde eine vereinfachte Version des Schreibkompetenzmodells von Becker-Mrotzek und Schindler (2007) als Konstruktionsvorlage für die eingesetzten Items benutzt. Das Schreibkompetenzmodell von Becker-Mrotzek und Schindler (2007) bezieht sich auf Textproduktion im Allgemeinen und differenziert unter anderem auch Orthografie, Lexik und Syntax als inhaltliche Anforderungsbereiche, die für die vorliegende Studie aufgrund der Fokussierung auf die fachlichen Funktionen von konditionalen Satzmustern nicht relevant waren. Für die Itemkonstruktion wurde der inhaltliche Anforderungsbereich *Textmuster* angepasst und für konditionale Satzmuster den Wissenstypen im Modell von Becker-Mrotzek und Schindler (2007) entsprechend ausdifferenziert. Es wurden insgesamt zwei Wissenstypen aus dem Modell abgeleitet und an die Anforderung der vorliegenden Studie angepasst.

Als erster Wissenstyp wurde im entwickelten Testinstrument deklaratives Wissen über

konditionale Satzmuster überprüft. Zum deklarativen Wissen gehören explizite Kenntnisse über konditionale Satzmuster, beispielsweise der Aufbau eines Konditionalsatzes sowie seine Funktionen im Kommunikationsprozess im Physikunterricht (siehe Abbildung 4.11). Die Items zur Überprüfung des deklarativen Wissens über konditionale Satzmuster wurden mit DW** bezeichnet, wobei die Zahl die Reihenfolge der Items im Testheft repräsentiert.

DW1
In der folgenden Tabelle sind Aussagen über Konditionalsätze dargestellt.

Kreuze an, ob diese Aussagen richtig oder falsch sind.

	<u>Aussage</u>	<u>richtig</u>	<u>falsch</u>
1	Mit einem Konditionalsatz können Bedingungen und ihre Folgen dargestellt werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Ein Konditionalsatz kann anhand der Wörter <u>wenn...dann</u> , <u>sofern</u> und <u>falls</u> erkannt werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 4.11: Beispielitem zur Überprüfung des deklarativen Wissens über konditionale Satzmuster

Als zweiter Wissenstyp wurde prozedurales Wissen überprüft. Zum prozeduralen Wissen gehören sowohl der rezeptive als auch der produktive Umgang mit konditionalen Satzmustern. Die Items zur Überprüfung der Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler im produktiven Umgang mit konditionalen Satzmustern fokussieren die schriftliche Erstellung von experimentellen Beobachtungen in bekannten und unbekanntem physikalischen Kontexten. Dabei wurden Beobachtungen aus Experimenten, die von Schülerinnen und Schülern verschriftlicht werden sollen, in einer Tabelle zusammengefasst dargestellt (siehe Abbildung 4.12). Es wurde von den Schülerinnen und Schülern erwartet, die Beobachtungen fachlich korrekt durch adäquate Satzmuster zu verfassen. Darüber hinaus wurde überprüft, ob Schülerinnen und Schüler zwei vorgegebene Sätze zu einem Konditionalsatz zusammenfassen können, wobei die Bedingung und die Folge korrekt bestimmt werden mussten (siehe Abbildung 4.13). Die Items zur Überprüfung des produktiven Umgangs mit konditionalen Satzmustern wurden mit PU** bezeichnet, wobei die Zahl die Reihenfolge der Items im Testheft repräsentiert.

Die Überprüfung des rezeptiven Umgangs mit konditionalen Satzmustern erfolgte mit Items, bei denen die Schülerinnen und Schüler Aussagen zu vorgegebenen experimentellen Beobachtungen sowie einfachen konditionalen Verknüpfungen im Allgemeinen mit richtig oder falsch bewerten mussten. Die Items überprüfen das Verständnis konditionaler und logischer Verknüpfungen sowie die Fähigkeit, mehrere Bedingungen und Folgen zu differenzieren (siehe Abbildung 4.14). Die Items zur Überprüfung des rezeptiven Umgangs mit konditionalen Satzmustern wurden mit PU** bezeichnet, wobei die Zahl die Reihenfolge der Items im Testheft repräsentiert.

PUA3
 Sven hat ein Experiment im Themenbereich der logischen Schaltungen durchgeführt und seine Beobachtungen in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Schalter A	Schalter B	Glühlampe
offen	geschlossen	leuchtet
geschlossen	geschlossen	leuchtet

Schreibe die Beobachtungen aus der Tabelle in zwei Sätzen **auf**.

Abbildung 4.12: Beispielitem zur Überprüfung des produktiven Umgangs mit konditionalen Satzmustern (Beobachtungen verschriftlichen)

PUA1
Füge die beiden Sätze zu einem sinnvollen Konditionalsatz **zusammen**.

Die Glühlampe leuchtet.

Das Kabel besteht aus Eisen.

Abbildung 4.13: Beispielitem zur Überprüfung des produktiven Umgangs mit konditionalen Satzmustern (Sätze kombinieren)

Zur Sicherung der Qualität der entwickelten Items wurde der Test zur Erfassung der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern vor dem Einsatz in der Hauptstudie in einer Präpilotierung und in einer Pilotierung eingesetzt (für genauere Angaben siehe Kapitel 4.2.1). Die an der Präpilotierung teilgenommenen Schülerinnen und Schüler hatten weder in ihrem Deutschunterricht noch im Unterricht anderer Sprachen konditionale Satzmuster explizit behandelt. Ihr Vorwissen bezüglich des Umgangs mit konditionalen Satzmustern war somit vergleichbar mit dem Vorwissen der Hauptstudienstichprobe vor der durchgeführten Intervention. Die Pilotierung wurde im Anschluss an die Erprobung der entwickelten Unterrichtseinheit zum Themenbereich der Elektrizitätslehre für die Interventionsgruppe durchgeführt. Das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler bezüglich des Umgangs mit konditionalen Satzmustern wurde als vergleichbar mit dem Vorwissen der Hauptstudienstichprobe nach der durchgeführten Intervention angenommen. Alle Schülerinnen und Schüler mussten in der Präpilotierung und in der Pilotierung die komplette Itemauswahl bearbeiten. In den Testungen wurden die Schülerinnen und Schüler dazu aufgefordert, alle Items zu bearbeiten, sodass alle fehlende Antworten als falsch kodiert wurden.

RUBK1
 Lea und Ali haben ein Experiment im Themenbereich der Elektrizitätslehre mit zwei Schaltern und einer Glühlampe durchgeführt und ihr **Ergebnis** in einem Satz zusammengefasst:

Die Glühlampe leuchtet, wenn beide Schalter geschlossen sind.

Kreuze an, ob die folgenden Aussagen, die anhand des Ergebnisses getroffen wurden, im Allgemeinen **richtig oder falsch** sind.

<u>Aussage</u>	<u>richtig</u>	<u>falsch</u>
Wenn die Glühlampe leuchtet, dann sind beide Schalter geschlossen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Die Glühlampe leuchtet“ ist eine Folge aus der Bedingung „Beide Schalter sind geschlossen“.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn einer der beiden Schalter offen ist, leuchtet die Glühlampe <u>nicht</u> .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eine Aussage, ob bei anderen Schalterstellungen die Glühlampe leuchtet, ist nicht möglich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 4.14: Beispielitem zur Überprüfung des rezeptiven Umgangs mit konditionalen Satzmustern

Analog zum Vorgehen bei der Überprüfung des Fachwissenstests zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit, wurden sowohl in der Präpilotierung als auch in der Pilotierung die Eigenschaften der einzelnen Items des entwickelten Tests zur Erfassung der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern statistisch überprüft. Aufgrund des geringen Vorwissens der Schülerinnen und Schüler und dem daraus resultierenden Raten bei der Bearbeitung der Items, waren die interne Konsistenz des Testinstruments sowie die Trennschärfen der einzelnen Items in der Präpilotierung typischerweise gering, sodass von einem höheren Messfehler ausgegangen werden musste. Die Ergebnisse der Präpilotierung wurden genutzt, Fehler bei den konstruierten Items vor der Pilotierung zu beheben sowie erhaltenes Feedback von Experten bezüglich der Itemformulierungen und der Itemschwierigkeit einzuarbeiten. Eine genauere Betrachtung der internen Konsistenz sowie der Trennschärfen der einzelnen Items erfolgte in der Pilotierung. Dadurch konnten diejenigen Items für den Einsatz in der Hauptstudie identifiziert werden, die eine ausreichende Trennschärfe sowie eine adäquate Itemschwierigkeit aufweisen (vgl. dazu Kapitel 4.4.2). Darüber hinaus wurde eine Faktoranalyse durchgeführt, um zu überprüfen, ob die Items den einzelnen Wissenstypen (deklaratives Wissen und prozedurales Wissen) zugeordnet werden konnten. Die ausgewählten Items zeigten in der Pilotierung eine interne Konsistenz von Cronbachs $\alpha = .70$. Der Gesamtscore der Schülerinnen und Schüler im Test zur Erfassung der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern korreliert mit ihren letzten Zeugnisnoten in den Fächern Deutsch ($r = -.20, p < .05$), Mathematik ($r = -.22, p < .01$) und Physik ($r = -.18, p < .05$).

Durch eine doppelte Eingabe der Testhefte konnte die Auswertungsobjektivität in der Hauptstudie sichergestellt werden (vgl. dazu Kapitel 4.4.2). Sowohl in der Prätistung als

auch in der Posttestung konnten keine fehlerhaften Eingaben festgestellt werden. Darüber hinaus wurde die Interpretationsobjektivität durch genaue Erläuterungen des Vorgehens bei der Datenanalyse und der Diskussion sowie durch ein Kodiermanual sichergestellt. Für die Doppelkodierung der offenen Aufgaben des Tests zur Erfassung der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern lag Cohens κ zwischen .70 und 1.00.

4.5 Stichprobe

Acht Klassen der Jahrgangsstufen sechs und sieben konnten für die Teilnahme an der Studie gewonnen werden. Die Klassen entstammen drei Gymnasien städtischer Gebiete in Nordrhein-Westfalen und wurden von den am Projekt *Sprachbildung im Physikunterricht* teilnehmenden Lehrkräften unterrichtet. Im Hinblick auf den Projektrahmen und das daraus resultierende Studiendesign konnte eine Zuordnung der Schülerinnen und Schüler in die Interventions- und die Kontrollgruppe nur klassenweise zufällig erfolgen, sodass keine Randomisierung der Stichprobe vorlag. Die Entscheidung der Lehrkräfte sowie der Schülerinnen und Schüler über die Teilnahme an der Studie erfolgte freiwillig und war zusätzlich durch die Unterrichtsverteilung in den Schulen bedingt. Es liegt also eine Gelegenheitsstichprobe vor, bei der eine getroffene Positivauswahl nicht ausgeschlossen werden kann.

Die Differenz der Klassen in der Jahrgangsstufe resultiert aus den Vorgaben der schulinternen Curricula. Abhängig von der Schule wird Physik entweder in der Jahrgangsstufe sechs oder in der Jahrgangsstufe sieben als Unterrichtsfach eingeführt. Bezüglich der Vorerfahrung im gymnasialen Physikunterricht waren die Schülerinnen und Schüler also vergleichbar. Vor der Intervention behandelten die Schülerinnen und Schüler ein von der Elektrizitätslehre unabhängiges Thema und wurden nicht sprachexplizit unterrichtet. Ein Vergleich der behandelten Unterrichtsinhalte anderer Schulfächer mit den eingesetzten Interventionsinhalten zeigte keine Überschneidung. Insbesondere im Deutschunterricht wurden konditionale Satzmuster nicht explizit behandelt.

Insgesamt 226 Schülerinnen und Schüler nahmen an der Studie teil, wovon 113 ($M = 11.59$, $SD = 0.57$, 49% weiblich, 63% Migrationshintergrund) der Interventionsgruppe und 113 ($M = 11.73$, $SD = 0.77$, 46% weiblich, 75% Migrationshintergrund) der Kontrollgruppe zugeordnet waren. Eine statistische Auswertung der kognitiven, sprachlichen, fachlichen und motivationalen Eingangsvoraussetzungen der Stichprobe kann im Kapitel 5.1 nachgelesen werden.

5 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Studie entlang der einzelnen Forschungsfragen dargestellt. Um geeignete statistische Analyseverfahren für die Beantwortung dieser Forschungsfragen wählen zu können, werden zunächst im Kapitel 5.1 die internen Konsistenzen der eingesetzten Testinstrumente, notwendige Verteilungsannahmen für die erhobenen Daten (darunter Normalverteilung und Varianzhomogenität) sowie kognitive, sprachliche und motivationale Eingangsvoraussetzungen der Stichprobe überprüft.

5.1 Deskriptive Ergebnisse

5.1.1 Interne Konsistenzen der eingesetzten Verfahren

Um Hinweise auf die Reliabilitäten der eingesetzten Testinstrumente und Fragebögen zu bekommen, werden im Folgenden ihre internen Konsistenzen zusammenfassend dargestellt. Dabei wurden die internen Konsistenzen sowohl für die Gesamtstichprobe [Gesamt] als auch für die Interventionsgruppe [IG] und die Kontrollgruppe [KG] separat berichtet, um die Reliabilitäten der Instrumente sowohl insgesamt als auch für die Einsetzbarkeit innerhalb der beiden Gruppen und die Vergleichbarkeit zwischen den Gruppen gewährleisten zu können.

In Tabelle 5.1 sind die internen Konsistenzen für die Testinstrumente zur Erfassung des Fachwissens zur Elektrizitätslehre der durchgeführten Unterrichtseinheit und der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern aufgeführt. Aufgrund des Einsatzes dieser Testinstrumente sowohl in der Prätestung als auch in der Posttestung (siehe Kapitel 4), werden die Stichprobengrößen und die internen Konsistenzen für die beiden Messzeitpunkte separat berichtet.

Die internen Konsistenzen der Testinstrumente zur Erfassung der Kontrollvariablen sind in Tabelle 5.2 dargestellt. Die Kontrollvariablen wurden nur einmal, entweder in der Prätestung oder in der Posttestung, erhoben (siehe Kapitel 4), sodass nur jeweils ein entsprechender Wert für die Gesamtstichprobe sowie die beiden Gruppen berichtet wird.

Interne Konsistenzen von über .80 werden üblicherweise als ausreichend und über .90 als hoch klassifiziert (Döring & Bortz, 2016). Für kleinere und heterogene Stichproben sowie für kürzere Skalen dürfen auch niedrigere interne Konsistenzen als ausreichend angesehen werden (Bühner, 2011). Bühner (2011) bezeichnet Skalen, deren Cronbachs α mindestens .60 beträgt, als ausreichend reliabel.

Zusammenfassend betrachtet können die internen Konsistenzen für die Testinstrumente zur Erfassung des Fachwissens zur Elektrizitätslehre und der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern in der Posttestung als akzeptabel bis gut bezeichnet werden. Erwartungsgemäß sind die internen Konsistenzen in der Prätestung aufgrund des höheren

Tabelle 5.1: Interne Konsistenzen für die Testinstrumente zur Erfassung des Fachwissens zur Elektrizitätslehre der durchgeführten Unterrichtseinheit und der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern

Gruppe	Variable	Itemzahl der Skala	Stichprobengröße		Interne Konsistenz der Skala	
			N (prä)	N (post)	Cronbachs α (prä)	Cronbachs α (post)
Gesamt	Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit	20	216	210	.61	.75
	Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern	28	216	207	.78	.82
	Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit	20	108	106	.59	.74
IG	Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern	28	108	104	.77	.83
	Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit	20	108	104	.61	.77
KG	Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern	28	108	103	.79	.80
	Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit	20	108	104	.61	.77

Tabelle 5.2: Interne Konsistenzen der Instrumente zur Erfassung der Kontrollvariablen

Gruppe	Variable	Itemzahl der Skala	N	Cronbachs α
Gesamt	Allgemeine kognitive Fähigkeiten	30	216	.88
	Basale Lesefertigkeit	70	210	.96
	Initiale Motivation	8	188	.80
	Wahrgenommene Autonomieunterstützung	6	180	.81
	Interesse / Vergnügen	6	191	.92
	Kompetenzerleben	5	192	.78
	Wert / Nutzen	7	180	.87
IG	Allgemeine kognitive Fähigkeiten	30	108	.88
	Basale Lesefertigkeit	70	105	.95
	Initiale Motivation	8	96	.78
	Wahrgenommene Autonomieunterstützung	6	94	.82
	Interesse / Vergnügen	6	100	.92
	Kompetenzerleben	5	99	.70
	Wert / Nutzen	7	94	.88
KG	Allgemeine kognitive Fähigkeiten	30	108	.86
	Basale Lesefertigkeit	70	105	.97
	Initiale Motivation	8	92	.83
	Wahrgenommene Autonomieunterstützung	6	86	.80
	Interesse / Vergnügen	6	91	.92
	Kompetenzerleben	5	93	.83
	Wert / Nutzen	7	86	.86

Rateverhaltens der Schülerinnen und Schüler etwas niedriger. Die internen Konsistenzen der Testinstrumente und Fragebögen zur Erfassung der Kontrollvariablen liegen in einem akzeptablen bis sehr guten Bereich. Bei keiner der vorliegenden Skalen hätte sich die Reliabilität durch Itemreduktion substantziell steigern lassen, so dass alle Items und Skalen zugunsten der Validität in ihrer eingesetzten Form belassen wurden.

5.1.2 Überprüfung der Verteilungsannahmen

Um geeignete statistische Verfahren für die Beantwortung der Forschungsfragen wählen zu können, insbesondere im Hinblick auf parametrische und nicht-parametrische Eigenschaften der Daten, müssen nach Field et al. (2012) zunächst die Daten im Hinblick auf die vier folgenden Bedingungen überprüft werden: (1) Normalverteilung, (2) Varianzhomogenität, (3) Intervallskalierung und (4) Unabhängigkeit der Messungen. Die Intervallskalierung und die Unabhängigkeit der Messungen sind aufgrund des Studiendesigns (siehe Kapitel 4) und der Eigenschaften der eingesetzten Testinstrumente und Fragebögen (siehe Kapitel 4.4) erfüllt. Die Überprüfung der Normalverteilung und Varianzhomogenität wird im Folgenden berichtet.

Zur Überprüfung der Datensätze auf Normalverteilung wurde aufgrund der eher kleinen Stichprobe der Shapiro-Wilk-Test eingesetzt. Die Ergebnisse der Normalverteilungsanalyse sind für die Testinstrumente zur Erfassung des Fachwissens zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit und der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern für die beiden Messzeitpunkte in Tabelle 5.3 und Tabelle 5.4 zusammengefasst. Die Normalverteilungsanalyse für die Kontrollvariablen ist in Tabelle 5.5 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 5.3: Fachwissenstest zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit: Überprüfung der Daten auf Normalverteilung

Gruppe	Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit (prä)	Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit (post)
Gesamt	$W = 0.98, p < 0.01$	$W = 0.97, p < 0.01$
Interventionsgruppe	$W = 0.98, p = 0.07$	$W = 0.97, p < 0.05$
Kontrollgruppe	$W = 0.97, p < 0.05$	$W = 0.96, p < 0.01$

Tabelle 5.4: Testinstrument zur Erfassung der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern: Überprüfung der Daten auf Normalverteilung

Gruppe	Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern (prä)	Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern (post)
Gesamt	$W = 0.99, p = 0.15$	$W = 0.99, p = 0.11$
Interventionsgruppe	$W = 0.99, p = 0.33$	$W = 0.97, p = 0.13$
Kontrollgruppe	$W = 0.98, p = 0.19$	$W = 0.99, p = 0.41$

Tabelle 5.5: Instrumente zur Erfassung der Kontrollvariablen: Überprüfung der Daten auf Normalverteilung

Gruppe	Gesamt	Interventionsgruppe	Kontrollgruppe
Zeugnisnote Deutsch	$W = 0.90, p < 0.01$	$W = 0.90, p < 0.01$	$W = 0.90, p < 0.01$
Zeugnisnote Mathematik	$W = 0.90, p < 0.01$	$W = 0.90, p < 0.01$	$W = 0.90, p < 0.01$
Allgemeine kognitive Fähigkeiten	$W = 0.92, p < 0.01$	$W = 0.92, p < 0.01$	$W = 0.92, p < 0.01$
Basale Lesefertigkeit	$W = 0.94, p < 0.01$	$W = 0.91, p < 0.01$	$W = 0.93, p < 0.01$
Initiale Motivation	$W = 0.98, p < 0.05$	$W = 0.98, p = 0.06$	$W = 0.98, p = 0.13$
Wahrgenommene Autonomieunterstützung	$W = 0.97, p < 0.01$	$W = 0.97, p < 0.05$	$W = 0.97, p < 0.05$
Interesse / Vergnügen	$W = 0.97, p < 0.05$	$W = 0.97, p < 0.05$	$W = 0.97, p < 0.05$
Kompetenzerleben	$W = 0.98, p < 0.05$	$W = 0.98, p = 0.07$	$W = 0.97, p < 0.05$
Wert / Nutzen	$W = 0.97, p < 0.01$	$W = 0.96, p < 0.05$	$W = 0.98, p = 0.09$

Wie die Analysen zeigen, sind die Tests in Bezug auf die Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern sowohl über alle Gruppen hinweg, als auch in der Interventionsgruppe und Kontrollgruppe sowohl für die Prätestung als auch für die Posttestung nicht signifikant. Die Daten sind demnach in allen Fällen normalverteilt. Die Daten zum Fachwissen zur Elektrizitätslehre sind hingegen nur in der Interventionsgruppe für die Prätestung normalverteilt. Bezogen auf die erhobenen Kontrollvariablen sind die Daten, mit den Ausnahmen initiale Motivation in der Interventionsgruppe sowie in der Kontrollgruppe, Kompetenzerleben in der Interventionsgruppe und Wert / Nutzen in der Kontrollgruppe nicht normalverteilt.

Tabelle 5.6 fasst die Überprüfung der Varianzhomogenität über die Interventionsgruppe und die Kontrollgruppe für alle erhobenen Testinstrumente zusammen. Mit der Ausnahme der allgemeinen kognitiven Fähigkeiten ($F(1, 214) = 4.90, p < .05$) sind die Varianzen in den beiden Gruppen gleich.

Tabelle 5.6: Überprüfung der Daten auf Varianzhomogenität

Variable	<i>F</i>-Statistik	Signifikanz
Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit (prä)	$F(1, 214) = 0.27$	$p = .60$
Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit (post)	$F(1, 208) = 0.70$	$p = .40$
Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern (prä)	$F(1, 214) = 0.50$	$p = .48$
Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern (post)	$F(1, 205) = 0.20$	$p = .65$
Zeugnisnote Deutsch	$F(1, 181) = 1.10$	$p = .30$
Zeugnisnote Mathematik	$F(1, 178) = 0.50$	$p = .48$
Allgemeine kognitive Fähigkeiten	$F(1, 214) = 4.90$	$p < .05$
Basale Lesefertigkeit	$F(1, 208) = 0.67$	$p = .41$
Initiale Motivation	$F(1, 186) = 0.27$	$p = .25$
Wahrgenommene Autonomieunterstützung	$F(1, 178) = 0.11$	$p = .74$
Interesse / Vergnügen	$F(1, 189) = 0.01$	$p = .97$
Kompetenzerleben	$F(1, 190) = 2.60$	$p = .11$
Wert / Nutzen	$F(1, 178) = 0.27$	$p = .60$

Die optische Überprüfung der Verteilungen zeigt allerdings eine nicht allzu große Abweichung von der Normalverteilung bei dem Großteil der eingesetzten Testinstrumente. Darüber hinaus wird für gängige statistische Analyseverfahren, darunter auch lineare Modelle und Varianzanalysen, eine Robustheit gegenüber Fehlern bei Abweichungen von der Normalverteilung sowie Varianzhomogenität für Stichprobengrößen über $N = 30$ angenommen (Horton, 1978). Vor diesem Hintergrund werden in der vorliegenden Arbeit die Ergebnisse parametrischer Analyseverfahren berichtet. Zur Sicherheit wurden die Ergebnisse ebenfalls mit nicht-parametrischen Analyseverfahren überprüft. Eine Abweichung in den Ergebnissen konnte nicht festgestellt werden. Aufgrund der Abweichung

der Datensätze der einzelnen erhobenen Testinstrumente von der Normalverteilung wird im Kapitel 5.1.3 zusätzlich zum Mittelwert auch der Median berichtet. Weitere, für die einzelnen Verfahren spezifische Voraussetzungen, werden im Rahmen der Beantwortung der Forschungsfragen überprüft.

5.1.3 Kognitive, sprachliche, fachliche und motivationale Eingangsvoraussetzungen

Als kognitive Eingangsvoraussetzungen wurden in der vorliegenden Studie allgemeine kognitive Fähigkeiten (siehe Kapitel 4.4) sowie die letzte Zeugnisnote im Fach Mathematik erhoben. Zu den sprachlichen Eingangsvoraussetzungen gehören basale Lesefertigkeit und die letzte Zeugnisnote im Fach Deutsch. Tabelle 5.7 fasst die Ausprägungen der oben genannten Kontrollvariablen für die Interventions- und die Kontrollgruppe zu Beginn der Studie zusammen.

Tabelle 5.7: Kognitive und sprachliche Eingangsvoraussetzungen

Variable	Interventionsgruppe		Kontrollgruppe	
	Mittelwert (<i>SD</i>)	Median	Mittelwert (<i>SD</i>)	Median
Allgemeine kognitive Fähigkeiten	13.80(6.8)	15	16.50(6.0)	19
Zeugnisnote Mathematik	2.42(1.03)	2.50	2.51(1.15)	2,0
Basale Lesefertigkeit	51.6(9.80)	53	51.80(11.60)	53
Zeugnisnote Deutsch	2.68(0.97)	3.0	2.57(0.85)	3.0

Tabelle 5.8 veranschaulicht die fachlichen Eingangsvoraussetzungen der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe. Zu den fachlichen Eingangsvoraussetzungen gehören die Ausprägungen der beiden Variablen Fachwissen zur Elektrizitätslehre (siehe Kapitel 4.4) sowie Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern vor der Intervention.

Tabelle 5.8: Fachliche Eingangsvoraussetzungen

Variable	Interventionsgruppe		Kontrollgruppe	
	Mittelwert (<i>SD</i>)	Median	Mittelwert (<i>SD</i>)	Median
Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit (prä)	8.50(3.12)	8.0	9.51(3.23)	9.0
Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern (prä)	16.30(5.67)	16	16.23(5.77)	16

Die motivationalen Eingangsvoraussetzungen der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe sind in Tabelle 5.9 zusammengefasst.

Der Vergleich der kognitiven, sprachlichen, fachlichen und motivationalen Eingangsvoraussetzungen der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe mittels T-Tests für gepaarte Stichproben zeigt keine signifikanten Unterschiede der Ausprägungen in den beiden Gruppen für die Variablen Zeugnisnote Mathematik und Deutsch, basale

Tabelle 5.9: Motivationale Eingangsvoraussetzungen

Variable	Interventionsgruppe		Kontrollgruppe	
	Mittelwert (<i>SD</i>)	Median	Mittelwert (<i>SD</i>)	Median
Initiale Motivation	0.62(0.17)	0.64	0.62(0.19)	0.64
Wahrgenommene Autonomieunterstützung	0.70(0.19)	0.74	0.70(0.19)	0.67
Interesse / Vergnügen	0.57(0.23)	0.55	0.59(0.24)	0.62
Kompetenzerleben	0.69(0.15)	0.69	0.68(0.19)	0.72
Wert / Nutzen	0.69(0.19)	0.72	0.69(0.19)	0.72

Lesefertigkeit, Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit und Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern (vor der Intervention), initiale Motivation, wahrgenommene Unterstützung sowie Interesse / Vergnügen, Kompetenzerleben und Wert / Nutzen (alle $t < 1$). Allerdings kann ein signifikanter Unterschied zwischen der Interventionsgruppe ($M = 13.80$, $SD = 6.80$) und der Kontrollgruppe ($M = 16.50$, $SD = 6.0$) bezüglich ihrer kognitiven Fähigkeiten festgestellt werden. Allgemeine kognitive Fähigkeiten müssen also bei allen durchgeführten statistischen Analyseverfahren als Kovariate betrachtet werden.

5.2 Auswertung der Interventionsergebnisse

Mit der ersten Forschungsfrage wird überprüft, ob und in welchem Umfang die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler, konditionale Satzmuster anzuwenden, durch die im Rahmen des Promotionsvorhabens entwickelte Intervention geschult werden kann. Die hierzu aufgestellte Hypothese ist, dass bedingt durch den normalen Unterricht und zeitliche Faktoren, diese Fähigkeit in beiden Gruppen zwischen Prä- und Posttest steigt (H1a), dass dieser Anstieg in der Interventionsgruppe aber signifikant höher ist als in der Kontrollgruppe (H1b).

Die zweite Forschungsfrage überprüft, ob die Intervention auch mit einer Steigerung des Fachwissens einhergeht. Analog zu den ersten beiden Hypothesen wird entsprechend postuliert, dass in beiden Gruppen das Fachwissen vom Prätest zum Posttest wächst (H2a) und dass dieser Zuwachs in der Interventionsgruppe höher ist als in der Kontrollgruppe (H2b). Zudem wird für beide Gruppen postuliert, dass der Zuwachs im Fachwissen positiv und signifikant mit dem Zuwachs in der Fähigkeit, konditionale Satzmuster anzuwenden, korreliert (H2c).

Schließlich wurde explorativ noch die Forschungsfrage untersucht, ob Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund im Vergleich zu ihren Peers ohne Migrationshintergrund besser oder schlechter von den beiden Interventionen profitieren. Hierzu wurden keine gerichteten Hypothesen aufgestellt, da Gruppenunterschiede in beide Richtungen denkbar waren. So könnten Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund in besonderem Maß von der Intervention profitieren, wenn sie aufgrund der bislang sprachlichen Benachteiligung durch die Intervention in Bezug auf Fachsprache Zuwächse zeigen, die ihnen wiederum ermöglichen, auch im Fachwissen schneller „aufzuholen“. Andererseits wäre aber auch denkbar, dass gerade durch sprachliche Defizite zu Beginn der Intervention diese

nicht in gleichem Maß erfolgreich sein kann und dass diese Schülerinnen und Schüler dann erst recht „abgehängt“ werden.

Um diese Hypothesen zu überprüfen, wurden die Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern (vor und nach der Interventionsphase) sowie der diesbezügliche Zuwachs zwischen Interventionsgruppe und Kontrollgruppe verglichen. Gleichermaßen wurde der Zuwachs des Fachwissens zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit in der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe überprüft.

5.2.1 Forschungsfragen 1 und 2: Zuwachs der fachlichen und sprachlichen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler

Zur Beantwortung der ersten und zweiten Forschungsfrage wurden zwei Varianzanalysen (ANOVA) mit Messwiederholung gerechnet, wobei die abhängigen Variablen jeweils die Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern (Forschungsfrage 1) und das Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit (Forschungsfrage 2) waren. Als Innersubjektfaktor wurde der Messzeitpunkt (Prätestung und Posttestung) und als Zwischensubjektfaktor die Gruppenzugehörigkeit (Interventionsgruppe oder Kontrollgruppe) betrachtet. Die Voraussetzungen für Varianzanalysen mit Messwiederholung wurden im Kapitel 5.1 überprüft oder sind aufgrund der Eigenschaften der eingesetzten Testinstrumente und des Studiendesigns (siehe Kapitel 4) erfüllt. Die deskriptiven Ergebnisse der beiden Varianzanalysen mit Messwiederholung sind in Tabelle 5.10 zusammengefasst. Ein optischer Vergleich der Zuwächse der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern sowie des Fachwissens zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit für beide Gruppen ist in Abbildung 5.1 und in Abbildung 5.2 dargestellt.

Tabelle 5.10: Deskriptive Ergebnisse der Varianzanalysen

	Interventionsgruppe		Kontrollgruppe	
	Prätestung	Posttestung	Prätestung	Posttestung
	Mittelwert (<i>SD</i>)			
Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit	8.44 (3.13)	11.10 (3.74)	9.51 (3.22)	11.90 (3.91)
Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern	16.27 (5.66)	19.20 (6.20)	16.23 (5.77)	16.92 (6.04)

Bezüglich der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern zeigt die Messwiederholungsanalyse in der Interventionsgruppe einen statistisch hochsignifikanten durchschnittlichen Zuwachs um 3.27 Punkte (Cohens $d = 0.62$, $p < .001$). In der Kontrollgruppe steigt die Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern zwar auch um 0.96 Punkte, dieser Zuwachs ist jedoch statistisch nicht signifikant. Ein Vergleich des Zuwachses in der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern zwischen der Prätestung und der Posttestung zeigt entsprechend für die Interventionsgruppe einen signifikant höheren Wert als für die Kontrollgruppe ($F(1, 195) = 11.50$, $p < .001$, Cohens $d = 0.59$). Während Hypothese 1a damit nur bedingt bestätigt werden kann, kann Hypothese 1b angenommen werden.

Analog zeigt die Messwiederholungsanalyse in Bezug auf die zweite Forschungsfrage

einen statistisch signifikanten Zuwachs des Fachwissens zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit sowohl in der Interventionsgruppe (durchschnittlicher Zuwachs um 2.70 Punkte, $p < .001$, Cohens $d = 0.90$) als auch in der Kontrollgruppe (durchschnittlicher Zuwachs um 2.24 Punkte, $p < .001$, Cohens $d = 0.69$). Damit zeigt die Interventionsgruppe zwar einen leicht höheren Zuwachs im Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit, dieser Unterschied wird aber nicht statistisch signifikant ($p = .26$). Hypothese 2a kann somit bestätigt werden, Hypothese 2b muss abgelehnt werden.

Schließlich wurden zur Überprüfung von Hypothese 2c noch bivariate Korrelationen zwischen dem Zuwachs in der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern sowie dem Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit berechnet. In Übereinstimmung mit den zuvor gefundenen Ergebnissen zu den Forschungsfragen 1 und 2 werden diese Korrelationen weder für die Gesamtstichprobe ($r = .015$, $p = .84$) noch für die Interventionsgruppe ($r = .00$, $p = .97$) oder die Kontrollgruppe ($r = -.01$, $p = .89$) signifikant.

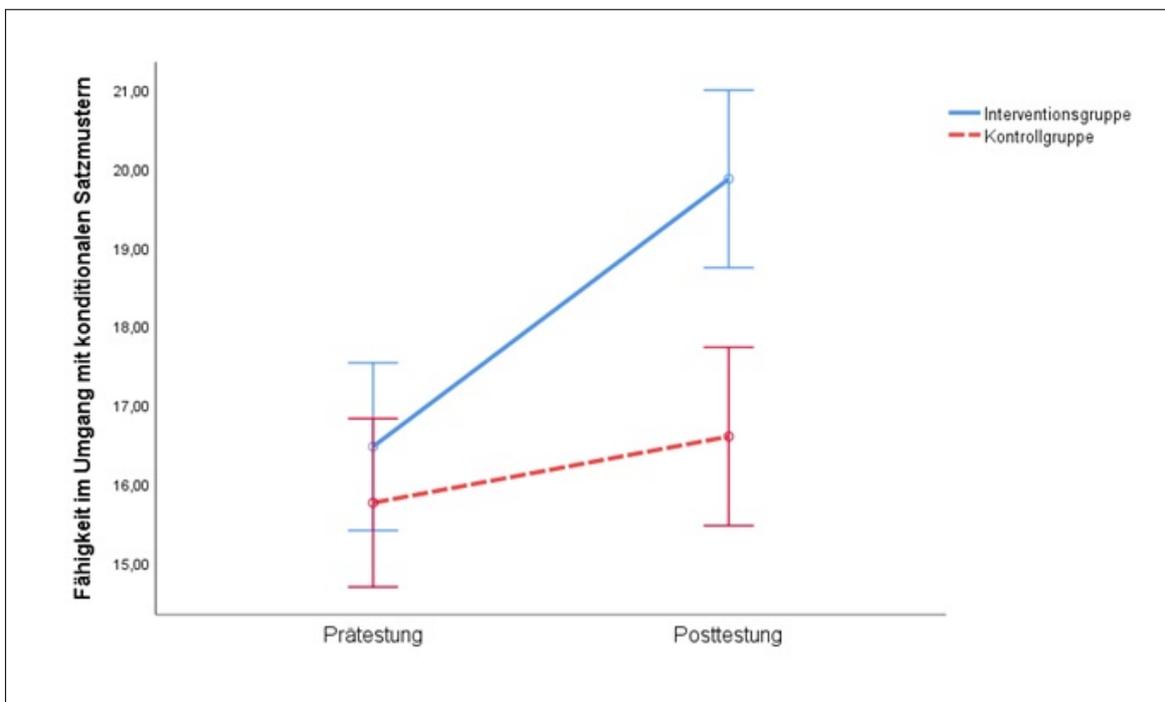


Abbildung 5.1: Zuwachs der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern in der Interventionsgruppe und in der Kontrollgruppe

Zusammenfassend betrachtet steigen im Rahmen der Intervention bei der Interventionsgruppe sowohl die Fähigkeit zum Umgang mit konditionalen Satzmustern als auch das Fachwissen zur Elektrizitätslehre jeweils signifikant vom Prätest zum Posttest. Bei der Kontrollgruppe steigt während der Interventionsphase zwischen Prätest und Posttest die Fähigkeit zum Umgang mit konditionalen Satzmustern nur in geringem Umfang, während das Fachwissen zur Elektrizitätslehre genau wie in der Interventionsgruppe signifikante Zuwächse aufweist. Die Korrelationen zwischen dem Zuwachs in der Fähigkeit zum Umgang mit konditionalen Satzmustern und dem Fachwissenszuwachs werden weder für die Gesamtstichprobe noch für die beiden Gruppen signifikant. In der Summe lässt

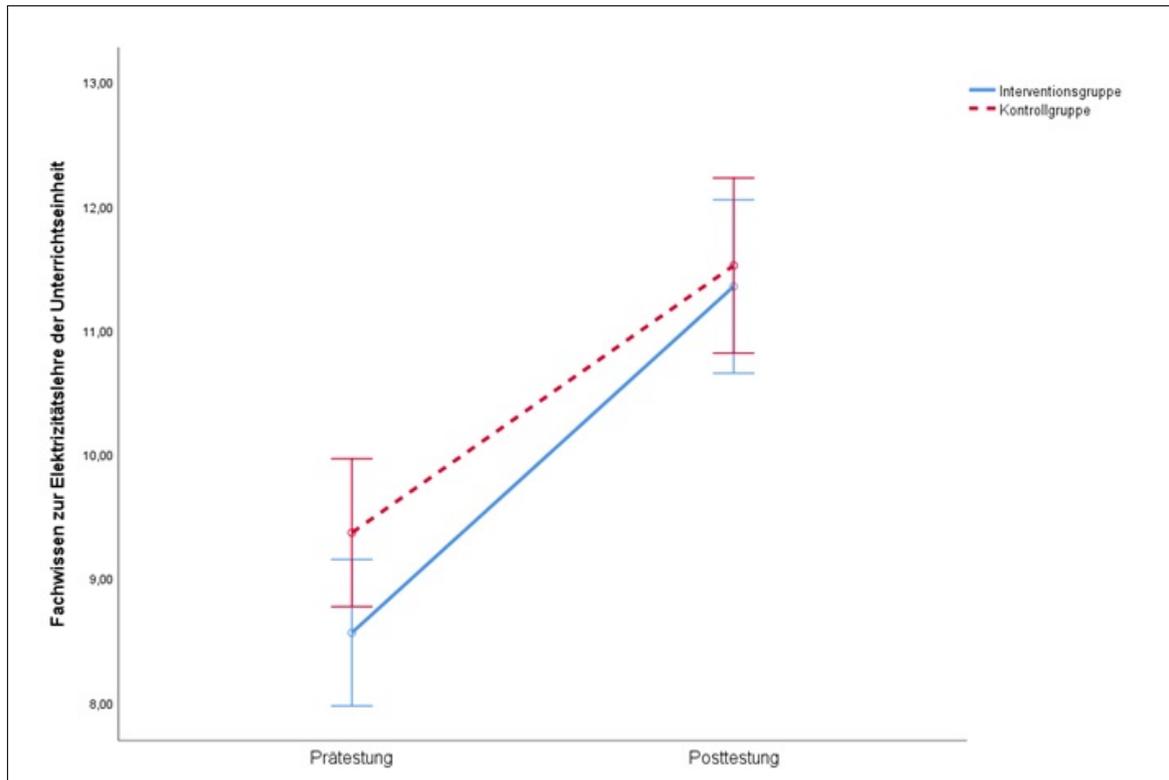


Abbildung 5.2: Zuwachs des Fachwissens zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit in der Interventionsgruppe und in der Kontrollgruppe

dies darauf schließen, dass die Intervention selbst zwar (im Vergleich zum traditionellen Unterricht) die Fähigkeit, konditionale Satzmuster zu verstehen und anzuwenden, stärker fördern kann, dass der gleichzeitig gefundene signifikante Fachwissenszuwachs aber nicht zwingend auf die Intervention zurückzuführen ist.

5.2.2 Forschungsfrage 3: Differentielle Effekte der Intervention – Zusammenhang der Interventionseffekte mit dem Migrationshintergrund der Schülerinnen und Schüler

Mit der Forschungsfrage 3 wurde überprüft, ob die Schülerinnen und Schüler insbesondere im Hinblick auf ihren Migrationshintergrund gleich gut von den Interventionen profitieren können. Hintergrund dieser Forschungsfrage waren Überlegungen zur Lernförderlichkeit der Intervention bei Schülerinnen und Schülern, deren Muttersprache nicht zwingend Deutsch ist.

Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage wurden mithilfe zweifaktorieller Varianzanalysen mit Messwiederholung Interaktionseffekte zwischen dem Migrationshintergrund der Schülerinnen und Schüler und ihrer Gruppenzugehörigkeit in Bezug auf die auch im vorhergehenden Kapitel genannten abhängigen Variablen berechnet. Diese Messwiederholungsanalysen zeigen weder bezüglich des Zuwachses im Fachwissen

zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit ($p = .49$), noch bezüglich des Zuwachses in der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern ($p = .37$) Interaktionseffekte zwischen dem Migrationshintergrund der Schülerinnen und Schüler und der Gruppe, der sie zugeordnet waren. Mit anderen Worten profitieren Schülerinnen und Schüler mit und ohne Migrationshintergrund gleichermaßen von den Interventionen, und es erwächst mit oder ohne Migrationshintergrund analog kein Nachteil für die Schülerinnen und Schüler, wenn sie der Kontrollgruppe zugeordnet sind.

5.2.3 Weitere Ergebnisse: Individuelle Eigenschaften von Schülerinnen und Schülern (und ihr Zusammenwirken) als Prädiktoren für Lernerfolg

Die vorhergehenden und an die Forschungsfragen und Hypothesen angelehnten Analysen zeigten unter anderem, dass für Unterschiede im Fachwissenszuwachs weder ein Training zum Umgang mit konditionalen Satzmustern allein noch der Migrationshintergrund der Schülerinnen und Schüler prädiktiv sind. Da allerdings (siehe z.B. 2.1 oder Kapitel 2.4) der Erwerb fachlichen Wissens und fachlicher Kompetenzen das Kernziel naturwissenschaftlichen Unterrichts ist. Da auch vorherige Forschung wiederholt zeigt, dass nicht instruktionales Design allein, sondern häufig eine Kombination individueller Voraussetzungen auf Seiten der Lernenden eine hohe Vorhersagekraft für Lernzuwachs und Fachwissen hat (siehe z.B. Dickmann, 2019 für das Fach Chemie oder Opfermann und Gerjets, 2008 für das Fach Mathematik), stellte sich auch für die vorliegende Arbeit die Frage, ob bestimmte Kombinationen individueller Lernvoraussetzungen prädiktiv für den Fachwissenszuwachs zur Elektrizitätslehre bezogen auf die betroffene Unterrichtseinheit sind.

Um mehr Licht auf diese Frage zu werfen, wurden multiple hierarchische lineare Regressionen berechnet, in welche der Fachwissenszuwachs als Kriterium, also abhängige Variable, einfluss, und die individuellen Lerneigenschaften als Prädiktoren. Field et al. (2012) fassen die Voraussetzungen für aussagekräftige lineare Regressionen in fünf Punkten zusammen: (1) mindestens intervallskalierte abhängige Variable sowie mindestens intervallskalierte oder kategoriale Variablen mit zwei Kategorien als Prädiktoren, (2) eine von Null verschiedene Varianz der Prädiktoren, (3) keine Multikollinearität der Prädiktoren, (4) Unabhängigkeit der Residuen und (5) Homoskedastizität der Residuen. Die Voraussetzungen für die Skalierung der abhängigen Variablen sowie die von Null verschiedene Varianz der Prädiktoren wurden im Rahmen des Kapitels 5.1 überprüft, oder sind aufgrund der Eigenschaften der eingesetzten Testinstrumente (siehe Kapitel 4.4) erfüllt. Die Voraussetzung (5) (Homoskedastizität oder Normalverteilung der Residuen) wurde mit dem Shapiro-Wilk-Test ($p = .19$) überprüft und ist demnach erfüllt. Die Unabhängigkeit der Residuen (Voraussetzung 4) kann mithilfe der Durbin-Watson-Statistik überprüft werden. Die Durbin-Watson-Statistik kann Werte zwischen 0 und 4 annehmen, wobei ein Wert von 2 für eine komplette Unabhängigkeit der Residuen steht (Field et al., 2012). Akzeptabel sind Werte zwischen 1 und 3 (vgl. Field et al., 2012). Die Überprüfung der Durbin-Watson-Statistik erfolgt mit der Beschreibung der Ergebnisse der linearen Regressionen. Ebenfalls wird die Untersuchung der Multikollinearität im folgenden Abschnitt berichtet.

Welche Eigenschaften von Schülerinnen und Schülern können ihren Fachwissenszuwachs in Elektrizitätslehre voraussagen?

Um diese Frage beantworten zu können, wurden die eben schon beschriebenen hierarchischen Regressionen mit dem Fachwissenszuwachs in Elektrizitätslehre als Kriterium berechnet. Hierarchische Regressionen beinhalten dabei eine schrittweise Eingabe der (vermuteten) Prädiktoren, die sowohl einzeln als auch in Blöcken erfolgen kann. Im vorliegenden Fall sind die berücksichtigten Prädiktoren dabei zunächst die sprachlichen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Sinne ihrer basalen Lesefertigkeit sowie ihrer Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern. Darüber hinaus wurden als weitere Prädiktoren die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten sowie der Migrationshintergrund der Schülerinnen und Schüler, basierend auf der aus dem Kapitel 2 und dem Kapitel 4 vermuteten Größe ihres Einflusses, in das hierarchische Regressionsmodell eingefügt. Damit soll zunächst untersucht werden, ob die beiden sprachlichen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler zusammen ihren Fachwissenszuwachs in Elektrizitätslehre voraussagen können, um im nächsten Schritt zu überprüfen, ob die Voraussagekraft unter Kontrolle der allgemeinen kognitiven Fähigkeiten sowie des Migrationshintergrundes erhalten bleibt.

Die Durbin-Watson-Statistik der gerechneten hierarchischen linearen Regression ist mit einem Wert von 1.56 im akzeptablen Bereich, sodass von einer Unabhängigkeit der Residuen ausgegangen werden kann. Die Überprüfung der Multikollinearität erfolgt in Tabelle 5.11. Aufgrund der Höhe der Korrelationskoeffizienten kann eine Multikollinearität zwischen den einzelnen Prädiktoren ausgeschlossen werden.

Tabelle 5.11: Überprüfung der Multikollinearität der Prädiktoren

	1	2	3	4
1. Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern	–	.15*	.22**	–.10 ^{n.s.}
2. Basale Lesefertigkeit		–	.11 ^{n.s.}	–.29***
3. Allgemeine kognitive Fähigkeiten			–	–.10 ^{n.s.}
4. Migrationshintergrund				–

Signifikanzniveaus: * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$, n.s. = nicht signifikant; keine α -Fehler Korrektur

Die Ergebnisse der hierarchischen Regressionsanalysen sind in Tabellen 5.12 und 5.13 zusammengefasst. Die erste Tabelle zeigt dabei das Ausmaß an durch die drei Modelle berechneter aufgeklärter Varianz (R^2) und damit beim zweiten und dritten Modell auch die Änderung in R^2 durch die Hinzunahme weiterer Prädiktoren dar. Die dargestellten Werte, insbesondere auch die Signifikanz, sind ein Maß für die Modellpassung und erlauben eine Bewertung der Qualität der gerechneten Modelle. Die einzelnen Modelle inklusive der darin enthaltenen Prädiktoren finden sich in der zweiten Tabelle.

Im ersten Modell sind die basale Lesefertigkeit und der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern der Schülerinnen und Schüler als Prädiktoren berücksichtigt. Dieses Modell ist signifikant mit einem Anteil an aufgeklärter Varianz von $R^2 = .13$. Die Änderung der aufgeklärten Varianz im Vergleich zum *intercept-only-Modell* ist statistisch signifikant ($p < .001$). Im zweiten und dritten Modell wurden schrittweise die allgemeinen

kognitiven Fähigkeiten und der Migrationshintergrund der Schülerinnen und Schüler als weitere Prädiktoren hinzugefügt. Der Anteil an aufgeklärter Varianz erhöht sich dabei jeweils weiter, und beide Modelle sind für sich insgesamt signifikant. Die Erhöhung der aufgeklärten Varianz ist statistisch signifikant ($p < .001$, $F(4, 178) = 20.35$).

Tabelle 5.12: Varianzaufklärung der drei aufgestellten Regressionsmodelle

Modell	R^2	Änderung in F	Signifikanz
1	.14	17.32	$p < .001$
2	.25	20.0	$p < .001$
3	.31	17.67	$p < .001$

Tabelle 5.13: Regressionskoeffizienten der aufgestellten Regressionsmodelle

Modell		β	$S.E.$	Signifikanz
1	Konstante		1.25	$p = .16$
	Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern	.25	0.06	$p < .001$
	Basale Lesefertigkeit	.28	0.02	$p < .001$
2	Konstante		1.21	$p = .57$
	Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern	.19	0.06	$p < .01$
	Basale Lesefertigkeit	.25	0.02	$p < .001$
	Allgemeine kognitive Fähigkeiten	.30	0.03	$p < .001$
3	Konstante		1.64	$p < .01$
	Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern	.18	0.06	$p < .01$
	Basale Lesefertigkeit	.18	0.02	$p < .01$
	Allgemeine kognitive Fähigkeiten	.28	0.03	$p < .001$
	Migrationshintergrund	-.27	0.47	$p < .001$

Kurz gesagt sind alle drei Modelle prädiktiv für den Fachwissenszuwachs in Elektrizitätslehre, die höchste Vorhersagekraft hat dabei das dritte Modell, in dem alle vier Prädiktoren eine signifikante eigene Gewichtung zeigen und das insgesamt eine Varianz mit einem vergleichsweise hohen $R^2 = .31$ aufklärt. Mit anderen Worten können schon allein diese vier Prädiktoren in ihrem Zusammenspiel fast ein Drittel der Varianz im Fachwissenszuwachs in Elektrizitätslehre aufklären. Weiterhin beachtenswert ist, dass die individuellen Regressionskoeffizienten der beiden sprachlichen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler selbst unter Kontrolle ihrer kognitiven Fähigkeiten und des Migrationshintergrunds vergleichsweise stabil und signifikant bleiben.

Zusammenfassend betrachtet können sowohl die basale Lesefertigkeit der Schülerinnen

und Schüler als auch ihre Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern ihr Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit vor der Intervention statistisch signifikant vorhersagen. Die Vorhersagekraft der beiden sprachlichen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler bleibt selbst unter Kontrolle der aus der Theorie abgeleiteten Prädiktoren allgemeine kognitive Fähigkeiten sowie Migrationshintergrund der Schülerinnen und Schüler erhalten. Die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler ($\beta = .28, p < .001$) sowie ihr Migrationshintergrund ($\beta = .18, p < .01$) sind ebenfalls statistisch signifikante Prädiktoren für das Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit.

Kann der Zuwachs in der Fähigkeit von Schülerinnen und Schülern, mit konditionalen Satzmustern umzugehen, ihren Zuwachs im Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit vorhersagen?

Um diese Frage zu beantworten, können im Allgemeinen zunächst zwei Abhängigkeitsmodelle vermutet und untersucht werden: (1) der Zuwachs der Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler im Umgang mit konditionalen Satzmustern stellt den Zusammenhang zwischen der Gruppe, in der sie sich befinden, und ihrem Zuwachs im Fachwissen zur Elektrizitätslehre her (Mediationsanalyse) oder (2) der Zuwachs der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern verändert den Zusammenhang zwischen der Gruppe, in der sie sich befinden, und ihrem Zuwachs im Fachwissen zur Elektrizitätslehre (Moderationsanalyse).

Aufgrund der Ergebnisse der Forschungsfrage 2 (der Zuwachs des Fachwissens zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit der Schülerinnen und Schüler ist unabhängig von der Gruppe, in der sie sich befinden; siehe Kapitel 5.2.1) ist die Voraussetzung für einen Moderationszusammenhang nicht erfüllt (z.B. Baron & Kenny, 1986). Somit wird zur Beantwortung der gestellten Frage eine Mediationsanalyse durchgeführt. Dabei wird die Gruppe der Schülerinnen und Schüler als unabhängige, der Zuwachs ihres Fachwissens zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit als abhängige und der Zuwachs ihrer Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern als Mediationsvariable betrachtet.

Die Zusammenhänge zwischen den drei untersuchten Variablen, die beispielsweise nach Baron und Kenny (1986) als Voraussetzungen für die Überprüfung einer Mediation gelten, sind etwas neuerer Statistikkliteratur nach (z.B. Rucker et al., 2011; Zhao et al., 2010) dem indirekten Effekt der Mediation nachrangig und spielen eine untergeordnete Rolle. Somit kann die Mediationsanalyse in der vorliegenden Studie zunächst durchgeführt werden, obwohl eine Korrelation weder zwischen den Variablen Gruppe und Zuwachs im Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit, noch zwischen den Variablen Zuwachs in der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern und dem Zuwachs im Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit festgestellt werden kann. Ein Zuwachs zwischen den Variablen Gruppe der Schülerinnen und Schüler und ihrer Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern ist in der Form einer Korrelation gegeben ($r = -.22, p < .01$).

Die Mediationsanalyse wird in *R* (R Core Team, 2020) mithilfe des Pakets *medmod* (Selker, 2017) durchgeführt. Tabellen 5.14 und 5.15 fassen die Ergebnisse der Mediationsanalyse zusammen.

Die Ergebnisse der Mediationsanalyse zeigen weder einen direkten noch einen indirekten

Tabelle 5.14: Schätzung des Mediationsmodells

Effekt	Bezeichnung	<i>Z</i>	<i>p</i>
Indirekt	<i>axb</i>	-0.10	.92
Direkt	<i>c</i>	-0.86	.37

Tabelle 5.15: Schätzung der Pfade des Mediationsmodells (FUKSZ: Zuwachs in der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern; FWEZ: Zuwachs im Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit)

	Bezeichnung	<i>Z</i>	<i>p</i>
<i>Gruppe</i> → <i>FUKSZ</i>	<i>a</i>	-3.20	< .001
<i>FUKSZ</i> → <i>FWEZ</i>	<i>b</i>	-0.10	.92
<i>Gruppe</i> → <i>FWEZ</i>	<i>c</i>	-0.85	.40

Mediationseffekt des Zuwachses der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern auf den Zuwachs des Fachwissens der Schülerinnen und Schüler zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit. Der Zuwachs des Fachwissens zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit bleibt also unabhängig sowohl von der Experimentalgruppe, in der sich die Schülerinnen und Schüler befinden, als auch von ihrem Zuwachs der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern.

6 Zusammenfassung und Diskussion

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Entwicklung und empirische Überprüfung eines Unterrichtskonzepts, das fachliches Lernen im Themenbereich der Elektrizitätslehre in der Unterstufe sinnvoll und zielführend mit dem sprachlichen Handeln im Umgang mit konditionalen Satzmustern verknüpft. Als sinnvoll und zielführend wurde dabei die gemeinsame Förderung sowohl der sprachlichen als auch der fachlichen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler angesehen. Die Entwicklung des Unterrichtskonzepts erfolgte im Rahmen des Projektes *Sprachbildung im Physikunterricht* in Kooperation mit Lehrerinnen und Lehrern sowie ihren Projektschulen auf der Grundlage theoretischer Vorüberlegungen zur Sprache im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer sowie zum sprachexpliziten Unterricht. Das entwickelte Unterrichtskonzept wurde anschließend in den Projektschulen empirisch überprüft. Für die empirische Überprüfung wurden drei Forschungsfragen aufgestellt. Die Ergebnisse der empirischen Überprüfung, der Aufbau und der Rahmen des Projektes *Sprachbildung im Physikunterricht* sowie die Limitationen der vorliegenden Studie werden in diesem Kapitel zusammenfassend diskutiert.

6.1 Diskussion der Forschungsfragen

Die ersten beiden Forschungsfragen des empirischen Teils der vorliegenden Arbeit dienten der allgemeinen Evaluation der im Rahmen des Projektes *Sprachbildung im Physikunterricht* entwickelten Unterrichtseinheit zur Elektrizitätslehre in der Unterstufe. Mit der ersten Forschungsfrage wurde überprüft, ob und in welchem Umfang die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler, konditionale Satzmuster anzuwenden, geschult werden kann. Mit der zweiten Forschungsfrage wurde anschließend überprüft, ob die Interventionen bei den Schülerinnen und Schülern auch mit einer Steigerung des Fachwissens in der Elektrizitätslehre zur Unterrichtseinheit einhergeht. Mit der dritten Forschungsfrage wurde letztlich überprüft, inwiefern verschiedene Gruppen von Schülerinnen und Schülern unterschiedlich gut oder schlecht von der Intervention profitieren können.

Die Ergebnisse der Varianzanalysen mit Messwiederholung zeigten bei der ersten Forschungsfrage zunächst einen statistisch hochsignifikanten Zuwachs der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern bei den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe mit einer mittleren Effektstärke (Cohens $d = 0.62$). Die Höhe der Effektstärke entspricht den in verschiedenen Metastudien berichteten Ergebnissen unterschiedlicher Interventionen im Bereich der Sprachförderung im Allgemeinen sowie *Writing-to-Learn*-Ansätzen im Besonderen (vgl. z.B. Bangert-Drowns et al., 2004; Graham & Perin, 2007). Bangert-Drowns et al. (2004) berichten beispielsweise kleine bis mittlere Interventionseffekte auf sprachliche Fähigkeiten der Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer, allerdings wurden diese Effekte nicht in der Unterstufe oder bei kürzeren Interventionen festgestellt. Ein möglicher Grund für die im Vergleich dazu

positiveren Ergebnisse der vorliegenden Studie könnten der Aufbau und die Umsetzung der eingesetzten Schreibförderung sein. Bei klassischen *Writing-to-Learn*-Methoden können junge Schülerinnen und Schüler als ungeübte Schreiber schnell überfordert werden (vgl. z.B. Jang & Hand, 2017). Zusätzlich werden Schülerinnen und Schüler im für sie in der Unterstufe neu dazukommenden Fach Physik mit komplexeren Texten sowie mit anspruchsvolleren Anforderungen an zu erstellenden schriftlichen Antworten konfrontiert (vgl. Bangert-Drowns et al., 2004). Eine angeleitete Schreibförderung, wie in der vorliegenden Studie eingesetzt, kann den Schülerinnen und Schülern den Zugang zu Schreibaufträgen erleichtern und ermöglicht einen vergleichsweise höheren Interventionserfolg. Letztendlich lässt sich aufgrund der möglichen Einflüsse auf den Interventionserfolg, die nicht einzeln kontrolliert werden konnten (beispielsweise Feedbackphasen durch die Lehrerinnen und Lehrer sowie der Einsatz kurzer Schreibaufträge) (vgl. z.B. Bangert-Drowns et al., 2004; Graham & Perin, 2007), ein Zusammenspiel einzelner Faktoren als mögliche Ursache für die Studienergebnisse in der Interventionsgruppe vermuten.

In der Kontrollgruppe wurden bei der Überprüfung der ersten Forschungsfrage bezüglich der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern im Vergleich zur Interventionsgruppe bei den Schülerinnen und Schülern andere Ergebnisse festgestellt. Obwohl die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe im Laufe ihrer Intervention ebenfalls die Gelegenheit hatten, unter anderem experimentelle Beobachtungen und Ergebnisse sowie fachliche Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen schriftlich zu dokumentieren, konnte bei ihnen mit dem eingesetzten Testinstrument zur Erfassung der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern kein statistisch signifikanter Lernzuwachs gemessen werden. Während die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe ihre Schreibaufträge ohne Hilfe lösen mussten, wurden die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe durch Scaffolds beim Schreiben unterstützt und konnten im Anschluss der Verschriftlichung fachlicher Inhalte ihre Ergebnisse reflektieren. Die Unterschiede im Lernzuwachs der beiden Gruppen sind nicht nur bei der Überprüfung des deklarativen Wissens über konditionale Satzmuster messbar, sondern darüber hinaus auch bei der Verschriftlichung experimenteller Beobachtungen, die in beiden Interventionen gefordert war. An dieser Stelle kann zunächst zusammenfassend festgestellt werden, dass es in der vorliegenden Studie gelungen ist, die Fähigkeit im Umgang mit einem bestimmten sprachlichen Mittel zu fördern. Diese Förderung ist nur erfolgreich, wenn sie explizit erfolgt. Tabelle 6.1 fasst die Ergebnisse der Hypothesenüberprüfung zur ersten Forschungsfrage zusammen.

Tabelle 6.1: Übersicht über die Ergebnisse der Hypothesen zu Forschungsfrage 1

Hypothese	
H1a (Die Fähigkeit, konditionale Satzmuster anzuwenden, steigt in beiden Gruppen)	(√)
H1b (Der Anstieg der Fähigkeit, konditionale Satzmuster anzuwenden, ist in der Interventionsgruppe höher)	√

Im Hinblick auf das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler zur Elektrizitätslehre der entwickelten Unterrichtseinheit zeigen die Varianzanalysen mit Messwiederholung einen statistisch hochsignifikanten Zuwachs zwischen der Vortestung und der Nachtestung sowohl in der Interventionsgruppe (Cohens $d = 0.90$) als auch in der Kontrollgruppe (Cohens $d = 0.68$). Die Interventionsgruppe zeigt zwar einen leicht höheren Zuwachs im Fachwissen,

allerdings wird dieser Unterschied nicht statistisch signifikant. Die Befürchtung von Lehrerinnen und Lehrern, durch die eingesetzten Maßnahmen zur Förderung sprachlicher Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern Unterrichtszeit für fachliche Lernziele einzubüßen (vgl. z.B. Becker-Mrotzek et al., 2012), konnte in der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden. Vielmehr wurde gezeigt, dass die sprachgeförderten Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe beim Erwerb fachinhaltlicher Kompetenzen nicht benachteiligt wurden. Die Effektstärke in der Interventionsgruppe ist höher als die erwarteten kleinen bis mittleren Effektstärken, die in anderen Studien berichtet wurden (z.B. Bangert-Drowns et al., 2004). Es kann angenommen werden, dass der in der vorliegenden Studie verfolgte Ansatz, die Förderung sprachlicher Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler in die Vermittlung von Fachinhalten zu integrieren, funktionieren kann. Der nur tendenziell stärkere Zuwachs im Fachwissen der Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit ist insbesondere im Hinblick auf den Aufbau und die Inhalte der beiden Interventionen interessant. Obwohl die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe als Ersatz für die Komponente der Sprachförderung in ihrer Intervention die Gelegenheit hatten, sich mit ergänzenden fachlichen Inhalten auseinanderzusetzen, haben sie im Vergleich zu den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe im Fachwissenstest zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit nicht besser abgeschnitten. Die vergleichsweise kurze Dauer der entwickelten Unterrichtseinheiten reichte vermutlich nicht aus, um statistisch signifikante Unterschiede in der Leistung der Schülerinnen und Schüler im Fachwissenstest zur Elektrizitätslehre zu erzeugen. Der Erklärungsansatz, der Zuwachs der Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler im Umgang mit konditionalen Satzmustern würde ihren Erwerb des Fachwissens im Themenbereich der Elektrizitätslehre begünstigt, wird weder durch die Ergebnisse der Korrelationsanalyse (siehe Kapitel 5.2.1) noch durch die Ergebnisse der Mediationsanalyse (siehe Kapitel 5.2.3) unterstützt. Die gerechneten bivariaten Korrelationen zwischen dem Zuwachs in der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern und im Fachwissen der Schülerinnen und Schülern zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit zur Überprüfung der Hypothese **2c** zeigen weder in der Gesamtstichprobe noch in der Interventionsgruppe oder der Kontrollgruppe statistisch signifikante Ergebnisse. Ebenso zeigt die Mediationsanalyse weder einen direkten noch einen indirekten Effekt des Zuwachses der Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler, konditionale Satzmuster anzuwenden, auf den Zuwachs ihres Fachwissens zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit. Im Vergleich zu Ergebnissen anderer Studien, die beispielsweise hohe Korrelationen zwischen sprachlichen und fachlichen Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern berichten (vgl. z.B. Leutner et al., 2004; Ropohl et al., 2015), erscheint das zunächst unerwartet. Die zusätzliche Förderung des Umgangs mit einem bestimmten sprachlichen Mittel konnte die Vermittlung des Fachinhalts nicht begünstigen. Hierbei muss aber beachtet werden, dass es sich bei der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern nur um einen einzelnen Aspekt sprachlicher Kompetenz von Schülerinnen und Schülern handelt. Es lässt sich vermuten, dass vielmehr das Zusammenspiel vieler Aspekte der sprachlichen Kompetenz den Erwerb fachlicher Kompetenzen beeinflusst. Die noch im Laufe dieses Kapitels vorgestellten Ergebnisse zur Einordnung der vorliegenden Studie in die Forschungslandschaft zur didaktischen Sprachforschung zeigen dennoch, dass selbst einzelne Aspekte der Sprachkompetenz von Schülerinnen und Schülern zumindest ihre fachlichen Fähigkeiten vorhersagen können. Um den starken Zuwachs des Fachwissens insbesondere in der Interventionsgruppe genauer zu erklären, wäre eine Erhebung weiterer Variablen sinnvoll (siehe Kapitel 6.2). Tabelle 6.2 stellt die Ergebnisse der Hypothesenüberprüfung zur Forschungsfrage 2 zusammenfassend

dar.

Tabelle 6.2: Übersicht über die Ergebnisse der Hypothesen zu Forschungsfrage 2

Hypothese	
H2a (Das Fachwissen zur Elektrizitätslehre steigt in beiden Gruppen)	✓
H2b (Der Zuwachs des Fachwissens zur Elektrizitätslehre ist in der Interventionsgruppe höher)	X
H2c (Der Zuwachs des Fachwissens zur Elektrizitätslehre korreliert positiv mit der Fähigkeit, konditionale Satzmuster anzuwenden)	X

Zusammenfassend betrachtet zeigen die Evaluationsergebnisse, dass es in der vorliegenden Studie gelungen ist, den Umgang mit einem sprachlichen Mittel innerhalb einer vergleichsweise kurzen Unterrichtseinheit zu fördern. Diese Förderung erfolgte nicht auf Kosten der Vermittlung fachlicher Inhalte. Die vorgestellten Ergebnisse der Evaluation der durchgeführten Interventionen zeigen die Vorteile des Ansatzes, innerhalb einer Unterrichtseinheit ein bestimmtes sprachliches Mittel funktional und mit den Fachinhalten verknüpft zu vermitteln sowie dezidiert zu fördern. Das Schreiben hat sich als effektiv bei der Unterstützung von Schülerinnen und Schülern beim Erlernen, Verstehen und Anwenden konditionaler Satzmuster im fachinhaltlichen Kontext erwiesen. Allerdings zeigen die Ergebnisse zur zweiten Forschungsfrage zusätzlich, dass eine fachintegrierte Sprachförderung die Förderung fachlicher Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern nicht ersetzen, sondern nur sinnvoll ergänzen kann. Dies wird insbesondere durch den Fachwissenszuwachs in der Kontrollgruppe deutlich. Im Hinblick auf die Vorgaben und Ziele des Unterrichts in den naturwissenschaftlichen Fächern (siehe Kapitel 2.1), die unter anderem auch die sprachliche Kompetenz von Schülerinnen und Schüler in den Mittelpunkt stellen, könnte es also sinnvoll sein, das in der vorliegenden Arbeit vorgestellte Konzept zur sprachlichen Förderung im Unterricht einzusetzen, um den Schülerinnen und Schülern neben dem fachlichen Lernen auch das Lernen der Fachsprache zu ermöglichen.

Mit der dritten Forschungsfrage wurde überprüft, ob alle Schülerinnen und Schüler, insbesondere im Hinblick auf ihren Migrationshintergrund, gleich gut von der entwickelten Unterrichtseinheit profitieren können. Für Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund, die oft vom Unterricht im Allgemeinen nicht profitieren können (vgl. dazu Kapitel 2), zeigten die Analysen der differentiellen Interventionseffekte auf die gemessenen sprachlichen und fachlichen Fähigkeiten keine Benachteiligungen. Die zweifaktoriellen Varianzanalysen mit Messwiederholung zeigten weder bezüglich des Zuwachses des Fachwissens zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit noch bezüglich des Zuwachses der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern statistisch signifikante Effekte zwischen dem Migrationshintergrund der Schülerinnen und Schüler und der Gruppe, der sie zugeordnet waren. Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund haben also gleich gut von den Interventionen profitiert, wie ihre Peers ohne Migrationshintergrund, unabhängig davon, ob sie der Interventionsgruppe oder der Kontrollgruppe zugeordnet waren. Im Vergleich zu Ergebnissen anderer Studien (vgl. dazu Kapitel 2), aufgrund derer keine gerichteten Hypothesen aufgestellt werden konnten, können die entwickelten Interventionen für Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund als erfolgreich bezeichnet werden.

Ein möglicher Vorteil der entwickelten Interventionen für Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund im Vergleich zu alltäglichem Unterricht könnte der Aufbau der Unterrichtseinheit sowie der einzelnen Schulstunden sein, der sich lernprozesszentriert an der *Theorie der Basismodelle des Lernens und Lehrens* (Oser & Baeriswyl, 2011) orientiert. Insbesondere leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler können von einem solchermaßen strukturierten Unterrichtsverlauf profitieren (Zander, 2015). Die gemeinsam mit Lehrerinnen und Lehrern geplanten Unterrichtsinteraktionen und die eingesetzten Materialien haben den Schülerinnen und Schülern prototypische sprachliche Scaffolds zur Verfügung gestellt, die sie in unterschiedlichen Situationen anwenden konnten. Diese Art der Unterstützung hat es den Schülerinnen und Schülern ermöglicht, auch anspruchsvollere Aufgaben, selbst nachdem die zur Verfügung gestellten Scaffolds im späteren Verlauf der schriftlichen Arbeit abgebaut wurden, zu lösen.

Um die vorliegende Studie in das Umfeld bereits durchgeführter Studien mit ähnlichen Leitfragen und Ansätzen einordnen zu können sowie die Relevanz sprachlicher Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern für ihren allgemeinen Schulerfolg zu unterstreichen (vgl. z.B. Leutner et al., 2004; Prediger et al., 2015; Ropohl et al., 2015), wurden individuelle Eigenschaften von Schülerinnen und Schülern sowie ihr Zusammenwirken als Prädiktoren für den Lernerfolg untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass sowohl die basale Lesefertigkeit als auch die Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern als Teilkompetenzen der Sprachkompetenz von Schülerinnen und Schülern ihr Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit vor der Intervention statistisch signifikant vorhersagen können. Die Vorhersagekraft dieser beiden Teilkompetenzen bleibt selbst unter Kontrolle der allgemeinen kognitiven Fähigkeiten und des Migrationshintergrunds der Schülerinnen und Schüler stabil. Die vier untersuchten Prädiktoren klären insgesamt eine Varianz mit einer vergleichsweise hohen $R^2 = .31$. Damit ist das Vorhaben, die Bedeutung sprachlicher Kompetenz für den allgemeinen Schulerfolg zu zeigen, gelungen. Die vorgestellten Ergebnisse können die Aussagen bereits durchgeführter Studien aus dem Feld der didaktischen Sprachforschung im Bereich der naturwissenschaftlichen Fächer auch auf die Stichprobe und das Setting der vorliegenden Studie erweitern und unterstreichen die Relevanz der expliziten Sprachförderung im Physikunterricht.

6.2 Limitationen und Ausblick

6.2.1 Auswirkungen des Projektrahmens

Die vorliegende Studie wurde im Rahmen des Projekts *Sprachbildung im Physikunterricht* durchgeführt (siehe dazu Kapitel 1). Für die Interpretation der berichteten Ergebnisse ist es entscheidend, den möglichen Einfluss der eingehaltenen Randbedingungen des Projektrahmens zu reflektieren. Auf der einen Seite konnte die vorliegende Studie ihren vorgegebenen Zielen entsprechend sehr praxisnah und damit ökologisch valide durchgeführt werden. Auf der anderen Seite müssen zunächst zwei daraus resultierende, mögliche Einflussfaktoren diskutiert werden: die enge Zusammenarbeit mit den Lehrerinnen und Lehrern sowie die Stichprobe der Schülerinnen und Schüler.

Die Lehrerinnen und Lehrer wurden in Veranstaltungen zur Projektvorstellung rekrutiert und waren somit motiviert und an der aktiven Teilnahme interessiert. Hier könnte eine

Positivauswahl der Stichprobe der Lehrerinnen und Lehrer vermutet werden. Es kann angenommen werden, dass sie bestimmte Erwartungen an die Arbeitssitzungen und unterschiedliche Einstellungen zum Thema Sprachbildung im Physikunterricht hatten, die im Vorhinein nicht erhoben und überprüft wurden. Die persönlichen Merkmale der Lehrerinnen und Lehrer wirkten sich auf den Aufbau und die Inhalte der gemeinsam entwickelten Interventionsmaterialien sowie auf die Durchführung der Interventionen aus. Obwohl alle Lehrerinnen und Lehrer an der Entwicklung der Interventionsinhalte beteiligt waren und darüber hinaus an einzelnen Coachings teilgenommen haben sowie stichprobenartig vom Doktoranden im Unterricht besucht und kontrolliert wurden, kann ein Einfluss auf die Ergebnisse nicht ausgeschlossen werden. Ein zusätzlicher Einfluss insbesondere derjenigen Lehrerinnen und Lehrer, die eine Interventionsgruppe und eine Kontrollgruppe unterrichtet haben, ist ebenfalls möglich. Im Vergleich zu Befunden aus Studien zu *Teacher Professional Development* (z.B. Garet et al., 2001; Villegas-Reimers, 2003), die für den Erfolg von Fortbildungen beispielsweise enge Kooperation, eingeplante Feedback- und Reflexionsphasen sowie Coaching durch Experten als unabdingbar einstufen, kann für die Stichprobe der vorliegenden Studie der Einfluss von anderen Personenmerkmalen von Lehrerinnen und Lehrern als gering eingestuft werden.

Ähnlich zu der Stichprobe der Lehrerinnen und Lehrer, muss die Auswahl der Schülerinnen und Schüler kritisch betrachtet werden. Aufgrund der Rahmenbedingungen im Projekt „Sprachbildung im Physikunterricht“ konnten die Schülerinnen und Schüler nur in ihrem Klassenverband an der Studie teilnehmen. Wie bei den Lehrerinnen und Lehrern, haben an der Studie nur diejenigen Klassen teilgenommen, die sich auch dazu bereit erklärt hatten. Somit handelt es sich hier vermutlich ebenfalls um eine Positivauswahl. Darüber hinaus konnten die Schülerinnen und Schüler als Gelegenheitsstichprobe nicht randomisiert oder ihren Fähigkeiten entsprechend in eine Interventionsgruppe und eine Kontrollgruppe eingeteilt werden. Die klassenweise Zuordnung zu den beiden Gruppen erfolgte nach dem Zufallsprinzip. Ein direkt sichtbarer Nachteil dieser Vorgehensweise ist der Unterschied in den Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler vor der Intervention; die Kontrollgruppe zeigte statistisch signifikant höhere allgemeine kognitive Fähigkeiten, die anschließend bei der Auswertung beachtet werden mussten. Aufgrund der Unterrichtsverteilungen in den Projektschulen haben Schülerinnen und Schüler der Klassen sechs und sieben an der Studie gleichzeitig teilgenommen. Der Altersunterschied wirkt sich auf die allgemeine Schulerfahrung aus. Zwar wurden die bereits in der Schule behandelten, für die Studie relevanten Inhalte kontrolliert, allerdings kann eine Verfälschung durch Vorerfahrungen aus anderen Schulfächern nicht ausgeschlossen werden. Diese Vermutung wird durch die Daten gestützt; Schülerinnen und Schüler der Klasse 7 schneiden bei den fachbezogenen Testinstrumenten besser ab, allerdings wird dieser Unterschied auf Gruppenebene ausgeglichen. Im Hinblick auf die Aussagekraft sowie auf die Generalisierbarkeit der Ergebnisse der vorliegenden Studie muss auf die eher geringe Stichprobengröße hingewiesen werden. Im Vergleich zu der Gesamtanzahl der Gymnasien in Nordrhein-Westfalen oder in Deutschland, stellt die Stichprobe keinen repräsentativen Querschnitt der Population dar. Die Ergebnisse können also zunächst für die am Projekt teilgenommenen Schulen betrachtet werden und lassen sich möglicherweise nur auf ähnlich aufgestellte Gymnasien im Einzugsgebiet des Projektes *GanzIn* erweitern. Die Betrachtung der Stichprobengröße ist ebenfalls für die statistische Auswertung von Bedeutung.

6.2.2 Diskussion der entwickelten Testinstrumente

Für die Bewertung der Studienergebnisse sowie die Abschätzung ihrer allgemeinen Aussagekraft ist eine nähere Betrachtung der entwickelten und eingesetzten Testinstrumente notwendig. Hierbei liegt der Fokus auf die für die vorliegende Studie im Rahmen des Promotionsvorhabens entwickelten Testinstrumente zur Erfassung der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern sowie des Fachwissens zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit. Die Testinstrumente zur Erfassung der Kontrollvariablen (siehe dazu Kapitel 4.4.1) sind bereits etabliert sowie vielfach erprobt und haben in der vorliegenden Studie zufriedenstellende Kennwerte gezeigt.

Das Testinstrument zur Erfassung der Fähigkeit von Schülerinnen und Schülern im Umgang mit konditionalen Satzmustern wurde im Hinblick auf diejenigen fachsprachlichen Inhalte konstruiert, die im Laufe der Interventionen vermittelt werden sollten. Vor dem Hintergrund des Ziels, die Unterrichtseinheit der Interventionsgruppe bezüglich des Lernzuwachses im Umgang mit konditionalen Satzmustern zu evaluieren, erübrigt sich die explizite Frage nach der Fairness des Testinstruments gegenüber der Kontrollgruppe. Zwar wurde bei der Testkonstruktion auf die Inhaltsvalidität geachtet, allerdings wurden die Items im Hinblick auf die Inhalte der Unterrichtseinheit der Interventionsgruppe erstellt. Die Inhaltsvalidität wurde zusätzlich von Studierenden des Studiengangs Physik überprüft. Darüber hinaus deckt das Testinstrument zur Erfassung der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern nur einen Aspekt der Sprachkompetenz von Schülerinnen und Schülern ab. Es stellt sich die Frage, wie sinnvoll es ist, mit einem Testinstrument nur diesen einen Aspekt zu überprüfen. Die Validität des eingesetzten Testinstruments wurde im vorgegebenen Rahmen der Studie mit einigen Kriterien überprüft, allerdings wäre eine umfangreichere Überprüfung sinnvoll. Die Hinweise auf die Validität des Testinstruments können keine zufriedenstellende Qualität der Daten garantieren. Der vorgegebene zeitliche Rahmen steuert dieser Problematik bei. Aufgrund der stark begrenzten Zeit für die Durchführung der Testungen konnte nicht eine höhere Anzahl an Items eingesetzt werden, die eine umfangreichere Erhebung der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern ermöglicht hätte. Ein weiterer Diskussionspunkt zur Validität des Testinstruments zur Erfassung der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern ist die Trennung der fachlichen und sprachlichen Inhalte (vgl. z.B. Härtig et al., 2012). In der vorliegenden Studie wurde eine Gesamtpunktzahl der Schülerinnen und Schülern gebildet. Es stellt sich schließlich die Frage, ob es notwendig wäre, die fachliche Punktzahl von der sprachlichen Punktzahl getrennt zu betrachten. Die gerechneten Korrelationen weisen ebenfalls auf die Problematik der Trennung sprachlicher und fachlicher Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern hin. Allerdings stellt sich hierbei auch die Frage, inwiefern eine Trennung der sprachlichen und der fachlichen Punktzahl der Schülerinnen und Schüler sinnvoll, zielführend und überhaupt analytisch möglich ist (vgl. z.B. Härtig et al., 2012), insbesondere im Hinblick auf die Betrachtung der fachsprachlichen Fähigkeiten. Da es sich um ein Instrument zur Überprüfung eines Aspekts sprachlicher Kompetenz von Schülerinnen und Schülern handelt, war die Korrelation der Ergebnisse mit der Deutschnote der Schülerinnen und Schüler zu erwarten. Allerdings zeigten sich in der Pilotierung ebenfalls Korrelationen mit der Physiknote und der Mathematiknote der Schülerinnen und Schüler. Dies könnte auch aufgrund der Eigenschaften konditionaler Satzmuster, funktionale Zusammenhänge darzustellen, als ein Hinweis auf die Validität des Testinstruments gedeutet werden.

Das Testinstrument zur Erfassung des Fachwissens der Schülerinnen und Schüler zur

Elektrizitätslehre der entwickelten Unterrichtseinheiten wurde mit dem Ziel konstruiert, den Lernzuwachs der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe zwischen der Vortestung und der Nachtestung zu überprüfen. Ähnlich zum Testinstrument zur Erfassung der Fähigkeit von Schülerinnen und Schülern im Umgang mit konditionalen Satzmustern, wurden alle Items des Fachwissenstests hinsichtlich ihrer Inhaltsvalidität zusätzlich von Studierenden des Studiengangs Physik überprüft. Zusätzliche Validitätshinweise liefert nur die statistisch signifikante Korrelation mit der Physiknote der Schülerinnen und Schüler in der Pilotierung. Eine Möglichkeit zur weiteren Überprüfung der Validität wäre die konvergente Validierung mit ähnlichen Testinstrumenten, oder aber beispielsweise eine divergente Validierung zum kognitiven Fähigkeitstest. Aufgrund des Studienablaufs war die divergente Validierung in der vorliegenden Studie nicht möglich.

6.2.3 Diskussion der Intervention

Die gemeinsam mit Lehrerinnen und Lehrern entwickelte Unterrichtseinheit für die Interventionsgruppe muss im Hinblick auf die Inhalte und die unterrichtliche Dauer diskutiert werden. Zunächst ist festzustellen, dass diese beiden Charakteristiken der Unterrichtseinheit durch den Projektrahmen sowie durch die enge Zusammenarbeit mit den Lehrerinnen und Lehrern vorgegeben waren. Dennoch ist es entscheidend, auf Probleme und Schwächen der Intervention hinzuweisen sowie im Kapitel 6.2.4 über Möglichkeiten der Weiterentwicklung und Optimierung zu reflektieren.

Die vergleichsweise kurze Dauer der entwickelten Intervention im Umfang von fünf Doppelstunden hatte Auswirkungen auf ihre Qualität in zweierlei Hinsicht. Wie bereits in der Diskussion der Ergebnisse der Forschungsfragen (siehe Kapitel 6.1) angedeutet, war es nicht möglich, höhere Effektstärken bei dem Lernzuwachs im Umgang mit konditionalen Satzmustern oder im Fachwissen zur Elektrizitätslehre der entwickelten Unterrichtseinheit zu erzeugen. Eine längere Intervention hätte neben stärkeren Lernzuwächsen auch eine Möglichkeit geboten, genauer und zuverlässiger zu überprüfen, inwiefern sich eine dezidierte Sprachförderung im Fachunterricht auf die Einhaltung der fachinhaltsbezogenen Lernziele auswirkt. Darüber hinaus konnte aufgrund des vorgegebenen Zeitumfangs innerhalb der Intervention nur ein bestimmter sprachlicher Inhalt verknüpft mit nur einem bestimmten fachlichen Inhalt vermittelt werden. Einerseits konnte dadurch mit den im Kapitel 2 hergeleiteten Ansatz im Laufe einer Unterrichtseinheit der Umgang mit einem sprachlichen Mittel funktional mit dem fachlichen Inhalt verknüpft konsequent vermittelt werden. Andererseits muss unterstrichen werden, dass es sich hierbei um eine isolierte Vermittlung eines funktionalen sprachlichen Mittels handelt, die für eine erfolgreiche Förderung sprachlicher Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern um die Vermittlung anderer sprachlicher Mittel in passenden fachlichen Kontexten erweitert werden muss. Die Fähigkeit im Umgang mit einem bestimmten sprachlichen Mittel ist nur ein kleiner Aspekt sprachlicher Kompetenz, deren Förderung im Fachunterricht nicht punktuell und abgegrenzt erfolgen kann. Dabei sollte ebenfalls kritisch überprüft werden, inwiefern die Intervention als Förderung sprachlicher Kompetenzen und der Fachsprache der Schülerinnen und Schüler bezeichnet werden kann. Neben der Förderung eines einzelnen Aspekts sprachlicher Kompetenz stellt sich die Frage nach der Definition der Fachsprache und ob diese innerhalb der Intervention in ausreichendem Maße gefördert werden konnte. Werden die gängigen Dilemmata bezüglich der Definition einer Fachsprache sowie die Kompetenzerwartungen an die Schülerinnen und Schüler für den Unterricht in den

naturwissenschaftlichen Fächern betrachtet (siehe Kapitel 2), so wird deutlich, dass eine genauere Analyse der bereits vorhandenen Standards und zentralen Lehrpläne notwendig ist, die aber im Gegenzug insbesondere für den Kompetenzbereich Kommunikation präzisiert werden müssen. Letztendlich liegt bei den Lehrerinnen und Lehrern die Verantwortung zu entscheiden, inwiefern und an welchen Stellen ihre Schülerinnen und Schüler besondere Unterstützung bei der Sprachbildung benötigen. Weiterhin ist bei der engen Beteiligung der Lehrerinnen und Lehrer am Projekt *Sprachbildung im Physikunterricht* und ihrer hohen Verantwortung bei der Entwicklung und bei der Durchführung der Intervention unklar, inwiefern es sich hier um eine reine empirische Überprüfung handelt. An einigen Stellen kann dem Gesamtprojekt auch ein starker Fortbildungscharakter attestiert werden. Die Problematik der Wahl des zu fördernden sprachlichen Mittels kann auf die Wahl der fachlichen Inhalte übertragen werden. Es muss näher überprüft werden, inwiefern die Förderung der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern auch in anderen Themengebieten, die nicht unbedingt mit ihrer Funktionalität kompatibel sind, funktionieren würde (siehe dazu auch Kapitel 6.2.4).

Letztendlich muss ebenfalls die Verortung der entwickelten Unterrichtseinheit zur funktionalen Förderung konditionaler Satzmuster in *Writing-to-Learn*-Methoden im Allgemeinen diskutiert werden. Im Vergleich zu *Writing-to-Learn*-Interventionen, die oft beispielsweise mit Leitfragen zur Erstellung zusammenhängender Texte arbeiten, sowie die Vermittlung der Fähigkeit von Schülerinnen und Schülern, lange Argumentationen und Reflexionen über fachliche Zusammenhänge zu schreiben, fördern (vgl. z.B. Balgopal et al., 2018; Chen et al., 2013; Greenbowe et al., 2007), stellt die vorliegende Studie das durch sprachliche Scaffolds unterstützte Formulieren von experimentellen Beobachtungen mit nur einem sprachlichen Mittel in den Vordergrund. Bei der Bewertung der vorliegenden Studie muss also beachtet werden, dass die Ergebnisse nicht unbedingt eine Aussage über eine vollständige Implementierung von *Writing-to-Learn* in den Physikunterricht sowie über die Fähigkeit von Schülerinnen und Schülern, ihr Wissen über konditionale Satzmuster auch bei der Erstellung zusammenhängender Texte, beispielsweise in Versuchsprotokollen, ermöglichen.

Abschließend können an dieser Stelle zwei der im Kapitel 6.2 vorgestellten Kritikpunkte, insbesondere vor dem Hintergrund der Ziele und des möglichen Beitrags der vorliegenden Studie für die Didaktik der Sprachbildung, etwas relativiert werden. Zunächst muss betont werden, dass die vorliegende Studie aufgrund ihrer Rahmenbedingungen zwar ein weniger strenges experimentelles Design, dafür aber eine hohe ökologische Validität aufweist. Die Ergebnisse der Evaluation des entwickelten Unterrichtskonzepts können dadurch als Hinweise und als Ansätze für eine erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Lehrkräften im schulischen Alltag interpretiert werden. Darüber hinaus muss die enge und erfolgreiche Kooperation mit Lehrerinnen und Lehrern im Projekt positiv herausgestellt werden. Die durchgeführten Fortbildungen sowie die Koordination der Entwicklungspartnerschaften konnten in der Dokumentation des empirischen Teils der vorliegenden Studie nicht ausreichend ausführlich berichtet werden, waren aber für alle Beteiligten von großer Bedeutung, insbesondere im Hinblick auf die Entwicklung ihres Wissens und ihrer Fähigkeiten im Umgang mit sprachlichen Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern. Die vorliegende Studie liefert aufgrund ihres Ansatzes, nach dem *Prinzip der unterrichtsökonomischen Schwerpunktsetzung* ein bestimmtes funktionales sprachliches Mittel innerhalb einer Unterrichtseinheit kontinuierlich zu fördern, Hinweise auf die Effektivität der Sprachförderung auf der Satzebene. Die Frage, auf welcher Ebene Sprachförderung am besten anzusetzen ist, lässt sich nicht normativ

beantwortet und muss empirisch überprüft werden (siehe auch Kapitel 6.2.4).

6.2.4 Ausblick

In der vorliegenden Studie wurde in enger Kooperation mit Lehrerinnen und Lehrern eine Unterrichtseinheit entwickelt, die auf dem Prinzip der unterrichtsökonomischen Schwerpunktsetzung basiert und die Fähigkeit von Schülerinnen und Schülern, konditionale Satzmuster anzuwenden, funktional und verknüpft mit der Vermittlung fachlicher Inhalte durch angeleitetes Schreiben fördert. Die Ergebnisse der für die Evaluation der Studie aufgestellten Forschungsfragen zeigen, dass solch eine Förderung innerhalb einer kurzen Intervention möglich ist, ohne fachbezogene Lernziele zu vernachlässigen. Im Hinblick auf die im Kapitel 5 vorgestellten Ergebnisse sowie auf ihre Diskussion, werden im Folgenden Vorschläge für die Weiterentwicklung der vorliegenden Studie dargestellt. Um die diskutierten offenen Fragen zu beantworten, sowie die Schwächen der Studie zu minimieren, sind im Allgemeinen zwei Ansätze denkbar.

Mögliche Ansätze für die Weiterentwicklung der Studie in ihrer vorliegenden Form greifen zunächst logistische Rahmenbedingungen auf. Die logistischen Rahmenbedingungen beziehen sich auf die Planung und Durchführung der Studie. Für zuverlässigere Aussagen ist unter anderem eine Erweiterung der Stichprobe notwendig. Dabei kann sowohl die Anzahl der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler als auch die Anzahl der Lehrerinnen und Lehrer, die studienbegleitend die entwickelten Unterrichtsmaterialien in ihrem Fachunterricht einsetzen, erhöht werden. Neben der einfachen Erhöhung der Anzahl der Schülerinnen und Schüler, kann ebenfalls über eine Rekrutierung von Schülerinnen und Schülern in anderen Schulformen nachgedacht werden, um die Effektivität der entwickelten Unterrichtseinheit auch in einer schwächeren Leistungsumgebung zu überprüfen. Eine Erhöhung der Anzahl der teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer würde eine breitere Anwendung und Implementation des Förderkonzepts ermöglichen und damit ein umfassendes Feedback für die Weiterentwicklung der Materialien einbringen. Für eine genauere statistische Überprüfung der generierten Daten durch eine Mehrebenenanalyse ist aber zu beachten, dass mit der Erhöhung der Anzahl der Lehrerinnen und Lehrer, auch die Stichprobe der Schülerinnen und Schüler adäquat größer gestaltet werden muss. Soll auch die weiterentwickelte Unterrichtseinheit empirisch überprüft werden, so sollten vor der Intervention die Schulklassen anhand der erhobenen Kontrollvariablen der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe zugeordnet werden, um vergleichbare Eingangsvoraussetzungen zu garantieren.

Aufgrund der vorgestellten Ergebnisse, die keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe in der Skala Wert/Nutzen zeigen, ist es insbesondere im Hinblick auf die Motivation der Schülerinnen und Schüler bei Schreibinterventionen sinnvoll, den Schülerinnen und Schülern zu erläutern, inwieweit das Schreiben im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer das fachliche Lernen unterstützen kann (*Provide explanatory rationales*, vgl. z.B. Reeve, 2009). Weiterhin ist es entscheidend, das entwickelte Unterrichtskonzept in anderen Jahrgangsstufen, bei anderen fachlichen Inhalten sowie mit anderen sprachlichen Mitteln im Fokus zu überprüfen. Dafür bieten sich die im Kapitel 2 vorgestellten sprachlichen Mittel an, deren Beherrschung unabdingbar für eine angemessene Kommunikation im Fachunterricht ist (u.a. kausale Satzmuster für die adäquate Darstellung von Begründungen). Die funktionale Verknüpfung dieser sprachlichen Mittel mit den zu vermittelnden Fachinhalten könnte beispielsweise in

der Jahrgangsstufe neun bei der Bewertung des Einsatzes von Kernenergie erfolgen. Ein Beispiel für die Weiterentwicklung der vorgestellten Unterrichtseinheit wurde im Rahmen einer Masterarbeit im Projekt *Sprachbildung im Physikunterricht* überprüft (Wahrburg, 2019). Die Masterarbeit greift das Unterrichtskonzept auf und integriert es in den Physikunterricht der Jahrgangsstufe 9. Ziel der Masterarbeit war es zu überprüfen, wie die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Umgang mit konditionalen Satzmustern mit ihren Fähigkeiten zusammenhängen, die Variablen-Kontroll-Strategie anzuwenden. Auch in der Masterarbeit konnte gezeigt werden, dass das entwickelte Unterrichtskonzept eine Förderung sprachlicher Kompetenzen im Hinblick auf den Umgang mit einem funktionalen sprachlichen Mittel erlaubt, ohne dabei die fachlichen Lernziele zu vernachlässigen. Dabei konnten die sprachlichen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler ihre Fähigkeit, die Variablen-Kontroll-Strategie anzuwenden, vorhersagen, insbesondere bei Schülerinnen und Schülern mit Migrationshintergrund. In der Interventionsgruppe und in der Kontrollgruppe korrelierten die sprachlichen und fachlichen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler, was auch in diesem Setting wiederum den Zusammenhang zwischen Sprache und Fach verdeutlicht. Bei einer längsschnittlichen Implementation könnte also überprüft werden, inwiefern es gelingen kann, in einer längeren zeitlichen Periode unabhängig vom gewählten fachlichen Inhalt sowohl die sprachlichen als auch die fachlichen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern zu fördern. Zusätzlich kann untersucht werden, inwieweit die Schülerinnen und Schüler die im Fachkontext gelernten sprachlichen Mittel auch im späteren Verlauf des Unterrichts selbstständig anwenden. So könnte festgestellt werden, inwieweit die Schülerinnen und Schüler die zu vermittelnden übergeordneten sprachlichen Konzepte verinnerlicht haben, die in vielen unterschiedlichen Kontexten im Fachunterricht für die angemessene Kommunikation notwendig sind.

Für die Entwicklung eines zu der vorliegenden Studie ähnlichen Ansatzes zur Förderung schriftsprachlicher Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern bieten sich in Anlehnung an *Writing-to-Learn*-Methoden, wie bereits in den Kapiteln 2 und 4 angedeutet, Versuchsprotokolle als für die in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern fachtypische Textsorte an. Als didaktisches Modell des naturwissenschaftlichen Arbeitens können Versuchsprotokolle genutzt werden, um fachliche und experimentelle Vorgänge strukturiert darzustellen sowie konzeptuelles Wissen über naturwissenschaftliche Denkweisen zu fördern (Boubakri et al., 2017). Wesentlich dabei ist der Übergang von der Satzebene zu der Textebene, in dem einzelne sprachliche Mittel (z.B. bestimmte Satzmuster) im Rahmen eines Versuchsprotokolls zu einem zusammenhängenden Textprodukt beitragen sollen.

Um Versuchsprotokolle für die gemeinsame Förderung fachlicher und sprachlicher Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern zu nutzen, bietet sich die Arbeit mit dem *Genre-Cycle* an (z.B. Cope & Kalantzis, 2014). Mit Hilfe des *Genre-Cycles* können Schülerinnen und Schüler mit ihren Lehrerinnen und Lehrern die Textsorte Versuchsprotokoll mit allen ihren fachlichen und sprachlichen Komponenten erarbeiten. In einem ersten Schritt wird das Versuchsprotokoll als Textsorte gemeinsam modelliert. Dazu gehört die Erarbeitung der sozialen sowie der fachlichen Funktionen des Protokolls. Zusätzlich wird das Versuchsprotokoll auf seine fachlichen und sprachlichen Eigenschaften untersucht. Im zweiten Schritt üben die Schülerinnen und Schüler gemeinsam mit ihren Lehrerinnen und Lehrern das Erstellen von Versuchsprotokollen, um im letzten Schritt selbstständig arbeiten zu können. Dabei ist es wichtig, Reflexions- und Übungsphasen zu implementieren. Das könnte beispielsweise mit Leitfragen oder der Arbeit in Gruppen mit Peers bewerkstelligt werden (vgl. Cope & Kalantzis, 2014). Durch die

intensive Auseinandersetzung mit allen fachlichen und sprachlichen Facetten von Versuchsprotokollen sowie ihren Funktionen im Fach kann durch die Arbeit mit dem *Genre-Cycle* ein Zuwachs sowohl fachlicher als auch sprachlicher Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern erwartet werden.

Literatur

- Achieve. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, D.C., National Academies Press. <http://site.ebrary.com/lib/uniregensburg/Doc?id=10565370>
- Aebli, H. (2011). *Zwölf Grundformen des Lehrens: Eine allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage; Medien und Inhalte didaktischer Kommunikation, der Lernzyklus* (14. Auflage). Stuttgart, Klett-Cotta.
- Ahrenholz, B. (2009). Vom Nutzen der Zweitspracherwerbsforschung für die Ausbildung von Lehrerinnen und Lehrern. *Zeitschrift für Literaturwissenschaft und Linguistik*, 39(1), 26–38. <https://doi.org/10.1007/BF03379813>
- Ahrenholz, B. (2010). Einleitung: Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache - eine Bilanz. In B. Ahrenholz (Hrsg.), *Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache* (S. 1–14). BoD–Books on Demand.
- Ahrenholz, B. (2013). Sprache im Fachunterricht untersuchen. In C. Röhner & B. Hövelbrinks (Hrsg.), *Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache* (S. 87–98). Weinheim, Beltz-Juventa.
- Ahrenholz, B. (2017). Sprache in der Wissensvermittlung und Wissensaneignung im schulischen Fachunterricht. In B. Lütke, I. Petersen & T. Tajmel (Hrsg.), *Fachintegrierte Sprachbildung* (S. 1–32). De Gruyter.
- Applebee, A. N. (1984). Writing and reasoning. *Review of Educational Research*, 54(4), 577–596.
- Bachmann, T. & Becker-Mrotzek, M. (2010). Schreibaufgaben situieren und profilieren. In T. Pohl & T. Steinhoff (Hrsg.), *Textformen als Lernformen* (S. 191–210). Gilles und Francke Verlag.
- Bachmann, T. & Feilke, H. (2014). *Werkzeuge des Schreibens*. Stuttgart, Fillibach bei Klett.
- Backhaus, U., Boysen, G., Burzin, S., Heise, H., Lichtenberger, J., Schepers, H., Schlichting, H. J. & Schön. Lutz-Helmut. (2010). *Fokus Physik* (1. Aufl., 1. Dr). Berlin, Cornelsen.
- Balgopal, M. M., Casper, A. M. A., Wallace, A. M., Laybourn, P. J. & Brisch, E. (2018). Writing Matters: Writing-to-Learn Activities Increase Undergraduate Performance in Cell Biology. *BioScience*, 68(6), 445–454. <https://doi.org/10.1093/biosci/biy042>
- Bangert-Drowns, R. L., Hurley, M. M. & Wilkinson, B. (2004). The Effects of School-Based Writing-to-Learn Interventions on Academic Achievement: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 74(1), 29–58.

- Baron, R. M. & Kenny, D. A. (1986). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of personality and social psychology*, 51(6), 1173–1182. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.51.6.1173>
- Becker-Mrotzek, M., Hentschel, B., Hippmann, K. & Linnemann, M. (2012). Sprachförderung in deutschen Schulen–die Sicht der Lehrerinnen und Lehrer. https://www.mercator-institut-sprachfoerderung.de/fileadmin/user_upload/Lehrerumfrage_Langfassung_final_30_05_03.pdf
- Becker-Mrotzek, M. & Schindler, K. (2007). Schreibkompetenz modellieren. In M. Becker-Mrotzek & K. Schindler (Hrsg.), *Texte schreiben* (S. 7–26). Duisburg, Gilles & Francke.
- Becker-Mrotzek, M., Schramm, K., Thürmann, E. & Vollmer, H. J. (2013). Sprache im Fach: Einleitung. In M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann & H. J. Vollmer (Hrsg.), *Sprache im Fach: Sprachlichkeit und fachliches Lernen* (S. 7–24). Waxmann Verlag.
- Beese, M. & Benholz, C. (2013). Sprachförderung im Fachunterricht: Voraussetzungen, Konzepte und empirische Befunde. In C. Röhner & B. Hövelbrinks (Hrsg.), *Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache* (S. 37–56). Weinheim, Beltz-Juventa.
- Beese, M., Benholz, C., Chlosta, C., Gürsoy, E., Hinrichs, B., Niederhaus, C. & Oleschko, S. (2014). *Sprachbildung in allen Fächern* (1. Auflage, Bd. dll; Fort- und Weiterbildungsreihe des Goethe-Instituts / allgemeiner Hrsg.: Goethe-Institut e.V. ; 16). München, Klett-Langenscheidt.
- Beese, M. & Roll, H. (2012). Versuchsprotokolle schreiben–zur Förderung literaler Routinen bei mehrsprachigen SuS in der Sekundarstufe I. In Y. Decker-Ernst & I. Oomen-Welke (Hrsg.), *Deutsch als Zweitsprache: Beiträge zur durchgängigen Sprachbildung* (S. 213–230). Stuttgart, Fillibach bei Klett.
- Beese, M. & Roll, H. (2015a). Fachsprache konkret: Zentrale Elemente von Sprache im textsorten-und operatorenbasierten Unterricht in den Naturwissenschaften. In C. Benholz, M. Frank & E. Gürsoy (Hrsg.), *Deutsch als Zweitsprache in allen Fächern* (S. 105–122). Stuttgart, Fillibach bei Klett.
- Beese, M. & Roll, H. (2015b). Textsorten im Fach - zur Förderung von Literalität im Sachfach in Schule und Lehrerbildung. In C. Benholz, M. Frank & E. Gürsoy (Hrsg.), *Deutsch als Zweitsprache in allen Fächern* (S. 51–72). Stuttgart, Fillibach bei Klett.
- Beier, R. (1980). *Englische Fachsprache*. Stuttgart, Kohlhammer.
- Benholz, C., Frank, M. & Gürsoy, E. (Hrsg.). (2015). *Deutsch als Zweitsprache in allen Fächern: Konzepte für Lehrerbildung und Unterricht* (1. Auflage). Stuttgart, Fillibach bei Klett.

- Berendes, K., Dragon, N., Weinert, S., Heppt, B. & Stanat, P. (2013). Hürde Bildungssprache? Eine Annäherung an das Konzept "Bildungssprache" unter Einbezug aktueller empirischer Forschungsergebnisse. In A. Redder & S. Weinert (Hrsg.), *Sprachförderung und Sprachdiagnostik* (S. 18–42). Münster, Waxmann.
- Bergeler, E. (2009). *Lernen durch eigenständiges Schreiben von sachbezogenen Texten im Physikunterricht* (Dissertation). Technische Universität Dresden. Dresden. <http://tud.qucosa.de/api/qucosa%3A25064/attachment/ATT-0/>
- Bernstein, B. (1999). Vertical and Horizontal Discourse: An essay. *British Journal of Sociology of Education*, 20(2), 157–173. <https://doi.org/10.1080/01425699995380>
- Beyer, C. J. & Davis, E. A. (2008). Fostering Second Graders' Scientific Explanations: A Beginning Elementary Teacher's Knowledge, Beliefs, and Practice. *Journal of the Learning Sciences*, 17(3), 381–414. <https://doi.org/10.1080/10508400802222917>
- Black, A. E. & Deci, E. L. (2000). The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry: A self-determination theory perspective. *Science Education*, 84(6), 740–756.
- Bortz, J. & Weber, R. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler: Mit 242 Tabellen* (6., vollst. überarb. und aktualisierte Aufl.). Heidelberg, Springer Medizin. <http://lib.myilibrary.com/detail.asp?id=62156>
- Boubakri, C., Beese, M., Krabe, H. & Fischer, Hans E. & Roll, Heike. (2017). Sprachsensibler Fachunterricht. In M. Becker-Mrotzek, H.-J. Roth & C. Lohmann (Hrsg.), *Sprachliche Bildung - Grundlagen und Handlungsfelder* (S. 335–350). Münster, New York, Waxmann.
- Boysen, G., Breuer, E., Fösel, A., Heise, H., Lichtenberger, J., Liebers, K., Schlichting, H. J. & Weltel, M. (2009). *Fokus Physik* (1. Aufl., 1. Dr). Berlin, Cornelsen.
- Brünner, G. (2015). Analyse mündlicher Kommunikation. In M. Becker-Mrotzek (Hrsg.), *Mündliche Kommunikation und Gesprächsdidaktik* (S. 52–65). Baltmannsweiler, Schneider Verlag Hohengehren GmbH.
- Buhlmann, R. & Fearn, A. (1991). *Handbuch des Fachsprachenunterrichts: Unter besonderer Berücksichtigung naturwissenschaftlich-technischer Fachsprachen*. Berlin, Langenscheidt.
- Bühner, M. (2011). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (3., aktualisierte und erw. Aufl.). München, Pearson Studium. <http://lib.myilibrary.com/detail.asp?id=404890>
- Butterfield, E. C., Hacker, D. J. & Albertson, L. R. (1996). Environmental, Cognitive, and Metacognitive Influences on Text Revision: Assessing the Evidence. *Educational Psychology Review*, 8(3), 239–297.
- Chen, Y.-C., Hand, B. & McDowell, L. (2013). The effects of writing-to-learn activities on elementary students' conceptual understanding: Learning about force and motion through writing to older peers. *Science Education*, 97(5), 745–771.

- Chlosta, C. & Schäfer, A. (2008). Deutsch als Zweitsprache im Fachunterricht. In B. Ahrenholz, I. Oomen-Welke & W. Ulrich (Hrsg.), *Deutsch als Zweitsprache* (S. 280–297). Baltmannsweiler, Schneider-Verl. Hohengehren.
- Cope, B. & Kalantzis, M. (2014). *The Powers of Literacy (RLE Edu I): A Genre Approach to Teaching Writing*. Hoboken, Taylor and Francis. <http://gbv.eblib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1713380>
- Cummins, J. (1981). Age on Arrival and Immigrant Second Language Learning in Canada: A Reassessment1. *Applied Linguistics*, 2(2), 132–149. <https://doi.org/10.1093/applin/II.2.132>
- Cummins, J. (2010). *Language, power, and pedagogy: Bilingual children in the crossfire* (Bd. 23). Clevedon England, Buffalo N.Y., Multilingual Matters. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=80547>
- Deci, E. L., Eghrari, H., Patrick, B. C. & Leone, D. R. (1994). Facilitating Internalization: The Self-Determination Theory Perspective. *Journal of Personality*, 62(1), 119–142.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 223–238.
- Dickmann, T. (2019). *Visuelles Modellverständnis und Studienerfolg in der Chemie: Zwei Seiten einer Medaille* (Bd. Band 286). Berlin, Logos Verlag.
- Dirim, İ. & Döll, M. (2009). "Bumerang" - Erfassung der Sprachkompetenzen im Übergang von der Schule in den Beruf - vergleichende Beobachtungen zum Türkischen und Deutschen am Beispiel einer Schülerin. In D. Lengyel, H. H. Reich, H.-J. Roth & M. Döll (Hrsg.), *Von der Sprachdiagnose zur Sprachförderung* (S. 139–148). Münster, New York, München, Berlin, Waxmann.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage). Berlin, Heidelberg, Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5>
- Draper, R. J., Broomhead, P. & Jensen, A. P. (Hrsg.). (2015). *(Re)Imagining Content-Area Literacy Instruction*. New York, Teachers College Press.
- Eckhardt, A. G. (2007). *Sprache als Barriere für den schulischen Erfolg: Dissertation* (Bd. 9). Münster, Waxmann Verlag GmbH.
- Ehlich, K. (2012). Sprache(n) und Universität: Eine Skizze. In H. Roll & A. Schilling (Hrsg.), *Mehrsprachiges Handeln im Fokus von Linguistik und Didaktik* (S. 17–32). Duisburg, Univ.-Verl. Rhein-Ruhr.
- Emig, J. (1977). Writing as a mode of learning. *College composition and communication*, 28(2), 122–128.
- Engelhardt, P. V. & Beichner, R. J. (1997). *Determining and interpreting resistive electric circuits concepts test* (Diss.). North Carolina State University. Raleigh, Department of Physics.

- Estes, T. H., Mintz, S. L. & Gunter, M. A. (2011). *Instruction: A models approach* (6th ed.). Boston, Montreal, Pearson.
- Fang, Z. (2004). Scientific literacy: A systemic functional linguistics perspective. *Science Education*, 89(2), 335–347. <https://doi.org/10.1002/sce.20050>
- Fang, Z. (2006). The language demands of science reading in middle school. *International Journal of Science Education*, 28(5), 491–520.
- Fang, Z., Lamme, L., Pringle, R., Patrick, J., Sanders, J., Zmach, C., Charbonnet, S. & Henkel, M. (2008). Integrating Reading into Middle School Science: What we did, found and learned. *International Journal of Science Education*, 30(15), 2067–2089. <https://doi.org/10.1080/09500690701644266>
- Feilke, H. (2012). Bildungssprachliche Kompetenzen fördern und entwickeln. *Praxis Deutsch*, 39(233), 4–13.
- Feldmann, C., Janzen, U., Kirschbaum, T. & Kohl, R. (2008). *Impulse Physik* (Neubearb., 1. Aufl.). Stuttgart, Leipzig, Klett.
- Field, A., Miles, J. & Field, Z. (2012). *Discovering statistics using R*. Sage publications.
- Fisher, D. & Ivey, G. (2005). Literacy and Language as Learning in Content-Area Classes: A Departure from “Every Teacher a Teacher of Reading”. *Action in Teacher Education*, 27(2), 3–11. <https://doi.org/10.1080/01626620.2005.10463378>
- Flower, L. & Hayes, J. R. (1981). A Cognitive Process Theory of Writing. *College composition and communication*, 32(4), 365–387. <https://doi.org/10.2307/356600>
- Frey, A., Taskinen, P., Schütte, K., Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E. & Pekrun, R. (2015). *PISA 2006 Skalenhandbuch. Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Münster, Waxmann.
- Fürstenau, S. & Gomolla, M. (2011). Vorwort. In S. Fürstenau & M. Gomolla (Hrsg.), *Migration und schulischer Wandel*. Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden.
- Gantefort, C. & Roth, H.-J. (2008). Ein Sturz und seine Folgen. Zur Evaluation von Textkompetenz im narrativen Schreiben mit dem FörMig-Instrument "Tulpenbeet". In T. Klinger, K. Schwippert & B. Leiblein (Hrsg.), *Evaluation im Modellprogramm FörMig* (S. 29–50). Münster, New York, München, Berlin, Waxmann.
- Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L., Birman, B. F. & Yoon, K. S. (2001). What Makes Professional Development Effective? Results From a National Sample of Teachers. *American educational research journal*, 38(4), 915–945. <https://doi.org/10.3102/00028312038004915>
- Gillespie, A. M. (2014). *Writing to learn in science: Effects on Grade 4 students' understanding of balance* (Dissertation). Vanderbilt University. Nashville, Tennessee, Graduate School.

- Glaserfeld, E. (1987). *Wissen, Sprache und Wirklichkeit: Arbeiten zum radikalen Konstruktivismus* (Bd. 24). Wiesbaden, Vieweg+Teubner Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-91089-9>
- Gogolin, I., Dirim, İ. & Klinger, T. (2011). *Förderung von Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund: Bilanz eines Modellprogramms* (Bd. Band 7). Münster, New York, München, Berlin, Waxmann. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783830975175
- Gogolin, I. & Lange, I. (2011). Bildungssprache und Durchgängige Sprachbildung. In S. Fürstenau & M. Gomolla (Hrsg.), *Migration und schulischer Wandel* (S. 107–127). Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-92659-9>
- Gogolin, I., Lange, I., Michel, U. & Reich, H. H. (Hrsg.). (2013). *Herausforderung Bildungssprache - und wie man sie meistert* (Bd. Band 9). Münster, New York, München, Berlin, Waxmann. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783830969952
- Gogolin, I. & Michel, U. (2010). Kooperation und Vernetzung: eine Dimension" Durchgängiger Sprachbildung". *Diskurs Kindheits-und Jugendforschung*, 5(4), 373–384.
- Gogolin, I., Neumann, U. & Roth, H.-J. (2003). *Förderung von Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund*. Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung Bonn.
- Graham, S. & Perin, D. (2007). A meta-analysis of writing instruction for adolescent students. *Journal of Educational Psychology*, 99(3), 445–476. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.99.3.445>
- Greenbowe, T. J., Poock, J. R., Burke, K. A. & Hand, B. (2007). Using the science writing heuristic in the general chemistry laboratory to improve students' academic performance. *Journal of Chemical Education*, 84(8), 1371–1379.
- Grotjahn, R. (Hrsg.). (2014). *Der C-Test: Aktuelle Tendenzen- The C-Test: Current Trends: Aktuelle Tendenzen / Current Trends* (1st, New ed., Bd. 34). Frankfurt a.M., Peter Lang GmbH, Internationaler Verlag der Wissenschaften.
- Grotjahn, R. & Kleppin, K. (Hrsg.). (2017). *Prüfen, Testen, Evaluieren* (1. Auflage, Bd. dll; Fort- und Weiterbildungsprogramm des Goethe-Instituts / allgemeiner Hrsg.: Goethe-Institut e.V. ; 7.2017). Stuttgart, Ernst Klett Sprachen.
- Gunel, M., Hand, B. & McDermott, M. A. (2009). Writing for different audiences: Effects on high-school students' conceptual understanding of biology. *Learning and Instruction*, 19(4), 354–367.
- Gunel, M., Hand, B. & Prain, V. (2007). Writing for learning in science: A secondary analysis of six studies. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(4), 615–637.

- Habermas, J. (1978). Umgangssprache, Wissenschaftssprache, Bildungssprache. *MERKUR*, 32(4), 327–342. https://volltext.merkur-zeitschrift.de?url_ver=Z39.88-2004&rft_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:journal&rft.jtitle=MERKUR&rft.atitle=Umgangssprache%2C+Wissenschaftssprache%2C+Bildungssprache&rft.volume=32&rft.issue=4&rft.spage=327&rft.epage=342
- Halliday, M. A. K. (1979). *Language as social semiotic: The social interpretation of language and meaning* (Repr). London, Arnold.
- Halliday, M. A. K. (1993). Towards a language-based theory of learning. *Linguistics and Education*, 5(2), 93–116.
- Halliday, M. A. K. & Martin, J. R. (1993). *Writing science. Literacy and discursive power*. Routledge.
- Hammond, J. & Gibbons, P. (2005). Putting scaffolding to work: The contribution of scaffolding in articulating ESL education. *Prospect*, 20(1), 6–30.
- Hand, B., Alvermann, D. E., Gee, J., Guzzetti, B. J., Norris, S. P., Phillips, L. M., Prain, V. & Yore, L. D. (2003). Message from the "Island group": What is literacy in science literacy? *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 607–615. <https://doi.org/10.1002/tea.10101>
- Hand, B., Hohenshell, L. & Prain, V. (2004). Exploring students' responses to conceptual questions when engaged with planned writing experiences: A study with year 10 science students. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(2), 186–210. <https://doi.org/10.1002/tea.10128>
- Hand, B., Lawrence, C. & Yore, L. D. (1999). A writing in science framework designed to enhance science literacy. *International Journal of Science Education*, 21(10), 1021–1035.
- Hand, B., Wallace, C. W. & Yang, E.-.-M. (2004). Using a Science Writing Heuristic to enhance learning outcomes from laboratory activities in seventh-grade science: quantitative and qualitative aspects. *International Journal of Science Education*, 26(2), 131–149.
- Handt, C. & Weis, I. (2015). Sprachförderung im Sachunterricht. In C. Benholz, M. Frank & E. Gürsoy (Hrsg.), *Deutsch als Zweitsprache in allen Fächern* (S. 73–92). Stuttgart, Fillibach bei Klett.
- Härtig, H., Bernholt, S., Prechtel, H. & Retelsdorf, J. (2015). Unterrichtssprache im Fachunterricht – Stand der Forschung und Forschungsperspektiven am Beispiel des Textverständnisses. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1), 55–67. <https://doi.org/10.1007/s40573-015-0027-7>
- Härtig, H., Pehlke, C., Fischer, H. E. & Schmeck, A. (2012). Sind Fachsprache und Fachwissen bezogen auf Physik unterscheidbar. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 381–390.
- Hayes, J. R. (2012). Modeling and Remodeling Writing. *Written Communication*, 29(3), 369–388. <https://doi.org/10.1177/0741088312451260>

- Heinze, A., Herwartz-Emden, L. & Reiss, K. (2007). Mathematikkenntnisse und sprachliche Kompetenz bei Kindern mit Migrationshintergrund zu Beginn der Grundschulzeit. *Zeitschrift für Pädagogik*, 53(4), 562–581.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision: Manual*. Göttingen, Beltz Test GmbH.
- Hillebrand, A. (2014). *Selektion im Gymnasium: Eine Ursachenanalyse auf Grundlage amtlicher schulstatistischer Daten und einer Lehrerbefragung: Zugl.: Dortmund, Techn. Univ., Diss., 2013* (1. Aufl.). Münster, Waxmann. <https://content-select.com/portal/media/view/54f81eba-1bcc-48e3-8615-71e0b0dd2d03>
- Hoffmann, L. (1985). *Kommunikationsmittel Fachsprache: Eine Einführung* (2., völlig neu bearb. Aufl., Bd. 1). Tübingen, Narr.
- Hohenshell, L. M. & Hand, B. (2006). Writing-to-learn Strategies in Secondary School Cell Biology: A mixed method study. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 261–289.
- Horton, R. L. (1978). *The general linear model: Data analysis in the social and behavioral sciences*. New York, McGraw-Hill.
- Hövelbrinks, B. (2014). *Bildungssprachliche Kompetenz von einsprachig und mehrsprachig aufwachsenden Kindern: Eine vergleichende Studie in naturwissenschaftlicher Lernumgebung des ersten Schuljahres* (1. Aufl.). s.l., Beltz Juventa. http://content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783779941972
- International Association for the Evaluation of Educational Achievement. (2007). TIMSS 2003 Science Items: Released Set Fourth Grade (TIMSS & PIRLS International Study Center, Hrsg.). Boston. https://timssandpirls.bc.edu/PDF/T03_RELEASED_S4.pdf
- Jang, J.-y. & Hand, B. (2017). Examining the Value of a Scaffolded Critique Framework to Promote Argumentative and Explanatory Writings Within an Argument-Based Inquiry Approach. *Research in Science Education*, 47(6), 1213–1231. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9542-x>
- Kauertz, A. (2008). *Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben: Zugl.: Duisburg, Essen, Univ., Diss., 2007* (Bd. 79). Berlin, Logos-Verl.
- Keys, C. W., Hand, B., Prain, V. & Collins, S. (1999). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1065–1084.
- Klein, P. D. & Boscolo, P. (2016). Trends in Research on Writing as a Learning Activity. *Journal of Writing Research*, 7(3), 311–350. <https://doi.org/10.17239/jowr-2016.07.03.01>
- Klieme, E. (Hrsg.). (2008). *Unterricht und Kompetenzerwerb in Deutsch und Englisch: Ergebnisse der DESI-Studie*. Verlagsgruppe Beltz.

- Kniffka, G. (2010). *Scaffolding* (Manuskript). Universität Duisburg-Essen. proDaZ. <https://www.uni-due.de/imperia/md/content/prodaz/scaffolding.pdf>
- Koch, P. & Oesterreicher, W. (1985). Sprache der Nähe—Sprache der Distanz. Mündlichkeit und Schriftlichkeit im Spannungsfeld von Sprachtheorie und Sprachgeschichte. *Romanistisches Jahrbuch*, 36, 15–43.
- Kovanović, V., Gašević, D., Dawson, S., Joksimović, S., Baker, R. S. & Hatala, M. (2015). Does time-on-task estimation matter? Implications for the validity of learning analytics findings. *Journal of Learning Analytics*, 2(3), 81–110. <https://doi.org/10.18608/jla.2015.23.6>
- Krabbe, H. & Beese, M. (o.D.). Typisierung von Übungsformen: Unveröffentlichte Materialien aus Seminaren.
- Krabbe, H. (2016). Konzepte für einen sprachsensiblen Physikunterricht: Vortrag auf der DPG Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik in Hannover. *Hannover*.
- Krabbe, H. & Fischer, H. E. (2015). Zwischenbilanz der fachdidaktischen Arbeit im Fach Physik. In H. Wendt & W. Bos (Hrsg.), *Auf dem Weg zum Ganztagsgymnasium* (S. 375–395). Münster, Waxmann.
- Krabbe, H., Zander, S. & Fischer, H. E. (2015). *Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht. Materialien zur Lehrerfortbildung*. Münster; New York, NY: Waxmann.
- Kraus, M. E. & Stehlik, S. (2008). Protokolle Schreiben: Anregungen zur Auseinandersetzung mit einer problematischen Textsorte. *Unterricht Physik*, 19(104), 17–23.
- Kultusministerkonferenz. (2005a). Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Verfügbar 29. April 2020 unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf
- Kultusministerkonferenz. (2005b). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Verfügbar 29. April 2020 unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf
- Kultusministerkonferenz. (2005c). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Verfügbar 29. April 2020 unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf
- Leisen, J. (2007). Lesen und Verstehen lernen: Strategien und Prinzipien zur Arbeit mit Sachtexten im Unterricht. *Pädagogik*, 6, 11–15.
- Lemke, J. L. (1993). *Talking science: Language, learning, and values* (2. print). Norwood, NJ, Ablex Publ.

- Leutner, D., Klieme, E., Meyer, K. & Wirth, J. (2004). Problemlösen. In M. Prenzel (Hrsg.), *PISA 2003*. Münster, Waxmann.
- Martin, N. (1984). *Writing across the Curriculum pamphlets: A selection from the Schools Council and London University Institute of Education Joint Project: Writing across the Curriculum*. Upper Montclair, N.J., Boynton/Cook Publishers.
- Mason, L. & Boscolo, P. (2000). Writing and conceptual change. What changes? *Instructional Science*, 28(3), 199–226.
- McAuley, E., Duncan, T. & Tammen, V. V. (1989). Psychometric Properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a Competitive Sport Setting: A Confirmatory Factor Analysis. *Research Quarterly*, 60(1), 48–58.
- Merzyn, G. (2008). Sprache und Chemie lernen. *Unterricht Chemie*, 19(106/107), 94–97.
- Ministerium für Schule, Jugend und Kinder des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). (1999). *Förderung in der deutschen Sprache als Aufgabe des Unterrichts in allen Fächern: Empfehlungen* (Bd. Nr. 5008). Frechen, Ritterbach.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung. (2008). *Kernlehrplan für das Gymnasium - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen - Physik* (Bd. 3411). Frechen, Ritterbach.
- Moll, M. (2003). Protokollieren heißt auch Schreiben lernen. *Der Deutschunterricht*, 55(3), 71–80.
- Morek, M. & Heller, V. (2012). Bildungssprache – Kommunikative, epistemische, soziale und interaktive Aspekte ihres Gebrauchs. *Zeitschrift für angewandte Linguistik*, 57(1), 67–101. <https://doi.org/10.1515/zfal-2012-0011>
- National Academy of Sciences. (1999). *National Science Education Standards: Observe, interact, change, learn* (6. printing). Washington, DC, National Academy Press. <http://dx.doi.org/10.17226/4962>
- Nieswandt, M. (1997). Improving Learning in Chemistry Classes through Original Writing about Chemical Facts. *Chicago*.
- Nieswandt, M. (2015). Schreiben als Instrument des Lernens im naturwissenschaftlichen Unterricht in den USA – Herausforderungen für Lehrende und Lernende. In S. Schmolzer-Eibinger & E. Thürmann (Hrsg.), *Schreiben als Medium des Lernens* (S. 175–200). Münster, Waxmann Verlag.
- Nitz, S., Enzinger, C., Prechtel, H. & Nerdel, C. (2011). Fachsprache im naturwissenschaftlichen Unterricht – eine empirische Untersuchung zur Einstellung angehender Lehrkräfte. *Unterrichtswissenschaft. Zeitschrift für Lernforschung*, 39(3), 245–262.
- Norris, S. P. & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224–240. <https://doi.org/10.1002/sce.10066>
- O'Brien, D. G., Stewart, R. A. & Moje, E. B. (1995). Why Content Literacy Is Difficult to Infuse into the Secondary School: Complexities of Curriculum, Pedagogy, and School Culture. *Reading Research Quarterly*, 30(3), 442–463.

- OECD. (2007). *PISA 2006, science competencies for tomorrow's world* (Bd. v. 1). Paris, OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264040014-en>
- Opfermann, M. & Gerjets, P. (2008). Medienbasierter Erwerb von Problemlösewissen. In J. Zumbach & H. Mandl (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie in Theorie und Praxis* (S. 121–132). Göttingen, Hogrefe.
- Oser, F. & Baeriswyl, F. (2011). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning. In V. Richardson (Hrsg.), *Handbook of research on teaching* (S. 1031–1065). Washington, American Educational Research Association.
- Özcan, N. (2012). *Zum Einfluss der Fachsprache Auf Die Leistung Im Fach Chemie. eine Förderstudie Zur Fachsprache Im Chemieunterricht* (Bd. 144). Logos Verlag Berlin GmbH.
- Painter, C., Derewianka, B. & Torr, J. (2007). From microfunction to metaphor: learning language and learning through language. In R. Hasan, C. Matthiessen & J. Webster (Hrsg.), *Continuing Discourse on Language* (S. 565–588). London, Equinox Publishing Ltd.
- Parchmann, I. & Bernholt, S. (2013). In, mit und über Chemie kommunizieren: Chancen und Herausforderungen von Kommunikationsprozessen im Chemieunterricht. In M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann & H. J. Vollmer (Hrsg.), *Sprache im Fach: Sprachlichkeit und fachliches Lernen* (S. 241–253). Waxmann Verlag.
- Philipp, M. (2017). Wirksame Schreibförderung - metaanalytische Befunde. In M. Becker-Mrotzek, J. Grabowski & T. Steinhoff (Hrsg.), *Forschungshandbuch empirische Schreibdidaktik* (S. 187–202). Münster, New York, Waxmann.
- Phillips, L. M. & Norris, S. P. (2009). Bridging the Gap Between the Language of Science and the Language of School Science Through the Use of Adapted Primary Literature. *Research in Science Education*, 39(3), 313–319. <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9111-z>
- Pineker-Fischer, A. (2016). *Sprach- und Fachlernen im naturwissenschaftlichen Unterricht: Umgang von Lehrpersonen in soziokulturell heterogenen Klassen mit Bildungssprache*. Wiesbaden, Springer Science and Business Media; Springer VS.
- Pohl, T. & Steinhoff, T. (Hrsg.). (2010). *Textformen als Lernformen* (Bd. 7). Gilles und Francke Verlag.
- Prediger, S., Wilhelm, N., Büchter, A., Gürsoy, E. & Benholz, C. (2015). Sprachkompetenz und Mathematikleistung – Empirische Untersuchung sprachlich bedingter Hürden in den Zentralen Prüfungen 10. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 36(1), 77–104. <https://doi.org/10.1007/s13138-015-0074-0>
- Quinn, H., Lee, O. & Valdés, G. (2012). Language demands and opportunities in relation to Next Generation Science Standards for English language learners: What teachers need to know. *Commissioned Papers on Language and Literacy Issues in the Common Core State Standards and Next Generation Science Standards*, 94, 1–12. [https://ell.stanford.edu/sites/default/files/pdf/academic-papers/03-Quinn%](https://ell.stanford.edu/sites/default/files/pdf/academic-papers/03-Quinn%20et%20al.pdf)

- 20Lee % 20Valdes % 20Language % 20and % 20Opportunities % 20in % 20Science %
20FINAL.pdf
- R Core Team. (2020). R: Programming Language. www.r-project.org
- Rauch, D., Mang, J., Härtig, H. & Haag, N. (2016). Naturwissenschaftliche Kompetenz von Schülerinnen und Schülern mit Zuwanderungshintergrund. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2015* (S. 317–348). Münster, New York, Waxmann.
- Redder, A. (2008). Functional Pragmatics. In G. Antos & E. Ventola (Hrsg.), *Handbook of Interpersonal Communication* (S. 133–178). Berlin, New York, Mouton de Gruyter.
- Redder, A. (2012). Wissen, Erklären und Verstehen im Sachunterricht. In H. Roll & A. Schilling (Hrsg.), *Mehrsprachiges Handeln im Fokus von Linguistik und Didaktik* (S. 117–134). Duisburg, Univ.-Verl. Rhein-Ruhr.
- Redder, A. & Weinert, S. (Hrsg.). (2013). *Sprachförderung und Sprachdiagnostik: Interdisziplinäre Perspektiven*. Münster, Waxmann. http://sub-hh.ciando.com/book/?bok_id=1056976
- Reeve, J. (2009). Why Teachers Adopt a Controlling Motivating Style Toward Students and How They Can Become More Autonomy Supportive. *Educational Psychologist*, 44(3), 159–175. <https://doi.org/10.1080/00461520903028990>
- Reich, H. H. & Roth, H.-J. (2002). *Spracherwerb zweisprachig aufwachsender Kinder und Jugendlicher: Ein Überblick über den Stand der nationalen und internationalen Forschung* (2000. Aufl.). Reset. Grafische Medien GmbH.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. *Diagnostica*, 2, 57–66.
- Ricart Brede, J. (2017). Zur Didaktik des Versuchsprotokolls als Aufgabe eines sprachsensiblen Fachunterrichts und eines fachsensiblen Sprach(förder)unterrichts. In H. Klages & G. Pagonis (Hrsg.), *Linguistisch fundierte Sprachförderung und Sprachdidaktik, Grundlagen, Konzepte, Desiderate* (S. 173–192). Berlin, Boston, De Gruyter Mouton.
- Riebling, L. (2013). *Sprachbildung im naturwissenschaftlichen Unterricht: Eine Studie im Kontext migrationsbedingter sprachlicher Heterogenität* (Bd. 20). Münster, Waxmann.
- Rivard, L. P. (2004). Are language-based activities in science effective for all students, including low achievers? *Science Education*, 88(3), 420–442. <https://doi.org/10.1002/sc.10114>
- Rivard, L. P. & Straw, S. B. (2000). The effect of talk and writing on learning science: An exploratory study. *Science Education*, 84(5), 566–593.
- Roelcke, T. (2010). *Fachsprachen* (3., neu bearb. Aufl., Bd. 37). Berlin, Schmidt.
- Röhner, C. & Hövelbrinks, B. (Hrsg.). (2013). *Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache: Theoretische Konzepte und empirische Befunde zum Erwerb bildungssprachlicher Kompetenzen*. Weinheim, Beltz-Juventa.

- Román, D. X., Briceño, A., Rohde, H. & Hironaka, S. (2016). Linguistic cohesion in middle-school texts: A comparison of logical connectives usage in science and social studies textbooks. *Electronic Journal of Science Education*, 20(6), 1–19.
- Ropohl, M., Walpuski, M. & Sumfleth, E. (2015). Welches Aufgabenformat ist das richtige? – Empirischer Vergleich zweier Aufgabenformate zur standardbasierten Kompetenzmessung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s40573-014-0020-6>
- Rösch, H. (2013). Integrative Sprachbildung im Bereich Deutsch als Zweitsprache. In C. Röhner & B. Hövelbrinks (Hrsg.), *Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache* (S. 18–36). Weinheim, Beltz-Juventa.
- Roth, W.-M. & Lawless, D. (2002). Science, culture, and the emergence of language. *Science Education*, 86(3), 368–385. <https://doi.org/10.1002/sce.10008>
- Rucker, D. D., Preacher, K. J., Tormala, Z. L. & Petty, R. E. (2011). Mediation Analysis in Social Psychology: Current Practices and New Recommendations. *Social and Personality Psychology Compass*, 5(6), 359–371. <https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2011.00355.x>
- Rudolph-Albert, F., Karaca, D., Ufer, S. & Heinze, A. (2009). Sprachliches und fachliches Lernen im Mathematikunterricht. *MNU Primar*, 129–131.
- Ryan, R. M. (1982). Control and information in the intrapersonal sphere: An extension of cognitive evaluation theory. *Journal of personality and social psychology*, 43(3), 450–461.
- Ryan, R. M., Koestner, R. & Deci, E. L. (1991). Ego-Involved Persistence: When Free-Choice Behavior is not Intrinsically Motivated. *Motivation and Emotions*, 15(3), 185–205.
- Schiesser, D. & Nodari, C. (2007). *Förderung des Leseverstehens in der Berufsschule* (1. Aufl.). Bern, hep.
- Schleppegrell, M. J. (2001). Linguistic Features of the Language of Schooling. *Linguistics and Education*, 12(4), 431–459. [https://doi.org/10.1016/S0898-5898\(01\)00073-0](https://doi.org/10.1016/S0898-5898(01)00073-0)
- Schmölzer-Eibinger, S. & Langer, E. (2010). Sprachförderung im naturwissenschaftlichen Unterricht in mehrsprachigen Klassen. Ein didaktisches Modell für das Fach Chemie. In B. Ahrenholz (Hrsg.), *Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache* (S. 203–218). BoD–Books on Demand.
- Schmölzer-Eibinger, S. & Thürmann, E. (2015). *Schreiben als Medium des Lernens: Kompetenzentwicklung durch Schreiben im Fachunterricht*. Waxmann Verlag.
- Selker, R. (2017). medmod: Simple Mediation and Moderation Analysis.
- Sumfleth, E. & Pitton, A. (1998). Sprachliche Kommunikation im Chemieunterricht–Schülervorstellungen und ihre Bedeutung im Unterrichtsalltag. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4(2), 4–20.
- Tajmel, T. (2011). Sprachliche Lernziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts. *ProDaZ, Uni Duisburg*.

- Tajmel, T. (2013). Möglichkeiten der sprachlichen Sensibilisierung von Lehrkräften naturwissenschaftlicher Fächer. In C. Röhner & B. Hövelbrinks (Hrsg.), *Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache* (S. 198–211). Weinheim, Beltz-Juventa.
- Tajmel, T. (2017). Die Bedeutung von "alltagssprache" - eine physikdidaktische Betrachtung. In Lütke, B., Petersen, I. & Tajmel, T. (Hrsg.), *Fachintegrierte Sprachbildung* (S. 253–267). Berlin, Boston, De Gruyter Mouton.
- Thürmann, E. (2010). Zur Konstruktion von Sprachgerüsten im bilingualen Sachfachunterricht. In S. Doff (Hrsg.), *Bilingualer Sachfachunterricht in der Sekundarstufe* (S. 137–153). Tübingen, Narr Verlag.
- Thürmann, E. (2011). Deutsch als Schulsprache in allen Fächern. Konzepte zur Förderung bildungssprachlicher Kompetenzen. schulentwicklung.nrw.de
- Thürmann, E. (2012). Lernen durch Schreiben. *Thesen zur Unterstützung sprachlicher Risikogruppen im Sachfachunterricht. dieS-online, 1*, 1–28.
- Thürmann, E. (2013). Deutsch in allen Fächern: Überlegungen zur Förderung bildungssprachlicher Kompetenzen. In S.-I. Beutel, W. Bos & R. Porsch (Hrsg.), *Lernen in Vielfalt* (S. 133–156). Münster, Waxmann.
- Thürmann, E., Krabbe, H., Platz, U. & Schumacher, M. (2017). *Sprachbildung als Aufgabe aller Fächer und Lernbereiche: Erfahrungen mit Sprachberatung an Ganz-In-Gymnasien*. Münster, Waxmann Verlag. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783830983668
- Thürmann, E. & Vollmer, H. J. (2013). Schulsprache und sprachsensibler Fachunterricht: Eine Checkliste mit Erläuterungen. In C. Röhner & B. Hövelbrinks (Hrsg.), *Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache* (S. 212–232). Weinheim, Beltz-Juventa.
- Trendelenburg, G. & Roß, J. (Hrsg.). (2018). *SINUS.NRW: Verständnis fördern – Lernprozesse gestalten: Mathematik und Naturwissenschaften weiterdenken*. Münster, New York, Waxmann.
- Uessler, S., Runge, A. & Redder, A. (2013). "Bildungssprache" diagnostizieren: Entwicklung eines Instruments zur Erfassung von bildungssprachlichen Fähigkeiten bei Viert- und Fünftklässlern. In A. Redder & S. Weinert (Hrsg.), *Sprachförderung und Sprachdiagnostik* (S. 42–67). Münster, Waxmann.
- Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2012). Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18*(1), 201–227.
- Viering, T. A. (2012). *Entwicklung physikalischer Kompetenz in der Sekundarstufe I: Validierung eines Kompetenzentwicklungsmodells für das Energiekonzept im Bereich Fachwissen: Zugl.: Kiel, Univ., Diss., 2012* (Bd. 138). Berlin, Logos-Verl.
- Villegas-Reimers, E. (2003). *Teacher professional development: An international review of the literature*. Paris, International Institute for Educational Planning.

- Vollmer, H. J. (2008). Bilingualer Sachfachunterricht als Inhalts- und als Sprachlernen. In G. Bach & S. Niemeier (Hrsg.), *Bilingualer Unterricht* (S. 47–70). Frankfurt am Main, Lang.
- Vollmer, H. J. (2011). Bilingualer Sachfachunterricht als Inhalts- und als Sprachlernen. In G. Bach & S. Niemeier (Hrsg.), *Bilingualer Unterricht* (S. 47–70). Frankfurt a.M., Peter Lang GmbH Internationaler Verlag der Wissenschaften.
- Vollmer, H. J. & Thürmann, E. (2013). Sprachbildung und Bildungssprache als Aufgabe aller Fächer der Regelschule. In M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann & H. J. Vollmer (Hrsg.), *Sprache im Fach* (S. 41–57). Münster, New York, München, Berlin, Waxmann.
- Vygotskij, L. S. (1981). *Mind in society: The development of higher psychological processes* ([Nachdr.]). Cambridge, Mass., Harvard Univ. Press.
- Vygotskij, L. S. (2017). *Denken und Sprechen: Psychologische Untersuchungen* (3., neu ausgestattete Auflage). Weinheim, Basel, Beltz. <http://www.beltz.de/de/nc/verlagsgruppe-beltz/gesamtprogramm.html?isbn=978-3-621-28621-3>
- Wahrburg, C. (2019). *Entwicklung und Erprobung eines Konzepts für sprachsensiblen Fachunterricht* (Masterarbeit). Universität Duisburg-Essen. Essen.
- Walpuski, M., Kauertz, A., Fischer, H., Kampa, N., Mayer, J., Sumfleth, E. & Wellnitz, N. (2010). ESNaS - Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I. In A. Gehrman (Hrsg.), *Bildungsstandards und Kompetenzmodelle* (S. 171–184). Bad Heilbrunn, Verlag Julius Klinkhardt.
- Webb, P. (2010). Science education and literacy: imperatives for the developed and developing world. *Science (New York, N.Y.)*, 328(5977), 448–450. <https://doi.org/10.1126/science.1182596>
- Wellington, J. & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. McGraw-Hill Education (UK).
- Wendt, H. & Bos, W. (Hrsg.). (2015a). *Auf dem Weg zum Ganztagsgymnasium: Erste Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung zum Projekt Ganz In*. Münster, Waxmann.
- Wendt, H. & Bos, W. (2015b). *Mit Ganzttag mehr Zukunft. Das neue Ganztagsgymnasium NRW*. Waxmann Verlag.
- Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A. & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15.
- Williams, G. C., Saizow, R., Ross, L. & Deci, E. L. (1997). Motivation underlying Career Choice for Internal Medicine and Surgery. *Social Science and Medicine*, 45(11), 1705–1713.
- Wilmanns, I., Willems, A. S., Thürmann, E., Platz, U. & Bos, W. (2015). Sprachsensibler Unterricht am Ganztagsgymnasium: Ein Fortbildungskonzept für Lehrkräfte zur Förderung bildungssprachlicher Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern. In

- H. Wendt & W. Bos (Hrsg.), *Auf dem Weg zum Ganztagsgymnasium* (S. 444–473). Münster, Waxmann.
- Wimmer, H. & Mayringer, H. (2016). *Salzburger Lese-Screening für die Schulstufen 2-9: SLS 2-9*. Bern, Hogrefe.
- Witteck, T. & Eilks, I. (2004). Versuchsprotokolle kooperativ erstellen. *Unterricht Chemie*, 15(82/83), 54–56.
- Yore, L., Bisanz, G. L. & Hand, B. M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*, 25(6), 689–725.
- Zander, S. (2015). *Lehrerfortbildung zu Basismodellen und Zusammenhänge zum Fachwissen* (Dissertation). Logos Verlag Berlin GmbH.
- Zhao, X., Lynch, J. G. & Chen, Q. (2010). Reconsidering Baron and Kenny: Myths and Truths about Mediation Analysis. *Journal of Consumer Research*, 37(2), 197–206. <https://doi.org/10.1086/651257>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1	Sprache der Nähe und Sprache der Distanz (in Anlehnung an Koch und Oesterreicher, 1985)	9
Abbildung 2.2	Kontextualisierung und kognitiver Aufwand (in Anlehnung an Cummins, 2010)	10
Abbildung 2.3	Konzeptionell mündliche und schriftliche Sprachen sowie Beispiele ihrer Anwendung (in Anlehnung an Schiesser und Nodari, 2007)	12
Abbildung 2.4	Vorgestellte Sprachregister und ihr Bezug zueinander (Krabbe, 2016)	13
Abbildung 2.5	Relation <i>Alltagssprache</i> , <i>Bildungssprache</i> und <i>Fachsprache</i> (Pineker-Fischer, 2016, S. 70)	14
Abbildung 2.6	Die Struktur eines Schreibprozesses (Flower & Hayes, 1981, S. 370)	24
Abbildung 2.7	Das Prinzip der unterrichtsökonomischen Schwerpunktsetzung (in Anlehnung an Thürmann et al., 2017, S. 51)	29
Abbildung 4.1	Ablauf der ersten gemeinsamen Arbeitssitzung	37
Abbildung 4.2	Vorgestellte Inhalte in den gemeinsamen Arbeitssitzungen: Versuchsprotokoll als fachtypische Textsorte	38
Abbildung 4.3	Typisierung von Übungsformen (Krabbe & Beese, o.D.)	40
Abbildung 4.4	Funktion konditionaler Satzmuster in der Darstellung von Bedingungen und ihren Folgen	45
Abbildung 4.5	Eigenschaften und Funktionen konditionaler Satzmuster im Fachkontext	45
Abbildung 4.6	Funktionen konditionaler Satzmuster in der Darstellung von Beobachtungen	46
Abbildung 4.7	Konditionale Satzmuster und Arbeit mit Beobachtungstabellen	47
Abbildung 4.8	Eingesetzte Experimentiermaterialien in der Interventionsgruppe und in der Kontrollgruppe	49
Abbildung 4.9	Einführung des Wasserkreislaufmodells in der Kontrollgruppe	49
Abbildung 4.10	Fachwissenstest zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit: Beispielim	58
Abbildung 4.11	Beispielim zur Überprüfung des deklarativen Wissens über konditionale Satzmuster	61
Abbildung 4.12	Beispielim zur Überprüfung des produktiven Umgangs mit konditionalen Satzmustern (Beobachtungen verschriftlichen)	62
Abbildung 4.13	Beispielim zur Überprüfung des produktiven Umgangs mit konditionalen Satzmustern (Sätze kombinieren)	62
Abbildung 4.14	Beispielim zur Überprüfung des rezeptiven Umgangs mit konditionalen Satzmustern	63
Abbildung 5.1	Zuwachs der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern in der Interventionsgruppe und in der Kontrollgruppe	73

Abbildung 5.2 Zuwachs des Fachwissens zur Elektrizitätslehre der
Unterrichtseinheit in der Interventionsgruppe und in der
Kontrollgruppe 74

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1	Charakteristiken naturwissenschaftlicher Texte (Härtig et al., 2015; in Anlehnung an Roelcke, 2010)	15
Tabelle 4.1	Fachliche und sprachliche Lernziele für zwei Doppelstunden der entwickelten Unterrichtseinheit	43
Tabelle 4.2	Beispiel der tabellarischen Übersicht über den Unterrichtsverlauf einer Doppelstunde in der Interventionsgruppe	50
Tabelle 4.3	Aufbau der Studie	52
Tabelle 4.4	Die in der empirischen Untersuchung eingesetzten Testinstrumente . . .	53
Tabelle 4.5	Die in der Unterrichtseinheit behandelten Themengebiete	57
Tabelle 5.1	Interne Konsistenzen für die Testinstrumente zur Erfassung des Fachwissens zur Elektrizitätslehre der durchgeführten Unterrichtseinheit und der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern	66
Tabelle 5.2	Interne Konsistenzen der Instrumente zur Erfassung der Kontrollvariablen	67
Tabelle 5.3	Fachwissenstest zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit: Überprüfung der Daten auf Normalverteilung	68
Tabelle 5.4	Testinstrument zur Erfassung der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern: Überprüfung der Daten auf Normalverteilung	68
Tabelle 5.5	Instrumente zur Erfassung der Kontrollvariablen: Überprüfung der Daten auf Normalverteilung	68
Tabelle 5.6	Überprüfung der Daten auf Varianzhomogenität	69
Tabelle 5.7	Kognitive und sprachliche Eingangsvoraussetzungen	70
Tabelle 5.8	Fachliche Eingangsvoraussetzungen	70
Tabelle 5.9	Motivationale Eingangsvoraussetzungen	71
Tabelle 5.10	Deskriptive Ergebnisse der Varianzanalysen	72
Tabelle 5.11	Überprüfung der Multikollinearität der Prädiktoren	76
Tabelle 5.12	Varianzaufklärung der drei aufgestellten Regressionsmodelle	77
Tabelle 5.13	Regressionskoeffizienten der aufgestellten Regressionsmodelle	77
Tabelle 5.14	Schätzung des Mediationsmodells	79
Tabelle 5.15	Schätzung der Pfade des Mediationsmodells (FUKSZ: Zuwachs in der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern; FWEZ: Zuwachs im Fachwissen zur Elektrizitätslehre der Unterrichtseinheit	79
Tabelle 6.1	Übersicht über die Ergebnisse der Hypothesen zu Forschungsfrage 1 . .	82
Tabelle 6.2	Übersicht über die Ergebnisse der Hypothesen zu Forschungsfrage 2 . .	84

