

Robert Gieske

Förderung fachwissenschaftlicher und kommunikativer Kompetenzen von Schüler*innen durch Disaggregate Instruction im Fach Chemie

Konzeption und Durchführung einer vergleichenden Interventionsstudie zur Analyse der Wirksamkeit sprachsensibler Unterrichtsansätze in der Sekundarstufe I



λογος



Studien zum Physik- und Chemielernen

Herausgegeben von Martin Hopf und Mathias Ropohl

Diese Reihe im Logos Verlag Berlin lädt Forscherinnen und Forscher ein, ihre neuen wissenschaftlichen Studien zum Physik- und Chemielernen im Kontext einer Vielzahl von bereits erschienenen Arbeiten zu quantitativen und qualitativen empirischen Untersuchungen sowie evaluativ begleiteten Konzeptionsentwicklungen zu veröffentlichen. Die in den bisherigen Studien erfassten Themen und Inhalte spiegeln das breite Spektrum der Einflussfaktoren wider, die in den Lehr- und Lernprozessen in Schule und Hochschule wirksam sind.

Die Herausgeber hoffen, mit der Förderung von Publikationen, die sich mit dem Physik- und Chemielernen befassen, einen Beitrag zur weiteren Stabilisierung der physik- und chemiedidaktischen Forschung und zur Verbesserung eines an den Ergebnissen fachdidaktischer Forschung orientierten Unterrichts in den beiden Fächern zu leisten.

Martin Hopf und Mathias Ropohl

Studien zum Physik- und Chemielernen

Band 393

Robert Gieske

**Förderung fachwissenschaftlicher
und kommunikativer Kompetenzen
von Schüler*innen durch Disaggregate
Instruction im Fach Chemie**

Konzeption und Durchführung
einer vergleichenden Interventionsstudie
zur Analyse der Wirksamkeit sprachsensibler
Unterrichtsansätze in der Sekundarstufe I

Logos Verlag Berlin



Studien zum Physik- und Chemielernen

Martin Hopf und Mathias Ropohl [Hrsg.]

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.



Dieses Werk ist lizenziert unter der Creative Commons Lizenz CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Die Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen (gekennzeichnet mit Quellenangabe) wie z. B. Schaubilder, Abbildungen, Fotos und Textauszüge erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.

D 188

Logos Verlag Berlin GmbH 2025

ISBN 978-3-8325-5984-7

ISSN 1614-8967

DOI 10.30819/5984

Logos Verlag Berlin GmbH
Georg-Knorr-Str. 4, Geb. 10
D-12681 Berlin

Tel.: +49 (0)30 / 42 85 10 90

Fax: +49 (0)30 / 42 85 10 92

<https://www.logos-verlag.de>

**Förderung fachwissenschaftlicher und kommunikativer
Kompetenzen von Schüler*innen
durch *Disaggregate Instruction* im Fach Chemie**

Konzeption und Durchführung einer
vergleichenden Interventionsstudie zur Analyse der Wirksamkeit
sprachsensibler Unterrichtsansätze in der Sekundarstufe I

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades des
Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)

eingereicht im Fachbereich Biologie, Chemie, Pharmazie
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Robert Paul Gieske

2024

Diese Dissertation wurde von Februar 2020 bis Oktober 2024 in der Arbeitsgruppe Didaktik der Chemie unter Leitung von Prof. Dr. Claus Bolte am Institut für Chemie und Biochemie an der Freien Universität Berlin angefertigt.

1. Gutachter*in: Prof. Dr. Claus Bolte
2. Gutachter*in: Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Ingrid Gogolin

Disputation am 29.01.2025

Danksagung

Dass sich eine Promotion eher wie ein (hügeliger) Marathon als ein kurzer Sprint anfühlen würde, war mir zu Beginn meines Vorhabens im Februar 2020 wohl bewusst. Dass aus dem Marathon am Ende eher ein Ironman werden würde, hätte ich mir durchaus anders vorgestellt. Diese Zeilen zu schreiben und kurz darauf in der gedruckten Dissertation in den Händen halten zu können, ist jedoch ein Indiz dafür, dass ich es bei diesem Ironman letztendlich erfolgreich ins Ziel geschafft habe und erfüllt mich mit großem Stolz.

Obwohl ich das Anfertigen der Dissertation selbstständig bewältigen musste, hätte ich dieses Ziel ohne die Unterstützung und den Rückhalt aus meinem professionellen wie privaten Umfeld höchstwahrscheinlich nicht erreicht. Daher möchte ich die Gelegenheit nutzen, den wichtigsten „Trainer*innen“, „Trainingspartner*innen“ und „Streckenhelfer*innen“ an dieser Stelle meinen Dank auszusprechen.

Zunächst möchte ich meinem Doktorvater Prof. Dr. Claus Bolte für seine engmaschige Beratung, kritischen Rückmeldungen und insgesamt für seine fordernde und fördernde Betreuung über die zurückliegenden knapp fünf Jahre danken. Ein besonderer Dank gebührt außerdem als Zweitgutachterin Frau Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Ingrid Gogolin, durch deren hilfreiche Impulse ich in der Schlussphase der Dissertation den ein oder anderen gedanklichen Knoten durchschlagen konnte.

Weiterhin möchte ich meinen beiden Kolleg*innen und zeitweiligen Schreibtischnachbar*innen Dr. Sabine Streller und Dr. Dennis Dietz für unzählige wertvolle Denkanstöße, aber auch die nötige Ablenkung von der mitunter nicht enden wollenden Arbeit danken. Einen nicht zu unterschätzenden Beitrag zu dieser Dissertation haben darüber hinaus die studentischen Mitarbeitenden und weitere Weggefährter*innen der AG Bolte geleistet.

Da das Thema der vorliegenden Arbeit an der Schnittstelle zwischen Naturwissenschaftsdidaktik und Sprachwissenschaft zu verorten ist, bin ich umso glücklicher, über die Jahre – national wie international – gleichgesinnte Forscher*innen gefunden zu haben, mit denen ich mich auf Tagungen und darüber hinaus über die Bedeutung von Sprache beim naturwissenschaftlichen Lernen austauschen konnte. Besonders hervorheben möchte ich dabei Dr. Ylva Hamnell-Pamment, Dr. Katharina Fliesser, Rebecca Möller und Dr. Regina Schauer.

Zu guter Letzt möchte ich mich für die Unterstützung und Aufmunterung durch meine Familie und Freund*innen bedanken. Die wichtigste Stütze während des gesamten Promotionsvorhabens, meine bessere Hälfte Philipp, musste einige emotionale Tiefs über sich ergehen lassen und stand trotzdem unermüdlich an meiner Seite. Für deine Ausdauer mit meinen launischen Phasen und deine ansteckende positive Art kann ich dir nicht dankbar genug sein.

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG IN DEUTSCH	1
ZUSAMMENFASSUNG IN ENGLISCH (SYNOPSIS)	3
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	5
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	7
TABELLENVERZEICHNIS.....	10
EINLEITUNG	15
THEORIE.....	21
1 Die Bedeutung sprachlicher Register im Kontext Schule	21
1.1 Zur Rolle von Sprache beim schulischen Lernen.....	21
1.2 Systematisierung der sprachlichen Register	24
1.2.1 Alltags- und Umgangssprache	29
1.2.2 Bildungs- und Schulsprache	31
1.2.3 Fach- und Wissenschaftssprache	31
1.3 Zusammenfassung.....	34
2 Bedeutung der Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht	35
2.1 Zusammenhänge zwischen sprachlichen und naturwissenschaftlichen Kompetenzen – Ergebnisse aktueller Schulleistungsvergleichsstudien	35
2.2 Fachsprache in den naturwissenschaftlichen Fächern	37
2.2.1 Merkmale auf der Wortebene	38
2.2.2 Merkmale auf der Satzebene	39
2.2.3 Merkmale auf der Textebene	40
2.3 Gelingende Kommunikation als Werkzeug naturwissenschaftlicher Kompetenzentwicklung	40
2.3.1 Kommunikationskompetenz in den Bildungsstandards für das Fach Chemie	41
2.3.2 Adressatengerechtes Kommunizieren im Chemieunterricht.....	44
2.4 Zusammenfassung.....	47
3 Förderung von bildungs- und fachsprachlichen Fähigkeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht.....	48

3.1	Sprachsensibler Fachunterricht als notwendige Reaktion auf eine zunehmend heterogene Schülerschaft	48
3.2	Chancen und Herausforderungen des naturwissenschaftlichen Unterrichts im Kontext durchgängiger Sprachbildung	49
3.3	Ausgewählte Ansätze sprachsensibler Unterrichtsplanung	51
3.3.1	Scaffolding nach Gibbons	52
3.3.2	Translanguaging nach García und Wei	54
3.3.3	Sheltered Instruction and Observation Protocol nach Echevarría	55
3.3.4	Sprachaktivierender Unterricht nach Bolte und Pastille	57
3.4	Ausgewählte empirische Studien zur Wirksamkeit sprachsensibler Unterrichtsansätze im MINT-Bereich	58
3.4.1	Agel, Beese und Krämer (2012)	59
3.4.2	Meneses, Escobar und Véliz (2018)	60
3.4.3	Prediger und Wessel (2013)	60
3.4.4	Prediger und Wessel (2018)	61
3.4.5	Prediger und Neugebauer (2023)	62
3.4.6	Charamba und Zano (2019) & Lemmi und Perez (2023)	63
3.4.7	Schüler-Meyer, Prediger, Kuzu, Wessel und Redder (2019)	64
3.5	Zusammenfassung	65
4	Sprache und Sache getrennt und doch gemeinsam: Der <i>Disaggregate-Instruction-Ansatz</i> nach Brown, Ryoo und Rodriguez	66
4.1	Grundidee des <i>Disaggregate-Instruction-Ansatzes</i>	66
4.2	Gestaltung von naturwissenschaftlichem Unterricht nach den Prinzipien von <i>Disaggregate Instruction</i>	68
4.3	Wirksamkeit des Ansatzes auf den Lernerfolg	69
4.4	Grenzen und Chancen des Ansatzes	73
4.5	Zusammenfassung	75
5	Zwischenfazit, forschungsleitende Fragestellungen und Hypothesen	76
5.1	Theoriegeleitetes Zwischenfazit	76
5.2	Forschungsleitende Fragestellungen und Hypothesen	77

UNTERSUCHUNGSMETHODE	85
6 Grundlegende Überlegungen zur Planung der Untersuchung	85
6.1 Forschungsdesign und Festlegung der zu untersuchenden Variablen	85
6.2 Notwendige Testinstrumente und geplante Durchführung der Untersuchung	88
6.3 Begründung der Themenwahl	91
6.4 Beschreibung der geplanten Stichprobe	91
7 Gestaltung der Unterrichtsreihe	93
7.1 Sachanalytische Erschließung des Lösevorgangs von Salzen in Wasser	93
7.1.1 Salze als Ionenverbindungen: Struktur und Eigenschaften	93
7.1.2 Wasser als polares Lösungsmittel	97
7.1.3 Der Lösevorgang von Salzen in Wasser	99
7.1.4 Das Tote Meer – salzreicher See und bedrohter Lebensraum	101
7.2 Planung der Intervention: Didaktisch-methodische Überlegungen zur Unterrichtsreihe „Das Tote Meer stirbt!“	103
7.2.1 Anknüpfung der Unterrichtsreihe an bildungspolitische Vorgaben	103
7.2.2 Überlegungen zur Passung zwischen den fachlichen Inhalten und den Lernvoraussetzungen der Schüler*innen	104
7.2.3 Berücksichtigung grundlegender lernpsychologischer und motivationaler Prinzipien in der Konzeption der Unterrichtsreihe	105
7.2.4 Anwendung des <i>Disaggregate-Instruction-Ansatzes</i> in der Unterrichtsplanung	108
7.3 Konzeption der Doppelstunden	110
7.3.1 Erste Doppelstunde: Bedeutung von Salzen am und im Toten Meer	111
7.3.2 Zweite Doppelstunde: Aufbau von Salzen aus Ionen	113
7.3.3 Dritte Doppelstunde: Lösevorgang von Salzen in Wasser	116
7.3.4 Vierte Doppelstunde: Auskristallisieren von Salzen am und im Toten Meer	122
7.4 Zusammenfassung	124
8 Entwicklung, Auswahl und Einsatz von Testinstrumenten zur Datenerhebung	125
8.1 Fachwissenstest „Salze und der Lösevorgang“	125
8.2 C-Test zur Bildungssprache Deutsch	127

8.3 Offene Aufgaben zum Verfassen adressatenorientierter Schüler*innentexte	129
8.4 Einschätzung der Eignung und Güte der Testinstrumente.....	132
8.5 Zusammenfassung.....	134
9 Aufbereitung und Auswertung der Daten	136
9.1 Vorgehen bei der Aufbereitung der Datensätze	136
9.2 Verfahren zur quantitativ-statistischen Analyse der Daten.....	138
9.2.1 Auswertung der Daten aus dem Fachwissenstest.....	138
9.2.2 Auswertung der Daten aus dem C-Test.....	138
9.2.3 Regressionsanalysen und das allgemeine lineare Modell (ALM)	139
9.2.4 Berücksichtigung verschiedener Cluster: Mehrebenenanalysen und hierarchische lineare Modelle (HLM).....	141
9.3 Auswertung der qualitativen Daten (Schüler*innentexte aus den offenen Aufgaben).....	142
9.3.1 Deduktive Entwicklung des Kategoriensystems zur qualitativ-inhaltsanalytischen Untersuchung von Adressatenorientierung	143
9.3.2 Analyse der Schüler*innentexte mithilfe des Kategoriensystems	147
9.3.3 Auswahl und differenzierte inhaltsanalytische Betrachtung spezieller Fälle.....	149
9.4 Zusammenfassung.....	151
ERGEBNISSE.....	153
10 Durchführung der vergleichenden Interventionsstudie	153
10.1 Ablauf der Untersuchung.....	153
10.2 Beschreibung der realisierten Stichprobe	154
10.3 Beschreibung des Datensatzes und Vorgehen bei der Aufbereitung.....	156
11 Auswertung der Daten zum Forschungsfokus <i>Fachwissen</i>	161
11.1 Anmerkungen zum Einsatz der Testinstrumente	161
11.2 Analyse der Ergebnisse hinsichtlich des Fachwissens und der fachlichen Lernzuwächse der Schüler*innen zu Salzen und dem Lösevorgang	163
11.2.1 Betrachtung der Ergebnisse hinsichtlich des Fachwissens und der fachlichen Lernzuwächse bezüglich der Gesamtstichprobe.....	163

11.2.2 Vergleichende Betrachtung der Ergebnisse hinsichtlich des Fachwissens und der fachlichen Lernzuwächse für Interventions- und Kontrollgruppe	166
11.2.3 Vergleichende Betrachtung des Fachwissens und der Lernzuwächse von Schüler*innen des Gymnasiums und Integrierter Sekundarschulen.....	171
11.3 Analyse der Ergebnisse hinsichtlich der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch	173
11.3.1 Betrachtung der Ergebnisse hinsichtlich der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch in der Gesamtstichprobe.....	173
11.3.2 Vergleichende Betrachtung der Ergebnisse hinsichtlich der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch in der Interventions- und Kontrollgruppe	175
11.3.3 Vergleichende Betrachtung der Ergebnisse hinsichtlich der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch von Schüler*innen des Gymnasiums und Integrierter Sekundarschulen.....	176
11.4 Analyse der Zusammenhänge zwischen den fachlichen Lernzuwächsen der Schüler*innen und ihren Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch	177
11.5 Analyse der Zusammenhänge zwischen den fachlichen Lernzuwächsen der Schüler*innen und der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes unter Berücksichtigung der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch	179
11.6 Analyse der Zusammenhänge zwischen den fachlichen Lernzuwächsen, der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes, den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch und der besuchten Schulform	181
11.7 Zusammenfassung.....	185
12 Auswertung der Daten zum Forschungsfokus <i>kommunikative Kompetenzen</i> .	187
12.1 Beispielhafte Kodierung eines Schüler*innentextes.....	187
12.2 Analyse der Schüler*innentexte hinsichtlich des Gebrauchs verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung	188
12.2.1 Betrachtung des Gebrauchs verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung in der Gesamtstichprobe.....	189
12.2.2 Betrachtung des Gebrauchs verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung in der Interventionsgruppe	191
12.2.3 Betrachtung des Gebrauchs verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung in der Kontrollgruppe	193

12.2.4 Vergleichende Betrachtung des Gebrauchs verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung in Interventions- und Kontrollgruppe	195
12.3 Auswahl und differenzierte inhaltsanalytische Betrachtung spezieller Fälle zur Illustration der adressatenorientierten Kommunikation	198
12.3.1 Texttyp I: Viele umgangssprachliche und viele fachsprachliche Termini.....	200
12.3.2 Texttyp II: Viele umgangssprachliche und wenige fachsprachliche Termini.....	201
12.3.3 Texttyp III: Wenige umgangssprachliche Termini und viele fachsprachliche Termini.....	202
12.3.4 Texttyp IV: Wenige umgangssprachliche und wenige fachsprachliche Termini.....	202
12.4 Zusammenfassung.....	203
DISKUSSION UND INTERPRETATION.....	205
13 Diskussion der Ergebnisse zum Forschungsfokus <i>Fachwissen</i>	205
13.1 Güte der Testinstrumente.....	205
13.1.1 Güte des Fachwissenstests und Aufgabenschwierigkeit	206
13.1.2 Güte des C-Tests	208
13.2 Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich des Fachwissens.....	209
13.2.1 Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich des Fachwissens für die Gesamtstichprobe.....	210
13.2.2 Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich des Fachwissens differenziert nach Interventions- und Kontrollgruppe.....	212
13.2.3 Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich des Fachwissens für Schüler*innen des Gymnasiums und Integrierter Sekundarschulen ...	215
13.3 Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch	217
13.3.1 Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch für die Gesamtstichprobe.....	217
13.3.2 Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch in der Interventions- und Kontrollgruppe....	218

13.3.3 Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch von Schüler*innen des Gymnasiums und Integrierter Sekundarschulen.....	218
13.4 Diskussion der Zusammenhänge zwischen den fachlichen Lernzuwächsen und den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch .	219
13.5 Diskussion der Zusammenhänge zwischen den fachlichen Lernzuwächsen und der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes unter Berücksichtigung der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch	220
13.6 Diskussion der Zusammenhänge zwischen den fachlichen Lernzuwächsen, der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes, den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch und der besuchten Schulform	223
13.7 Zusammenfassung	227
14 Diskussion der Ergebnisse zum Forschungsfokus <i>kommunikative Kompetenzen</i>	229
14.1 Gebrauch verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung	229
14.1.1 Gebrauch verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung in der Gesamtstichprobe	229
14.1.2 Gebrauch verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung in der Interventionsgruppe	231
14.1.3 Gebrauch verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung in der Kontrollgruppe	233
14.1.4 Gebrauch verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung im Vergleich zwischen Interventions- und Kontrollgruppe	234
14.2 Diskussion von ausgewählten Fallbeispielen zur Illustration adressatenorientierter Kommunikation	237
14.2.1 Texttyp I: Viele umgangssprachliche und viele fachsprachliche Termini.....	237
14.2.2 Texttyp II: Viele umgangssprachliche und wenige fachsprachliche Termini.....	238
14.2.3 Texttyp III: Wenige umgangssprachliche und viele fachsprachliche Termini.....	239
14.2.4 Texttyp IV: Wenige umgangssprachliche und wenige fachsprachliche Termini.....	240

14.3 Zusammenfassung	242
SCHLUSSBETRACHTUNGEN	243
15 Methodenkritik und Limitationen der Studie	243
16 Ausblick	247
16.1 Implikationen für weiterführende Forschungstätigkeiten	247
16.2 Implikationen für die Schul- und Unterrichtspraxis	249
17 Fazit	251
LITERATUR	257
ANHANG	279

ZUSAMMENFASSUNG IN DEUTSCH

In der vorliegenden Forschungsarbeit wird der Einfluss verschiedener sprachsensibler Unterrichtsansätze auf die fachwissenschaftlichen und fachbezogenen kommunikativen Kompetenzen von Schüler*innen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I untersucht. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz*, der das Erlernen naturwissenschaftlicher Konzepte von der Einführung neuer Fachtermini zeitlich trennt. Ziel des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* ist es, eine kognitive Überlastung der Schüler*innen zu vermeiden, indem fachliche Inhalte zunächst anhand von bereits bekannter Terminologie vermittelt werden, bevor sukzessive neu zu erarbeitende Fachtermini eingeführt werden.

Der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* berücksichtigt zudem die wachsende (sprachliche) Heterogenität im Kontext Schule, insbesondere mit Blick auf die Herausforderungen von Schülerinnen, deren Muttersprache nicht Deutsch ist oder die einen ungünstigen sozioökonomischen Hintergrund aufweisen. Diese Schülerinnen sind oftmals besonderen Herausforderungen beim Erwerb von Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch ausgesetzt. Da bildungssprachliche Kompetenzen für den Lernerfolg auch und vor allem im naturwissenschaftlichen Unterricht unabdingbar sind, bedarf es einer durchgängigen sprachlichen Bildung, d. h. fachliche und sprachliche Kompetenzen werden in allen Fächern und über die gesamte Schullaufbahn hinweg systematisch berücksichtigt und gefördert.

Im Rahmen einer vergleichenden Interventionsstudie wird die Wirksamkeit des *Disaggregate Instruction-Ansatzes* und etablierter sprachsensibler Prinzipien des *Scaffolding-Ansatzes* analysiert. Für die Untersuchung wurde eine Unterrichtsreihe mit dem Titel „Das Tote Meer stirbt!“ zum Aufbau und Lösevorgang von Salzen entwickelt und in zwei verschiedenen Varianten gestaltet: eine Variante kombinierte Prinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* mit denen des *Scaffolding-Ansatzes*; die andere wendete lediglich *Scaffolding-Prinzipien* an.

Die Ergebnisse zeigen, dass der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* hinsichtlich des Erwerbs von fachwissenschaftlichen Kompetenzen auf Seiten der Schülerinnen gegenüber einem Unterricht nach den *Scaffolding-Prinzipien* nicht grundlegend lernwirksamer ist. Schüler*innen mit niedrigen Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch von nicht-gymnasialen Schulen profitieren jedoch in besonderem Maße von der Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes*. Bezogen auf die fachbezogenen kommunikativen Kompetenzen konnte nicht nachgewiesen werden, dass eine der beiden Unterrichtsvarianten zu besseren Ergebnissen auf Seiten der Schüler*innen führte. Die Befunde verdeutlichen die Notwendigkeit einer differenzierten,

sprachsensiblen Unterrichtsgestaltung in heterogenen Klassen und heben hervor, dass es weiterer systematischer, evaluierender Forschung zu sprachsensiblen Unterrichtsansätzen im naturwissenschaftlichen Unterricht bedarf.

ZUSAMMENFASSUNG IN ENGLISCH (SYNOPSIS)

In this doctoral thesis, I examine the impact of different language-responsive teaching approaches on secondary students' subject-matter knowledge and subject-related communicative competences in chemistry learning. The *Disaggregate Instruction Approach* will be given special attention as the idea of the approach is to separate ('disaggregate') the acquisition of novel science concepts from the introduction of new scientific terminology. The main objective of the *Disaggregate Instruction Approach* is to protect students from cognitive overload by developing understanding of science concepts through familiar terminology before gradually introducing new scientific terms.

The *Disaggregate Instruction Approach* moreover takes students' increasing (linguistic) diversity in school settings into account, particularly regarding students who are not native speakers of the language of schooling or who show an unfavorable socioeconomic background. These students oftentimes face major challenges acquiring academic language competences in German. Since academic language competences are a meaningful predictor of school success in science teaching and learning, integrated language instruction is essential; i. e., subject-matter and language competences have to be recognized and fostered in conjunction and systematically in all subjects as well as across all school years.

By means of a comparative treatment-control study, I analyze the effectiveness of the *Disaggregate Instruction Approach* and of established language-responsive principles of the *Scaffolding* approach. For the examination, I designed a teaching sequence with the title "The Dead Sea is Dying!" on the chemical structure of salts and dissolving processes in water. I developed two versions of the teaching sequence: one combines *Disaggregate Instruction* and *Scaffolding* principles whereas the other only incorporates *Scaffolding*.

The findings reveal that the *Disaggregate Instruction Approach* does not generally equip students with a more advanced subject-matter knowledge compared to instruction in accordance with the *Scaffolding* approach. However, students with relatively low academic language competences in German from non-academic track schools benefit from the application of the *Disaggregate Instruction Approach* to a great extent. Regarding students' subject-related communicative competences, there is no evidence that one of the two versions of the language-responsive teaching sequence leads to better results. The findings of this study reinforce the importance of differentiated, language-responsive instruction in diverse classroom settings and

highlight that more systematic and evaluative research on language-responsive teaching approaches is necessary.

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
SenBJF	Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin
MBJS	Ministerium für Bildung, Jugend und Sport Brandenburg
PISA	Programme for International Student Assessment
IQB	Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen
KMK	Kultusministerkonferenz
MINT	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik
NaCl	Natriumchlorid
BICS	Basic Interpersonal Communicative Skills
CALP	Cognitive Academic Language Proficiency
IGLU	Internationale GrundschoL-Lese-Untersuchung
PSE	Periodensystem der Elemente
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
LUMO	Lowest Unoccupied Molecular Orbital
pH-Wert	pondus Hydrogenii-Wert (negativer dekadischer Logarithmus der Konzentration der Oxonium-Ionen in einer Lösung)
CLIL	Content- and Language-Integrated Learning
BLK	Bund-Länder-Kommission
FörMig	Förderung von Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund
ZPD	Zone of Proximal Development
SIOP	Sheltered Instruction Observation Protocol
ELL	English Language Learners
SI	Sheltered Instruction
KG	Kontrollgruppe
IG	Interventionsgruppe
DIA	<i>Disaggregate-Instruction-Ansatz</i>
C-Test	Cloze-Test
E_{ea}	Elektronenaffinität
Å	Ångstrom
°C	Grad Celsius
Na	Natrium
Cl	Chlor

I	Ionisierungsenergie
U_G	Gitterenergie
ΔH_S°	Sublimationsenthalpie
ΔH_D°	Dissoziationsenthalpie
ΔH_B°	Bildungsenthalpie
H₂O	Wasser
aq.	aqua (in Wasser gelöst)
δ+	positive Partialladung
δ-	negative Partialladung
WE-Wert	Worterkennungs-Wert
R/F-Wert	Richtig/Falsch-Wert
IfBQ	Institut für Bildungsmonitoring und Qualitätsentwicklung Hamburg
FW	Fachwissenstest
oA	offene Aufgaben
ALM	allgemeines lineares Modell
HLM	hierarchisches lineares Modell
MAXQDA	Max Weber Qualitative Datenanalyse
Gr.	Gruppe
S*S	Schüler*innen
oA_F	offene Aufgabe – Text an die Freundin
oA_L	offene Aufgabe – Text an den Lehrer
ICC	Interklassenkorrelation
KI	Konfidenzintervall
σ²	Varianz des Residuums
T00cluster	Varianz des Random Intercept

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1. Ordnendes Schema zur Darstellung der Konzeption Sprache der Nähe und Sprache der Distanz als Zusammenspiels aus Kommunikationsbedingungen, Versprachlichungsstrategien und der Realisation (graphisch oder phonisch); die Kleinbuchstaben a bis k bezeichnen konkrete Äußerungsformen: so repräsentieren z. B. a ein vertrautes Gespräch und k eine Verwaltungsvorschrift; aus Koch & Oesterreicher (1985, S. 23)	26
Abbildung 2. Übersicht sprachlicher Register im Kontext Schule, verändert aus Ahrenholz (2017, S. 9).....	28
Abbildung 3. Modell sprachlicher Aktivierung im naturwissenschaftlichen Unterricht (Aktivierungsrechteck), aus Bolte & Pastille (2010, S. 40).....	57
Abbildung 4. Gegenüberstellung der beiden untersuchten digitalen Versionen aus der Lernumgebung ‚Fotosynthese‘ in einer Studie zum <i>Disaggregate-Instruction-Ansatz</i> , aus Ryoo (2015, S. 35).....	70
Abbildung 5. Design der Interventionsstudie anhand des geplanten zeitlichen Ablaufs.....	91
Abbildung 6. Modellhafte Darstellung der Kristallstruktur von Natriumchlorid: (a) Ladungsschwerpunkte der Ionen; (b) Raumerfüllung der Ionen in der kubisch dichtesten Kugelpackung aus Holleman et al. (2017, S. 134).....	95
Abbildung 7. Schematische Darstellung des <i>Born-Haber-Kreisprozesses</i> zur Veranschaulichung der Bildung von Natriumchlorid aus den Elementen Natrium und Chlor anhand hypothetischer Reaktionsschritte mit Bezeichnung der jeweils freiwerdenden oder benötigten Energie, entnommen aus Riedel & Janiak (2022, S. 95).	96
Abbildung 8. Darstellung der Bindungsverhältnisse, Partialladungen (δ^+ und δ^-) und Dipoleigenschaft des Wassermoleküls, aus Grohmann et al. (2011, S. 37). ...	97
Abbildung 9. Darstellung von Wasserstoff(brücken)bindungen (blau) zwischen Wassermolekülen am Beispiel der Struktur von Eis, aus Riedel und Meyer (2019, S. 275).....	98
Abbildung 10. Modellhafte Darstellung des Lösens von Natriumchlorid in Wasser unter Entstehung von hydratisierten Ionen (aus Riedel & Janiak, 2022, S. 337) ...	100
Abbildung 11. Schematischer Verlauf der Intervention gegliedert nach den vier Doppelstunden (à 90 min.); in der Konzeption von Brown et al. (2010) entsprechen die Phasen: Hinführung zum Thema = Pre-Assessment Instruction, Konzeptbildung = Content Construction, Einführung der Fachtermini = Introduction of Explicit Language, Festigen der Konzepte und Termini = Scaffolding Opportunities for Language	109

Abbildung 12a. Arbeitsmaterial zum Aufbau des Kristallgitters von Salzen mit der Aufgabe für Schüler*innen der Interventionsgruppe, die Abbildung mithilfe handschriftlich vorgegebener Wörter (unterrichtsbezogene Umgangssprache) zu beschriften	114
Abbildung 12b. Arbeitsmaterial zum Aufbau des Kristallgitters von Salzen mit der Aufgabe für Schüler*innen der Interventionsgruppe, die Abbildung mithilfe (in einer Powerpoint-Präsentation) vorgegebener Fachtermini zu beschriften.....	114
Abbildung 13. Arbeitsmaterial zur Erarbeitung des Lösevorgangs von Salz in Wasser auf der Teilchenebene mithilfe einer Filmleiste (Freiman & Schlieker, 2001); die Schüler*innen ordnen den fünf Schritten jeweils die Abbildungen und Textabschnitte zu; abgebildet ist der Lösungsvorschlag für die Interventionsgruppe	118
Abbildung 14. Fotografien verschiedener Salzkristalle (40-fache Vergrößerung) – dokumentiert im Zuge der Kristallisationsversuche mit eigens angesetzten Lösungen von: (1) Natriumchlorid, (2) Kaliumchlorid, (3) Magnesiumchlorid, (4) Calciumchlorid sowie (5) und (6) Probelösungen aus dem Toten Meer	123
Abbildung 15. Beispielitem aus dem Fachwissenstest; hier zur Wirkungsweise von Ionenbindungen (Bindung in Salzen) – die richtige Antwort ist in diesem Fall Antwortoption: a); der gesamte Fragebogen befindet sich im Anhang dieser Arbeit	127
Abbildung 16. Beispieltext aus dem C-Test zur Erfassung der Fähigkeiten der Schüler*innen in der Bildungssprache Deutsch (IfBQ Hamburg, 2008, S. 2).....	128
Abbildung 17. Aufgabenstellungen zur Formulierung adressatenorientierter Erklärungen des Lösevorgangs von Salzen in Wasser am Ende der Unterrichtsreihe	132
Abbildung 18. Beispielhaft zusammengestelltes Streudiagramm, in dem die Quotienten umgangssprachlicher Formulierungen zur Textlänge einerseits und der Quotient fachsprachlicher Termini zur Textlänge andererseits gegeneinander aufgetragen wurden. Aus der Verteilung lassen sich die vier Textcluster aus Tabelle 6 ableiten und für einen Fallvergleich heranziehen	151
Abbildung 19. Boxplots zur Darstellung der erreichten Punkte im Fachwissenstest vor (t_0) und nach der Unterrichtsreihe (t_1) für die aufbereitete Stichprobe ($N = 276$).....	163
Abbildung 20. Boxplots zur Darstellung der erreichten Punkte im Fachwissenstest vor (t_0) und nach der Unterrichtsreihe (t_1) differenziert nach Interventions- und Kontrollgruppe	167
Abbildung 21. Boxplots zur Darstellung der erreichten Punkte im C-Test vor der Unterrichtsreihe (Prä-Test) differenziert nach Interventions- und Kontrollgruppe..	175

Abbildung 22. Darstellung der Regressionsgeraden zum Zusammenhang des C-Test-Scores mit dem Lernzuwachs der Schüler*innen im Fachwissenstest	178
Abbildung 23. Darstellung des Lernzuwachses der Schüler*innen in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes und vom C-Test-Score	180
Abbildung 24. Darstellung des Lernzuwachses in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes unter Berücksichtigung des C-Test-Scores für die Teilstichprobe der Schüler*innen des Gymnasiums ($n_{\text{GYM}} = 110$).....	182
Abbildung 25. Darstellung des Lernzuwachses in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes unter Berücksichtigung des C-Test-Scores für die Teilstichprobe der Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen ($n_{\text{ISS}} = 166$)	184
Abbildung 26. Scatterplot zur Darstellung des Verhältnisses der Verwendung von bekannten, umgangssprachlichen Termini zu neu erarbeiteten, fachsprachlichen Termini pro Schüler*innentext in Abhängigkeit von der adressierten Person	199
Abbildung 27. Beispielitem fw01 aus dem Fachwissenstest, welches im Post-Test mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 75 % korrekt beantwortet wurde (s. Tab. 11).	208
Abbildung 28. Beispielitem fw11 aus dem Fachwissenstest, welches im Post-Test mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 36 % korrekt beantwortet wurde (s. Tab. 11).	208

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1. Zusammenstellung verschiedener Merkmale von Adressaten-orientierung hinsichtlich der inhaltlichen und sprachlichen Gestaltung (vgl. die bereits aufgeführten Merkmale des fachsprachlichen Registers in Abschn. 2.2.1 bis 2.2.3).....	46
Tabelle 2. Plakative Gegenüberstellung der beiden Unterrichtsbedingungen für die Interventions- und Kontrollgruppe.....	86
Tabelle 3. Gegenüberstellung der im Rahmen der Unterrichtsreihe von den Schüler*innen zu erlernenden Fachtermini und der Entsprechungen aus der unterrichtsbezogenen Umgangssprache.....	110
Tabelle 4. Zusammenstellung der Gestaltungsprinzipien des <i>Disaggregate-Instruction-Ansatzes</i> (im Unterricht der Interventionsgruppe) und allgemeiner sprachsensibler Prinzipien im Unterricht beider Gruppen für die zweite Doppelstunde	116
Tabelle 5. Zusammenstellung der Gestaltungsprinzipien des <i>Disaggregate-Instruction-Ansatzes</i> (im Unterricht der Interventionsgruppe) und allgemeiner sprachsensibler Scaffolding-Prinzipien im Unterricht beider Gruppen für die dritte Doppelstunde	121
Tabelle 6. Kategorisierung der Schüler*innentexte anhand des Vorkommens von umgangssprachlichen und fachsprachlichen Termini.....	150
Tabelle 7. Verteilung der Gesamtheit der teilnehmenden Schüler*innen anhand der Merkmale Geschlecht, Klassenstufe, Schulform und Untersuchungsbedingung.....	155
Tabelle 8. Übersicht über die Stichprobe und die von den Schüler*innen bearbeiteten und eingereichten Fragebögen (Gr. = Gruppe, IG = Interventionsgruppe, KG = Kontrollgruppe, S*S = Schüler*innen, FW = Fachwissenstest, oA _F = offene Aufgabe – Text an Freund*in, oA _L = offene Aufgabe – Text an die Lehrkraft)	157
Tabelle 9. Verteilung der Schüler*innen im Datensatz nach dem zweiten Bereinigungsschritt anhand der Merkmale Geschlecht, Klassenstufe, Schulform und Untersuchungsbedingung	159
Tabelle 10. Verteilung der Schüler*innen im Datensatz nach dem dritten Bereinigungsschritt anhand der Merkmale Geschlecht, Klassenstufe, Schulform und Untersuchungsbedingung	160
Tabelle 11. Relative Häufigkeiten <i>h</i> der korrekten Beantwortung der Items des Fachwissenstests „Salze und der Lösevorgang“ im Prä-Test (<i>t</i> ₀) und Post-Test (<i>t</i> ₁).....	162

Tabelle 12. Regressionsmodell für den Score im Fachwissenstest vor der Unterrichtsreihe (Prä-Test t_0) für die Gesamtstichprobe – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Intraklassenkorrelation (ICC) und Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$)	164
Tabelle 13. Regressionsmodell für den Lernzuwachs im Fachwissen (als Differenz der Scores im Prä- und Post-Test) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC).....	165
Tabelle 14. Regressionsmodell für den Score im Fachwissenstest zu unterschiedlichen Testzeitpunkten (Prä- und Post-Test) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC).....	166
Tabelle 15. Regressionsmodell für den Score im Fachwissenstest vor der Intervention (Prä-Test t_0) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	168
Tabelle 16. Regressionsmodell für den Score im Fachwissenstest nach der Intervention (Post-Test t_1) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	168
Tabelle 17. Regressionsmodell für den Score im Fachwissenstest in Abhängigkeit vom Testzeitpunkt für die Interventionsgruppe IG – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC); die 274 Beobachtungen gehen auf die zwei Testhefte (Prä- und Post-Test) von jeder der $n_{IG} = 137$ Schüler*innen zurück	169
Tabelle 18. Regressionsmodell für den Score im Fachwissenstest in Abhängigkeit vom Testzeitpunkt für die Kontrollgruppe KG – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC); die 278 Beobachtungen gehen auf die zwei Testhefte (Prä- und Post-Test) von jeder der $n_{KG} = 139$ Schüler*innen zurück	170
Tabelle 19. Regressionsmodell für den Lernzuwachs im Fachwissen (ΔFW) in Abhängigkeit von der Art der Intervention – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC).....	170
Tabelle 20. Regressionsmodell für den Score im Fachwissenstest vor der Unterrichtsreihe (Prä-Test t_0) in Abhängigkeit von der besuchten Schulform – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	171

Tabelle 21. Regressionsmodell für den Score im Fachwissenstest nach der Intervention (Post-Test t_1) in Abhängigkeit von der besuchten Schulform – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	172
Tabelle 22. Regressionsmodell für den Lernzuwachs im Fachwissen (als Differenz der Scores im Prä- und Post-Test) in Abhängigkeit von der besuchten Schulform – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	172
Tabelle 23. Mittelwerte der Scores im C-Test für die einzelnen Texte und den gesamten C-Test, differenziert nach Interventions- (IG) und Kontrollgruppe (KG)....	174
Tabelle 24. Regressionsmodell für den RF-Score im C-Test vor der Unterrichtsreihe (Prä-Test t_0) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	174
Tabelle 25. Regressionsmodell für den RF-Score im C-Test vor der Unterrichtsreihe (t_0) in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	176
Tabelle 26. Regressionsmodell für den RF-Score im C-Test vor der Unterrichtsreihe (t_0) in Abhängigkeit von der besuchten Schulform – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	177
Tabelle 27. Regressionsmodell für den Lernzuwachs im Fachwissen (als Differenz der Scores im Prä- und Post-Test) in Abhängigkeit vom C-Test-Score – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	179
Tabelle 28. Regressionsmodell für den Lernzuwachs im Fachwissen (als Differenz der Scores im Prä- und Post-Test) in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes in Interaktion mit dem C-Test-Score – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	181
Tabelle 29. Regressionsmodell für den Lernzuwachs im Fachwissen (als Differenz der Scores im Prä- und Post-Test) in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes in Interaktion mit dem C-Test-Score für die Schüler*innen des Gymnasiums ($n_{GYM} = 110$) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	183

Tabelle 30. Regressionsmodell für den Lernzuwachs im Fachwissen (als Differenz der Scores im Prä- und Post-Test) in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes in Interaktion mit dem C-Test-Score für die Schüler*innen der Integrierten Sekundarschule ($n_{\text{GYM}} = 110$) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00\text{cluster}}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	185
Tabelle 31. Beispielttext der Schülerin bzw. des Schülers ANMI28, gerichtet an eine Freundin, mit farblich hervorgehobener Kodierung der fach- (gelb) und umgangssprachlichen (grün) Termini.	188
Tabelle 32. Regressionsmodell für die Anzahl umgangssprachlicher Termini pro Text in Abhängigkeit von der mit der Erklärung adressierten Person – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00\text{cluster}}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	190
Tabelle 33. Regressionsmodell für die Anzahl fachsprachlicher Termini pro Text in Abhängigkeit von der mit der Erklärung adressierten Person – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00\text{cluster}}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	191
Tabelle 34. Regressionsmodell für die Anzahl umgangssprachlicher Termini pro Text in Abhängigkeit von der mit der Erklärung adressierten Person bezogen auf die Teilstichprobe der Interventionsgruppen-Schüler*innen ($n_{\text{IG}} = 87$) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00\text{cluster}}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	192
Tabelle 35. Regressionsmodell für die Anzahl fachsprachlicher Termini pro Text in Abhängigkeit von der mit der Erklärung adressierten Person bezogen auf die Teilstichprobe der Interventionsgruppen-Schüler*innen ($n_{\text{IG}} = 87$) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00\text{cluster}}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	192
Tabelle 36. Regressionsmodell für die Anzahl umgangssprachlicher Termini pro Text in Abhängigkeit von der mit der Erklärung adressierten Person bezogen auf die Teilstichprobe der Kontrollgruppen-Schüler*innen ($n_{\text{KG}} = 81$) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00\text{cluster}}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	193
Tabelle 37. Regressionsmodell für die Anzahl fachsprachlicher Termini pro Text in Abhängigkeit von der mit der Erklärung adressierten Person bezogen auf die Teilstichprobe der Kontrollgruppen-Schüler*innen ($n_{\text{KG}} = 81$) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00\text{cluster}}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	194

Tabelle 38. Deskriptivstatistische Gegenüberstellung der Ergebnisse beider Teilstichproben (IG = Interventionsgruppe, KG = Kontrollgruppe) hinsichtlich ausgewählter Kategorien von fachbezogener Adressatenorientierung	195
Tabelle 39. Regressionsmodell für die Anzahl fachsprachlicher Termini pro Text an die Lehrkraft in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	196
Tabelle 40. Regressionsmodell für die Anzahl umgangssprachlicher Termini pro Text an die Lehrkraft in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	196
Tabelle 41. Regressionsmodell für die Anzahl fachsprachlicher Termini pro Text an den bzw. die Freund*in in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	197
Tabelle 42. Regressionsmodell für die Anzahl umgangssprachlicher Termini pro Text an den bzw. die Freund*in in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)	198
Tabelle 43. Beispieltext der Schülerin bzw. des Schülers ANSO15 (Kontrollgruppe), gerichtet an eine*n Freund*in, mit farblich hervorgehobener Kodierung der fach- (gelb) und umgangssprachlichen (grün) Termini; der Text besteht aus 105 Wörtern verteilt auf 17 Teilsätze.	200
Tabelle 44. Beispieltext der Schülerin bzw. des Schülers MILI12 (Interventionsgruppe), gerichtet an eine*n Freund*in, mit farblich hervorgehobener Kodierung der umgangssprachlichen (grün) Termini; der Text besteht aus 109 Wörtern verteilt auf 15 Teilsätze.	201
Tabelle 45. Beispieltext der Schülerin bzw. des Schülers OVNA26 (Interventionsgruppe), gerichtet an die Lehrkraft, mit farblich hervorgehobener Kodierung der fach- (gelb) und umgangssprachlichen (grün) Termini; der Text besteht aus 77 Wörtern verteilt auf 12 Teilsätze.	202
Tabelle 46. Beispieltext der Schülerin bzw. des Schülers LUPA28 (Interventionsgruppe), gerichtet an eine*n Freund*in, mit farblich hervorgehobener Kodierung der fach- (gelb) und umgangssprachlichen (grün) Termini; der Text besteht aus 52 Wörtern verteilt auf 8 Teilsätze.	203

EINLEITUNG

„Verstehen heisst [sic]: einen Fremden bei näherer Betrachtung als einen verkleideten alten Bekannten wiedererkennen.“

Martin Wagenschein (1980, S. 141)

Der ganzheitliche Anspruch eines auf fachbezogene Kompetenzentwicklung und schlussendlich auf naturwissenschaftliche Grundbildung (*Scientific Literacy*) abzielenden Chemieunterrichts wird mit Blick in die Nationalen Bildungsstandards für das Fach Chemie deutlich (KMK, 2004, S. 6). Zusammengefasst wird von Lernenden am Ende der zehnten Klasse erwartet, fachliche Konzepte erworben zu haben, Methoden der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung anzuwenden sowie naturwissenschaftliche Sachverhalte mit anderen Menschen sach- und adressatengerecht kommunizieren und unter Berücksichtigung der gesellschaftlichen Relevanz bewerten zu können (KMK, 2004, S. 6 f.).

Das Ausbilden von *Scientific Literacy* (Gräber & Bolte, 1996; OECD, 2019a, S. 98 f.), welche die vier Kompetenzbereiche Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung vereint (KMK, 2004; SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015), ist die zentrale Zielstellung eines zeitgemäßen Chemieunterrichts (Bolte, 2003a, 2003b; Bolte & Schulte, 2014a, S. 370; 2014b, S. 35). *Scientific Literacy* soll die Lernenden demzufolge zu Mündigkeit im gesellschaftlichen Diskurs befähigen (Norris & Phillips, 2003, S. 236 f.; Streller et al., 2019, S. 4). Aus diesen Anforderungen an den Unterricht, die Lehrkräfte und die Schüler*innen wird deutlich, dass dem Erwerb naturwissenschaftlicher Konzepte, wie beispielsweise das Konzept der chemischen Reaktion (z. B. beim Rosten von Eisen), und dem Kommunizieren ebendieser Konzepte unter Verwendung adäquater Terminologie eine besondere Bedeutung beizumessen ist. Für den Erwerb und das Kommunizieren von Konzepten bedarf es bestimmter sprachlicher Register (Bildungs- und Fachsprache), die sich von der alltagssprachlich geprägten Kommunikation außerhalb schulischer Bildungsprozesse mitunter stark unterscheiden und daher im Fachunterricht explizit als Lerngegenstand fungieren sollten (Rincke, 2010; Leisen, 2018).

Um sowohl Bildungsgerechtigkeit als auch einen gleichberechtigten Zugang zu (fachbezogenen) Bildungsangeboten und gesellschaftlichen Diskursen in Zeiten zunehmender Globalisierung und Diversifizierung sicherzustellen, ist naturwissenschaftliche Bildung mehr denn je gefordert, auf solche Schüler*innengruppen zu achten, die in ihren je individuellen Bildungsgängen besonderen Herausforderungen begegnen

(Lengyel, 2010; Stanat et al., 2019). Schulleistungsvergleichsstudien, wie die PISA-Studien (Lewalter et al., 2023) und der IQB-Bildungstrend (Stanat et al., 2023), identifizieren seit Beginn der Berichterstattungen und aktuell in besonders großem Maße Schüler*innen im deutschen Bildungssystem, deren Sprachstand offensichtlich (noch) nicht ausreicht, um den in den Bildungsstandards artikulierten Ansprüchen der verschiedenen Unterrichtsfächer und für die verschiedenen Schulabschlüsse gerecht zu werden (Baumert et al., 2001, S. 379; Stanat et al., 2019).

Die Untersuchungen belegen Rückstände in der Kompetenzentwicklung dieser Art vor allem – gleichwohl nicht ausschließlich – bei Lernenden, deren Erstsprache *nicht* Deutsch ist und in deren Elternhaus eine andere Sprache als die in Deutschland gängige Unterrichtssprache gesprochen wird (Van Laere et al., 2014). Nicht nur in den besonders umfangreich angelegten und international vergleichenden PISA-Studien (Lewalter et al., 2023; OECD, 2023) wird deutlich, dass sowohl die Lesekompetenzen (Reiss et al., 2019, S. 77) als auch die mathematischen (Lewalter et al., 2023, S. 184) und naturwissenschaftlichen Kompetenzen (OECD, 2007b) bei Kindern und Jugendlichen aus Familien mit Zuwanderungshintergrund – vor allem in der ersten Generation – signifikant geringer sind, als bei Kindern und Jugendlichen ohne Zuwanderungshintergrund.

Dass die Betrachtung des Zuwanderungshintergrunds allein nicht ausreicht, um Kompetenzunterschiede umfassend zu erklären, wurde ebenfalls im Rahmen der letzten PISA-Studie aus dem Jahr 2022 deutlich: Den Ergebnissen zufolge bedingt neben der zuhause gesprochenen Sprache auch die soziale Herkunft maßgeblich eine schwach ausgeprägte Lesekompetenz (Lewalter et al., 2023, S. 190 f.). Folglich sollte die Betrachtung sprachlicher Förderbedarfe und die Untersuchung, in welchem Maße diese Bedarfe die Lernentwicklungen (auch im naturwissenschaftlichen Bereich) einschränken, nicht alleine auf Lernende mit nichtdeutscher Herkunftssprache beschränkt werden, sondern die Gesamtheit der Schüler*innen mit ihren förderungsbedürftigen bildungssprachlichen Kompetenzen in den Blick nehmen (Gogolin & Lange, 2011).

Der Zusammenhang zwischen sozialer Herkunft und Lesekompetenz (als ein Indiz zur globalen Einschätzung sprachlicher Kompetenzen) ist in Deutschland im Vergleich zu anderen OECD-Staaten besonders groß (Reiss et al., 2019, S. 158). Diese Erkenntnis ist vor allem auch deshalb besonders besorgniserregend, da sich niedrige sprachliche Kompetenzen in den naturwissenschaftlichen Fächern negativ auf die Leistung von Lernenden auswirken (Baumert et al., 2001, S. 376; Bolte & Pastille, 2010, S. 27; Schmellentin et al., 2016, S. 230). Lehrpersonen der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer scheinen zwar mittlerweile bis auf wenige Ausnahmen für

den Zusammenhang zwischen Sprachfähigkeiten und dem naturwissenschaftlichen Lernen sensibilisiert zu sein (Tajmel, 2010a; V. Schneider et al., 2015), jedoch fehlt es einem Großteil an der Qualifizierung, konkrete sprachbildende Maßnahmen im (naturwissenschaftlichen) Unterricht zielgerecht einzusetzen (Riebling, 2013, S. 211 f.).

Mit der vorliegenden Arbeit verfolge ich das übergeordnete Ziel, anknüpfend an den aktuellen Forschungsstand zu den Zusammenhängen zwischen sprachlichen Kompetenzen von Schüler*innen und ihrer Lernentwicklung in den naturwissenschaftlichen Fächern, einen innovativen, sprachsensiblen Ansatz – den *Disaggregate-Instruction-Ansatz* nach Brown und Ryoo (2008) und Brown, Ryoo und Rodriguez (2010) – für den Chemieunterricht zu adaptieren und hinsichtlich seiner Lernwirksamkeit – im Vergleich zu sprachsensiblen Chemieunterricht unter Anwendung gängiger *Scaffolding*-Prinzipien (Gibbons, 2015) – zu evaluieren. Das Grundprinzip des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* (Brown et al., 2010) besteht darin, den Erwerb naturwissenschaftlicher Konzepte von der Einführung neu zu erlernender Fachtermini zeitlich zu trennen. Der Ansatz hat sich in Forschungsarbeiten im US-amerikanischen Raum als vielversprechend mit Blick auf die Verknüpfung von sprachlichem und naturwissenschaftlichem Lernen herausgestellt (Brown & Ryoo, 2008; Brown et al., 2010; Brown et al., 2019), wurde jedoch bislang m.W. im deutschsprachigen Raum noch nicht praktiziert oder gar systematisch untersucht. Mit Blick auf das eingangs verwendete Zitat von Wagenschein (1980, S. 141) ließen sich der ‚Fremde‘ und der ‚alte Bekannte‘ als dasselbe fachliche Konzept verstehen, welches zunächst z. B. mit einem umgangssprachlichen Wort wie ‚Salz‘ bezeichnet wird. Erst zu einem späteren Zeitpunkt wird der Fachterminus ‚Ionen-substanz‘ – hier also der bzw. das ‚Fremde‘ – mit dem Ziel eingeführt, als neue, fachsprachliche Bezeichnung für das bekannte Konzept verstanden zu werden.

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit untersuche ich sowohl die Effekte des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* auf den fachlichen Wissenserwerb der Lernenden als auch auf die Entwicklung bestimmter fachlich relevanter kommunikativer (Teil-)Kompetenzen (KMK, 2004). Dabei berücksichtige ich, dass Schüler*innen an deutschen Schulen potenziell über sehr heterogene Lernvoraussetzungen, beispielsweise hinsichtlich ihrer Kompetenzen in der Bildungs- und Unterrichtssprache Deutsch, verfügen (SenBJF Berlin, 2021).

Zu Beginn dieser Arbeit findet eine Einordnung der Bedeutung von sprachlichem Lernen für schulische Bildungsprozesse im Allgemeinen und von unterschiedlichen sprachlichen Registern wie Alltags-, Bildungs- und Fachsprache im Speziellen statt (Kap. 1). Der Begriff der Bildungssprache wird seit einigen Jahren in der Debatte um

Bildungsgerechtigkeit, vor allem mit Bezug auf zugewanderte Kinder und Jugendliche sowie Schüler*innen aus bildungsfernen Elternhäusern, intensiv als eine zentrale Erklärungsgrundlage für die alarmierenden Ergebnisse deutscher Schüler*innen in Schulleistungsvergleichsstudien diskutiert (Gogolin & Lange, 2011; Gogolin & Duarte, 2016).

In Kapitel 2 analysiere ich die Befunde dieser Studien zunächst mit Blick auf die Ergebnisse von Schüler*innen in den MINT-Fächern unter besonderer Berücksichtigung ihrer (bildungs-)sprachlichen Voraussetzungen. Im Anschluss erläutere ich die besonderen Anforderungen im Umgang mit den verschiedenen sprachlichen Registern in Bezug auf den naturwissenschaftlichen Unterricht und seine spezifischen fachsprachlichen Merkmale. Außerdem stelle ich in diesem Kapitel dar, auf welche Weise Kommunikationskompetenz im Fach Chemie – beispielsweise in Anlehnung an die Nationalen Bildungsstandards (KMK, 2004) – zu charakterisieren ist und wie chemiespezifische, kommunikative Kompetenzen im Rahmen eines zeitgemäßen Unterrichts auf Seiten der Schüler*innen entwickelt werden sollten.

In Kapitel 3 widme ich mich verschiedenen kommunikationsförderlichen Ansätzen sprachsensiblen, naturwissenschaftlichen Unterrichts, wie dem *Scaffolding*- (Gibbons, 2015; Hammond & Gibbons, 2005) und dem *Translanguaging-Ansatz* (García, 2009; García & Wei, 2014; Duarte, 2020). Außerdem stelle ich ausgewählte empirische Studien vor, in denen die sprachsensiblen Ansätze hinsichtlich ihrer Wirksamkeit auf die Lernerfolge von Schüler*innen evaluiert wurden.

In Kapitel 4 steht der im deutschsprachigen Raum noch verhältnismäßig unbekannte *Disaggregate-Instruction-Ansatz* im Mittelpunkt. In Anlehnung an Brown, Ryoo und Rodriguez (2010) wird ausgeführt, inwiefern ein Unterricht, der fachliches und fachsprachliches Lernen in unterschiedliche Phasen auftrennt, Schüler*innen vor kognitiver Überlastung schützen und folglich zu besseren Lernleistungen hinsichtlich des Fachwissenserwerbs und der Entwicklung kommunikativer Kompetenzen verhelfen kann.

Aus den diskutierten theoretischen Überlegungen und empirischen Befunden werde ich schließlich die Forschungsfragen sowie Hypothesen meiner Dissertation ableiten und diese in Kapitel 5 vorstellen.

Im Anschluss daran begründe ich die methodische Herangehensweise und das von mir gewählte Forschungsdesign. Die Studie lässt sich der Interventionsforschung zuordnen, da die empirische Überprüfung der Lernwirksamkeit einer nach dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* gestalteten Unterrichtsreihe (im Vergleich zu einer

fachlich inhaltsgleichen Unterrichtsreihe, die sich an den Prinzipien sprachsensiblen *Scaffoldings* orientiert) angestrebt wird (Kap. 6).

Das fachinhaltliche Feld, welches durch die Schüler*innen in diesem Zuge erschlossen wird, stelle ich in Kapitel 7 vor. Außerdem lege ich in Kapitel 7 die didaktisch-methodischen Überlegungen hinsichtlich der Gestaltung einer sprachsensibel ausgerichteten, handlungs- und kontextorientierten Unterrichtsreihe mit dem Titel „Das Tote Meer stirbt!“ unter Anwendung von Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* dar.

Anschließend widme ich mich in Kapitel 8 der Entwicklung und der Auswahl geeigneter Testinstrumente, mit denen überprüft werden soll, inwieweit die Lernenden in Abhängigkeit der sprachsensiblen Gestaltung der Unterrichtsreihe in unterschiedlichem Maße Fachwissen und fachbezogene kommunikative Kompetenzen erwerben. Außerdem wird dort offengelegt, zu welchem Zeitpunkt und in welcher Form die Testinstrumente im Rahmen der Untersuchung zum Einsatz kommen sollen.

Die Darstellung der geplanten statistischen Analyseverfahren und inhaltsanalytischen Betrachtungen der gewonnenen Daten in Kapitel 9 schließen den Methodenteil ab.

Im Ergebnisteil lege ich in Kapitel 10 zunächst den Ablauf der Untersuchung dar und beschreibe sowohl die realisierte Stichprobe als auch das Vorgehen bei der Aufbereitung der Datensätze.

Die in den beiden Untersuchungsgruppen (sprachsensibler Unterricht *mit* oder *ohne* Orientierung am *Disaggregate-Instruction-Ansatz*) erhobenen Ergebnisse werden anhand deskriptivstatistischer und regressionsanalytischer Auswertungen in Kapitel 11 differenziert vorgestellt. Dabei präsentiere ich die entsprechenden Befunde zu den fachlichen Lernzuwächsen, den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch und den entsprechenden Zusammenhängen mit der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes jeweils in Bezug auf die Gesamtstichprobe, die Teilstichproben *Interventions-* und *Kontrollgruppe* sowie die Teilstichproben *Schüler*innen an Gymnasien* und *Schüler*innen integrierter Sekundarschulen*.

In Kapitel 12 fokussiere ich auf die chemiebezogenen kommunikativen Kompetenzen der Lernenden und berichte die Ergebnisse der qualitativ-inhaltsanalytischen Untersuchung adressatenorientierter Schüler*innentexte. In diesem Zusammenhang zeige ich Befunde hinsichtlich des adressatenorientierten Gebrauchs von umgangs- und fachsprachlichen Termini auf und untersuche potenzielle Unterschiede zwischen

den Schüler*innen der Interventions- und Kontrollgruppe. Im weiteren Verlauf konzentriere ich mich auf prototypische Fallbeispiele, die sich jeweils durch ein charakteristisches Verhältnis von umgangs- zu fachsprachlichen Termini auszeichnen.

In Kapitel 13 schließt sich die Interpretation der Ergebnisse mit Blick auf die Zusammenhänge zwischen den fachlichen Lernzuwächsen, der Art des praktizierten sprachsensiblen Unterrichtsansatzes sowie den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch unter Rückbezug auf die forschungsleitenden Fragestellungen an.

Eine Diskussion und Bewertung der qualitativ-inhaltsanalytischen Untersuchung und quantitativen Auswertung der Schüler*innentexte mit Blick auf die fachbezogenen kommunikativen Kompetenzen findet in Kapitel 14 statt.

Im Rahmen der Schlussbetrachtungen widme ich mich in Kapitel 15 einer sorgfältigen Methodenkritik und diskutiere dabei die Grenzen und Limitationen meines Forschungsprojektes.

In Kapitel 16 folgen als Ausblick einige Bemerkungen zu möglichen Implikationen der Untersuchungsergebnisse für die schulische Praxis sowie Überlegungen zu potenziellen weiterführenden Forschungsaktivitäten, die ich im Rahmen meiner Betrachtungen identifiziert habe.

Mit einem zusammenfassenden Fazit in Kapitel 17 beschließe ich die vorliegende Dissertation.

1 Die Bedeutung sprachlicher Register im Kontext Schule

In der Schule findet auf vielfältige Art und Weise Kommunikation zwischen unterschiedlichen Beteiligten (Schüler*innen, Lehrer*innen, weiteres pädagogisches Personal, Eltern etc.) mithilfe von Sprache statt. Gleichzeitig sind die Fähigkeiten und Erwartungen darüber, welche Sprache wie einzusetzen ist, sehr heterogen. Um Kommunikation, sprachliches Handeln und schließlich Lernprozesse im Fachunterricht beschreiben zu können, möchte ich im folgenden Kapitel verschiedene Arten von Sprache im schulischen Kontext anhand des Registerbegriffs vorstellen und einander gegenüberstellen.

1.1 Zur Rolle von Sprache beim schulischen Lernen

Essenziell für das Verständnis der Bedeutung von Sprache beim schulischen Lernen ist die Anerkennung einer engen Verknüpfung zwischen Denken und Sprache (Gebhard et al., 2017, S. 107). Diese Verknüpfung wurde als Versprachlichung des Denkens bereits in den Arbeiten von Wygotski (1979) als inneres Sprechen gedeutet und von Stork vor 35 Jahren mit folgenden Worten beschrieben: „Denken ist zu einem beträchtlichen Teil inneres Reden“ (1988, S. 21).

In der Auffassung, dass Denken und Sprechen gleichzusetzen seien, wurde diese These vor allem im Zuge des Behaviorismus diskutiert, jedoch in dieser pauschalen Betrachtungsweise abgelehnt (Anderson, 2007, S. 428; Rincke, 2007, S. 13 f.). Eine andere Position nehmen die Vertreter*innen der *linguistischen Relativitätstheorie* ein, die davon ausgehen, dass Sprache das menschliche Denken in bedeutsamem Maße beeinflusst (Anderson, 2007, S. 429; Rincke, 2007, S. 13). In der extremen Form (vor allem durch Benjamin Lee Whorf vertreten) spricht man vom *linguistischen Determinismus*, welcher besagt, dass die Sprache unser Denken komplett bestimmt. Diese Überzeugung konnte jedoch durch eine Reihe von kognitionspsychologischen Untersuchungen widerlegt werden (Anderson, 2007, S. 431 f.).

Ein weiterer Ansatz, welcher der *linguistischen Relativitätstheorie* entgegensteht, betrachtet Sprache als Abbild der Gedanken und somit eher als durch das Denken beeinflusst (Anderson, 2007, S. 432; Rincke, 2007, S. 14). Zunächst scheint diese Ansicht naheliegend, da Menschen und im Speziellen bereits Kleinkinder in der Lage

sind, Denkprozesse zu bewältigen, bevor sie mit dem Sprechen beginnen (Anderson, 2007, S. 432). Für diese Position lassen sich weitere gewichtige Argumente formulieren, vor allem, wenn die sogenannte Phrasenstruktur der menschlichen Sprache zurate gezogen wird: Sprache besteht demnach aus Phrasen, die sich aus einzelnen Wörtern zusammensetzen und anhand ihrer Bedeutung sowie grammatikalischer Regeln so miteinander kombiniert werden, dass Sätze entstehen (Anderson, 2007, S. 416 f.; Rincke, 2007, S. 15). Wird beispielsweise der grundlegende Satzbau näher betrachtet, d. h. Subjekt, Prädikat/Verb und Objekt als die zentralen Bestandteile eines Satzes, so haben Untersuchungen gezeigt, dass in nahezu allen Sprachen das Subjekt dem Objekt vorangestellt wird (Greenberg, 1963). Ausgehend von der Denkweise, dass die Tätigkeit einer handelnden Person (Subjekt) sich auf ein Objekt (bzw. eine andere Person) auswirkt, scheint die Organisation von Sprache in Form von Phrasen nachweislich durch das menschliche Denken beeinflusst zu sein (Anderson, 2007, S. 433). Werden Phrasen maßgeblich anhand ihrer Bedeutung betrachtet, so spricht man von Propositionen oder Bedeutungseinheiten (Anderson, 2007, S. 433). Propositionen wiederum stehen nachweislich in Beziehung zur mentalen Repräsentation von Wissen im menschlichen Gehirn, denn beim Denken entstehen mentale Repräsentationen (Anderson, 2013; Rincke, 2007, S. 15 f.).

Beispielsweise wird im Chemieunterricht daran gearbeitet, dass einem Salzkristall auf der Teilchenebene eine spezifische chemische Struktur (Kristallgitter) zugeordnet wird und die einzelnen Teilchen (Ionen) auf eine bestimmte Art und Weise miteinander wechselwirken (Ionenbindung). Durch diese zunehmende Verknüpfung und Abstrahierung von Repräsentationen entsteht ein sich stetig erweiterndes mentales Netz. Die mentalen Repräsentationen können jedoch erst sinnhaft miteinander in Beziehung gesetzt und schließlich mit anderen Menschen ausgetauscht werden, wenn für sie auch eine semiotische, d. h. sprachliche, Form der Repräsentation (in Form von Propositionen) existiert (Gebhard et al., 2017, S. 108; Rincke, 2007, S. 15; Streller et al., 2019, S. 37).

Noch vor wenigen Jahren konnte man Chemielehrer*innen zur Bedeutung von Sprache in ihrem Unterricht befragen und bekam zuverlässig die Antwort, Chemieunterricht sei ja kein Deutsch- oder Fremdsprachenunterricht (Streller et al., 2019, S. 38; Petersen & Peuschel, 2020). Durch die zunehmend heterogene Schulwirklichkeit einerseits und das Wirken einiger Pioniere (wie beispielsweise Heinrich Stork, Martin Wagenschein und Josef Leisen) andererseits hat sich bei vielen Chemielehrer*innen

jedoch mittlerweile ein Bewusstsein entwickelt, dass „Sachunterricht¹ und Sprachunterricht überhaupt nicht zu trennen“ (Wagenschein, 1962, S. 121) seien und „Sprache [...] an und mit den Fachinhalten und Fragestellungen des Faches gelernt“ (Leisen, 2015, S. 132) werden müsse (Becker-Mrotzek et al., 2012, S. 12; Gebhard et al., 2017, S. 115; Petersen & Peuschel, 2020).

Sprache dient im naturwissenschaftlichen Unterricht somit als essenzielles Kommunikationsmedium (Wagenschein, 1968; Stork, 1993; Kulgemeyer, 2010; Härtig et al., 2015). Viele – wenn nicht sogar alle – typischen Denk- und Arbeitsweisen naturwissenschaftlich geprägter Erkenntnisgewinnung (z. B. das Experimentieren, Protokollieren, Problemlösen, Präsentieren, Argumentieren etc.) bedürfen eines Austausches zwischen Personen und wie – wenn nicht durch Sprache – wäre dies zu realisieren? Erst durch die Versprachlichung, z. B. von Beobachtungen während eines Experiments, können Informationen im konstruktivistischen Sinne mit vorhandenem Wissen verknüpft und in Beziehung gesetzt werden, wenn es schlussendlich darum geht, mit anderen zu kommunizieren (Gerstenmaier & Mandl, 1995, S. 874 f.; Streller et al., 2019, S. 37). Die sprachlichen Anforderungen, die an Lernende im naturwissenschaftlichen Unterricht gestellt werden, können durchgängig als hoch eingeschätzt werden (Gebhard et al., 2017, S. 116). Stork hat die spezifische Bedeutung der Sprache beim naturwissenschaftlichen Lernen hervorgehoben: „Hier [im naturwissenschaftlichen Unterricht, Anmerkung RG] bündelt sie eine Reihe von Erfahrungen, die vom Phänomen her durchaus unterschiedlich sein können, und bringt sie auf den Begriff“ (1993, S. 64). Diese Begriffsbildung kann gleichzeitig als besondere Herausforderung des Unterrichts verstanden werden, wenn nämlich durch die Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Sachverhalten neue Begriffe gebildet werden sollen (Streller et al., 2019, S. 38). Die fachspezifische Begriffsbildung und damit einhergehend die explizite Betrachtung von Sprache als Lerngegenstand des Unterrichts führt unmittelbar zur zweiten entscheidenden Rolle von Sprache im Chemieunterricht.

Sprache dient nicht nur als Kommunikationsmedium, sondern stellt auch ein zentrales Lernziel des Chemieunterrichts dar (KMK, 2005a, S. 9 f.; Rincke, 2010, S. 236; Rincke & Markic, 2018, S. 44). Diese normative Setzung legt zunächst nahe, dass Schüler*innen gezielt an den propädeutischen Sprachgebrauch herangeführt und in die Lage versetzt werden müssen, (schul-)fachspezifische sprachliche Mittel korrekt verwenden zu können. Konkret bedeutet naturwissenschaftliches Lernen, dass

¹ Mit Sachunterricht meint Wagenschein hier nicht das Schulfach Sachunterricht in der Primarstufe, sondern vielmehr sämtliche Sachfächer jenseits des Deutsch- und Fremdsprachenunterrichts.

Schüler*innen „sich Konzepte und Begriffe zugleich aneignen und verstehen müssen“ (Gebhard et al., 2017, S. 108). In dieser These differenzieren Gebhard, Höttecke und Rehm zwischen Konzepten und Begriffen. Diese beiden Termini werden jedoch in der Regel synonym verstanden und verwendet (Nerdel, 2017, S. 172). Hoffmann definiert Begriffe als „kognitive Zusammenfassungen von Objekten und/oder Erscheinungen nach gemeinsamen Funktionen“ (1986, S. 11). Wird ein Begriff oder ein Konzept² nun sprachlich realisiert, um im Rahmen von Kommunikationsprozessen genutzt werden zu können, so bedarf es einer Lautfolge und/oder eine Zeichenkombination und damit einer Benennung des Begriffes (Graf, 1989, S. 14 f.). Die Bezeichnung des Begriffes, also in geschriebener Form eine Kombination von Zeichen, wird als Terminus oder als Fachwort (Härtig & Kohnen, 2017, S. 57; J. Hoffmann, 1986, S. 13; Nerdel, 2017, S. 172) bezeichnet. Ein Begriff kann mit verschiedenen Termini oder Fachwörtern³ bezeichnet werden, wie es z. B. in unterschiedlichen Nationalsprachen der Fall ist (Graf, 1989, S. 13). Auch innerhalb der deutschen Sprache lässt sich beispielsweise mit dem Fachterminus Natriumchlorid und dem Trivialnamen Kochsalz der gleiche Stoff mit der Summenformel NaCl benennen.

Neben den beschriebenen Herausforderungen in der Auseinandersetzung mit Begriffen und Termini, wird zunehmend auch im Kontext des naturwissenschaftlichen Unterrichts diskutiert, dass viele Lernende noch keine ausreichenden literalen (ergo schriftsprachlichen) Fähigkeiten mitbringen und daher auch das grundlegende Leseverstehen und Schreiben gezielt zu fördern sind. Um den verschiedenen Funktionen von Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht eine tragfähige Struktur zu verleihen, wird im folgenden Abschnitt zunächst der Registerbegriff geklärt, um anschließend verschiedene sprachliche Register, die im schulischen Kontext relevant sind, darzustellen und zueinander in Beziehung zu setzen.

1.2 Systematisierung der sprachlichen Register

In der Diskussion über den Lernerfolg von Schüler*innen im (naturwissenschaftlichen) Fachunterricht wird mit großer Regelmäßigkeit u. a. auf die Alltags-, Bildungs- und Fachsprache, d. h. auf für schulisches Lernen charakteristische sprachliche Varietäten verwiesen. Roelcke definiert sprachliche Varietäten wie folgt:

² Im Rahmen dieser Dissertation verwende ich die Wörter Begriff und Konzept bedeutungsgleich (Nerdel, 2017, S. 172).

³ Im Rahmen dieser Dissertation verwende ich die Wörter Terminus und Fachwort bedeutungsgleich.

Unter einer Varietät (auch Variante) wird ein sprachliches System verstanden, das einer bestimmten Einzelsprache untergeordnet und durch Zuordnung bestimmter innersprachlicher Merkmale einerseits und bestimmter außersprachlicher Merkmale andererseits gegenüber weiteren Varietäten abgegrenzt wird (1999, S. 18f.).

Einen bedeutsamen und heute noch breit rezipierten Versuch der Systematisierung sprachlicher Varietäten unternahmen Koch und Oesterreicher 1985 in ihrer Arbeit zur Schriftlichkeit und Mündlichkeit von Sprache. In ihrer Konzeption unterscheiden sie eine *Sprache der Nähe* von einer *Sprache der Distanz* als zwei Pole eines Spektrums von Kommunikationsformen. Diesem Spektrum lassen sich Äußerungsformen (Telefonat, Vortrag, Zeitungsartikel etc.) anhand von Kommunikationsbedingungen (wie Dialogizität, Vertrautheit, raumzeitliche Nähe oder Öffentlichkeit) und Versprachlichungsstrategien (Vorläufigkeit, Informationsdichte, Kompaktheit, Planung) zuordnen (Koch & Oesterreicher, 1985, S. 23). Folgerichtig entsteht für jede Äußerungsform eine Mischung aus nächersprachlichen und distanzsprachlichen Merkmalen (s. Abbildung 1).

mit bestimmten Äußerungsformen konfrontiert, die in anderen Fächern oder außerhalb der Schule deutlich seltener oder nur in stark abgewandelter Form vorkommen, z. B. das Versuchsprotokoll zur Dokumentation experimentellen Arbeitens oder der sprachlich anspruchsvolle, weil stark mit Informationen angereicherte und entpersonalisiert formulierte Lehrbuchtext (Gebhard et al., 2017, S. 118; Rincke & Markic, 2018, S. 33, 40). Wenngleich sich Schüler*innen auch in anderen Unterrichtsfächern mit eher distanzsprachlichen und häufig geschriebenen Äußerungsformen auseinandersetzen müssen (z. B. klassischer Literatur im Deutschunterricht), so zeichnet sich die verwendete Sprache in den Naturwissenschaften Chemie, Physik und Biologie durch spezifische Besonderheiten aus (s. Abschn. 2.2).

Um die sprachlichen Anforderungen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu charakterisieren, bedarf es eines Blickes auf die sprachlichen Varietäten im Allgemeinen und auf die Register, die den Unterrichtsdiskurs bestimmen, im Speziellen. Als Register werden solche Varietäten bezeichnet, die durch einen bestimmten Kontext bzw. eine spezifische Kommunikationssituation und damit in Abgrenzung zu weiteren Varietäten (wie Regio- oder Dialekten), nicht durch eine Region oder Funktion charakterisiert sind (Feilke, 2012, S. 6; Prediger, 2013, S. 174 f.; Rincke & Markic, 2018, S. 40). An dieser Stelle beschränke ich die Überlegungen auf Register des Deutschen als Einzelsprache, da der Unterricht in Schulen des deutschsprachigen Raumes (mit Ausnahme des Fremdsprachenunterrichts) weiterhin mit wenigen Ausnahmen dem von Gogolin (2010) geprägten Begriff des monolingualen Habitus folgt; die Mehrsprachigkeit der Lernenden wird also noch nicht als Normalfall in der Unterrichtswirklichkeit abgebildet (Gebhard et al., 2017, S. 119). Mit Blick auf die Relevanz im Bereich des schulischen Lernens, werden zunächst das alltagssprachliche, bildungssprachliche und fachsprachliche Register einander gegenübergestellt und anschließend in den folgenden Kapiteln differenziert betrachtet.

Wenn Schüler*innen in den Unterricht kommen, so bringen sie bereits ein reichhaltiges alltagssprachliches Repertoire mit, das ihren lebensweltlichen Erfahrungen entstammt und die sprachliche Weiterentwicklung während der schulischen Laufbahn maßgeblich mitbestimmen wird (Ahrenholz, 2017, S. 9). Da Schüler*innen vor dem Schuleintritt i. a. R. verhältnismäßig wenig lesen und schreiben, sondern in erster Linie mündlich kommunizieren, lässt sich die Alltagssprache als phonisch realisiert und überwiegend nächsprachlich (also spontan, situationsbezogen, affektiv, prozesshaft und wenig komplex) bezeichnen (Koch & Oesterreicher, 1985; Prediger, 2013, S. 175). Das für die Institution Schule charakteristische, jedoch auch in weiteren Formaten mit Bildungsabsicht (z. B. Nachrichtensendungen) auftretende, bildungssprachliche Register umfasst sprachliche Mittel, die der Vermittlung und Aneignung von Wissen über die Fächergrenzen hinweg dienen (Gogolin & Lange, 2011, S. 111;

Gebhard et al., 2017, S. 116; Rincke & Markic, 2018, S. 40). So wird Bildungssprache in Lehrwerken, Unterrichtsgesprächen und Prüfungsaufgaben verwendet (Pineker-Fischer, 2017, S. 41). Sie ist damit in Anlehnung an Koch und Oesterreicher (1985) konzeptionell schriftlich bzw. distanzsprachlich; selbst wenn sie gleichermaßen graphisch als auch phonisch realisiert wird (Feilke, 2012, S. 6; Prediger, 2013, S. 175). Die Bildungssprache wird domänenspezifisch schrittweise ausgeschärft und entwickelt sich in den einzelnen Unterrichtsfächern bestenfalls hin zu einer hoch differenzierten, präzisen und ökonomischen Fachsprache, die einen Zugang zur Community von Fachexpert*innen und zur Wissenschaftssprache (z. B. im Rahmen eines Hochschulstudiums) ermöglichen soll (Gebhard et al., 2017, S. 116; Prediger, 2013, S. 175).

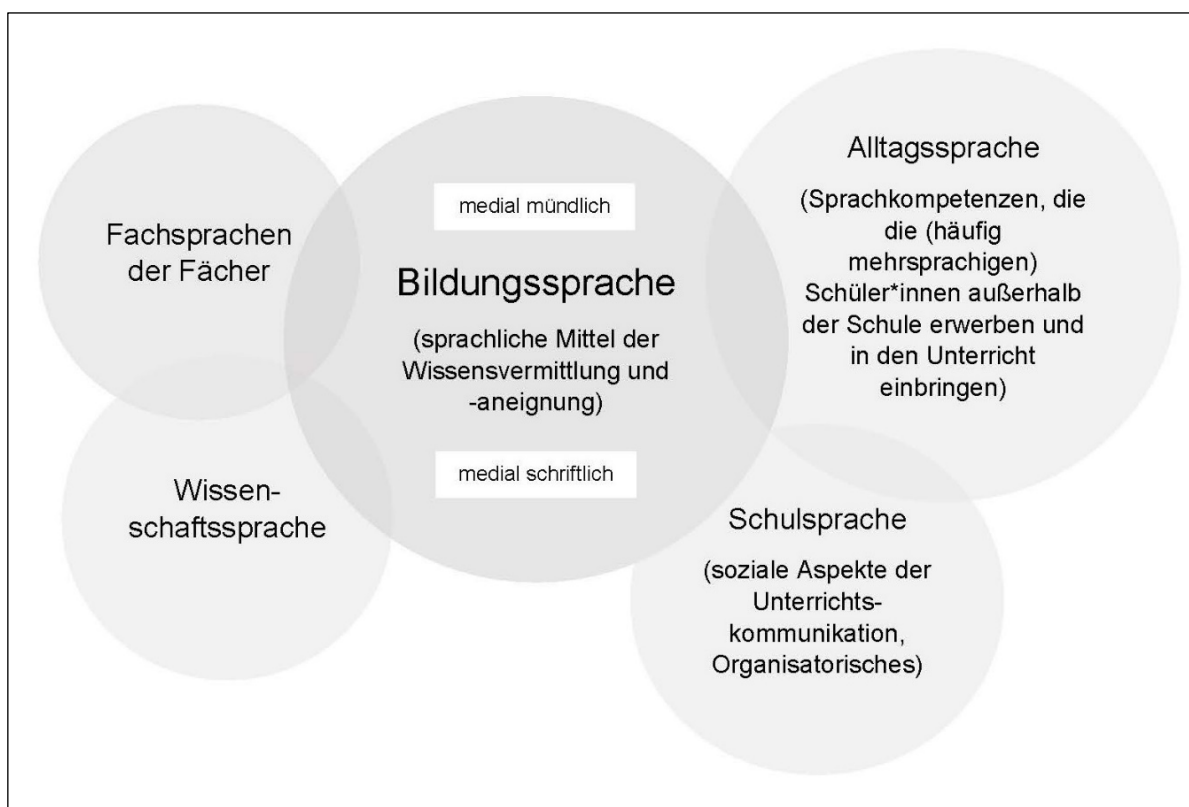


Abbildung 2. Übersicht sprachlicher Register im Kontext Schule, verändert aus Ahrenholz (2017, S. 9).

Betrachtet man die modellhafte Abbildung 2, so wird augenscheinlich, dass – wenngleich isolierbare sprachliche Register im Kontext Schule identifiziert werden können – erkennbare Überschneidungen auftreten, die individuell größer oder kleiner ausfallen können (Prediger, 2013, S. 175). Als entscheidend für den Bildungserfolg von Schüler*innen gilt die Überlappung zwischen dem alltagssprachlichen und dem bildungssprachlichen Register (Gogolin & Duarte, 2016, S. 481): Bereits in den 1970er-

Jahren konnte Bernstein (1974) nachweisen, dass bildungsnahe Elternhäuser anders als bildungsferne Familien ihren Kindern bereits außerhalb der Schule in bedeutsamem Maße bildungssprachliche Fähigkeiten (er spricht in diesem Zusammenhang von einem *elaborierten Code*) vermitteln.

Die bereits erwähnten und in Abbildung 2 illustrierten Register prägen den Schulalltag, determinieren nachweislich den Bildungserfolg von Schüler*innen und werden in der Literatur vielfältig rezipiert sowie in Teilen kontrovers diskutiert. Ich möchte diese Register zu drei Gruppen zusammenfassen und in den folgenden Abschnitten anhand ihrer zentralen Merkmale aus deskriptiver sowie normativer Perspektive einordnen.

1.2.1 Alltags- und Umgangssprache

Das Register der Alltagssprache verwenden Lernende im schulischen Kontext vorrangig im mündlichen Sprachgebrauch, um den dortigen kommunikativen Anforderungen gerecht zu werden (Leisen, 2018, S. 13; Prediger, 2013, S. 175; M. Hoffmann, 2007, S. 14). Wird Alltagssprache verwendet, so beziehen sich die Kommunikationspartner*innen meist auf einen gemeinsamen Kontext, gebrauchen deiktische Mittel (wie ‚das da‘) und akzeptieren grammatisch unvollständige Konstruktionen (Gogolin & Lange, 2011, S. 112). In einer Konzeption mit spezifischem Blick auf Zweitsprachenlernende von Cummins (1979, 2008) werden die sogenannten *Basic Interpersonal Communicative Skills (BICS)* als gesprochene alltagssprachliche Fähigkeiten, die von allen Menschen in ihrer Erstsprache erworben werden, verstanden. Cummins grenzt dieses Fähigkeitsrepertoire von der sogenannten *Cognitive Academic Language Proficiency (CALP)* ab, die von den kognitiven Fähigkeiten abhängt und den Registern der Bildungs-, aber auch der Fachsprache nahesteht (Cummins, 1979, S. 198, 2008, S. 71 f.). Die Argumentation, Alltagssprache als das Register zu deklarieren, welches dem Register der Fachsprache diametral gegenübersteht, findet sich in mehreren Arbeiten (z. B. Rincke, 2010; Rincke & Markic, 2018, S. 33). Diese Ansätze präsentieren allerdings zumeist keine Charakteristika zur Identifizierung von Alltagssprache, sondern listen zur Veranschaulichung der Abgrenzbarkeit der Register fachsprachliche Merkmale auf, die in der Alltagssprache dementsprechend nicht oder nur vereinzelt auftreten (beispielsweise selten vorkommende Fachwörter oder verschachtelte Satzstrukturen). Häufig synonym mit der Alltagssprache wird der Terminus der Umgangssprache verwendet, wenngleich sowohl M. Hoffmann (2007, S. 18) als auch Busch-Lauer (2009, S. 1728) hervorheben, dass das alltagssprachliche Register umfassender als das umgangssprachliche zu verstehen sei und daher eine Abgrenzung zwischen den beiden Registern stattfinden müsse.

Einen Ansatz, um sich einer soziolinguistischen Klärung des Registers der Umgangssprache (im Sinne einer Sprache, mit der man *umgehen* kann) zu nähern, bieten Brown und Spang (2008, S. 710f.) aus dem angloamerikanischen Sprachraum, wenn sie die Begriffe *vernacular* und *nonvernacular language* verwenden. Als *vernacular language* bezeichnen sie eine Sprache, die von weiten Teilen der Menschen in einem Umfeld geteilt wird, wohingegen *nonvernacular language* eine spezialisierte Sprache darstellt, die nur von einem begrenzten Teil potenzieller Kommunikationspartner*innen verstanden und verwendet wird (Brown & Spang, 2008, S. 710). Übertragen auf den Chemieunterricht bedeutet dies, dass beispielsweise neu einzuführende Termini als *nonvernacular* bezeichnet werden, da sie zunächst lediglich von der Lehrperson und eventuell einigen wenigen Schüler*innen bereits beherrscht werden, vom Großteil der Klasse jedoch erst noch erschlossen und erlernt werden müssen. In der Auseinandersetzung mit den Konzepten, die den neu zu erlernenden Termini zugrunde liegen, entwickeln die Lernenden einer Klasse dann ein geteiltes Begriffsverständnis. So findet ein Übergang von *nonvernacular language* hin zur Verwendung von *vernacular language* statt, indem sich unter den Schüler*innen ein Umgang mit den neuen Termini im Kontext des Chemieunterrichts ausbildet (Brown & Spang, 2008, S. 711). Brown und Spang heben somit die soziale Dimension des Erwerbs neuer Begriffe hervor: Eine Schülerin, die die Einführung der neuen Fachwörter im Unterricht verpasst hat, wird diese zunächst weiterhin als Teil einer *nonvernacular language* erleben, während diese Termini im Rest der Lerngruppe bereits geteilt werden, also der *vernacular language* angehören. Hier bietet es sich m. E. an, das Register der Umgangssprache in Anknüpfung an das Konzept von *vernacular language* zu verstehen: Wird ein fachsprachlich wahrgenommener Terminus, wie ‚das Molekül‘, in einer Lerngruppe weitgehend einheitlich aufgefasst und verwendet, so gilt dieser Terminus in Abgrenzung zu einer anderen Gruppe, z. B. der Parallelklasse, die das Themenfeld noch nicht behandelt hat, als umgangssprachlich (*vernacular*), in der Parallelklasse hingegen als *nonvernacular*. Die Auffassung einer Umgangssprache als Gruppenjargon bzw. Soziolekt findet sich im deutschsprachigen Diskurs bei M. Hoffmann (2007, S. 18).

Im Folgenden werde ich das Register der Umgangssprache als die in einer bestimmten sozialen Gruppe geteilten Sprache verwenden. Solange diese Aushandlung eines geteilten Verständnisses im Rahmen des Schulunterrichts erfolgt, bezeichne ich dieses Register als *unterrichtsbezogene Umgangssprache*. Unterrichtliche Aushandlungen bilden also die entscheidende Quelle, um Schüler*innen mit sprachlichen Mitteln des Faches vertraut zu machen. Dafür bedarf es eines Zusammenspiels aus einerseits fachunabhängigen Merkmalen, die den Unterricht bzw. allgemein Lernpro-

zesse charakterisieren (Bildungs- und Unterrichtssprache), und den fachspezifischen Merkmalen, die sich z. B. in wesentlichen Teilen zwischen Chemie- und Geschichtsunterricht unterscheiden (Fachsprache).

1.2.2 Bildungs- und Schulsprache

Die Hamburger Erziehungswissenschaftlerin Gogolin, die den Begriff der Bildungssprache im deutschsprachigen Raum in den zurückliegenden Jahren maßgeblich geprägt hat, beschreibt die Herausforderung, den Begriff zu fassen, wie folgt:

Bildungssprache bezieht sich ... weder auf wünschenswerte noch notwendigerweise auf die reale Kommunikation im Bildungskontext, sondern vielmehr auf die mit Bildung assoziierten Ziele der Aneignung von Wissen in Formen, die über die alltägliche Erfahrung hinausgehen“ (Gogolin & Duarte, 2016, S. 487).

Während also das Register der Alltagssprache maßgeblich für die Kommunikation alltäglicher Erfahrungen gebraucht wird und der Bewältigung alltäglicher Anforderungen dient, ist Bildungssprache eng mit dem Erwerb spezialisierten Wissens in Bildungskontexten verbunden (Rincke & Markic, 2018, S. 40). Feilke definiert Bildungssprache vor allem mit Bezug auf das sprachliche Handeln, wenn er schreibt: „[...] das sind die besonderen sprachlichen Formate und Prozeduren einer auf Texthandlungen wie *Beschreiben, Vergleichen, Erklären, Analysieren, Erörtern* etc. bezogenen Sprachkompetenz, wie man sie im schulischen und akademischen Bereich findet“ (2012, S. 5, Hervorhebungen im Original). Er grenzt zudem die Schulsprache als die „zu didaktischen Zwecken gemachte[n] Sprach- und Sprachgebrauchsformen, aber auch Spracherwartungen“ (Feilke, 2012, S. 5, Hervorhebungen im Original) von der Bildungssprache ab. Bildungssprache sei seines Erachtens weiter gefasst und bezeichne sämtliche Sprachhandlungen, die für das Lernen genutzt werden können. In Gogolin & Duarte (2016, S. 489f.) sind Merkmale des bildungssprachlichen Registers auf der lexikalisch-semantischen (z. B. Fachvokabular, selten verwendete Wörter, hohe lexikalische Dichte, Abkürzungen, Nominalisierungen oder abstrakte, unpersönliche Ausdrücke) und auf der morpho-syntaktischen (Konjunktionen, Satzgefüge, komplexe Nominalgruppen, Proformen und Passivkonstruktionen) Ebene anhand von Beispielen aus zahlreichen Publikationen zusammengetragen.

1.2.3 Fach- und Wissenschaftssprache

Aus den bisherigen Überlegungen lässt sich ableiten, dass unterschiedliche Register (Alltags-, Umgangs-, Bildungs- und Unterrichtssprache) eine gewichtige Bedeutung

für die Ausdifferenzierung des fachsprachlichen Registers besitzen. Die überwiegend durch Mündlichkeit geprägten Ressourcen, die Schüler*innen aus ihrer Lebenswelt jenseits der Schule mitbringen (Alltagssprache), treffen im Unterricht auf eine zunehmend konzeptionelle wie realisierte Schriftlichkeit (Bildungssprache). Wagenschein unterstreicht die Rolle der Alltagssprache in diesem Prozess – er bezeichnet sie seiner Zeit geschuldet als Muttersprache – wenn er schreibt: „Die Muttersprache ist die Sprache des Verstehens, die Fachsprache besiegelt es, als Sprache des Verstandenen“ (1968, S. 129). Wagenscheins Position steht jener von Muckenfuß gegenüber, der den Charakter der Entfaltung von Fachsprache aus Alltagssprache kritisiert und im Unterricht eine bewusste Konfrontation beider Register fordert (Rincke, 2010, S. 244). Sowohl Wagenschein als auch Muckenfuß betrachten das Lernen von Fachsprache als einen Entwicklungsprozess, der von der Alltags- bzw. Muttersprache ausgeht und idealtypisch gesehen bei der Fachsprache endet: während Wagenschein den sukzessiven – und damit bruchlosen – Übergang betont, hebt Muckenfuß den Bruch im Übergang besonders hervor (1995, S. 257 zitiert in Rincke, 2010, S. 244).

Als wegweisend für das Verständnis der Entwicklung von Alltags- und Fachsprache gelten die Arbeiten von Lew Wygotski. Ausgehend von der Betrachtung des Erwerbs der Muttersprache im Vergleich zum Erlernen einer Fremdsprache deutet Wygotski (1979) die Entwicklung wie er es nennt *spontaner Begriffe* (Alltagsbegriffe) und *wissenschaftlicher Begriffe* (Fachbegriffe) als zwei gegenläufige, aber voneinander untrennbare Prozesse (Rincke, 2007, S. 19). Während die Bildung *spontaner Begriffe* von konkreten Erfahrungen ausgehe und erst allmählich zu bewusster Einsicht führe, beginnen die *wissenschaftlichen Begriffe* bei eben jener Einsicht und Willkürlichkeit und enden mit persönlicher Erfahrung (Wygotski, 1979, S. 255). Wygotski grenzt das Erlernen von Fachbegriffen vom Erwerb einer Fremdsprache wie folgt ab:

Während beim Erlernen einer Fremdsprache ein System fertiger Bedeutungen in der Muttersprache im voraus gegeben ist, das die Voraussetzung für die Entwicklung eines neuen Systems bildet, entsteht bei der Entwicklung der wissenschaftlichen Begriffe das System zusammen mit der Entwicklung dieser Begriffe und übt seine umgestaltende Wirkung auf die Alltagsbegriffe aus (1979, S. 261).

Die Frage also, ob Alltags- und Fachsprache Bestandteile eines gemeinsamen Entwicklungsprozesses bilden oder sich im Rahmen zweier separater Prozesse entfalten, kann gegenwärtig nicht abschließend beantwortet werden. Die Überzeugungskraft von Wygotskis These liegt in der jeweils eigenständigen Entwicklungsfähigkeit von Alltags- und Fachsprache (Rincke, 2010, S. 246) begründet und wurde im Rahmen des Physikunterrichts bereits untersucht (Rincke, 2007; 2010).

Jenseits der Betrachtung als sich im schulischen Kontext entwickelndes Register, lassen sich Fachsprachen der einzelnen Fächer auch aus deskriptiver und normativer Perspektive beschreiben. Betrachtet man Texte, z. B. in Fachbüchern oder Lehrwerken, so lassen sich dort deskriptiv bestimmte sprachliche Mittel mit einer höheren Häufigkeit finden, als sie im alltäglichen Gebrauch auftreten (Rincke, 2010). Auf diesem Wege lassen sich beispielsweise Listen für Fachvokabular oder syntaktische Besonderheiten von Fachsprachen zusammenstellen (Rincke, 2010, S. 238). Rincke unterstreicht in diesem Zusammenhang die Rolle der Kommunikationssituation und hebt damit die „Rücksichtnahme auf bestimmte Gewohnheiten und Normen einer sozialen Gemeinschaft“ (2010, S. 239) hervor. Aus dieser normativen Perspektive lässt sich mit Blick in Rahmenlehrpläne und Bildungsstandards erkennen, dass inhaltliches Lernen i. a. R. mit dem Einprägen von Fachwörtern einhergeht. Stellvertretend lässt sich hier der Rahmenlehrplan für das Fach Chemie in den Jahrgangsstufen 7 bis 10 der Länder Berlin und Brandenburg nennen, in dem für jedes Themenfeld die zentralen Fachtermini vorgegeben sind (SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015). Die Beobachtung, dass die Begriffsfülle im Fachunterricht für viele Schüler*innen erdrückend sein kann, wurde z. B. bereits von Merzyn (1994) kritisiert und scheint trotz dessen auch heute noch weitgehend Bestand zu haben (Härtig et al., 2015, S. 60).

Wenngleich über eine differenzierte Zusammenstellung der deskriptiven Merkmale von Fachsprachen die Möglichkeit besteht, unterschiedliche Fächer hinsichtlich des mit ihnen assoziierten Sprachgebrauchs voneinander abzugrenzen, lassen sich über die Fächer hinweg auch sprachliche Gemeinsamkeiten, wie Abstraktheit, Explizitheit, Komplexität und Entpersonalisierung (Gebhard et al., 2017, S. 116; Prediger, 2013) identifizieren. Solche Gemeinsamkeiten finden sich in allen Schulfächern und sind demzufolge deckungsgleich mit den in Abschnitt 1.2.2 beschriebenen Merkmalen von Bildungssprache. Ortner beschreibt Bildungssprache (in Abgrenzung zu den zahlreichen Fachsprachen) daher passend als „Verkehrssprache für die Inhalte aus den spezifischen Bereichen“ (2009, S. 2232). Als eine weitere fachgebietsübergreifende ‚Verkehrssprache‘ kann die sogenannte Wissenschaftssprache bezeichnet werden, die vor allem der Kommunikation und Verbreitung von wissenschaftlichen Erkenntnissen und Forschungsergebnissen dient (M. Hoffmann, 2007, S. 22). Da mit dem Schulabschluss (vor allem am Gymnasium) der Nachweis der Hochschulreife und damit der Fähigkeit zum wissenschaftlichen Arbeiten im Allgemeinen erbracht wird, bildet die Beherrschung sowohl von Bildungssprache als auch der Fachsprachen spezifischer Disziplinen die Voraussetzung für den erfolgreichen Erwerb und Aufbau einer Wissenschaftssprache.

1.3 Zusammenfassung

Dass Sprache und das menschliche Denken miteinander verknüpft sind, ist unbestritten (s. Abschn. 1.1). Auf die Frage, welcher Art diese Verknüpfung ist, gibt es bislang allerdings keine endgültigen Antworten, sondern lediglich eine Reihe von konkurrierenden Theorien (s. zusammenfassend Anderson, 2007). Diesen Theorien, beispielsweise der *linguistischen Relativität*, gelingt es zwar mitunter, andere Ansätze zu entkräften, jedoch deutlich seltener, Evidenz für die eigenen Positionen vorzulegen. Somit konzentriere ich mich in der vorliegenden Arbeit darauf, dass Denkprozesse und Sprache zueinander in enger Beziehung stehen und somit schulisches Lernen zwangsläufig den Aspekt der Sprache integrieren muss, wenn das Ziel schulischer Bildung darin besteht, eigenständiges Denken auf Seiten von Kindern und Jugendlichen zu fördern. Dies wird besonders deutlich, wenn Lernende in der Schule anderen Anforderungen begegnen, z. B. im Gebrauch des bildungs- und des fachsprachlichen Registers, als in ihrer Lebenswelt außerhalb der Schule, wo eine mündlich orientierte Alltagssprache dominiert. Der systematische, gesteuerte Erwerb von neuen Fachkonzepten und damit einhergehend von neuen Fachwörtern in Bildungskontexten stellt für Schüler*innen folglich eine potenziell sehr große Herausforderung dar. Im weiteren Verlauf widme ich mich unter anderem der Frage, welche Konsequenzen sich für das fachliche Lernen ergeben, wenn die sprachlichen Voraussetzungen der Lernenden den Anforderungen der Institution Schule nicht genügen. Zu diesem Zweck möchte ich den Fokus nun auf die Bedeutung von Bildungssprache und Fachsprachen in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern richten und dem Fach Chemie besondere Aufmerksamkeit widmen. Dabei orientiere ich mich an der folgenden Definition des Registers Fachsprache von Karsten Rincke: „Die Fachsprache einer Disziplin ist [...] durch ein bestimmtes Fachvokabular, ein sprachliches Inventar, um Fachvokabeln untereinander zu verbinden, und die Rücksichtnahme auf die jeweils vorliegende Kommunikationssituation gekennzeichnet“ (2010, S. 238).

2 Bedeutung der Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht

Im Rahmen der differenzierten Betrachtung der verschiedenen Register, die den schulischen Kontext prägen und schlussendlich beherrscht werden müssen (s. z. B. KMK, 2005a, S. 13), wird bereits deutlich, welchen hohen sprachlichen Anforderungen Schüler*innen – auch im naturwissenschaftlichen Unterricht – begegnen. Die Diskrepanz zwischen diesen Anforderungen und dem Leistungsvermögen mancher Schüler*innengruppen möchte ich im Folgenden anhand von Erkenntnissen aus Schulleistungsstudien darlegen und anschließend präzisieren, welche Ansprüche an gelungene Kommunikation im Chemieunterricht gestellt werden.

2.1 Zusammenhänge zwischen sprachlichen und naturwissenschaftlichen Kompetenzen – Ergebnisse aktueller Schulleistungsvergleichsstudien

Sowohl nationale als auch internationale Schulleistungsvergleichsstudien, wie die PISA-Studien (OECD, 2019b; Lewalter et al., 2023), die IGLU-Studien (McElvany et al., 2023) und die Berichte der IQB-Bildungstrends (Stanat et al., 2019, 2022), identifizieren eine wachsende Anzahl von Kindern und Jugendlichen, die den vielfältigen Anforderungen der Institution Schule nur in Teilen oder kaum gerecht werden. Eine Gruppe, die mit besonders großer Wahrscheinlichkeit hinsichtlich der Kompetenzentwicklung hinter gleichaltrige Mitschüler*innen zurückfällt, sind Schüler*innen mit Zuwanderungshintergrund⁴. Dass der Zuwanderungshintergrund von Schüler*innen negative Auswirkungen auf das Lernen in den Fächern Deutsch, Mathematik und Naturwissenschaften (Chemie, Biologie und Physik) ausübt, ist durch systematische Untersuchungen mit großen Stichproben mittlerweile umfassend dokumentiert (Reiss et al., 2019; Stanat et al., 2019; McElvany et al., 2023; Lewalter et al., 2023). Für den Zusammenhang zwischen dem Zuwanderungshintergrund und dem fachlichen Lernen werden in den vorliegenden Vergleichsstudien vielfältige Faktoren diskutiert. So beschreiben fast alle Studien ungünstige Wechselwirkungen zwischen dem Zuwanderungshintergrund und dem sozioökonomischen Status bzw. der sozialen Herkunft der Schüler*innen: Kinder und Jugendliche mit Zuwanderungshintergrund weisen überdurchschnittlich häufig einen niedrigen sozioökonomischen Status auf und verfehlen mit größerer Wahrscheinlichkeit die angestrebten (Mindest-)Standards (Stanat et al., 2019, S. 333; McElvany et al., 2023, S. 171 f.; Lewalter et al.,

⁴ In Übereinstimmung mit nationalen und internationalen Vergleichsstudien (z. B. McElvany et al., 2023, S. 156; Stanat et al., 2023, S. 300; Statistisches Bundesamt (DESTATIS), 2023) liegt ein *Zuwanderungshintergrund* (gleichbedeutend mit dem Begriff *Migrationshintergrund*) vor, wenn die Person selbst oder mindestens ein Elternteil nach Deutschland migriert ist.

2023, S. 183f.; Bolte & Pastille, 2010, S. 35). In Deutschland sind im Vergleich zu anderen OECD-Staaten, die an der PISA-Studie teilnehmen, die Ergebnisse besonders alarmierend, weil die Zusammenhänge zwischen der sozialen Herkunft und den Leistungen der Lernenden besonders negativ ausgeprägt sind (Lewalter et al., 2023, S. 175). Eine weitere erklärende Variable stellt die von den Schüler*innen zuhause gesprochene Sprache (bzw. die gesprochenen Sprachen) dar.

So zeigen Arbeiten von Stanat et al. (2019, S. 333), dass Lernende, die zuhause kaum Deutsch sprechen, bezüglich der mathematischen und naturwissenschaftlichen Kompetenzen deutlich schlechter abschneiden, als Schüler*innen, die zuhause ausschließlich Deutsch verwenden. Dieser Befund bestand auch nach Kontrolle anderer Variablen, beispielsweise dem sozioökonomischen Status sowie dem Bildungshintergrund und dem Geburtsland der Eltern, fort. Wenngleich der in weiten Teilen unbefriedigende Bildungserfolg von Schüler*innen mit Zuwanderungshintergrund auf eine Vielzahl an Faktoren zurückgeführt wird (Lewalter et al., 2023, S. 190ff.), haben sich die Kompetenzen in der Bildungs- und Unterrichtssprache Deutsch als fruchtbare Erklärungsgrundlage herauskristallisiert, um Lern- und Bildungserfolge zu prognostizieren (Gogolin & Lange, 2011, S. 108; Kempert et al., 2016, S. 169f.). Gogolin und Lange (2011, S. 109) haben ferner herausgearbeitet, dass unzureichende bildungssprachliche Kompetenzen nicht allein auf die Gruppe von Schüler*innen mit Zuwanderungshintergrund begrenzt sind, sondern auch durch einen niedrigen Bildungsstand und mangelnde Schriftorientierung der Eltern hervorgerufen bzw. verstärkt werden. Es ist also davon auszugehen, dass in einer ‚regulären‘, d.h. (leistungs-)heterogenen, Schulklasse ein nicht unerheblicher Teil der Lernenden durch die Verwendung der Bildungs- und Unterrichtssprache Deutsch besonders herausgefordert wird.

Mit Blick auf den naturwissenschaftlichen Unterricht konnte bereits bei PISA 2000 für Deutschland gezeigt werden, dass sprachliche Defizite sich auch in den mutmaßlich weniger sprachbetonten MINT-Fächern auf die Leistungen der Schüler*innen niederschlagen (Baumert et al., 2001). Baumert et al. (2001, S. 376) haben nachgewiesen, dass sich die negativen Effekte in den MINT-Fächern sogar kumulieren. So gesehen besteht Konsens dahingehend, dass für erfolgreiches Lernen in den naturwissenschaftlichen Fächern vielfältige Ansprüche an die bildungssprachlichen Kompetenzen der Lernenden gestellt werden (Bolte & Pastille, 2010, S. 27; Lindauer et al., 2016, S. 230; Rincke, 2010). Die zunehmende Anerkennung des Zusammenhangs zwischen sprachlichem und naturwissenschaftlichem Lernen als Reaktion auf den ‚PISA-Schock‘ (Baumert et al., 2001) wurde maßgeblich durch die BLK-Expertise (Klieme et al., 2003) und der dem Gutachten folgenden Einführung der Bildungsstan-

dards für das Fach Chemie im Jahr 2004 befördert. Neben Fachwissen, Erkenntnisgewinnung und Bewertung wurde mit dem Kompetenzbereich Kommunikation ein besonderes Zeichen gesetzt. Für das Unterrichtsfach Chemie wurden zehn Standards formuliert, die den Schwerpunkt auf die Kommunikation chemiebezogener Inhalte mithilfe von und durch Sprache richten (KMK, 2005a, S. 12 f.). Obwohl (angehende) Lehrpersonen sich des Zusammenhangs zwischen sprachlichem und naturwissenschaftlichem Lernen mittlerweile weitgehend bewusst sind, fehlt es den meisten noch an der notwendigen Qualifizierung, konkrete sprachbildende Maßnahmen im Unterricht zielgerecht einzusetzen (Brandt et al., 2024; Riebling, 2013). Da die besorgniserregenden Befunde auf Seiten der Schüler*innen auch mehr als 20 Jahre nach der ersten PISA-Studie nicht wesentlich reduziert werden konnten (Lewalter et al., 2023), ist davon auszugehen, dass diese professionsbezogenen Defizite noch weit verbreitet sind.

2.2 Fachsprache in den naturwissenschaftlichen Fächern

Die u. a. von Rincke (2010, S. 237 f.) zusammengestellten verschiedenartigen Zugänge der Fachsprachenforschung erschweren die Genese einer prägnanten Definition einer für den naturwissenschaftlichen Unterricht spezifischen Fachsprache. Mit Blick auf den schulischen Kontext kann für das Register der Fachsprache die folgende Begriffsklärung von Härtig et al. (2015, S. 56) herangezogen werden: „Mit ‚Fachsprache‘ ist [...] die lexikalische, syntaktische und textuelle Ausprägung der Unterrichtssprache gemeint, die zum Beispiel im Biologie-, Chemie- oder Physikunterricht Verwendung findet“.

Für den Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern besonders typisch ist die Verwendung einer hochverdichteten und stark konventionalisierten Symbol- und Formelsprache (Bernholt et al., 2012; Taskin & Bernholt, 2014). Speziell im Fach Chemie werden Lernende durch den kontinuierlichen Wechsel zwischen der makroskopischen Betrachtung (z. B. von Stoffeigenschaften) und der submikroskopischen Deutung mithilfe von Modellen und Symbolen sowie der damit einhergehenden Versprachlichung nicht sichtbarer Phänomene und Prozesse herausgefordert. Diese drei, von Schüler*innen miteinander zu verknüpfenden Repräsentationsebenen – makroskopische, submikroskopische und symbolische Ebene – hat Johnstone (1991) im sogenannten chemischen Dreieck zusammengeführt. Um chemiebezogene Sachverhalte angemessen durchdringen zu können, ist es in aller Regel notwendig, die Ebenen miteinander verknüpfen zu können (Streller et al., 2019, S. 41; Sumfleth & Nakoinz, 2019, S. 233). Das Stoff-Teilchen-Konzept, welches als eines

von vier Basiskonzepten die Bildungsstandards (KMK, 2005b, S. 8) und Rahmenlehrpläne durchzieht, trägt dieser Herausforderung dahingehend Rechnung, dass als Ziel des Chemieunterrichts die „erfahrbaren Phänomene der stofflichen Welt und deren Deutung auf Teilchenebene [...] konsequent unterschieden [werden]“ (SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015, S. 5). Aus zahlreichen Arbeiten lässt sich eine wichtige These ableiten: Die häufig wenig explizite Auseinandersetzung mit der Verknüpfung der makroskopischen und submikroskopischen Ebenen (im Rahmen des Basiskonzeptes Stoff-Teilchen) bildet eine höchst prominente Quelle für fachwissenschaftlich nicht anschlussfähige Schülervorstellungen (z.B. Sumfleth & Nakoinz, 2019, S. 233; Barke, 2006, S. 30 f.). Unschärfen und fehlende Differenziertheit im Gebrauch der Fachsprache, die gemeinsam mit den bildhaften Darstellungen und einem algebraischen System (Formeln und Reaktionsgleichungen) als Teil der symbolischen Ebene betrachtet wird (Nakhleh & Krajcik, 1994; Sumfleth & Nakoinz, 2019, S. 233), bilden seit langer Zeit diskutierte Quellen von fachlich unangemessenen Schüler*innenvorstellungen (Barke, 2006, S. 30).

In der Definition von Härtig et al. (2015, S. 56) liegt der Fokus jedoch weniger auf der Symbolsprache, als vielmehr auf den Elementen von geschriebenen und gesprochenen Texten und wie diese von Fach zu Fach variieren. So können beispielsweise die Fachsprachen im schulischen Chemie- und Deutschunterricht durch die Verwendung unterschiedlicher Termini (Verbindung und Ion vs. Metapher und Alliteration), grammatikalischer Strukturen (passivische Formulierung einer Versuchsdurchführung vs. aktivische Darstellung eines Erlebnisberichts) und Textsorten (Versuchsprotokoll vs. Erörterung einer These) voneinander abgegrenzt werden. Diese drei Ebenen – Wort-, Satz- und Textebene – werde ich im Folgenden mit Blick auf den naturwissenschaftlichen Unterricht ausdifferenzieren.

2.2.1 Merkmale auf der Wortebene

Auf der Wortebene zeichnen sich Fachsprachen durch ein charakteristisches Fachvokabular aus. Von einer deskriptiven Perspektive betrachtet, fallen hierunter Arten von Termini in Lehr- und Fachbüchern, welche in den Naturwissenschaften eine im Vergleich zur Alltagssprache deutlich höhere Frequenz folgender Merkmale aufweisen (Härtig et al., 2015, S. 58; Rincke, 2010; Rincke & Markic, 2018, S. 38):

- Nominalisierungen, substantivierte Infinitive: *das Lösen, das Dekantieren, das Filtern*
- Adjektive mit spezifischen Präfixen: *nicht-ionisch, anti-bindend, exotherm*
- Adjektive mit spezifischen Suffixen: *schmelzbar, farblos, elektronenreich*

- Komposita (zusammengesetzte Wörter): *das Becherglas, die Fällungstiteration, der Gasbrenner*
- Abkürzungen und Akronyme: *PSE, Redoxreaktion, FCKW, LUMO*

Besonders anspruchsvoll gestaltet sich der Erwerb chemiebezogener Fachtermini, die im Alltag nur äußerst selten vorkommen vor allem dadurch, dass sich die sub-mikroskopische Ebene in Form von Atomen, Molekülen oder chemischen Bindungen der unmittelbaren Wahrnehmung entziehen, sodass sie als abstrakte Konzepte auf der symbolischen Ebene repräsentiert werden müssen (Johnstone, 1991; Streller et al., 2019, S.41). Eine weitere Herausforderung stellen solche Begriffe dar, die im Alltagssprachlichen Gebrauch eine andere Bedeutung besitzen, als im fachlichen Kontext, z. B. *Bindung* oder *Energie* (Song & Carheden, 2014).

2.2.2 Merkmale auf der Satzebene

Auch auf der Satzebene lassen sich Merkmale naturwissenschaftlicher Fachsprachen identifizieren, die sie von denen anderer Disziplinen abgrenzen⁵ (Göpferich, 1998, S. 552 f.; Härtig et al., 2015, S. 58; Rincke, 2010, S. 238 f.; Rincke & Markic, 2018, S. 38):

- Funktionsverbgefüge: *in Lösung gehen, Arbeit verrichten, eine Untersuchung durchführen*
- Nominalisierungsgruppen: *die Entstehung eines Niederschlages, Laugen entstehen durch das Lösen von Metallhydroxiden in Wasser, bei der Verbrennung von Natrium*
- Satzglieder anstelle von Gliedsätzen: *nach Durchführung der Messung (anstelle von: nachdem die Messung durchgeführt wurde)*
- Attribuierung, mehrgliedrige Nominalphrasen: *der sich langsam lösende, gelbe Feststoff; die verschiedenen, an der Reaktion beteiligten Stoffe*
- Passiv(ersatz)konstruktionen: *Das Gemisch wird mit Salzsäure versetzt. In einer Kerze werden Stoffe umgewandelt. Einige Gramm Kochsalz werden in ein Becherglas mit destilliertem Wasser gegeben.*
- Verwendung der 3. Person Singular: *In der Ozonschicht gibt es sehr energiereiche Sonnenstrahlung. Der pH-Wert gibt an, wie sauer oder alkalisch eine Lösung ist.*

⁵ Bei diesen Merkmalen handelt es sich nicht um eine der naturwissenschaftlichen Fachsprache inhärente Grammatik, sondern größtenteils um Konvention und normative Setzungen (Rincke & Markic, 2018, S. 38)

- Verwendung des Präsens: *In einer Zink-Luft-Batterie reagiert Zink mit Sauerstoff zu Zinkoxid. Die Konzentrationen der beteiligten Stoffe verändern sich während der Reaktion.*
- Bevorzugung des Indikativs: *Saure Lösungen entstehen bei der Reaktion von Säuren mit Wasser. Eine Spatelspitze des Pulvers wird in das Reagenzglas gegeben.*

2.2.3 Merkmale auf der Textebene

Betrachtet man die für den naturwissenschaftlichen Unterricht charakteristischen Textsorten, wie die Versuchsanleitung, das Versuchsprotokoll oder den informationsdichten Schulbuchtext, so zielt die Konstruktion dieser Texte häufig auf folgende Kriterien ab: Präzision, Differenziertheit, Sprachökonomie, Allgemeingültigkeit, expressive Neutralität, Erwartbarkeit und Folgerichtigkeit (Göpferich, 1998, S. 552). Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, bedienen sich Autor*innen naturwissenschaftlicher Fachtexte einerseits der beschriebenen Merkmale auf der Wort- und Satzebene (s. Abschn. 2.2.1 und 2.2.2). Andererseits lassen sich auch auf der Textebene typische Konstruktionen identifizieren (Göpferich, 1998, S. 552 ff.; Härtig et al., 2015, S. 59; Rincke & Markic, 2018, S. 38 f.):

- Verwendung von Mitteln des Verallgemeinerns: *Merksätze, Reaktionsmechanismen*
- Fachtextbaupläne: *rigide Struktur eines Versuchsprotokolls*
- metasprachliche Kommentierungen
- Frage-Antwort-Konstruktionen
- Schlussverfahren, Argumentationslinien
- Rekurrenz/Isotopie: *Herstellung von Kohärenz/Zusammenhängen*
- Integration nonverbaler Informationsträger: *Schemata, Diagramme, Modelldarstellungen*

2.3 Gelingende Kommunikation als Werkzeug naturwissenschaftlicher Kompetenzentwicklung

Unter dem Kommunikationsbegriff lässt sich eine große begriffliche Vielfalt aus verschiedensten wissenschaftlichen Disziplinen subsumieren. Als wegweisend gelten die kommunikationstheoretischen Arbeiten von Habermas, in denen Kommunikation als ein zwischenmenschliches Phänomen und Fundament einer Gemeinschaft ver-

standen wird (Habermas, 1985; Kulgemeyer & Schecker, 2009) und die sprachphilosophischen Ausführungen von Wittgenstein (2001). Ebenfalls sehr breit in der Kommunikationsforschung wurden die Arbeiten von Paul Watzlawick und Kolleg*innen rezipiert, die Kommunikation ebenfalls als wechselseitig zwischen Sender*in und Empfänger*in verstehen und sogar so weit gehen, Kommunikation mit menschlichem Verhalten gleichzusetzen (Watzlawick et al., 2007, S. 23). Der Fokus in diesen Arbeiten liegt maßgeblich auf den besonderen pragmatischen Aspekten, wie der Körpersprache oder dem Kontext, oder auch der Beziehung zwischen Sender*in und Empfänger*in, wodurch es möglich wird, Gelingensbedingungen und Störungen von Kommunikation differenziert zu beschreiben (Watzlawick et al., 2007).

Merten (1977) hat in seiner Arbeit zahlreiche Definitionen und Kommunikationsmodelle aus Philosophie, (Sozial-)Psychologie, Soziologie sowie Publizistik zusammengetragen und vergleichend mit dem Ziel analysiert, den Kommunikationsbegriff theoretisch zu klären und begrifflich zu präzisieren. Merten schlussfolgert, dass Kommunikation als „*der grundlegende soziale Prozeß [sic]*“ (1977, S. 162; Hervorhebung im Original) zu betrachten sei und sich im Kern durch Reflexivität auszeichnet. In einer erweiterten Definition bezeichnet er Kommunikation auf zwischenmenschlicher Ebene (und in Abgrenzung zu virtueller Kommunikation) als „*das kleinste soziale System mit zeitlich-sachlich-sozialer Reflexivität, das durch Interaktion der Kommunikanden Behandlung von Handlungen erlaubt und soziale Strukturen ausdifferenziert*“ (Merten, 1977, S. 163; Hervorhebungen im Original). Merten resümiert am Ende seiner Analysen, dass eine zentrale Herausforderung in der Definition des Kommunikationsbegriffes darin begründet liegt, dass Kommunikation in sehr vielen unterschiedlichen Disziplinen gebraucht und auf verschiedenartige Weise gedeutet wird (1977, S. 167). Demzufolge soll der Blick nun auf Kommunikation im Rahmen der Naturwissenschaften – insbesondere des naturwissenschaftlichen Unterrichts – gerichtet werden, um zu einer domänenspezifischen Ausschärfung des Begriffs zu gelangen.

2.3.1 Kommunikationskompetenz in den Bildungsstandards für das Fach Chemie

Das übergeordnete Ziel von naturwissenschaftlichem Unterricht ist es, Schüler*innen mit anwendungsbezogenem Wissen und Fähigkeiten zur Bewältigung komplexer gesellschaftlicher Anforderungen auszustatten, oder in anderen Worten naturwissenschaftliche Grundbildung zu fördern (Gräber & Bolte, 1997; Gräber & Nentwig, 2002).

Naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) ist die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen. (Baumert et al., 2001, S. 198; übersetzt aus OECD, 1999, S. 60)

Damit Schüler*innen diese naturwissenschaftliche Grundbildung ausprägen, benötigen sie robuste kommunikative Kompetenzen, um einerseits Informationen sach- und fachbezogen aufnehmen und andererseits weitergeben zu können (Norris & Phillips, 2003; Ziepprecht et al., 2017). Kommunikative Kompetenzen können als integraler Bestandteil naturwissenschaftlicher Grundbildung verstanden werden, da Wissen nicht ohne den Gebrauch von Sprache konstruiert werden kann (Lemke, 1990; Yore & Treagust, 2006; Ziepprecht et al., 2017). Norris und Phillips (2003) unterscheiden hinsichtlich naturwissenschaftlicher Grundbildung eine grundlegende Bedeutung (*fundamental sense*) von einer erweiterten Bedeutung (*derived sense*) (Ziepprecht et al., 2017, S. 114). Während die grundlegende Bedeutung allgemein die literalen Fähigkeiten (vor allem das Lesen und Schreiben) zum Kommunizieren in naturwissenschaftlichen Kontexten beschreibt, fokussiert die erweiterte Bedeutung auf ein konzeptuelles Verständnis von Naturwissenschaften sowie Kompetenzen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung.

Kulgemeyer und Schecker (2009) konstatieren aus einer physikdidaktischen Perspektive, dass zum einen die Notwendigkeit besteht, ein domänenspezifisches Verständnis des Kommunikationsbegriffes zu entwickeln. Zum anderen bemängeln sie, dass die Naturwissenschaftsdidaktik allgemein lange Zeit – auch noch nach der Einführung des Kompetenzbereiches Kommunikation in den Nationalen Bildungsstandards – zu oberflächlich mit dem Begriff umgegangen sei. Ziepprecht et al. (2017, S. 114 f.) leiten aus domänenübergreifenden Kommunikationsmodellen für den naturwissenschaftlichen Unterricht ab, dass kommunikative Prozesse zwischen Sender*in und Empfänger*in ablaufen und dadurch sowohl produktive als auch rezeptive Fähigkeiten miteinander verzahnt sind. Für die Naturwissenschaften charakteristische kommunikative Prozesse sind z. B. das Erklären von Sachverhalten (Kulgemeyer & Schecker, 2009), die Verwendung von Fachsprache (Nitz et al., 2012), die Arbeit mit Repräsentationen (Kozma & Russell, 2005), der Informationsaustausch (Kramer, 2009) und das Argumentieren (Heitmann et al., 2014). Ziepprecht et al. (2017, S. 116) untergliedern naturwissenschaftliche Kommunikationskompetenz in das Erschließen von Informationen, die Weitergabe von Informationen und das Argumentieren, wobei alle drei Bereiche zusätzlich durch den Umgang mit Repräsentationen, die Verwendung von Fachbegriffen und das adressatengemäße Kommunizieren charakterisiert sind. Da dieses Modell zur Aufgabenentwicklung und Evaluation des

Kompetenzbereiches Kommunikation in den Bildungsstandards (KMK, 2005a, 2005b, 2005c) der naturwissenschaftlichen Fächer entwickelt wurde, gilt es zunächst den Kommunikationsbegriff aus der Perspektive der Bildungsstandards weiter ausdifferenzieren.

In den Bildungsstandards im Fach Chemie umfasst der Kompetenzbereich Kommunikation in erster Linie den Austausch von Informationen unter angemessener Verwendung von Alltags- und Fachsprache (KMK, 2005b, S. 9). Daraus geht hervor, dass „Kommunikation [...] Instrument und Objekt des Lernens zugleich [ist]“ (KMK, 2005b, S. 10). Der naturwissenschaftliche Unterricht sollte sich also gezielt der Förderung kommunikativer Kompetenzen widmen und den Schüler*innen vielfältige Gelegenheiten bieten, selbstbestimmt zu kommunizieren. Bei genauerer Betrachtung der zentralen Standards bedeutet dies z. B.:

K5: „... Zusammenhänge zwischen chemischen Sachverhalten und Alltagerscheinungen her[zustellen] und dabei bewusst Fachsprache in Alltagssprache und umgekehrt“ (KMK, 2005b, S. 13) zu übersetzen und

K7: „... den Verlauf und die Ergebnisse ... [der] Arbeit situationsgerecht und adressatenbezogen“ (KMK, 2005b, S. 13) zu dokumentieren und präsentieren.

Es wird deutlich, dass der angemessenen Verwendung verschiedener sprachlicher Register (Alltags- und Fachsprache) eine exponierte Bedeutung eingeräumt wird. Die Angemessenheit der Verwendung der Register kann nach K7 (KMK, 2005b, S. 13) anhand der Situationsgerechtigkeit und der Adressatenbezogenheit von Äußerungen beurteilt werden.

Kulgemeyer und Schecker (2009) haben aus physikdidaktischer Perspektive ein konstruktivistisches Kommunikationsmodell entwickelt, welches sich auf die Bildungsstandards im Fach Physik stützt, die mit den Bildungsstandards im Fach Chemie weitgehende Überschneidungen hinsichtlich der Kompetenzbereiche und der einzelnen Standards im Kompetenzbereich Kommunikation aufweisen (KMK, 2005a; 2005b). Das Modell betrachtet Kommunikation als Prozess, bei dem ein Kommunikator ein Kommunikat (im Sinne eines Kommunikationsangebotes) schafft und einem Adressaten anbietet (Kulgemeyer & Schecker, 2009, S. 138). Ob die bzw. der Adressat*in dieses Angebot annimmt, hängt maßgeblich davon ab, wie attraktiv es wahrgenommen wird. Einen wesentlichen Beitrag zur Attraktivität liefern der gewählte Sachaspekt, der Kontext, die sprachliche Kodierung (z. B. Fachsprache) und die Darstellungsform (Kulgemeyer & Schecker, 2009, S. 138f.). Kulgemeyer und Schecker (2009) skizzieren ein Spannungsfeld, welches sich zwischen einer einseitig sachgerechten und einer einseitig adressatenbezogenen Konstruktion von Kommunikationsangeboten entwickeln kann. Mit Blick in die Bildungsstandards im Fach

Chemie und die Rahmenlehrpläne in den Ländern Berlin und Brandenburg wird die Idealvorstellung jedoch als Zusammenspiel aus sachgerechter (fachlich korrekter) und adressatenbezogener Kommunikation verstanden (KMK, 2005a, S. 13; SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015). In der Schulpraxis wird der Fokus häufig auf Sachgerechtigkeit als „Fähigkeit, Sachinhalte fachlich adäquat, korrekt und konsistent sowie unter Berücksichtigung von fachlichen Konventionen in ein Kommunikat zu überführen“ (Kulgemeyer & Schecker, 2009, S. 140) gerichtet. Im folgenden Abschnitt lege ich dar, wie adressatenorientiertes Kommunizieren im Chemieunterricht bearbeitet werden kann.

2.3.2 Adressatengerechtes Kommunizieren im Chemieunterricht

Adressatengerechtes, adressatenbezogenes, adressatengemäßes und adressatenorientiertes Kommunizieren, als weitgehend synonyme Ausdrucksformen desselben Phänomens, wird in Anlehnung an Kulgemeyer und Schecker als „Fähigkeit zur Konstruktion eines Kommunikats als ein Angebot, das attraktiv genug ist, um von dem Adressaten angenommen zu werden“ (2009, S. 139) definiert. Einschätzen zu können, ob und wann ein Kommunikat für eine*n potenzielle Adressat*in attraktiv erscheint, stellt Lernende vor eine durchaus komplexe Herausforderung. Zumeist fungiert die Lehrkraft als Adressat*in mündlicher oder schriftlicher Schüler*innenäußerungen (Bolte, 1996) oder es gibt keine*n klar erkennbare*n Adressat*in.

Um adressatengerecht zu kommunizieren, müssen Schüler*innen laut Becker-Mrotzek et al. mit Blick auf eigens formulierte Texte in der Lage sein, „das thematische Vorwissen, die Erwartungen und allgemein die (ggf. auch motivationalen oder affektiven) Verständnisvoraussetzungen des Lesers zu berücksichtigen“ (2014, S. 22). Während in der mündlichen Kommunikation die Möglichkeit besteht, sich fortlaufend bei den Gesprächspartner*innen rückzuversichern, ob die Kommunikation im intendierten Sinne funktioniert, sind die Adressat*innen im Schriftlichen häufig nur teilweise bekannt und stehen zumindest für unmittelbare Rückfragen nicht zur Verfügung (Becker-Mrotzek et al., 2014, S. 32). Da es folglich im Schreibprozess deutlich herausfordernder ist, das Vorwissen und die Interessen von potentiellen Leser*innen abzuschätzen, sollte der Förderung von Adressatenorientierung vor allem in der schriftlichen Textproduktion eine besondere Bedeutung beigemessen werden (Becker-Mrotzek et al., 2014, S. 32). Die Fähigkeit, Texte an eine*n Adressat*in orientiert zu verfassen, wird als Teilfähigkeit von Schreibkompetenz verstanden (Becker-Mrotzek et al., 2014, S. 22). Als besonders gelungene Adressatenorientierung betrachten Becker-Mrotzek et al. „die Fähigkeit des Schreibers, die Perspektive des Lesers zu antizipieren und sprachlich im Text zu berücksichtigen“ (2014, S. 32), sodass ein

Text entsteht, der genau „die Propositionen und Illokutionen enth[ält], die der Leser für das Textverständnis benötigt“ (2014, S. 32).

In der Literatur lassen sich aus verschiedenen Fachdisziplinen Ansätze zur Identifikation von Adressatenorientierung in geschriebenen Texten finden (Becker-Mrotzek et al., 2014; Jucks et al., 2003; Kulgemeyer & Schecker, 2009; Schmitt, 2011), die bisher jedoch noch nicht systematisch zusammengeführt wurden. Besonders interessant sind die Schnittstellen zwischen Adressatenorientierung im pädagogischen Kontext und der Forschung zu Experten-Laien-Kommunikation, beispielsweise in Gesprächen zwischen Ärzt*innen und Patient*innen (z.B. Jucks et al., 2003). Göpferich (1998, S. 552) hebt eine wichtige Unterscheidung hervor, wenn sie schreibt, dass ein Informationsgefälle in der Kommunikation zwischen Sender*in und Adressat*in nicht zwangsläufig bedeutet, dass die bzw. der Adressat*in selbst fachliches Wissen erwirbt, um sodann angemessen kommunizieren zu können: Während es das Ziel schulischen Unterrichts ist, Lernende an den eigenständigen Gebrauch von Fachsprache heranzuführen, erwartet kein*e Ärzt*in, dass Patient*innen die medizinische Fachsprache im Gespräch erlernen und anschließend akkurat gebrauchen können.

Mit Blick auf den Chemieunterricht wurden bisher vor allem Merkmale beschrieben, die sich im konstruktivistischen Kommunikationsmodell (Kulgemeyer, 2010; Kulgemeyer & Schecker, 2009) den Dimensionen *Aspekte des Sachinhalts* und (sprachlicher) *Code* zuordnen lassen. In Tabelle 1 sind Merkmale aus der Literatur verschiedener Fachdisziplinen zusammengestellt anhand derer der Grad der Adressatenorientierung in schriftlichen Textprodukten untersucht werden kann. Die Merkmale auf der Ebene des sprachlichen *Codes* wurden dabei anhand der Wort-, Satz- und Textebene zusätzlich gegliedert.

Tabelle 1. Zusammenstellung verschiedener Merkmale von Adressatenorientierung hinsichtlich der inhaltlichen und sprachlichen Gestaltung (vgl. die bereits aufgeführten Merkmale des fachsprachlichen Registers in Abschn. 2.2.1 bis 2.2.3).

Merkmale von Adressatenorientierung in schriftlichen Texten		auf der Ebene des (sprachlichen) Codes		
auf der Ebene Aspekte des Sachinhalts		Wortebene	Satzebene	Textebene
Vollständigkeit der dargebotenen Informationen (Becker-Mrotzek et al., 2014, S. 33; Jucks et al., 2003, S. 66)	Verwendung angemessener sprachlicher Ausdrücke wie Fachtermini, erläuterte Fachtermini oder umgangssprachliche Termini (Becker-Mrotzek et al., 2014, S. 33; Härtig et al., 2015, S. 59; Jucks et al., 2003, S. 66; Kulgemeyer, 2010, S. 53; Kulgemeyer & Starauschek, 2014, S. 244 f.; Schmitt, 2011, S. 45)	Nebensatzkonstruktionen (Härtig et al., 2015, S. 58)	Textlänge (Jucks et al., 2003, S. 65 f.; Schmitt, 2011, S. 46)	
Nachvollziehbarkeit: Einhaltung einer plausiblen Reihenfolge in der Darbietung der Informationen, Kohärenzbildung (Becker-Mrotzek et al., 2014, S. 39; Kulgemeyer & Starauschek, 2014, S. 244)	Nominalisierungen (Härtig et al., 2015, S. 58; Kulgemeyer & Starauschek, 2014, S. 245)	Passivkonstruktionen (Härtig et al., 2015, S. 58; Starauschek, 2014, S. 245; van Vorst & Meller, 2019, S. 731)	Satzlänge (Kulgemeyer & Starauschek, 2014, S. 244; Schmitt, 2011, S. 46)	
Texteröffnung und Textabschluss (Becker-Mrotzek et al., 2014, S. 39)	Proformen vs. Wortwiederholungen (Kulgemeyer & Starauschek, 2014, S. 244)	komplexe/ mehrgliedrige Nominalphrasen (Härtig et al., 2015, S. 59; van Vorst & Meller, 2019, S. 731)	Type-Token-Index ⁶ (Kulgemeyer & Starauschek, 2014, S. 245; Schmitt, 2011, S. 46)	
	Komposita (Härtig et al., 2015, S. 58; van Vorst & Meller, 2019, S. 731)	(un-)persönliche Ausdrucksweisen (Härtig et al., 2015, S. 59; Jucks et al., 2003, S. 65)		

⁶ Der Type-Token-Index spiegelt das Verhältnis zwischen Vokabular- und Textumfang wider, indem die Anzahl verschiedener Wörter durch die Gesamtanzahl eines Textes dividiert werden (Schmitt, 2011, S. 46).

2.4 Zusammenfassung

Kommunikationsprozesse im naturwissenschaftlichen Unterricht sind durch vielfältige sprachliche Register – vor allem Alltags-, Bildungs- und Fachsprache – gekennzeichnet (s. Abschn. 1.2 und 2.2). Häufig treten diese drei Register innerhalb kürzester Zeit oder sogar in ein und derselben Aussage auf. Während Schüler*innen ihre lebensweltlichen Vorstellungen und alltagssprachlichen Erfahrungen mit in den Unterricht bringen, erwarten Lehrkräfte, dass fachliches Lernen durch den Erwerb einer für das Fach spezifischen Sprache flankiert wird. Die Herausforderungen beim Gebrauch solcher Fachsprachen in der Interaktion von Lehrkräften und Schüler*innen hat Wagenschein trefflich auf den Punkt gebracht (1968). Gebhard und Kolleg*innen betonen Wagenscheins Beobachtung, „dass Schülerinnen, Schüler und Studierende im naturwissenschaftlichen Unterricht oft nur halb Verstandenes in vagen Fachbegriffen wiedergeben. Der Gebrauch von Fachsprache kann dann Verstehen vortäuschen“ (2017, S. 109).

Die Ausführungen in diesem Kapitel belegen die immanente Bedeutung von Sprache für den fachbezogenen Kompetenzerwerb auch oder sogar insbesondere im naturwissenschaftlichen Unterricht (s. Abschn. 2.3). Der Auf- und Ausbau naturwissenschaftsbezogener Kompetenzen beschränkt sich jedoch nicht auf die Rezeption von Informationen und den Aufbau umfangreichen Fachwissens, sondern schließt die Weitergabe und den Austausch von Informationen im Sinne naturwissenschaftlicher Kommunikationskompetenz (Ziepprecht et al., 2017) mit ein (s. Abschn. 2.3.1). Auch für die produktiven Fähigkeiten naturwissenschaftsbezogener Kommunikation ist ein angemessener, d. h. vor allem sachgerechter und adressatenorientierter, Umgang mit den verschiedenen sprachlichen Registern Alltags-, Bildungs- und Fachsprache, wie in Abschnitt 2.3.2 dargelegt, unabdingbar (Kulgemeyer & Schecker, 2009). Nach der Erarbeitung der grundlegenden Notwendigkeit, sprachliche Aspekte in den naturwissenschaftlichen Unterricht zu integrieren, widme ich mich im folgenden Kapitel der Art und Weise, wie diese Integration möglichst erfolgreich gelingen, um Schüler*innen diesbezüglich zu fördern.

3 Förderung von bildungs- und fachsprachlichen Fähigkeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht

Die Forderung, dass es bestimmte Schüler*innengruppen hinsichtlich ihrer sprachlichen Fähigkeiten besonders zu fördern gilt, um ihnen eine erfolgreiche Kompetenzentwicklung in den naturwissenschaftlichen Fächern zu ermöglichen, wird regelmäßig durch die besorgniserregenden Ergebnisse in den Schulleistungsstudien erneuert. Die Entwicklung eines sprachsensiblen Fachunterrichts, der sich gemäß dem Prinzip durchgängiger Sprachbildung (Gogolin & Lange, 2011) an alle Schüler*innen, alle Unterrichtsfächer und alle Jahrgangsstufen richtet, soll im Fokus dieses Kapitels stehen, genauso wie ausgewählte empirische Erkenntnisse zur Lernwirksamkeit verschiedener sprachsensibler Unterrichtsansätze.

3.1 Sprachsensibler Fachunterricht als notwendige Reaktion auf eine zunehmend heterogene Schülerschaft

Mit Sammelbegriffen wie sprachsensibler, sprachbewusster, sprachbildender, sprachaktivierender oder sprachexpliziter Unterricht werden Ansätze beschrieben, die fachliches und sprachliches Lehren und Lernen miteinander verknüpfen (Bolte & Pastille, 2010; Höfler et al., 2023; Leisen, 2013; Petersen & Peuschel, 2020; Röttger, 2019; Schauer et al., 2024). Die ursprünglich durch Josef Leisen (1994) begründete Vorstellung eines sprachsensiblen Fachunterrichts (s. zusammenfassend Röttger, 2019, S. 88) zeichnet sich allgemein unter anderem durch einen hohen Redeanteil der Lernenden, eine wertschätzende Grundhaltung, eine zeitgemäße Fehlerkultur sowie durch die dezidierte Anregung zum sprachlichen Handeln aus (Bolte & Pastille, 2010; Gogolin & Lange, 2011; Leisen, 2015). Die sprachlichen Ressourcen, die die Lernenden in den Unterricht mitbringen, spielen im weiteren Verlauf eine besonders wichtige Rolle, und zwar sowohl für den Auf- und Ausbau bildungssprachlicher Kompetenzen als auch für die Anbahnung und Entwicklung fundierter fachsprachlicher Kompetenzen (Gogolin & Lange, 2011, S. 122).

Um die im Verlaufe des folgenden Kapitels angestellten theoretischen Überlegungen und exemplarisch vorgestellten Konzeptionen möglichst einheitlich zu kontextualisieren, nutze ich durchgehend den Terminus des sprachsensiblen Unterrichts. Dieser charakterisiert Unterrichtskonzepte, „die Sprache bewusst als Mittel des Denkens und Kommunizierens einsetzen [verbunden mit dem] Ziel [...], Schülerinnen und Schüler im Fachunterricht dabei zu unterstützen,

- fachliche Inhalte sprachlich zu durchdringen,
- bildungssprachliche Fertigkeiten auszubauen und

- sukzessive die ihnen gestellten Aufgaben im Unterricht selbstständig zu bewältigen“ (Becker-Mrotzek & Woerfel, 2020, S. 98).

Im Gegensatz zu anderen populären fach- und sprachintegrierten Ansätzen, wie dem CLIL-Ansatz (*Content- and Language-Integrated Learning*, s. z.B. Dalton-Puffer, 2011), verfolgt der sprachensible Unterricht nicht das Ziel, fremd- oder zweitsprachliche Fähigkeiten zu vermitteln, sondern ausschließlich die Unterrichtssprache Deutsch zu fördern (Woerfel et al., 2020, S. 6). Die Entwicklung sprachsensibler Unterrichtskonzepte wurde allem voran als unmittelbare Folge der ernüchternden Ergebnisse der PISA-Studien aus dem Jahr 2000 (Baumert et al., 2001) und des BLK-Gutachtens zur Förderung von Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund intensiviert (Gogolin et al., 2003). Ein erster entscheidender Schritt hin zu mehr Bildungsgerechtigkeit für alle Schüler*innen, aber vor allem für mehrsprachige Lernende sowie Kinder und Jugendliche aus bildungsbenachteiligten Elternhäusern gelang mit dem Modellprogramm FörMig (Förderung von Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund) ab 2004 (Gogolin et al., 2011). Das in diesem Zusammenhang entwickelte Konzept der durchgängigen Sprachbildung (Gogolin et al., 2011; Gogolin & Lange, 2011) soll nun als wichtige Grundlage für die Bedeutung des sprachsensiblen Fachunterrichts entfaltet werden.

3.2 Chancen und Herausforderungen des naturwissenschaftlichen Unterrichts im Kontext durchgängiger Sprachbildung

In der bildungs- und erziehungswissenschaftlichen Forschung besteht weitgehend Konsens bezüglich der Handlungsmaxime, den sprachlichen Herausforderungen der Lernenden durch eine durchgängige Sprachbildung als Querschnittsaufgabe sämtlicher Fächer zu begegnen (Gogolin & Lange, 2011, S. 118). Sprachbildung bedeutet in diesem Zusammenhang zunächst, dass Schüler*innen mit Zuwanderungshintergrund hinsichtlich ihrer bildungssprachlichen Kompetenzen gezielt gefördert werden (Gogolin & Lange, 2011, S. 118; Jostes, 2017, S. 112). Durchgängige Sprachbildung meint daran anknüpfend auch, dass die gesamte Bildungslaufbahn von Schüler*innen durch den Fokus auf das Register der Bildungssprache (vgl. Abschn. 1.2.2) geprägt sein sollte (Gogolin & Lange, 2011, S. 118). Damit grenzt sich das Konzept durchgängiger Sprachbildung vom Ansatz der Sprachförderung ab, der den häufig additiven Charakter bestimmter Maßnahmen, z. B. von zusätzlichem Förderunterricht für spezielle Zielgruppen, zum Ausdruck bringt (Agel et al., 2012, S. 36; Beese et al., 2014, S. 175; Jostes, 2017, S. 113). Im Sinne durchgängiger Sprachbildung müssen ...

- a) die Grenzen der einzelnen Schulfächer (horizontale Verbindungsstellen) bewusst überschritten sowie möglichst Verknüpfungen auch zu außerschulischen Institutionen hergestellt werden (Gogolin, 2020, S. 169f.),
- b) die Übergänge zwischen den Schulstufen und damit der Wandel sprachlicher Anforderungen (vertikale Verbindungsstellen) konsistent ausgestaltet werden (Gogolin, 2020, S. 167; Gogolin & Lange, 2011, S. 118f.) und
- c) Mehrsprachigkeit als Ressource wahrgenommen werden, um das individuelle Repertoire einer jeden lernenden Person sukzessive auszubauen (Gogolin, 2020, S. 170f.).

Nachdem durchgängige Sprachbildung zunächst lediglich auf die unzureichenden schriftsprachlichen Kompetenzen von Schüler*innen mit Zuwanderungshintergrund gerichtet war, setzte sich zunehmend die Erkenntnis durch, dass alle Lernenden von durchgängiger Sprachbildung (synonym zu sprachliche Bildung) profitieren. Dies trifft insbesondere auf Schüler*innen zu, deren (familiäres) Umfeld keine ausreichenden Zugänge zu Bildungssprache bereitstellt, unabhängig davon, ob ein Zuwanderungshintergrund vorliegt oder nicht (Gogolin & Lange, 2011, S. 116; W. Schneider et al., 2012, S. 23; Jostes, 2017, S. 113). In diesem Zusammenhang knüpft durchgängige Sprachbildung an das Konzept von innerer Mehrsprachigkeit nach Wandruszka (1981) an. Neben der äußeren Mehrsprachigkeit, die zugewanderte Kinder durch den Erwerb des Deutschen als Zweitsprache erreichen, ist damit die Mehrsprachigkeit in Form von Dialekten, Registern (z. B. Fachsprache) und weiteren sprachlichen Erfahrungen gemeint (Gogolin, 2020, S. 171).

Gesprächsanlässe, die aus naturwissenschaftlicher Betätigung erwachsen, werden als besonders geeignet erachtet, um bildungssprachliche und fachbezogene Kompetenzentwicklungen anzustoßen und zu fördern (Bolte & Pastille, 2010, S. 27; Kempert et al., 2016, S. 169; Kempert et al. 2019, S. 190; Quinn et al., 2012, S. 1; Streller et al., 2012; Streller et al. 2019, S. 37f.). Hervorzuheben ist das Potenzial, systematisch an den für die naturwissenschaftlichen Fächern charakteristischen, einheitlich strukturierten Textsorten (z. B. Versuchsprotokoll) zur Entfaltung sowohl sprachlicher als auch fachlicher Fähigkeiten zu arbeiten (Agel et al., 2012, S. 36; Holschemacher & Bolte, 2021; Streller et al., 2024). In der Realität beobachten Lehrer*innen jedoch nicht selten, dass sich ambitionierte Schüler*innen, die ein großes Interesse gegenüber den Naturwissenschaften besitzen, nur wenig am Unterrichtsgeschehen beteiligen und sprachlich kaum aktiv werden können (Bolte & Pastille, 2010, S. 27).

Dass konsequenterweise naturwissenschaftlicher Unterricht eine Schlüsselrolle für die sprachliche Entwicklung aller Lernenden einnimmt, wird von einem Großteil der

Lehrer*innen und Lehramtsanwärter*innen im Umgang mit heterogenen Lerngruppen inzwischen anerkannt, jedoch deutlicher seltener tatsächlich auch umgesetzt (Riebling & Bolte, 2008; Tajmel, 2010b, S. 54; Riebling, 2013, S. 211; V. Schneider et al., 2015; Brandt et al., 2024). Mit der lebensweltlichen Mehrsprachigkeit von Schüler*innen mit Zuwanderungshintergrund und den häufig nicht muttersprachlichen Deutschkenntnissen verbinden Lehrkräfte meist eine defizitorientierte Perspektive und betrachten die Erstsprache der Lernenden nicht als Ressource, sondern eher als Hindernis für das fachliche Lernen (Tajmel, 2010, S. 54 f.).

Lehrkräfte der naturwissenschaftlichen Fächer fühlen sich zudem häufig nur unzureichend auf die Gestaltung eines sprachsensiblen Unterrichts unter Berücksichtigung sprachlicher Heterogenität vorbereitet, wie Riebling (2013), Tajmel (2010b) und Brandt et al. (2024) in Befragungen nachweisen konnten. Riebling (2013, S. 177 f.) zeigte, dass ein erheblicher Anteil der befragten Lehrkräfte entweder gänzlich auf die Implementation sprachbildender Maßnahmen verzichtet, vorrangig das Verfahren sprachlicher Entlastung anwendet oder nur punktuell bildungssprachförderlich (und damit nicht im Sinne durchgängiger Sprachbildung) handelt. Vor allem mit Blick auf Lehrkräfte, die ausschließlich im naturwissenschaftlichen Unterricht tätig sind, offenbarte sich, dass aus Mangel an Erfahrungen mit sprachlicher Bildung der gänzliche Verzicht auf eine systematische, sprachensible Unterrichtsplanung eher die Regel als eine Ausnahme darstellt; stattdessen greifen viele Lehrer*innen auf Maßnahmen sprachlicher Entlastung zurück (Riebling, 2013, S. 212). Weiterhin nehmen Lehrer*innen die Planung und Vorbereitung von sprachsensiblen Unterricht als besonders aufwändig und zeitintensiv wahr (Tajmel, 2010b, S. 70). Mit Blick auf den zunehmenden Handlungsdruck, den Lehrkräfte der naturwissenschaftlichen Fächer erleben, erscheint es weiterhin lohnenswert, effektive Verfahren zur integrativen Sprachbildung aus der Perspektive der jeweiligen Fachdidaktiken zu entwickeln, diese mit Blick auf ihre Wirksamkeit zu evaluieren und in die Lehrkräfteaus- und -fortbildung zu implementieren (Jostes, 2017, S. 103 f.; Prediger & Wessel, 2018, S. 365 f.; Riebling, 2013, S. 17).

3.3 Ausgewählte Ansätze sprachsensibler Unterrichtsplanung

In ihrem systematischen Literaturreview nennen Höfler et al. (2023) den *Scaffolding-Ansatz*, das *Sheltered Instruction Observation Protocol* und den *Translanguaging-Ansatz* als populäre Vertreter sprachsensibler Unterrichtsplanung im Fachunterricht. Bevor ich im vierten Abschnitt der theoretischen Rahmung dieser Arbeit mit dem Ansatz der *Disaggregate Instruction* nach Brown et al. (2010) einen weiteren, vor allem

im deutschsprachigen Raum wenig rezipierten und m. E. bisher noch nicht praktizierten Ansatz vorstelle, folgen zunächst einige einordnende Ausführungen zu den oben erwähnten, durchaus etablierten Ansätzen sprachsensiblen (Fach-)Unterrichts. Ergänzt werden diese Ausführungen um einen Ansatz, welcher dezidiert aus naturwissenschaftsdidaktischer Perspektive konzipiert und an Schulen mit einem hohen Anteil an Schüler*innen mit Zuwanderungshintergrund implementiert wurde, der *sprachaktivierende Unterricht* nach Bolte und Pastille (2010).

3.3.1 Scaffolding nach Gibbons

Scaffolding (scaffold, engl. ‚Baugerüst‘) beschreibt im Sinne der (Zweit-)Spracherwerbsforschung das Bereitstellen von Unterstützungsangeboten für Lernende und beruht auf den richtungsweisenden Arbeiten von Wygotski (1979) zur soziokulturellen Natur von Lernprozessen. Das Ziel ist es, dass Lernende die *Zone der nächsten Entwicklung* (*Zone of Proximal Development*, kurz: *ZPD*) erreichen, in ihrer Lernentwicklung also sukzessive voranschreiten (Wygotski, 1979). (Sprach-)Entwicklung wird in diesem Sinne vor allem durch Interaktion sowie Kollaboration zwischen Lehrkraft und Schüler*innen ermöglicht und entsteht nicht durch das Übertragen von Wissen auf die Lernenden (Gibbons, 2015, S. 14). Vielmehr befähigt das Bereitstellen von temporären Unterstützungsangeboten (‚Scaffolds‘) durch die Lehrkraft oder fortgeschrittene Mitschüler*innen Lernende dazu, Aufgaben außerhalb der aktuellen Fähigkeiten zunächst mit Hilfe und später eigenständig zu bewältigen (Gibbons, 2015, S. 14 f.; Hammond & Gibbons, 2005, S. 8; Walqui, 2006, S. 163 f.). Wenngleich sich die Ideen von Gibbons in erster Linie an Zweitsprachenlernende (im Englischen) richten, wurden und werden die Empfehlungen zunehmend auch für andere Bereiche, z.B. das mathematische und naturwissenschaftliche Lernen, genutzt (Prediger & Wessel, 2013; Prediger & Neugebauer, 2023; Mannel et al., 2016). Häufig liegt dabei das Augenmerk auf der sprachlichen Unterstützung im Rahmen des Aufbaus fachlichen Wissens und beim Konzepterwerb (z. B. Prediger & Neugebauer, 2023).

Aus der skizzierten Grundidee des *Scaffolding*-Ansatzes ergeben sich sowohl in der Unterrichtsplanung und -vorbereitung als auch innerhalb der Unterrichtsinteraktion Möglichkeiten, die Lernenden zu unterstützen. Ziel des Fachunterrichts sollte es demnach sein, dass die Schüler*innen im Rahmen einer kooperativen Lernumgebung einerseits gefordert werden und andererseits sinnhafte und passgenaue Unterstützung beim Aufbau neuen Wissens sowie sprachlicher Strukturen erhalten

Hammond & Gibbons, 2005, S. 9). Hammond und Gibbons (2005) haben diese Maßnahmen als *Makro-Scaffolding* und *Mikro-Scaffolding* konzeptualisiert⁷.

Auf der Ebene der Unterrichtsplanung (*Makro-Scaffolding*) lassen sich folgende Maßnahmen durch Lehrkräfte ergreifen (Hammond & Gibbons, 2005; Kniffka, 2010; Kniffka & Neuer, 2008; Prediger & Wessel, 2013):

- Berücksichtigen des sprachlichen Entwicklungsstandes der Lernenden und Anknüpfen an vorhandene Wissensbestände, Sichtbarmachen der Vorerfahrungen und Transparenz der angestrebten Entwicklung,
- planvolles Sequenzieren der Lernaufgaben, z. B. von Alltagssprachlichen Umschreibungen hin zu fachspezifischer Terminologie,
- Ausrichten der Sozialformen und Handlungsmuster anhand der Aufgabenziele zur absichtsvollen Steuerung der Intensität von Unterstützung, aber auch zum Gewähren von zunehmender Autonomie,
- Nutzen vielfältiger Darstellungsformen (geschriebene/gesprochene Sprache, Visualisierungen, Experimente etc.) zur Unterstützung der Konzeptbildung, zum Bereitstellen von Informationen über verschiedene Kanäle, zum Anbieten reichhaltigen, sprachlichen Inputs,
- Einbinden vermittelnder Texte oder Artefakte, welche als Ankerpunkte die weitere Lernentwicklung begleiten, beispielsweise in Form von Reflexionsbögen oder Gruppenexperimenten,
- Fördern metalinguistischen und metakognitiven Bewusstseins: Sprechen über Sprache, die sprachliche Entwicklung, Lernprozesse sowie Bewusstmachen und Reflektieren des eigenen Lernens.

Sobald die Unterrichtsplanung anhand dieser Prinzipien gestaltet ist, können Lehrer*innen auf der Ebene der Unterrichtsinteraktion (*Mikro-Scaffolding*) regelmäßig und systematisch auf folgende Strategien zurückgreifen (Hammond & Gibbons, 2005; Kniffka, 2010; Kniffka & Neuer, 2008; Prediger & Wessel, 2013):

- Einbetten der Lehrer-Schüler-Interaktion in die Lebens- und Erfahrungswelt der Schüler*innen sowie explizites Zurückgreifen auf zurückliegende Unterrichtssequenzen und Verdeutlichen größerer konzeptueller Zusammenhänge,
- Vorausblicken auf die weitere Lernentwicklung, z. B. im Sinne eines Spiralcurriculums,
- Zusammenfassen der (Kern-)Ergebnisse am Ende der Unterrichtsstunde,

⁷ Die einzelnen Gestaltungsprinzipien des *Scaffolding*-Ansatzes werden im Folgenden ausführlich dargestellt, da *Scaffolding* im Rahmen dieser Studie als zweiter Ansatz neben dem *Disaggregate-Instruction*-Ansatz implementiert und evaluiert wird (s. Kap. 7).

- aktives Zuhören durch die Lehrkraft, Aufgreifen und Umformulieren von Schüleräußerungen,
- Verlangsamen der Interaktion wenn geboten, Anregen längerer und komplexerer Schüleräußerungen durch das Bereitstellen von ausreichend Planungszeit, Rückfragen und das Infragestellen von Äußerungen.

Das Zusammenspiel von *Makro-* und *Mikro-Scaffolding* bildet die Grundlage für einen Fachunterricht, indem Schüler*innen in die Lage versetzt werden, neben dem fachlichen Wissen maßgeblich auch ihre sprachlichen Kompetenzen auszubauen (Kniffka, 2010, S. 4). In der Umsetzung der *Scaffolding*-Prinzipien ergibt sich für Lehrkräfte die Notwendigkeit, den Unterrichtsgegenstand nicht allein aus fachlicher Perspektive, sondern in Form einer Bedarfsanalyse auch sprachlich zu untersuchen und strukturieren (Kniffka, 2010, S. 2). Außerdem gilt es, auch auf Seiten der Schüler*innen, den Blick auf die Lernvoraussetzungen zu erweitern, indem die vorhandenen Sprachfähigkeiten berücksichtigt und mit den sprachlichen Anforderungen abgeglichen werden (Kniffka, 2010, S. 2). Für die Analyse der sprachlichen Lernziele, z. B. im Physikunterricht, hat insbesondere Tanja Tajmel (2011) Lehrkräften einen hilfreichen Leitfaden zur Verfügung gestellt.

Anhand der Planungsüberlegungen und Strategien des *Mikro-Scaffoldings* lässt sich fach- und sprachintegrierter Unterricht zunächst in sämtlichen Unterrichtsfächern konzipieren und realisieren. Im MINT-Bereich haben beispielsweise Prediger und Wessel (2013) sowie Prediger und Neugebauer (2023) die Gestaltungsprinzipien des *Makro-Scaffoldings* auf mathematikdidaktische Lehr-Lern-Arrangements übertragen und bringen konzeptuelle und (fach-)sprachliche Lernentwicklung miteinander in Einklang (Prediger & Neugebauer, 2023, S. 9).

3.3.2 Translanguaging nach García und Wei

Der *Translanguaging*-Ansatz (García, 2009; García & Wei, 2014) kann grob betrachtet als ein Transfer der *Scaffolding*-Prinzipien (s. Abschn. 3.3.1) auf die mehrsprachige Realität der meisten Lernenden verstanden werden (Woerfel et al., 2020, S. 5). García (2009, S. 140) sowie García und Wei (2014, S. 21) verstehen unter *Translanguaging* eine Handlung, die mehrsprachige Menschen vollziehen, indem sie verschiedene Elemente unterschiedlicher (National-)Sprachen zur Erhöhung des kommunikativen Potenzials nutzen.

Übertragen auf den Schulalltag nimmt *Translanguaging* eine zweite Bedeutung an und bezeichnet einen Ansatz unterrichtlichen Handelns, bei dem Schüler*innen systematisch ihr gesamtes sprachliches Repertoire, also sowohl unterschiedliche Herkunftssprachen als auch verschiedene Varietäten (s. Abschn. 1.2), einbringen können (García & Leiva, 2014; García & Wei, 2014, S. 52). Der *Translanguaging*-Ansatz trägt der Forderung Rechnung, dass Schüler*innen ihr gesamtes sprachliches Repertoire im Unterricht nutzen sollen, d.h. neben der Unterrichtssprache sind andere Herkunftssprachen ausdrücklich willkommen und erwünscht (Otheguy et al., 2015, S. 283). Dadurch wird der in Deutschland, aber auch darüber hinaus, noch weit verbreitete monolinguale Habitus (Gogolin, 2010) der Institution Schule in Frage gestellt (García & Wei, 2014, S. 47). Man verspricht sich von der Öffnung des Unterrichts für sämtliche Sprachen und Varietäten nicht nur, dass sich die nicht-dominanten Sprachen der Lernenden weiterentwickeln, sondern auch die Fachinhalte besser verarbeitet und verstanden werden (García & Wei, 2014, S. 64; Duarte, 2019; Charamba, 2020). Obwohl bereits aus einigen Arbeiten überzeugende empirische Belege für die positive Wirkung von *Translanguaging* vorliegen (z. B. Creese & Blackledge, 2010), sperren sich Lehrkräfte häufig noch gegen eine Anwendung im schulischen Unterricht (Duarte, 2019, S. 151 f.).

Translanguaging-Ansätze haben in der jüngeren Vergangenheit verstärkt Einzug in den naturwissenschaftsdidaktischen Forschungsdiskurs gehalten: Jakobsson et al. (2021) bündeln in einem Sammelband überblickshaft internationale Studien zum Einsatz von *Translanguaging* im Rahmen des naturwissenschaftlichen Lernens. Dabei werden sowohl unterschiedliche Zielgruppen (vom Kindergarten bis ins Erwachsenenalter) und verschiedene Lernkontexte (Schreibaufgaben, Laborexperimente, Kleingruppengespräche) als auch ein breites Spektrum geographischer Regionen (Libanon, Südafrika, Hong Kong, USA) in den Blick genommen.

3.3.3 Sheltered Instruction and Observation Protocol nach Echevarría

Ein weiteres Modell, welches die Förderung von Schüler*innen mit Englisch als Zweitsprache hinsichtlich fachbezogener und bildungssprachlicher Kompetenzen anstrebt, ist das *Sheltered Instruction Observation Protocol*, kurz: *SIOP* (Echevarría et al., 2000, 2006). *SIOP* wurde in den Vereinigten Staaten vorrangig mit Blick auf die schlechteren Schulleistungen von ELL (English Language Learners) im Vergleich zu ihren mit Englisch als Erstsprache aufwachsenden Peers sowie aufgrund der nicht ausreichenden Anzahl an für die Zielgruppe qualifizierten Lehrkräften entwickelt und erprobt (Echevarría et al., 2006, S. 195 f.).

In der Entwicklung des *S/OP*-Modells wird die besondere Herausforderung für Zweitsprachenlernende, die fachliche Konzepte im Fachunterricht mittels einer noch größtenteils fremden Sprache erlernen sollen, anerkannt (Echevarría et al., 2006, S. 198). *Sheltered Instruction (SI)* verfolgt das Ziel, die Vermittlung fachlicher Inhalte durch gezielte Strategien und Techniken zur Förderung zweitsprachlicher Erwerbsprozesse zu verbessern, z.B. durch verlangsamtes Sprechen, Wortschatzarbeit, Verwendung von Visualisierungen und Forcierung von Schüler-Schüler-Interaktion (Echevarría et al., 2006, S. 199). Um ein möglichst systematisches Modell, beruhend auf empirisch als abgesichert geltenden Unterstützungsmaßnahmen, anbieten zu können, wurde in Anlehnung an *Sheltered Instruction* schließlich das *Sheltered Instruction Observation Protocol (S/OP)* entwickelt (Echevarría et al., 2006, S. 200). Zunächst als Beobachtungsinstrument (*Observation Protocol*) konzipiert, ermöglichte *S/OP* eine Analyse der von Lehrkräften angewendeten Unterstützungsmaßnahmen im Fachunterricht hinsichtlich der erzielten Wirksamkeit (Echevarría et al., 2006). Aus dem Design-Based-Research-Projekt, in dem Lehrkräfte kontinuierlich bei der Implementation sprachsensibler Maßnahmen begleitet wurden, ging schließlich das *S/OP*-Modell zur Unterrichtsplanung und -durchführung hervor (Echevarría et al., 2006, S. 201). Das Modell setzt sich aus insgesamt 30 Kriterien zusammen, die in acht Bereiche effektiven sprachsensiblen Unterrichts eingeordnet werden können (Echevarría et al., 2006, S. 201):

1. Unterrichtsplanung
2. Anknüpfen an das Vorwissen der Lernenden
3. verständlicher Input
4. Strategien
5. Interaktion
6. Anwendung und Festigung
7. Zielorientierung
8. Diagnostik

Wenngleich viele der *S/OP*-Kriterien den in Abschnitt 3.3.1 beschriebenen *Scaffolding*-Prinzipien ähneln, besteht die Attraktivität von *S/OP* in der systematischen Handhabung und Überprüfbarkeit, wie gut die einzelnen Kriterien umgesetzt werden. Mithilfe eines Beobachtungsbogens kann die Umsetzung eingeschätzt und den praktizierenden Lehrkräften somit direkt zurückgemeldet werden; erwartet wird nicht, dass in jeder Stunde sämtliche der 30 Kriterien berücksichtigt werden (Echevarría et al., 2006, S. 201). Während Studien zur Wirksamkeit des *S/OP*-Ansatzes im gesellschaftswissenschaftlichen Unterricht eine Überlegenheit gegenüber Unterricht, der nicht an den *S/OP*-Kriterien ausgerichtet gewesen ist, nachgewiesen haben (Echevarría et al., 2006), wurde hinsichtlich der Eignung im Bereich des naturwis-

3.3.4 Sprachaktivierender Unterricht nach Bolte und Pastille

[illegible]

Ausgangspunkt des Aktivierungsrechtecks ist die untere linke Ecke (s. Abb. 3): Wenn Schüler*innen einem Phänomen begegnen, das mithilfe naturwissenschaftlichen Know-Hows erklärt werden kann, so erscheint dieses in der Regel in bildhafter Form (z.B. Experiment, Film, Foto, Modell). Vom Bild ausgehend werden die Lernenden im nächsten Schritt angehalten, einen ‚diskontinuierlichen Text‘, z.B. in Form einer

Stichpunktliste oder Skizze (wie aus Abbildung 3 am Beispiel eines Wassertropfens ersichtlich wird), zu erarbeiten. Anschließend können die Lernenden den Übergang vom ‚diskontinuierlichen‘ zum ‚kontinuierlichen Text‘ (z.B. Beschreibungen, Geschichten, Interpretationen) meistern. Bei diesem Prozess stellen die Schüler*innen Zusammenhänge zwischen dem Beobachteten und dem ‚diskontinuierlichen Text‘ her, sodass Lernfortschritte im ‚kontinuierlichen Textprodukt‘ sichtbar werden. Für das Formulieren eines kontinuierlichen Textes ist außerdem ein Wechsel des sprachlichen Registers notwendig: Die für den diskontinuierlichen Text noch weitgehend ausreichende, kontextgebundene und häufig mehrdeutige Alltagssprache sollte in einem zusammenhängenden Fließtext abstrahiert und somit durch präzise Fachsprache ergänzt oder ersetzt werden (Bolte & Pastille, 2010, S. 43). Der idealtypische letzte Schritt von ‚kontinuierlichen Texten‘ (Ecke rechts oben, s. Abbildung 3) nach links oben mündet in der Gestaltung einer weiteren bildhaften Darstellung, der sogenannten komplexen Graphik. Diese komplexe Graphik, welche im Vergleich zum Ausgangsbild abstrakter und inhaltlich verdichtet ist, geht im fortgeschrittenen (Anfangs-)Unterricht häufig mit einem Wechsel der Interpretationsebene einher (hier: vom Betrachten der stofflichen Ebene zur Erklärung auf der submikroskopischen Ebene).

Lehrer*innen nehmen im sprachaktivierenden Unterricht eine begleitende, unterstützende Rolle ein. Sie stellen den Schüler*innen Hilfen zum erfolgreichen Durchlaufen der vier Stationen zur Verfügung, um dadurch das Abstraktionsniveau schrittweise zu erhöhen sowie die sprachlichen Kompetenzen gezielt auszubauen (Bolte & Pastille, 2010, S. 41; Pastille & Bolte, 2010, S. 133). Ausgerichtet an der sprachaktivierenden Konzeption wurden sogenannte Werkstücke zu verschiedenen naturwissenschaftlichen Themenfeldern erarbeitet, im Unterrichtsgeschehen erprobt und in Lehrkräftefortbildungen eingesetzt (Bolte & Pastille, 2010, S. 42; Pastille & Bolte, 2010, S. 131; Pastille & Mantschew, 2013).

3.4 Ausgewählte empirische Studien zur Wirksamkeit sprachsensibler Unterrichtsansätze im MINT-Bereich

In den folgenden Abschnitten stelle ich ausgewählte empirische Studien zur Lernwirksamkeit sprachsensibler Unterrichtsansätze aus dem deutschsprachigen Raum und darüber hinaus vor. In den meisten dieser Studien werden für die Unterrichtsplanung und -gestaltung Prinzipien des sprachsensiblen *Scaffoldings* (s. Abschn. 3.3.1) angewendet; einige – vorrangig qualitativ angelegte – Studien zum *Translanguaging-Ansatz* (s. Abschn. 3.3.2) ergänzen das noch relativ lückenhafte Bild zu den

Auswirkungen sprachsensiblen Unterrichts auf die fachlichen Lernleistungen von Schüler*innen im MINT-Bereich.

3.4.1 Agel, Beese und Krämer (2012)

Wie einem aktuellen systematischen Review zu sprachsensiblen Fachunterricht (Höfler et al., 2023) zu entnehmen ist, liegen bislang nur wenige systematische, quantitative Arbeiten vor, die die Wirksamkeit sprachsensibler Ansätze im naturwissenschaftlichen Unterricht beleuchten. Agel et al. (2012) untersuchten die Auswirkungen von gezielter Sprachförderung im Rahmen einer Interventionsstudie an einer Gesamtschule mit sprachlich heterogener Schülerschaft in Nordrhein-Westfalen. 24 Schüler*innen der fünften Jahrgangsstufe mit erheblichen sprachlichen Förderbedarfen nahmen über sechs Monate an einem handlungsorientiert ausgerichteten Sprachförderkurs zum Schreiben von Versuchsprotokollen teil, der zusätzlich zum Regelunterricht stattfand (Interventionsgruppe; Agel et al., 2012, S. 37). Die konkrete Ausgestaltung des Förderkurses orientierte sich an den Gestaltungsprinzipien des *Scaffolding* (Agel et al., 2012, S. 41; Gibbons, 2015). Weitere 140 Schüler*innen aus sechs Klassen ohne Sprachförderkurs stellten die Kontrollgruppe dar (Agel et al., 2012, S. 40). Im Vergleich zwischen mehrsprachigen und einsprachigen Schüler*innen zeigten sich vor der Studie unterschiedlich fortgeschrittene fachsprachliche Kompetenzen zuungunsten der mehrsprachigen Schüler*innen, vor allem hinsichtlich der Verwendung von Fachverben (alltagssprachliche Dummies, wie ‚drauf tun‘, ‚schütteln‘ statt ‚schütten‘), der Unpersönlichkeit des Ausdrucks und der Darstellung von Beziehungen (Agel et al., 2012, S. 40 f.). Im Verlauf des Kurses erwarben die geförderten Schüler*innen der Interventionsgruppe bezüglich Textstruktur, Textsortenmerkmalen, Wortschatz und Syntax ein deutlich umfangreicheres Repertoire als die Lernenden der Kontrollgruppe, die zu Beginn der Untersuchung vergleichbare sprachliche Kompetenzen aufwiesen (Agel et al., 2012, S. 41 f.). Die Teilnehmenden am Sprachförderkurs konnten hinsichtlich einiger Aspekte (Protokollstruktur, vollständige Gliederung, textsortentypische Formulierungen, Verwendung umgangssprachlicher Verben) zu ihren Mitschüler*innen, die vor der Intervention (teils deutlich) fortgeschrittenere fachsprachliche Kompetenzen aufwiesen, aufschließen oder diese sogar übertreffen (Agel et al., 2012, S. 42).

3.4.2 Meneses, Escobar und Véliz (2018)

Meneses, Escobar und Véliz (2018) untersuchten systematisch den Einfluss von *Scaffolding* auf den Umgang von chilenischen Fünftklässler*innen (N = 160) mit naturwissenschaftlichen Texten. Ein Fokus lag dabei auf der Rolle von Abbildungen sowie auf dem Zusammenspiel von Bild und geschriebenem Text. Die Forschenden entwickelten zwei inhaltsgleiche Texte; der eine Text wies einen hohen Grad an *Scaffolding* auf (z. B. Bild und geschriebener Text ergänzen sich, Verwendung von Alltags- und Fachsprache, weitgehender Verzicht auf verdichtete Syntax), während der andere durch einen niedrigen Grad an *Scaffolding* charakterisiert war (z. B. Bild und geschriebener Text vermitteln identische Informationen, Fachsprache wird nicht über Alltagssprache vermittelt, verdichtete Syntax). Meneses und Kolleg*innen (2018) analysierten anschließend, wie sich unterschiedlich lesestarke Grundschüler*innen die Inhalte des jeweils vorliegenden Textes erschließen konnten. Unter Berücksichtigung des Wortschatzes, der Leseflüssigkeit und des naturwissenschaftlichen Vorwissens ließen sich am Ende der Intervention keine bedeutsamen Unterschiede im Textverstehen zwischen der Gruppe mit einem hohen Grad und der Gruppen mit einem niedrigen Grad an *Scaffolding* identifizieren (Meneses et al., 2018, S. 2237).

Es zeigte sich darüber hinaus in weiterführenden Analysen, dass die Gruppe der Schüler*innen mit besonders großen Problemen hinsichtlich ihres Leseverständnisses in besonderem Maße von einem hohen Grad an *Scaffolding* profitierten (Meneses et al., 2018, S. 2238). Für durchschnittliche und besonders gute Leser*innen fanden die Autor*innen keine Unterschiede zwischen den beiden *Scaffolding*-Varianten (Meneses et al., 2018, S. 2238). Die Studie von Meneses et al. (2018, S. 2240) kann dementsprechend als Beleg für die Bedeutung von *Scaffolding*-Maßnahmen dienen, vorrangig mit Blick auf die Verknüpfung zwischen Abbildungen und geschriebenem Text sowie für das Verstehen naturwissenschaftlicher Texte von schwachen Leser*innen in der Grundschule (bzw. am Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe).

3.4.3 Prediger und Wessel (2013)

Prediger und Wessel (2013) haben im Zuge einer laborähnlichen Studie eine Unterrichtsreihe für den Mathematikunterricht in kleinen Lerngruppen (zwei Schüler*innen mit einer Lehrkraft, N = 72) entwickelt. Die Intervention ist an den Gestaltungsprinzipien des *Makro-* und *Mikro-Scaffolding* von Hammond und Gibbons (2005) orientiert. Der Effekt des *Scaffolding* auf die Lernleistung von Schüler*innen hinsichtlich ihres Wissens im Bereich Bruchrechnung wurde mittels Varianzanalysen untersucht.

Prediger und Wessel (2013, S. 448) konnten ein statistisch signifikant besseres Konzeptverständnis bei den Teilnehmenden in der *Scaffolding*-Gruppe im Vergleich zu einer Kontrollgruppe nachweisen, wodurch positive Auswirkungen des *Scaffolding* auf das fachliche Lernen auf der Hand liegen. Qualitative Analysen erlaubten zudem weitere Einblicke in die Effekte der Unterrichtsgestaltung. Sie belegten, dass es insbesondere schwächeren Schüler*innen gelang, in ihrer Entwicklung von einer alltagssprachlichen Ausdrucksweise zu einer funktionalen Bildungs- und Fachsprache voranzuschreiten (Prediger & Wessel, 2013, S. 453 f.).

3.4.4 Prediger und Wessel (2018)

In einer Weiterentwicklung und Ausdifferenzierung der gerade skizzierten Interventionsstudie haben Prediger und Wessel (2018), ebenfalls in Form von Kleingruppenunterricht, untersucht, welche Art von Förderung die besten Effekte auf die fachbezogenen Leistungszuwächse der Schüler*innen ausübt. Dabei unterschieden sie zwischen einer diskursiven (D) und einer lexikalisch-diskursiven (LD) Förderung; beide Arten der Intervention waren folglich diskursiv angelegt. Diskursiv bedeutet, dass die Lernenden zum einen im Sinne des Pushed Output in reichhaltige Unterrichtsdiskurse eingebunden (z. B. Erklären, Argumentieren, Berichten) und zum anderen, dass sprachliche Register und unterschiedliche Repräsentationsformen miteinander verknüpft werden (Prediger & Wessel, 2018, S. 369). Die zusätzliche lexikalische Förderung in einer der Interventionsgruppen ergibt sich aus der Wortschatzarbeit und der Sequenzierung inhaltlicher und sprachlicher Lerngelegenheiten nach den Prinzipien des *Makro-Scaffolding* (Gibbons, 2015; Prediger & Wessel, 2018, S. 369). Verglichen wurden die Effekte der beiden Arten der Förderung mit einer Kontrollgruppe (KG), die lediglich eine Art konventionellen Regelunterricht erhielt. Aus einer Stichprobe von 1.122 Siebtklässler*innen wurden basierend auf einem mathematikbezogenen Fachwissenstest den drei Untersuchungsbedingungen 343 eher leistungsschwache Lernende zugeordnet ($N_D = 83$; $N_{LD} = 103$; $N_{KG} = 157$) (Prediger & Wessel, 2018, S. 373).

Zu den zentralen Erkenntnissen der Studie gehört zunächst, dass beide Arten der Förderung (diskursiv und lexikalisch-diskursiv) zu deutlich größeren mathematikbezogenen Lernzuwächsen führten, als der Unterricht in der Kontrollgruppe (Prediger & Wessel, 2018, S. 375). Allerdings konnten keine Belege dafür gefunden werden, dass die zusätzliche lexikalische Förderung gegenüber der rein diskursiven Variante weiterreichende Lernerfolge bewirkte (Prediger & Wessel, 2018, S. 376). Bei der differenzierten Betrachtung des sprachlichen Lernstandes (erfasst mittels C-Test) und des Sprachhintergrunds (einsprachig vs. mehrsprachig) ergaben die statistischen

Analysen, dass keine der beiden eigens konzipierten Interventionsformen weder die sprachlich schwachen oder starken noch einsprachigen oder mehrsprachigen Schüler*innen in besonderem Maße förderte (Prediger & Wessel, 2018, S. 376f.). Die Autor*innen schlussfolgerten auf Grundlage dieser Ergebnisse, dass sprachsensibler Unterricht in der Praxis dringend notwendig ist. Sprachsensibler Mathematikunterricht müsse jedoch nicht grundsätzlich für die (sprachlich) heterogene Schülerklientel in unterschiedlichen Ausprägungen geplant und umgesetzt werden (Prediger & Wessel, 2018, S. 379).

3.4.5 Prediger und Neugebauer (2023)

In einer weiteren Ausschärfung der Konzeption von sprachsensiblen Mathematikunterricht mit dem Ziel, die ökologische Validität (also die Gültigkeit für die alltägliche Schulpraxis) zu erhöhen, übertrugen Prediger und Neugebauer (2023) die Erkenntnisse aus Prediger und Wessel (2018) vom Kleingruppenunterricht auf die Größe einer regulären Schulklasse. Um die 79 teilnehmenden Schulklassen zu unterrichten, wurden Lehrkräfte im Rahmen eines Fortbildungsangebotes über ein Jahr hinweg auf die Durchführung sprachsensiblen Unterrichtens vorbereitet (Prediger & Neugebauer, 2023, S. 12). Im Rahmen einer cluster-randomisierten Interventionsstudie wendeten sie drei übergeordnete Prinzipien in der Entwicklung einer Unterrichtsreihe zur Prozentrechnung an, die einer Verknüpfung der diskursiven und lexikalischen Förderung in Anlehnung an Prediger und Wessel (2018, S. 369) entsprechen (Prediger & Neugebauer, 2023, S. 8 f.). Ein hoher Drop-Out führte schlussendlich zu einer auswertbaren Stichprobe von $N = 655$ Schüler*innen in 38 Klassen (Prediger & Neugebauer, 2023, S. 13).

Im Vergleich der sprachsensibel unterrichteten Interventionsgruppe ($n = 587$) mit einer traditionell unterrichteten Kontrollgruppe ($n = 68$) zeigte sich ein signifikant höherer Lernzuwachs auf Seiten der sprachsensibel unterrichteten Schüler*innen als bei den konventionell unterrichteten Lernenden (Prediger & Neugebauer, 2023, S. 15). Wie schon bei Prediger und Wessel (2018) wurden der sprachliche Hintergrund (einsprachig Deutsch vs. mehrsprachig) sowie die sprachlichen Fähigkeiten (niedrig vs. hoch ermittelt durch einen C-Test) in die statistischen Auswertungen aufgenommen. Es ergab sich weder mittels Varianzanalysen noch mithilfe von Regressionsmodellen ein Vorteil eines bestimmten sprachlichen Hintergrunds bzw. der sprachlichen Fähigkeiten der Lernenden. Die Studienautor*innen schlussfolgerten daraus, dass Schüler*innen unabhängig von ihrem sprachlichen Hintergrund in gleichem Maße von sprachsensiblen Fachunterricht profitieren (Prediger & Neugebauer, 2023, S. 17 f.). Aus der Perspektive von Prediger und Neugebauer (2023, S. 19) bietet die Studie

weitere Evidenz dafür, dass Fachlehrkräfte nicht zwangsläufig verschiedene Lernangebote für Schüler*innen mit unterschiedlichen sprachlichen Hintergründen konzipieren müssen. Darüber hinaus offenbaren die Ergebnisse, dass es fortgebildeten Lehrkräften sehr wohl gelingt, sprachsensiblen Mathematikunterricht im regulären Schulalltag zu implementieren und dadurch wirkungsvoll die fachbezogenen Wissensbestände der Lernenden auszubauen (Prediger & Neugebauer, 2023, S. 18).

3.4.6 Charamba und Zano (2019) & Lemmi und Perez (2023)

Die vorgestellten Studien zur Wirksamkeit sprachsensiblen *Scaffoldings* auf die fachlichen Lernleistungen einer sprachlich heterogenen Schülerklientel zeigen, dass quantitative Designs bisher fast ausschließlich dem mathematikdidaktischen Forschungsfeld entstammen. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht in den Fächern Chemie, Biologie und Physik liegen nur sehr begrenzt belastbare Forschungsarbeiten vor (z. B. Agel et al., 2012). Für den Ansatz des *Translanguaging* ist die Studienlage sogar noch durchwachsener, denn diesbezüglich existieren bisher nur wenige, und wenn, dann fast ausschließlich qualitative Untersuchungen aus dem angloamerikanischen Raum (z. B. Lemmi et al., 2021; Lemmi & Pérez, 2023) und teilweise aus Europa (z. B. Karlsson et al., 2019). Eine Ausnahme bildet die Arbeit von Charamba und Zano (2019), in welcher der *Translanguaging*-Ansatz in einem Interventionsdesign eingesetzt wird. Wenngleich durch das Mixed-Method-Vorgehen positive Effekte von *Translanguaging* auf die Lernleistungen im naturwissenschaftlichen Unterricht gemessen werden konnten, schränkt die sehr kleine Stichprobe (N = 30) die Belastbarkeit dieser Erkenntnis in weiten Teilen ein (Charamba & Zano, 2019).

Die sehr unterschiedlichen Forschungsdesigns, mit denen der Ansatz bislang untersucht wurde, bieten vorrangig punktuelle Einblicke in die Wirkungsweise von *Translanguaging*-Praktiken im naturwissenschaftlichen Unterricht und die Art und Weise, wie Lehrkräfte und Schüler*innen diese zum Wissenserwerb oder für soziale Zwecke nutzen. So zeigt die Arbeit von Lemmi und Kolleg*innen (2021, S. 96 f.) auf, dass Lernende der Primarstufe ihre Erstsprachen gebrauchten, um ihren Mitschüler*innen Fachinhalte zugänglicher zu machen, Aufmerksamkeit zu gewinnen oder die eigene Zugehörigkeit zu einer bestimmten (Fach-)Gemeinschaft zu signalisieren. An diese Studie anknüpfend konnten Lemmi und Pérez (2023) mittels Videoanalysen von Unterrichtssequenzen weitere Gebrauchsweisen von *Translanguaging* identifizieren. Die Lernenden nutzen häufig ihre Erstsprache, um ihren Mitschüler*innen (organisatorische) Nachfragen zu stellen (sowie diese im Gegenzug zu beantworten) und versicherten sich bewusst nicht bei der Lehrkraft zurück; die Autor*innen deuteten dieses Verhalten als Form des sozialen Lernens (Lemmi & Pérez, 2023, S. 20 f.).

Weiterhin zeigten Lemmi und Pérez (2023, S. 22), dass die Schüler*innen unterschiedliche sprachliche Ressourcen nutzten, darunter auch Gestiken, um das Unterrichtsgeschehen und damit Lernprozesse voranzubringen.

3.4.7 Schüler-Meyer, Prediger, Kuzu, Wessel und Redder (2019)

Ein Mixed-Method-Design wählten Schüler-Meyer et al. (2019) in einem Kleingruppensetting (3 bis 5 Lernende pro Gruppe), das bilingual angelegt war und neben dem Deutschen das Türkische als Herkunftssprache der Schüler*innen in der Stichprobe berücksichtigte. Die Konzeption der Unterrichtsintervention zur Bruchrechnung beruht explizit auf den gleichen Gestaltungsprinzipien wie sie Prediger und Wessel (2013) empfohlen haben und wurde für bilinguale Settings adaptiert (Schüler-Meyer et al., 2019, S. 322). Mittels Videoanalysen stellten die Autor*innen zunächst fest, dass die Schüler*innen durchaus auf das Türkische zurückgreifen und sogar häufig innerhalb eines Satzes sowohl deutsch- als auch türkischsprachige Ausdrücke verwenden (Schüler-Meyer et al., 2019, S. 328). Entgegen der Annahme, dass die zusätzliche Berücksichtigung der zweiten Sprache (in diesem Fall neben Deutsch auch Türkisch) das fachliche Lernen hemmen könnte, ergaben die varianzanalytischen Berechnungen keine Unterschiede zwischen der einsprachigen und bilingualen Intervention hinsichtlich der fachbezogenen Lernzuwächse (Schüler-Meyer et al., 2019, S. 329). Es spielte jedoch eine Rolle, wie stark die bildungssprachlichen Kompetenzen der Lernenden in der türkischen Sprache ausgeprägt waren: Hier ergaben die statistischen Berechnungen, dass in der mehrsprachigen Intervention die Schüler*innen umso höhere Lernzuwächse erreichten, je besser es um ihre bildungssprachlichen Kompetenzen im Türkischen bestellt war (Schüler-Meyer et al., 2019, S. 330). Schüler-Meyer et al. (2019, S. 334) resümierten schlussendlich, dass es trotz der kurzen Interventionsdauer von 5 × 90 Minuten möglich gewesen ist, Schüler*innen zur Verwendung ihrer Erstsprache Türkisch anzuregen und sie in diesem Zuge vergleichbare Lernzuwächse wie im einsprachig deutschen Unterricht erreichen werden konnten. Da dieses Projekt die einzige mir bekannte Interventionsstudie zur Wirksamkeit von *Translanguaging* darstellt, ist die Aussagekraft sicherlich begrenzt, zumal mit dem Türkischen lediglich eine zusätzliche Herkunftssprache aktiv in den Unterricht integriert wird. Obwohl in Klassenzimmern in aller Regel deutlich mehr Herkunftssprachen vertreten sind, bietet die Studie von Schüler-Meyer et al. (2019) einen wertvollen Ausgangspunkt für die systematische Untersuchung von *Translanguaging*-Praktiken.

3.5 Zusammenfassung

In Anbetracht einer umfangreichen Studienlage kann mittlerweile als gesichert betrachtet werden, dass Schüler*innen nicht nur aufgrund eines Zuwanderungshintergrundes gefährdet sind, den vielseitigen Anforderungen der naturwissenschaftlichen Fächer nicht gerecht zu werden und somit zusätzlicher Förderung bedürfen (s. z. B. Lewalter et al., 2023 und Abschn. 2.1). Vielmehr lassen Untersuchungen vermehrt erkennen, dass potenziell alle Lernenden von einem fach- und sprachintegrierten Unterricht profitieren und sowohl ihre fachlichen als auch bildungssprachlichen Kompetenzen auf diesem Wege besser entfalten können (s. Höfler et al., 2023 und Abschn. 3.4). Im dritten Kapitel habe ich vorgestellt, wie unter dem Sammelbegriff des sprachsensiblen Unterrichts, welcher der Idee einer durchgängigen Sprachbildung für alle Fächer folgt, in den vergangenen Jahren und Jahrzehnten sowohl international, als auch im deutschsprachigen Raum neue Unterrichtsansätze entwickelt und empirisch erprobt wurden (s. Abschn. 3.4). Die empirische Absicherung dieser Ansätze steht allerdings, vor allem für die naturwissenschaftlichen Fächer, noch weitestgehend am Anfang und wurde bislang nur selten in Form systematischer, kontrollierter Interventionsstudien betrieben (Prediger & Hardy, 2023, S. 181).

Bisherige Untersuchungen belegen die Wirksamkeit eines sprachsensiblen Scaffoldings für den Bereich des mathematischen Lernens und geben zumindest erste vorsichtige Hinweise, dass es möglich sein kann, Schüler*innen im Sinne des Translanguaging dazu anzuregen, ihre Herkunfts- und Familiensprachen produktiv für den fachlichen Wissenserwerb zu nutzen. Um einen flächendeckenden Transfer sprachsensibler Maßnahmen und eine gewinnbringende Implementation zugunsten einer stetig anwachsenden Zahl mehrsprachiger Kinder und Jugendlicher zu erreichen, bedarf es neben zusätzlichen systematischen Interventionsstudien vor allem Überlegungen dazu, wie die Maßnahmen möglichst einfach und effektiv in der Praxis umzusetzen sind (Gogolin & Souvignier, 2021). Hinsichtlich einer sowohl erfolgsversprechenden als auch pragmatischen Umsetzung lohnt sich m. E. eine Auseinandersetzung mit dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* nach Brown et al. (2010), da dieser sich dadurch auszeichnet, Lehrkräften vier konkrete Phasen für die Unterrichtsplanung vorzugeben. Mit Blick auf dieses Potenzial werde ich den *Disaggregate-Instruction-Ansatz* im folgenden Kapitel vorstellen und bezüglich einer möglichen Implementation in diesem Forschungsvorhaben einschätzen.

4 Sprache und Sache getrennt und doch gemeinsam: Der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* nach Brown, Ryoo und Rodriguez

Die im vorangegangenen Kapitel vorgestellten Ansätze sprachsensiblen Unterrichts haben sich international (*Scaffolding*, *SIOP*, *Translanguaging*) und in Deutschland (vor allem *Scaffolding*) in den vergangenen Jahren zunehmend etabliert. Das heißt jedoch nicht, dass bereits von einer flächendeckenden Verbreitung ausgegangen werden kann (Becker-Mrotzek et al., 2012; Pineker-Fischer, 2017; Riebling, 2013; Tajmel, 2010b). Gleichzeitig ist die empirische Befundlage, wie ebenfalls dargelegt wurde (s. Abschn. 3.4), durchaus vielschichtig und in der Breite wie auch in der Tiefe weiterhin ausbaufähig. Bisher kann lediglich konstatiert werden, dass sprachsensibler Fachunterricht mit (empirischer) Sicherheit keine negativen Auswirkungen auf den Lernerfolg der Schüler*innen ausübt (Höfler et al., 2023). Im Gegenteil: Das Gros der vorliegenden Forschungsarbeiten belegt, dass sprachsensibler Fachunterricht dem nicht auf sprachliche Bildung ausgerichteten Unterricht überlegen ist (Höfler et al., 2023). Aufgabe der Fachdidaktik und Bildungsforschung ist es daher, bestehende Ansätze zur fachintegrierten Sprachbildung und -förderung weiterzuentwickeln und diese darüber hinaus um neue Ideen zu ergänzen. Anschließend – und das dürfte in Kapitel 3 deutlich geworden sein – gilt es, die adaptierten und möglicherweise optimierten Konzeptionen empirisch zu untersuchen.

Ein Ansatz, der im deutschsprachigen Raum bislang kaum rezipiert und lediglich in den USA erprobt wurde, ist der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* nach Brown, Ryoo und Rodriguez (2010). Untersuchungen im Rahmen von Interventionsstudien mit Kontrollgruppe haben gezeigt, dass das Erlernen naturwissenschaftlicher Konzepte zunächst ohne Fachtermini zu einer höheren Lernleistung sowie einer verbesserten Kommunikation des erworbenen Verständnisses führt (Brown et al., 2010). Dies konnten Brown und Kolleg*innen (2010) insbesondere für Schüler*innen nachweisen, die Englisch als Zweitsprache erwerben. Inwieweit der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* auch für die deutsche Bildungspraxis geeignet ist, muss zunächst noch gezeigt werden.

4.1 Grundidee des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes*

Die Herangehensweise des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* zeichnet sich dadurch aus, dass zur Erarbeitung von Fachkonzepten zunächst alltagssprachliche Mittel verwendet werden und erst nach erfolgtem Konzepterwerb die Einführung der naturwissenschaftlichen Fachtermini erfolgt (Brown et al., 2010, S. 1474). Man könnte also von Unterricht sprechen, der in einen konzeptuellen Teil und in einen

fachsprachlichen Teil zerlegt ist. Brown et al. (2010) und Ryoo (2015) haben für die Umsetzung des Ansatzes in der Praxis Unterrichtssequenzen im Fach Science am Beispiel des Themas *Fotosynthese* entwickelt. Die Implementation haben sie empirisch begleitet und die Wirksamkeit des Ansatzes mittels geschlossener und offener Aufgaben (Brown et al., 2010, S. 1475f.) und Interviews (Ryoo, 2015, S. 33) überprüft.

Das Grundprinzip des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* beruht auf den Theorien von Brown (2004; 2011) zur *Diskursiven Identität (Discursive Identity)*, die Schüler*innen im naturwissenschaftlichen Unterricht erfahren, wenn sie Ausgrenzung und Marginalisierung erleben. Demnach entsteht für Lernende zwischen ihrer persönlichen Identität und dem in der Schule erwünschten Verhalten ein Konflikt, welcher – folgt man Brown (2004, S. 811) weiter – für Kinder und Jugendliche aus einem eher bildungsfernen Umfeld häufig deutlich stärker ausgeprägt ist, als für Schüler*innen aus bildungsnahen Elternhäusern.

Der Begriff *Diskursive Identität* wird von Brown (2004, S. 813) als eine Fähigkeit beschrieben, im Rahmen von Diskursen bewusst oder unbewusst auf verschiedene Praktiken zurückzugreifen, um anderen die Zugehörigkeit zu einer kulturellen Gruppe zu signalisieren. Nicht selten entsteht daraus ein Spannungsfeld zwischen den diskursiven Praktiken von Schüler*innen mit Zuwanderungsgeschichte und den Erwartungen von Lehrkräften sowie den Anforderungen, die die Institution Schule an Lernende richtet (Brown, 2004, S. 813; Gilbert & Yerrick, 2001, S. 584). In diesem Spannungsfeld existiert für Schüler*innen ein erheblicher Druck, sich entweder für ihre marginalisierte Gruppe oder für die dominante Schulkultur zu entscheiden und sich schlussendlich dementsprechend zu verhalten (Brown, 2006, S. 98; Gilbert & Yerrick, 2001, S. 584). So sind Menschen in der Lage, über die Sprache, die sie verwenden (z. B. die Wahl eines spezifischen Registers), ihre Zugehörigkeit zu einer Gruppe zu demonstrieren (Brown, 2004, S. 812f.; 2006, S. 98). Die von Lehrkräften häufig verwendete Bildungs- und Fachsprache kann demzufolge als beträchtliche Hürde für viele Schüler*innen zur Teilhabe am naturwissenschaftlichen Unterricht aufgefasst werden (Brown, 2006, S. 121; Lee, 2005, S. 511; Moje et al., 2001).

Um die Konflikte zwischen den sprachlichen Ressourcen der Schüler*innen und den fachlich geprägten Ansprüchen des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu reduzieren, entwickelte Brown gemeinsam mit Kolleg*innen den *Disaggregate-Instruction-Ansatz*, der es Lernenden aus marginalisierten Gruppen ermöglichen soll, ihre sprachlichen Ressourcen in den Unterricht einzubringen, um sowohl fachliches Wissen zu erwerben als auch fachsprachliche Fähigkeiten weiterzuentwickeln (Brown, 2011; Brown et al., 2010; Brown & Ryoo, 2008). Wie das vonstattengehen und wie

Konzeption des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* näher veranschaulicht werden kann, werde ich im nächsten Abschnitt am Beispiel einer Unterrichtssequenz im Themenfeld Fotosynthese illustrieren.

4.2 Gestaltung von naturwissenschaftlichem Unterricht nach den Prinzipien von *Disaggregate Instruction*

Unterricht nach dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* ist insgesamt betrachtet in vier Phasen zu gliedern, die Brown et al. (2010, S. 1474 f.) wie folgt bezeichnen:

- (1) Pre-Assessment Instruction Phase
- (2) Content Construction Phase
- (3) Introduction of Explicit Language Phase
- (4) Scaffolding Opportunities for Language Phase⁸

In Phase (1) erfolgt eine inhaltliche Hinführung zum Thema, die es der Lehrperson ermöglichen soll, Schülervorstellungen sowie den sprachlichen Entwicklungsstand der Lernenden zu erfassen (Brown et al., 2010, S. 1474). Dieser Einstieg sollte sich an der Lebenswelt und dem Lernstand der Schüler*innen orientieren. So könnte hinsichtlich des Themas Fotosynthese beispielsweise ein einleitendes Unterrichtsgespräch zu Fragen wie: ‚Was benötigen alle Pflanzen zum Wachsen?‘ stattfinden (Brown et al., 2010, S. 1474). Anschließend steht in Phase (2) das Verstehen der neuen Fachkonzepte im Mittelpunkt. Die Lehrperson führt die relevanten Konzepte ein, verzichtet dabei jedoch gänzlich auf bisher noch unbekannte Fachtermini und beschränkt sich auf Sprache, die den Schüler*innen bereits geläufig ist. Dies ist in aller Regel gleichbedeutend mit alltagssprachlichen Mitteln, z. B. ‚Sonnenlicht‘, ‚Luft, die Menschen ausatmen‘ und ‚Wasser‘ (Brown et al., 2010, S. 1474). Dieser Phase des inhaltlichen Lernens folgt in Phase (3) der Abschnitt, in dem das sprachliche Lernen und der Erwerb der Fachsprache – genauer gesagt: der neu einzuführenden und von den Schüler*innen zu erlernenden Fachtermini – in den Vordergrund rücken. Hier schafft die Lehrkraft Möglichkeiten, die für die Schüler*innen neu zu erlernenden Fachtermini in Unterrichtsgesprächen oder schriftlichen Aufgaben anzuwenden (Brown et al., 2010, S. 1474). Durch gezieltes *Scaffolding* werden die bisher verwendeten, alltagssprachlichen Bezeichnungen wie ‚Luft, die Menschen ausatmen‘ und ‚Sonnenlicht‘ durch präzise Fachtermini wie ‚Kohlenstoffdioxid‘ und ‚Photonen‘ ersetzt, sodass die Lernenden das Kontinuum zwischen alltags- und fachsprachlichen

⁸ In der in Abschnitt 7.2.2 vorgestellten adaptierten Variante des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* bezeichne ich diese vier Phasen wie folgt: (1) Hinführung zum Thema, (2) Konzeptbildung, (3) Einführung der Fachtermini, (4) Festigen der Konzepte und Termini.

Ausdrucksweisen für das selbe Phänomen erkennen (Brown et al., 2010, S. 1474). In der abschließenden Phase (4) erhalten die Lernenden Gelegenheiten, die neu erworbenen sprachlichen Mittel eigenständig einzusetzen, um den Inhalt der Unterrichtsreihe zu kommunizieren; hierbei findet keine Vermittlung weiterer Konzepte oder Termini statt und die Lehrperson tritt idealtypischer Weise so weit wie möglich in den Hintergrund des Lerngeschehens (Brown et al., 2010, S. 1475).

4.3 Wirksamkeit des Ansatzes auf den Lernerfolg

Brown und Ryoo (2008) haben eine Interventionsstudie durchgeführt, um die Wirksamkeit des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* zu belegen. Dafür entwickelten sie eine Unterrichtsreihe in zwei inhaltlich identischen Varianten. Schüler*innen einer US-amerikanischen Grundschule haben sich anschließend das Thema der Fotosynthese mit der einen oder anderen Variante erarbeitet. In der Interventionsgruppe, die auch ‚disaggregate version‘ genannt wird, wurde der Unterricht in Anlehnung an die vier Phasen (s. Abschn. 4.2) konzipiert. Die Version der Kontrollgruppe wird als ‚aggregate version‘ bzw. ‚textbook version‘ bezeichnet, da dort der Konzepterwerb mit dem Erwerb neuer Fachtermini praktisch zeitgleich einhergeht. Um den Effekt der Lehrervariable auf die Ergebnisse zu reduzieren, wurde eine digitale Lernumgebung geschaffen, welche die Schüler*innen selbstständig am Computer durchlaufen. Die Lernumgebung beinhaltet vielfältige Aktivitäten wie Textaufgaben, virtuelle Experimente und virtuelle Mikroskopie sowie simulierte Diskussionen (Brown & Ryoo, 2008, S. 536f.; Brown et al., 2010, S. 1475; Ryoo, 2015, S. 35). Abbildung 4 soll einen Eindruck der virtuellen Lernumgebung vermitteln.

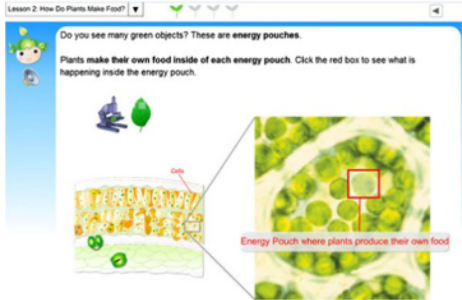
	Everyday English version	Textbook approach version
Activity 1  Do you see many green objects? These are energy pouches. Plants make their own food inside of each energy pouch. Click the red box to see what is happening inside the energy pouch.	“Do you see many green objects? These are energy pouches. Plants make their own food inside of each energy pouch”	“Do you see many green objects? These are energy pouches. Scientists call this energy pouch, a chloroplast. Plants make glucose inside of each chloroplast”
Activity 2  Good job! Plants make their own food and the good air that humans breathe in by taking water, the energy produced from light, and air that humans and animals breathe out. This process is called “photosynthesis.” Photosynthesis means “putting together with light.”	“During photosynthesis, green plants make their own food, a type of sugar. Scientists call this <i>sugar</i> ‘<i>glucose</i>.’ Glucose is used by both plants and animals as a source of energy”	“During photosynthesis, green plants make <i>glucose</i>. <i>Glucose</i> is used by both plants and animals as a source of energy”

Abbildung 4. Gegenüberstellung der beiden untersuchten digitalen Versionen aus der Lernumgebung ‚Fotosynthese‘ in einer Studie zum *Disaggregate-Instruction-Ansatz*, aus Ryoo (2015, S. 35).

Die 49 Grundschüler*innen, die an der Studie teilgenommen haben, wurden nach Geschlecht und Erstsprache (Englisch bzw. Spanisch) verteilt zufällig der Kontroll- (‚aggregate‘) oder Interventionsbedingung (‚disaggregate‘) zugeordnet (Brown & Ryoo, 2008, S. 535). Alle Teilnehmenden bearbeiteten die virtuellen Lernaufgaben individuell in einem zeitlichen Rahmen von drei bis vier Stunden (Brown & Ryoo, 2008, S. 542). In Form eines Prä-Post-Designs mit Multiple-Choice- und offenen Aufgaben untersuchten die Forschenden den Lernzuwachs der Schüler*innen und unterschieden dabei einen ‚disaggregate score‘ von einem ‚aggregate score‘ (Brown & Ryoo, 2008, S. 541): Während der ‚disaggregate score‘ angibt, wie gut die Lernenden naturwissenschaftliche Konzepte mithilfe von Alltagssprache erklären, zeigt der ‚aggregate score‘, ob es ihnen gelingt, naturwissenschaftliche Konzepte mithilfe von Fachsprache zu erklären. Ein Beispiel für eine der offenen Aufgaben, die in Brown & Ryoo (2008, S. 541) berichtet wird, lautet: „[P]lease explain what each of these plant parts do.“

Im Prä-Test schnitten die Schüler*innen aus Interventions- und Kontrollgruppe vergleichbar ab (Brown & Ryoo, 2008, S. 543). Die statistischen Analysen offenbarten zunächst, dass die Multiple-Choice-Aufgaben seltener korrekt beantwortet werden,

wenn sie die naturwissenschaftlichen Fachtermini enthalten im Vergleich zu alltags-sprachlich formulierten Aufgaben (Brown & Ryoo, 2008, S. 543). Diese Beobachtung stimmt mit Untersuchungen zum Einfluss der sprachlichen Gestaltung von Testaufgaben überein (Bird & Welford, 1995). Weiterhin konnten Brown und Ryoo (2008, S. 544 ff.) zeigen, dass sowohl hinsichtlich der alltagssprachlich als auch der fach-sprachlich ausgerichteten, geschlossenen Aufgaben die Interventionsgruppe (‘disaggregate version’) signifikant größere Lernzuwächse mit Effektstärken im mittleren bis großen Bereich erreichten. In den Antworten auf die offenen Aufgaben, die die Kommunikation des erworbenen Konzeptverständnisses verlangten, erwiesen sich die Unterschiede zugunsten der Interventionsgruppe sogar als noch erheblicher (Brown & Ryoo, 2008, S. 548). Insgesamt konstatieren Brown und Ryoo (2008, S. 549), dass die Schüler*innen, die das Konzept der Fotosynthese anhand des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* lernten, sowohl ein besseres Konzeptverständnis (ersichtlich aus den Antworten zu den geschlossenen Aufgaben) erwarben als auch eher in der Lage waren, dieses unter Anwendung naturwissenschaftlicher Fachsprache (ersichtlich aus den Antworten zu den offenen Aufgaben) zu artikulieren. Als Schlüssel zu diesen erfreulichen Ergebnissen sehen die Autor*innen der Studie in erster Linie, dass den Schüler*innen durch das anfängliche Kommunizieren in alltagsnaher Sprache Zugänge zu naturwissenschaftlichen Konzepten erleichtert wurden und, dass weniger Konfliktpotential bezüglich ihrer *Diskursiven Identität* bestand (Brown & Ryoo, 2008, S. 551).

Schoerning (2014) untersuchte in einem Mikrobiologie-Einführungskurs an einem US-amerikanischen College, wie sich das Ersetzen von Fachtermini lateinischen oder griechischen Ursprungs durch einfache englischstämmige Bezeichnungen auf verschiedene Fähigkeiten in der Repräsentation von Wissen auswirkte. Die Ergebnisse der Studie belegen, dass Studierende in der Interventionsgruppe, die unter Verwendung der englischstämmigen Termini unterrichtet wurden (*Anglicized Treatment*), signifikant besser in semesterbegleitenden Prüfungen abschnitten als die Kontrollgruppe (*Classical Treatment*), welche die wissenschaftlichen Fachtermini parallel zum Inhalt lernte (Schoerning, 2014, S. 317 f.). Schoerning (2014, S. 321 f.) führt diese Beobachtungen in erster Linie auf neurologische Ursachen zurück und sieht den Vorteil der Teilnehmenden der Interventionsgruppe in einer höheren neuronalen Effizienz sowie einem leichter zugänglichen neuronalen Netzwerk, welches nicht durch zusätzliche, komplexe Fachtermini ergänzt werden muss, wodurch wiederum das Konzeptlernen gehemmt sein kann. Unterstützt wird diese These durch die Erkenntnis, dass die Interventionsgruppe vor allem in kognitiv anspruchsvollen Aufgaben deutlich bessere Leistungen als die Kontrollgruppe erzielte, was laut Schoerning (2014, S. 322) mutmaßlich auf die erhöhte neurale Effizienz zurückzuführen sei.

Eine ähnliche Herangehensweise wie Brown und Ryoo (2008) nutzten auch McDonnell et al. (2016, S. 13) in einem universitären Biologiekurs. Sie fanden heraus, dass die Gruppe, die Fachkonzepte und Fachtermini getrennt erwarb, bei offenen Verständnisfragen signifikant besser abschnitt, als eine Kontrollgruppe, die Konzepte und Termini parallel erlernte. Damit bestätigten McDonnell und Kolleg*innen (2016, S. 15) die Ergebnisse von Brown und Ryoo (2008). Die Grenzen dieser Studie liegen allerdings auf der Hand: eine verhältnismäßig kleine Stichprobe (N = 84) sowie eine kurze Interventionsdauer (einstündige Leseaufgabe plus 50 Minuten Lehrveranstaltung) schränken die Aussagekraft doch erheblich ein (McDonnell et al., 2016, S. 13 ff.).

Ebenfalls aufbauend auf die ursprüngliche Idee des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* als Unterstützung der *Diskursiven Identität* marginalisierter Schüler*innen führten Brown, Donovan und Wild (2019) Untersuchungen zum Einfluss naturwissenschaftlicher Fachsprache in Erklärungen auf die kognitiven Kapazitäten von Lernenden durch. Diese Untersuchungen basieren auf der Annahme, dass durch die Verwendung komplexer, noch nicht gefestigter Fachtermini der *Cognitive Load* steigt, die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses sinkt und folglich die Verarbeitung naturwissenschaftlicher Konzepte durch das Arbeitsgedächtnis gehemmt wird (Brown et al., 2019, S. 753 ff.). Anhand des Einsatzes zweier psychologischer Testinstrumente⁹ erfassten die Forschenden unter Laborbedingungen die kognitiven Kapazitäten von Lernenden, nachdem diese sich Videos zum Wasserkreislauf angesehen hatten. Diese waren entweder mithilfe von naturwissenschaftlichen Fachtermini versprachlicht (*complex language*, Kontrollgruppe) oder verzichteten auf die Verwendung neu zu erlernender Fachtermini (*simple language*, Interventionsgruppe) (Brown et al., 2019, S. 758 f.). Durch die Häufung von komplexen Fachtermini in der Kontrollgruppe erwarteten Brown et al. (2019, S. 759) Auswirkungen auf die kognitive Leistungsfähigkeit der Proband*innen, die mit einem Stressempfinden einhergehen und die Reaktionsgeschwindigkeit potenziell reduzieren sollten.

Aus den statistischen Analysen ging hervor, dass die Proband*innen der Interventionsgruppe die Aufgaben schneller bewältigten und bei besonders schwierigen Items signifikant und mit großen Effektstärken besser abschnitten als die Proband*innen der Kontrollgruppe (Brown et al., 2019, S. 762). Diese Beobachtung legt den Schluss nahe, dass die hohen sprachlichen Anforderungen des Videos die kognitiven Kapazitäten bei der Bearbeitung der anschließenden Aufgaben herabsetzten (Brown et

⁹ Hierbei handelte es sich um den Stroop- und den Flanker-Test.

al., 2019, S. 762). Die Studie von Brown et al. (2019) kann also als ein weiterer Beitrag zur Erklärung von unzureichenden Leistungen von mehrsprachigen Schüler*innen im naturwissenschaftlichen Unterricht betrachtet werden.

Gründe für die bislang eher punktuelle und lediglich auf den US-amerikanischen Raum beschränkte Implementation des Ansatzes ergeben sich möglicherweise aus den im folgenden Abschnitt zusammengetragenen Grenzen des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes*.

4.4 Grenzen und Chancen des Ansatzes

Die Absicht der Befürworter*innen des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes*, Konflikte von Schüler*innen hinsichtlich ihrer *Diskursiven Identitäten* (Brown, 2004) zu reduzieren, erscheint mit Blick auf die häufig unterdurchschnittlichen Schulleistungen von Lernenden mit Zuwanderungsgeschichte in heterogenen Einwanderungsgesellschaften – wie aktuell in der PISA-Studie (Lewalter et al., 2023) zum wiederholten Male nachgewiesen – besonders plausibel und daher in hohem Maße begrüßenswert.

Es bleibt in der Konzeption von Brown und Ryoo (2008) bzw. Brown, Ryoo und Rodriguez (2010) jedoch weitgehend offen, inwieweit der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* die Lernentwicklung auch aus der Perspektive der Spracherwerbsforschung zu fördern vermag. Kritik in Bezug auf die Erfolgsaussichten des Ansatzes ließe sich formulieren, wenn man einen Blick auf die sogenannte Input-Hypothese (Krashen, 1982) wirft. Nach Krashen (1982, S. 21) benötigen Lernende für einen erfolgreichen Spracherwerb einen sprachlichen Input, der bezüglich des Niveaus etwas über dem aktuellen Sprachstand liegt. Diese Art Input wird streng genommen in der alltags-sprachlichen Phase nicht angeboten, denn dort sollten ja ausnahmslos den Schüler*innen vertraute alltagssprachliche Termini verwendet werden (Brown et al., 2010, S. 1474). Es ist jedoch zu beachten, dass zu diesem Zeitpunkt noch kein fachterminologisch relevantes Lernen angestrebt wird; erst in der daran anschließenden Phase erfolgt die Einführung der naturwissenschaftlichen Fachtermini (Brown et al., 2010, S. 1474). Krashen (1982, S. 21) selbst hebt außerdem hervor, dass sich die Input-Hypothese auf den natürlichen Spracherwerb und nicht das systematische Erlernen von (Fach-)Sprache bezieht. Im Zuge dieser Überlegung, stellt sich zwangsläufig die Frage, inwieweit der Erwerb einer Erst- oder Zweitsprache überhaupt mit dem Erwerb von Bildungs- und Fachsprache vergleichbar ist. Diese Frage führt zurück zu den Theorien von Wygotski, der zwar Analogien zwischen dem Erwerb von Fach- und Fremdsprachen aufzeigte, dabei aber betonte, dass die Entwicklung (fach-

)wissenschaftlicher Begriffe schlussendlich sogar herausfordernder als das Erlernen einer Fremdsprache sei (1979, S. 261; s. auch Abschn. 1.2).

Weitere Kritik am *Disaggregate-Instruction-Ansatz* ist weitgehend naturwissenschaftsdidaktisch motiviert und rekurriert auf dem Vorwurf, dass sich durch die Verwendung von Alltagssprache zur Einführung naturwissenschaftlicher Konzepte möglicherweise fachlich nicht anschlussfähige Schülervorstellungen verfestigen (Rincke, 2010). Wenngleich Rincke (2007; 2010) diesen Kritikpunkt lediglich auf seine eigenen Arbeiten zum Kraftbegriff im Fach Physik bezieht, wird ein allgemeines Spannungsfeld deutlich. Dabei geht es um die Frage: Inwieweit dient alltagsnahe Sprache der größeren Zugänglichkeit zum Erschließen naturwissenschaftlicher Konzepte und unter welchen Umständen stehen alltagssprachliche Formulierungen einem fachlich korrekten Konzeptverständnis im Weg? Rincke resümiert mit Blick auf seine Untersuchung anhand folgender Aussage: „Es finden sich in den Äußerungen der Schülerinnen und Schüler nahezu keine Beispiele, bei denen die Einwirkung eines Körpers auf einen anderen alltagssprachlich so umschrieben worden wäre, dass der fachliche Kern erhalten geblieben wäre“ (2010, S. 258). Zumindest für die Vermittlung des Kraftbegriffes rät er also von einer Trennung des konzeptuellen und fachsprachlichen Lernens ab (Rincke, 2010, S. 258). Sicherlich löst der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* nicht alle Probleme hinsichtlich des Vermittelns und Erlernens abstrakter fachwissenschaftlicher Konzepte und der Vermittlung korrekter Fachterminologie. Mit seiner explorativ angelegten Studie bleibt Rincke (2010) jedoch eine Antwort schuldig, wie Fachtermini zum Kraftbegriff im Fach Physik schlussendlich in adäquater Weise zugänglich gemacht werden können.

4.5 Zusammenfassung

Schüler*innen, die aufgrund unzureichender Deutschkenntnisse im Erwerb von Fachkonzepten und beim Erlernen von Fachsprache besonderen Herausforderungen begegnen, bietet der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* – folgt man US-amerikanischen Studien (s. Abschn. 4.3) – nach aktueller Erkenntnislage eine fruchtbare Möglichkeit, aktiv am naturwissenschaftlichen Unterrichtsdiskurs teilzunehmen. Vom Standpunkt konstruktivistischer Lerntheorien ist die Möglichkeit der aktiven Teilnahme die notwendige; die tatsächliche Teilnahme die hinreichende Voraussetzung, um fachwissenschaftliche und kommunikative Kompetenzen erfolgreich auszubauen (s. Abschn. 2.3). Wenngleich die Erarbeitung neuer Fachkonzepte über alltagssprachliche Mittel nicht in jedem Fall automatisch gelingt und der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* aus verschiedenen Perspektiven Kritik nach sich gezogen hat (s. Abschn. 4.4), erscheint eine Erprobung im Kontext des deutschsprachigen, naturwissenschaftlichen Unterrichts mit Blick auf die vielversprechenden Ergebnisse bisheriger Studien (s. Abschn. 4.3) durchaus lohnenswert.

In Hinsicht auf die in Abschnitt 3.2 beschriebene, anhaltende Skepsis und häufig nur punktuelle Bereitschaft von Lehrer*innen mit naturwissenschaftlichem Fach, sprachensible Maßnahmen systematisch in den Unterricht zu integrieren (Riebling, 2013; Tajmel, 2010b), bietet der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* durch seine sehr strikte Phasierung (s. Abschn. 4.2) augenscheinlich ein hohes Maß an Praxistauglichkeit für den regulären Schulalltag. Da die bisherige Studienlage sich lediglich auf den Bereich des Lernens biologischer Sachverhalte beschränkt und hinsichtlich des Studiendesigns – virtuelle Lernumgebung für Grundschüler*innen bei Brown et al. (2010) und Hochschullehre bei Schoerning (2014) und McDonnell et al. (2016) – den Abschnitt der Sekundarstufe bisher ausgespart hat, bietet sich hier eine Forschungslücke, die weitere Untersuchungen erforderlich macht und als Ausgangspunkt für die vorliegende Dissertation dient. Auch die geäußerte Kritik am *Disaggregate-Instruction-Ansatz* (s. Abschn. 4.4) sollen in diesem Zuge berücksichtigt und diskutiert werden.

5 Zwischenfazit, forschungsleitende Fragestellungen und Hypothesen

Die theoriegeleiteten Überlegungen in den vorangegangenen Abschnitten bilden das Fundament der vorliegenden Forschungsarbeit und sollen der Genese der dieser Studie zugrundeliegenden forschungsleitenden Fragestellungen dienen.

5.1 Theoriegeleitetes Zwischenfazit

Angesichts der Bedeutung von Sprache sowie der gebräuchlichen sprachlichen Register (wie Alltags-, Bildungs- und Fachsprache) im Kontext Schule (s. Kap. 1) und deren Verwendung im Rahmen fachspezifischer Kommunikationsprozesse (z. B. im naturwissenschaftlichen Fachunterricht; s. Kap. 2) wird deutlich, dass ein zeitgemäßer, diversitätssensibler Chemieunterricht ohne gezielte Berücksichtigung der sprachlichen Voraussetzungen auf Seiten der Lernenden nicht zielführend und bildungsförderlich umgesetzt werden kann. Zwei übergeordnete Gründe erscheinen mir in diesem Zusammenhang besonders relevant: Erstens sind guter Chemieunterricht und erfolgreiches Lernen chemiebezogener Sachverhalte ohne gelingende Kommunikation nicht zu erreichen (s. Abschn. 2.1). Zweitens ist lernförderlicher Chemieunterricht nicht nur am chemiebezogenen Lernerfolg zu messen, sondern auch daran, inwiefern er einen Beitrag dazu leistet, Schüler*innen in ihren kommunikativen (s. Abschn. 2.3) und bildungssprachlichen Kompetenzen (s. Abschn. 3.2) zu fördern.

Um Empfehlungen formulieren zu können, wie bildungsförderlicher Unterricht zu gestalten ist, wurden zahlreiche – teils domänenübergreifende, teils fachspezifische – Ansätze entwickelt (s. exemplarisch Abschn. 3.3). Einige Ansätze wurden bereits evaluiert. Die Ergebnisse dieser Studien (s. Abschn. 3.4) weisen darauf hin, dass sprachsensibler Unterricht in den MINT-Fächern, welcher sich größtenteils an den Gestaltungsprinzipien von *Scaffolding* (Gibbons, 2015) orientiert, ursächlich zu höheren fachlichen Lernzuwächsen führen kann, als Unterricht, der wenig oder überhaupt nicht sprachsensibel ausgerichtet ist (Höfler et al., 2023).

Ein durchaus vielversprechender, jedoch bislang noch nicht verbreiteter und erprobter Ansatz, welcher von Brown und Kolleg*innen (2010) speziell für den naturwissenschaftlichen Unterricht in den Vereinigten Staaten entwickelt wurde, ist der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* (s. Kap. 4). Brown und Kolleg*innen (2010) haben gezeigt, dass naturwissenschaftlicher Unterricht in Anlehnung an *Disaggregate Instruction* ebenfalls höhere fachliche Lernzuwächse bewirkt, als Unterricht, der nicht an den Prinzipien von *Disaggregate Instruction* ausgerichtet wurde (Brown & Ryoo,

2008; Brown et al., 2010). Die in Abschnitt 4.3 skizzierten Studien, welche sich weitgehend an den Prinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* orientieren, bieten wertvolle Anhaltspunkte, um den Ansatz für weiterführende Fragestellungen zu adaptieren. Da eine Implementation des Ansatzes im deutschsprachigen Raum m. W. bisher noch nicht umgesetzt wurde, möchte ich mit meiner Forschungsarbeit einen Beitrag zur empirischen Fundierung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* leisten. Außerdem fanden die bisherigen Untersuchungen alle schwerpunktmäßig im Kontext des Biologielernens statt, sodass eine Ausweitung auf das Unterrichtsfach Chemie mit seinen spezifischen fachsprachlichen Anforderungen (s. Abschn. 2.2) erkenntnisfördernd erscheint.

5.2 Forschungsleitende Fragestellungen und Hypothesen

Für die methodische Konzeption und das Forschungsdesign der vorliegenden Studie werden die theoriegeleiteten Betrachtungen im nächsten Schritt in konkrete Forschungsfragen und operationalisierbare Hypothesen übersetzt.

Im Rahmen dieser Studie werde ich zunächst primär untersuchen, welche chemiebezogenen Lernzuwächse Schüler*innen im Rahmen sprachsensiblen Chemieunterrichts erzielen, wenn sie in Anlehnung an den *Disaggregate-Instruction-Ansatz* unterrichtet werden. Diese Gruppe wird im Folgenden als Interventionsgruppe (IG) oder synonym als *Disaggregate-Instruction-Ansatz-Gruppe* (DIA-Gruppe) bezeichnet.

Ich werde aber nicht nur relevante Aspekte des Lernerfolgs in dieser Schüler*innengruppe eruieren, sondern die in der Interventionsgruppe nachgewiesenen Lernzuwächse auch mit den Resultaten von Schüler*innen vergleichen, die sprachsensiblen Chemieunterricht erteilt bekommen, der ausschließlich anhand von *Scaffolding*-Gestaltungsprinzipien und somit ohne Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* realisiert wird. Diese Gruppe von Schüler*innen wird nachfolgend als Kontrollgruppe (KG) oder synonym als *Scaffolding-Gruppe* bezeichnet. Die ersten forschungsleitenden Fragestellungen dieser Studie lauten daher:

Forschungsfrage 1a

Inwieweit fördert Chemieunterricht, der in Anlehnung an den *Disaggregate-Instruction-Ansatz* konzipiert und durchgeführt wird, Schüler*innen beim **Erwerb chemiebezogenen Fachwissens**?

Forschungsfrage 1b

Inwieweit fördert Chemieunterricht, der ausschließlich nach den *Scaffolding*-Gestaltungsprinzipien und somit ohne Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* geplant und realisiert wird, Schüler*innen beim **Erwerb chemiebezogenen Fachwissens**?

Als mögliche Antworten auf diese beiden Forschungsfragen dienen folgende Hypothesen:

Nullhypothese H_{0-1a}: Chemieunterricht, der in Anlehnung an die Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* konzipiert und durchgeführt wird, übt keinen nachweisbaren Einfluss auf den **Erwerb chemiebezogenen Fachwissens** auf Seiten der Schüler*innen aus.

Hypothese H_{1-1a}: Chemieunterricht, der in Anlehnung an die Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* konzipiert und durchgeführt wird, führt zu einem bedeutsamen **Erwerb chemiebezogenen Fachwissens** auf Seiten der Schüler*innen.

Nullhypothese H_{0-1b}: Chemieunterricht, der ausschließlich nach den *Scaffolding*-Gestaltungsprinzipien und somit ohne Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* geplant und realisiert wird, übt keinen nachweisbaren Einfluss auf den **Erwerb chemiebezogenen Fachwissens** auf Seiten der Schüler*innen aus.

Hypothese H_{1-1b}: Chemieunterricht, der ausschließlich nach den *Scaffolding*-Gestaltungsprinzipien und somit ohne Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* geplant und realisiert wird, führt zu einem bedeutsamen **Erwerb chemiebezogenen Fachwissens** auf Seiten der Schüler*innen.

Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist es, die Wirksamkeit des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* mit der von sprachsensiblen Chemieunterricht, also von Unterricht, der ausschließlich nach den Prinzipien des *Scaffoldings* konzipiert und durchgeführt wird, dahingehend zu vergleichen, ob die beiden Unterrichtsvarianten bei den Schüler*innen zu unterschiedlich großen fachlichen Lernzuwächsen führen. Die mit diesem Vorhaben korrespondierende Forschungsfrage lautet daher:

Forschungsfrage 2

Inwieweit unterscheiden sich die **Lernzuwächse im Bereich chemiebezogenen Fachwissens** zwischen Schüler*innen, die in Anlehnung an den *Disaggregate-Instruction-Ansatz* unterrichtet werden, und Schüler*innen, die ausschließlich in Anlehnung an die Gestaltungsprinzipien sprachsensiblen *Scaffoldings* orientiert und ohne Anwendung der Prinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* unterrichtet werden?

Als mögliche Antworten auf diese Forschungsfrage werden folgende Hypothesen in Betracht gezogen:

Nullhypothese H₀₋₂: Die Wahl des Unterrichtsansatzes (sprachsensibles *Scaffolding* mit oder ohne Berücksichtigung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes*) übt keinen nachweisbaren Einfluss auf die **Lernzuwächse im Bereich chemiebezogenen Fachwissens** auf Seiten der Schüler*innen aus.

Hypothese H₁₋₂: Schüler*innen, die Unterricht erhalten, der in Anlehnung an die Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* konzipiert und durchgeführt wird (IG), erzielen größere **Lernzuwächse im Bereich chemiebezogenen Fachwissens**, als Schüler*innen der Kontrollgruppe, die Unterricht erteilt bekommen, der ohne Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* geplant und realisiert wird. Der Grund dafür ist, dass Lernende im *Disaggregate-Instruction*-Unterricht sich nicht gleichzeitig mit der Aneignung neu zu erlernender chemiespezifischer Konzepte und mit dem Erlernen neuer Fachtermini auseinandersetzen müssen.

Hypothese H₂₋₂: Schüler*innen, die Unterricht erhalten, der in Anlehnung an die Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* konzipiert und durchgeführt wird, erzielen geringere **Lernzuwächse im Bereich chemiebezogenen Fachwissens**, als Schüler*innen, die Unterricht erteilt bekommen, der ohne Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* geplant und realisiert wird. Der Grund dafür ist, dass Lernende im *Disaggregate-Instruction*-Unterricht zunächst nur wenig präzise und ausschließlich umgangssprachliche Umschreibungen der zu erlernenden Fachtermini verwenden und erst später die Möglichkeit erhalten, sich mit den neu zu erlernenden Fachtermini auseinanderzusetzen.

In Abschnitt 2.1 wurde dargelegt, dass die fachlichen (in diesem Fall chemiebezogenen) Lernerfolge von Schüler*innen maßgeblich mit den bildungssprachlichen Kompetenzen zusammenhängen. Daher ist eine zusätzliche Berücksichtigung der bildungssprachlichen Kompetenzen der Lernenden erforderlich. Diese Maßnahme

scheint mit Blick auf die große (sprachliche) Diversität in der Schülerschaft in der Metropolregion Berlin-Brandenburg (SenBJF Berlin, 2021) für meine Studie von besonderer Bedeutung. Für die Stichprobe dieser Studie ist folglich zu erwarten, dass ein beträchtlicher Teil der Lernenden sprachbezogene Förderbedarfe aufweist und demnach von sprachbildenden Unterrichtsmethoden besonders profitieren wird.

Daher wird außerdem im Zuge der hier vorgestellten Studie untersucht, welchen Einfluss die Wahl des Unterrichtsansatzes (mit oder ohne *Disaggregate-Instruction-Ansatz*) auf die fachlichen Lernzuwächse von Schüler*innen mit unterschiedlichen Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch (und damit einhergehend möglichen besonderen Unterstützungsbedarfen) ausübt. Die hierzu korrespondierenden Forschungsfragen lauten wie folgt:

Forschungsfrage 3

Inwieweit werden Schüler*innen mit heterogenen **Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch** hinsichtlich des Erwerbs von **chemiebezogenem Fachwissen** unterstützt, wenn

- a) Unterricht in Anlehnung an die Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* konzipiert und realisiert wird oder
- b) Unterricht ohne Anwendung der Prinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes*, aber unter Berücksichtigung des *Scaffolding-Ansatzes* stattfindet?
- c) In welchem Maße unterscheiden sich die Lernzuwächse zwischen den Schüler*innen der *Disaggregate-Instruction*- und der *Scaffolding*-Gruppe?

Als mögliche Antworten auf diese Forschungsfrage dienen folgende Hypothesen:

Nullhypothese H₀₋₃: In welchem Maße Schüler*innen mit heterogenen **Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch** im Unterricht **chemiebezogenes Fachwissen** erwerben, wird nicht nachweislich dadurch beeinflusst, welchen der beiden sprachsensiblen Ansätze (sprachsensibles *Scaffolding* mit oder ohne *Disaggregate-Instruction-Ansatz*) sie erhalten haben.

Hypothese H₁₋₃: Durch die Anwendung von Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* werden vor allem Schüler*innen mit vergleichbar geringen **Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch** beim Erwerb neuer Fachkonzepte unterstützt, da sie sich nicht zeitgleich mit dem Erlernen neuer Fachkonzepte und Fachtermini auseinandersetzen müssen. Dieser Unterricht führt folglich zu einem umfangreicheren Erwerb **chemiebezogenen Fachwissens** als Unterricht ohne Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* bei Schüler*innen mit niedrigen **Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch** im Vergleich zu Mitschüler*innen mit fortgeschritteneren **Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch**.

Hypothese H₂₋₃: Durch die Anwendung von Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* werden vor allem Schüler*innen mit vergleichbar hohen **Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch** beim Erwerb neuer Fachkonzepte unterstützt, da es diesen Lernenden besser gelingt, neue Fachkonzepte zunächst ohne die korrespondierenden Fachtermini zu erlernen. Dieser Unterricht führt folglich zu einem verbesserten Erwerb **chemiebezogenen Fachwissens** als Unterricht nach den *Scaffolding*-Prinzipien bei Schüler*innen mit hohen **Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch** im Vergleich zu Mitschüler*innen mit niedrigen **Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch**.

Die bislang formulierten Forschungsfragen fokussieren ausschließlich auf die Zusammenhänge zwischen dem erteilten Chemieunterricht (mit oder ohne Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes*) und der Kompetenzentwicklung im Bereich chemiebezogenen Fachwissens.

Neben den Auswirkungen auf den fachlichen Wissenserwerb legen die in Abschnitt 4.3 vorgestellten Studien außerdem positive Entwicklungen hinsichtlich der Kommunikation von neu erworbenen Fachkonzepten nahe.

Einen weiteren Schwerpunkt meiner Untersuchung bildet daran anknüpfend die Frage, ob es Schüler*innen, die anhand des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* unterrichtet wurden, in besonderem Maße gelingt, ihr erworbenes Verständnis von

Fachkonzepten erfolgreich zu kommunizieren. Diese Ausprägung fachbezogener kommunikativer Kompetenzen untersuche ich mithilfe von Forschungsfrage 4. Dabei konzentriere ich mich auf eine spezifische Facette kommunikativer Kompetenzen, und zwar auf das adressatenorientierte Kommunizieren, da im Rahmen dieser Teilkompetenz der angemessene Gebrauch von Fachterminologie besonders relevant ist (s. Abschn. 2.3.2).

Forschungsfrage 4

In welchem Maße werden Schüler*innen hinsichtlich bestimmter **chemiebezogener, kommunikativer Kompetenzen** (insbesondere im Gebrauch fachspezifischer Termini im Rahmen adressatenorientierter Kommunikation) unterstützt, wenn

- a) Unterricht in Anlehnung an die Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* konzipiert und realisiert wird oder
- b) Unterricht ohne Anwendung der Prinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes*, aber unter Berücksichtigung des *Scaffolding-Ansatzes* stattfindet?
- c) In welchem Maße unterscheidet sich die Anwendung dieser **chemiebezogenen, kommunikativen Kompetenzen** zwischen den Schüler*innen der *Disaggregate-Instruction*- und der *Scaffolding*-Gruppe?

Als mögliche Antworten auf diese Forschungsfrage werde ich folgende Hypothesen betrachten:

Nullhypothese H₀₋₄: Der Unterrichtsansatz (sprachsensibles *Scaffolding* mit oder ohne *Disaggregate-Instruction-Ansatz*) hat keinen Einfluss auf die **chemiebezogenen, kommunikativen Kompetenzen** der Schüler*innen (insbesondere auf den Gebrauch fachspezifischer Termini im Rahmen adressatenorientierter Kommunikation).

Hypothese H₁₋₄: Durch die Anwendung von Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* gelingt es Schüler*innen in höherem Maße, neu erworbene Fachtermini in der Kommunikation der korrespondierenden Konzepte zu gebrauchen. In diesem Zuge schneiden diese Schüler*innen dahingehend besser ab, zwischen eher umgangssprachlichen und eher fachsprachlichen Termini zu differenzieren und diese entsprechend der adressierten Person zu variieren.

Hypothese H₂₋₄: Durch die Anwendung von Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* gelingt es Schüler*innen in geringerem Maße, neu erworbene Fachtermini in der Kommunikation der korrespondierenden Konzepte zu gebrauchen. In diesem Zuge schneiden diese Schüler*innen schlechter dahingehend ab, zwischen eher umgangssprachlichen und eher fachsprachlichen Termini zu differenzieren und diese entsprechend der adressierten Person zu variieren.

Welches Forschungsdesign, welche Untersuchungsinstrumente und welche (statistischen) Analysen am besten geeignet sind, um diese forschungsleitenden Fragestellungen zu bearbeiten, lege ich in den folgenden Kapiteln zur UNTERSUCHUNGSMETHODE offen.

6 Grundlegende Überlegungen zur Planung der Untersuchung

Um die in Abschnitt 5.2 formulierten Fragestellungen eingehend im Rahmen dieser Studie bearbeiten zu können, bedarf es eines experimentellen Forschungsdesigns. Für die Analyse der Wirksamkeit des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* (Brown et al., 2010) hinsichtlich des Erwerbs fachlichen Wissens sowie fachbezogener, kommunikativer Kompetenzen wird eine Interventionsstudie mit Treatment- und Kontrollgruppe konzipiert. Mithilfe dieses Designs wird Unterricht nach dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* einem vergleichbaren Unterricht als Kontrollbedingung unter Anwendung einer strengen Variablenkontrolle gegenübergestellt (Theyßen, 2014; Gniewosz, 2015; Souvignier, 2021).

Die Art des Unterrichts dient somit als zentrale unabhängige Variable dieser Studie. Es wird untersucht, welche Effekte der Art des Unterrichts auf den Erwerb chemiebezogenen Fachwissens (1. abhängige Variable) einerseits und auf die fachbezogenen, kommunikativen Kompetenzen (2. abhängige Variable) andererseits auftreten. In den folgenden Abschnitten werde ich zunächst die methodischen Überlegungen hinsichtlich des Forschungsdesigns und der untersuchten Variablen darlegen (s. Abschn. 6.1). Anschließend stelle ich dar, welche Testinstrumente auf welche Art und Weise zum Einsatz kommen (s. Abschn. 6.2). Weiterhin begründe ich in Abschnitt 6.3 die Themenwahl für die zu konzipierende Unterrichtsreihe und stelle in Abschnitt 6.4. die geplante Stichprobe der Untersuchung vor.

6.1 Forschungsdesign und Festlegung der zu untersuchenden Variablen

Obwohl vergleichende Interventionsstudien aufgrund der angestrebten laborähnlichen Untersuchungsbedingungen in der Regel mit einem sehr hohen methodischen Aufwand verbunden sind, lässt sich als Ergebnis im Erfolgsfall die Wirksamkeit einer unabhängigen Variable auf den – je nach Ziel unterschiedlich gearteten und beschriebenen – Lernerfolg (als abhängiger Variable) identifizieren (Gniewosz, 2015). Mit der vorliegenden Studie wird angestrebt, die Wirksamkeit von sprachsensiblen Unterrichtsansätzen vergleichend zu analysieren. Die Studie lässt sich demnach als hypothesenprüfende, explanative Studie einordnen (Döring & Bortz, 2016, S. 193). Um als Ergebnis der Untersuchung Kausalschlüsse zu ermöglichen, d. h. den Lernerfolg eindeutig auf die Art des Unterrichtsansatzes zurückführen zu können, bedarf

es eines randomisierten (bzw. experimentellen) oder quasi-experimentellen Untersuchungsdesigns (Döring & Bortz, 2016, S. 193f.; Souvignier, 2021, S. 12). Für die vorliegende Studie wird den Gegebenheiten in der Schulpraxis entsprechend ein quasi-experimentelles Design gewählt (Gniewosz, 2015, S. 89). Dementsprechend können die Lernenden nicht individuell zufällig der Interventions- oder Kontrollbedingung zugeteilt werden, sondern basierend auf der Zugehörigkeit zu einem Klassenverband jeweils als gesamte Lerngruppe (Kuhn, 2014, S. 304; Gniewosz, 2015, S. 89).

Im Rahmen der vorliegenden Studie stellt die An- bzw. Abwesenheit von **Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes*** die **unabhängige Variable** dar. Das übergeordnete Ziel ist es, die Wirksamkeit des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* auf die Lernerfolge der Schüler*innen im Vergleich mit einer Kontrollgruppe zu evaluieren. Da der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* z.T. bereits auf einige Gestaltungsprinzipien des sprachsensiblen *Scaffoldings* (s. Abschn. 4.2) zurückgreift, findet für diese Untersuchung in der Interventionsgruppe eine Kombination von *Disaggregate-Instruction-* und *Scaffolding-*Prinzipien Anwendung. In der Kontrollgruppe werden lediglich *Scaffolding-*Prinzipien angewendet; die Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* bleiben ausgeblendet (s. Tabelle 2).

Tabelle 2. Plakative Gegenüberstellung der beiden Unterrichtsbedingungen für die Interventions- und Kontrollgruppe¹⁰

	Interventionsgruppe <i>DIA-Gruppe</i>	Kontrollgruppe <i>Scaffolding-Gruppe</i>
<i>Disaggregate-Instruction-Ansatz</i>	✓	✗
<i>Scaffolding-</i> Prinzipien	✓	✓

Um die Wirksamkeit des Unterrichts in der *DIA-Gruppe* mit dem der *Scaffolding-Gruppe* vergleichen zu können, werden nun abhängige Variablen benötigt, die als Indikatoren dafür dienen, den Lernerfolg bzw. die Lernwirksamkeit zu messen (Gniewosz, 2015, S. 84). In Anlehnung an die forschungsleitenden Fragestellungen (s. Ab-

¹⁰ Damit im weiteren Verlauf dieser Dissertation eine klare Zuordnung der Unterrichtansätze zu den Untersuchungsgruppen möglich ist, werde ich die Interventionsgruppe synonym als *Disaggregate-Instruction-Ansatz-Gruppe*, kurz *DIA-Gruppe*, und die Kontrollgruppe als *Scaffolding-Gruppe* bezeichnen. Damit ist außerdem sichergestellt, dass die bewusste Planung von *Scaffolding-*Prinzipien im Unterricht der Kontrollgruppe hervorgehoben wird und somit auch in diesem Fall sprachsensibler Unterricht stattfindet.

schn. 5.2) soll im Rahmen dieser Studie vorrangig geprüft werden, welche Wirksamkeit den Ansätzen hinsichtlich des Fachwissenserwerbs der Lernenden sowie mit Blick auf deren chemiebezogene, kommunikative Kompetenzen nachgewiesen werden kann.

Um Lernzuwächse möglichst eindeutig auf den angewendeten Unterrichtsansatz zurückführen zu können, wird als **erste abhängige Variable** der Erwerb von **Fachwissen** erhoben. Als **zweite abhängige Variable** werden die **chemie-bezogenen, kommunikativen Kompetenzen** der Lernenden erfasst. Eine weitere, für die Studie relevante Einflussgröße stellen die Kompetenzen der Lernenden in der Bildungssprache Deutsch dar. Bildungssprachliche Kompetenzen üben nachweislich einen Einfluss auf fachliche Lernprozesse aus (Gogolin & Lange, 2011, S. 108; Kempert et al., 2016, S. 169 f.) Deshalb erachte ich es als notwendig, die Kompetenzen der teilnehmenden Schüler*innen hinsichtlich der Bildungssprache Deutsch vor Beginn der Unterrichtsreihe zu erfassen. Somit lässt sich überprüfen, ob die Lernenden über vergleichbare bildungssprachliche Voraussetzungen verfügen. Außerdem können die **Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch** auf diesem Wege als **zusätzliche unabhängige Variable** in die empirische Auswertung aufgenommen werden.

Um sicherzustellen, dass potenzielle Unterschiede hinsichtlich der abhängigen Variablen tatsächlich auf die Variation der unabhängigen Variable (Unterrichtsreihe unter An- oder Abwesenheit des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes*) zurückgeführt werden können, bedarf es einer systematischen, möglichst umfassenden Kontrolle der Randbedingungen (Theyßen, 2014, S. 69 f.) bzw. Störvariablen (Gniewosz, 2015). Zunächst sollte sichergestellt werden, dass mit dem Unterricht in Interventions- und Kontrollgruppe (s. Tabelle 2) identische Inhalte bearbeitet, gleiche Methoden und Materialien eingesetzt werden sowie ein vergleichbarer zeitlicher Aufwand verbunden ist (Theyßen, 2014, S. 69).

Eine weitere zentrale Kontrollvariable stellt die Lehrkraft dar (Theyßen, 2014, S. 70). Durch teilweise stark divergierende Einstellungen, Routinen und Persönlichkeitsmerkmale sowie aufgrund unterschiedlicher professioneller Kompetenzen kann der sogenannten Lehrervariable ein nennenswerter Effekt zugeschrieben werden (Bayraktar, 2001; Theyßen, 2014). Brown et al. (2010, S. 1475) haben den Einfluss unterschiedlicher Lehrkräfte eliminiert, indem eine virtuelle Lernumgebung eingesetzt wurde, welche die Lernenden individuell durchlaufen haben. Wenngleich somit der Einfluss der Lehrkraft minimiert wurde und zwischen den Untersuchungsgruppen nicht variiert, bleibt offen, inwieweit die Erkenntnisse aus diesen Studien auf den regulären Unterrichtskontext übertragbar sind. Darüber hinaus müsste bei Anwendung einer rein digitalen Lernumgebung die zusätzliche Variable

„Kompetenzen der Lernenden im Umgang mit virtuellen Lernumgebungen“ angemessen berücksichtigt werden.

Ein Training der jeweiligen Lehrkräfte zu den zentralen Aspekten des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* als alternative Herangehensweise wäre theoretisch denkbar gewesen, allerdings hätte dies noch nicht sichergestellt, dass die Lehrkräfte die erforderliche strikte Trennung zwischen vorab bekannten und neu einzuführenden Termini im Unterricht tatsächlich einhalten. Studien zur professionellen Kompetenz von Lehrkräften legen die Erwartung nahe, dass berufserfahrene Pädagog*innen häufig über tief verankerte und beständige Überzeugungen zum Lehren und Lernen verfügen, die das Akzeptieren innovativer Unterrichtsansätze erschweren können (Kunter et al., 2020, S. 278).

Aus den beschriebenen Gründen habe ich mich für die Option entschieden, den Unterricht in beiden Varianten als Lehrperson selbst durchzuführen, da somit die o. g. Merkmale der Lehrkraft vereinheitlicht werden und ich als unbekannte Person allen Klassen unter vergleichbaren Voraussetzungen begegne. Gleichwohl ließe sich kritisch anmerken, dass ich in der Doppelfunktion als Lehrer und Forscher unterbewusst potenziell unterschiedlich motiviert und engagiert in der Realisierung der beiden Unterrichtsansätze vorgehen könnte. Die didaktisch-methodische Gestaltung der Unterrichtsreihe erfolgt in enger Zusammenarbeit und Abstimmung mit Mitgliedern der Forschungs- und Arbeitsgruppe Didaktik der Chemie an der Freien Universität Berlin, die über langjährige Lehrerfahrung in Schule und Hochschule verfügen. Durch ihre Expertise erhoffe ich mir, eine möglichst hohe Qualität der Unterrichtsplanung abzusichern. Die Realisierung der Unterrichtsreihe erfolgt in der ersten Erprobung zunächst unter Hospitation von Kolleg*innen, die darauf achten, dass der Unterrichtsverlauf in beiden Varianten bestmöglich vergleichbar ist.

6.2 Notwendige Testinstrumente und geplante Durchführung der Untersuchung

Zur Bestimmung des Effektes der Intervention auf das chemiebezogene Fachwissen wird ein Fragebogen mit geschlossenen Aufgaben im Prä-Post-Design konstruiert. Dieser soll prüfen, welches Verständnis die teilnehmenden Schüler*innen hinsichtlich der Inhalte und Konzepte im Laufe der Unterrichtsreihe erwerben (s. Abschn. 8.1). Über eine Messung vor Beginn der Intervention und eine Messung nach der Intervention lassen sich folglich genaue Aussagen über die Entwicklung fachbezogener Lernzuwächse treffen.

Zur Erfassung der Kompetenzen der Schüler*innen in der Bildungssprache Deutsch ist eine Erhebung vor Beginn der Intervention ausreichend. Aufgrund der kompakten Interventionsdauer ist nicht damit zu rechnen, dass sich die bildungssprachlichen Kompetenzen der Lernenden in nennenswertem Maße weiterentwickeln. Für die Ermittlung der bildungssprachlichen Kompetenzen wird auf ein erprobtes Testinstrument des Instituts für Bildungsmonitoring und Qualitätsentwicklung Hamburg (2008a) zurückgegriffen (s. Abschn. 8.2).

Hinsichtlich der fachbezogenen, kommunikativen Kompetenzen wird ein offenes Aufgabenformat bevorzugt, damit die Schüler*innen angeregt werden, das neu erworbene Verständnis der relevanten Fachkonzepte zu kommunizieren (s. Abschn. 8.3). Da kommunikative Kompetenzen einen gesamten Kompetenzbereich in den Bildungsstandards für das Fach Chemie darstellen (KMK, 2005b), ist es notwendig, auf einen Ausschnitt aus diesem Kompetenzbereich zu fokussieren. Für diese Studie wird die Fähigkeit des adressatenorientierten Kommunizierens gewählt, da diese explizit als Standard des Chemieunterrichts gefördert werden soll (KMK, 2005b, S. 13). Gleichzeitig verlangt Adressatenorientierung einen angemessenen Gebrauch fachspezifischer Termini (s. Abschn. 2.3.2) und steht somit in direktem Bezug zu den Merkmalen der beiden zu vergleichenden Unterrichtsvarianten. Die Fähigkeit zum Verfassen adressatenorientierter Texte lässt sich m. E. sinnvoll erheben, indem die Schüler*innen schriftliche Erklärungen eines Sachverhaltes anfertigen, die sich an unterschiedlich informierte Adressat*innen richten (Becker-Mrotzek et al., 2014). Im Gegensatz zum Fachwissenstest eignet sich das Prä-Post-Design für die Erfassung der kommunikativen Kompetenzen nicht. Es ist nicht davon auszugehen, dass die Lernenden bereits vor der Intervention in der Lage sind, ihnen unbekannte Fachkonzepte überhaupt zu kommunizieren. Somit wäre die Aufforderung, Texte über ein noch nicht erschlossenes Thema zu schreiben, überfordernd, frustrierend und damit aus ethischer Perspektive bedenklich. Die Schüler*innen bearbeiten die offenen Aufgaben somit lediglich zum Zeitpunkt nach der Unterrichtsreihe, sodass die Ergebnisse zwischen Interventions- und Kontrollgruppe im Querschnitt miteinander verglichen werden können.

Um eine Unterrichtsreihe zu entwickeln, die auf Seiten der Lernenden zu bedeutsamen Lernzuwächsen hinsichtlich des Fachwissens führen kann, werden insgesamt vier thematische Einheiten à 90 Minuten (acht Einzel- bzw. vier Doppelstunden) konzipiert. Dieses Vorgehen ist sowohl vergleichbar mit ähnlichen Studien (z. B. Prediger & Wessel, 2018, S. 369) als auch bedeutend umfangreicher als die Untersuchung von Brown et al. (2010, S. 1476) und wird daher als ausreichend erachtet. Damit möglichst viele Schulen für die Teilnahme an der Studie gewonnen werden können,

ist die Durchführung der vier Einheiten flexibel in zwei organisatorischen Varianten möglich. Entweder findet der Unterricht kompakt an zwei (bestenfalls aufeinanderfolgenden) projektartig strukturierten Tagen oder integriert in die reguläre Stundentafel als Doppelstunden statt. Das Vorgehen für die Klassen an einer Schule ist aus Gründen der Vergleichbarkeit dabei identisch.

Die Überlegungen hinsichtlich der thematischen Gestaltung der Unterrichtsreihe möchte ich im nächsten Abschnitt darlegen, bevor in Kapitel 7 die genaue inhaltliche, didaktische und methodische Planung Schwerpunkt meiner Darstellungen sein wird.

6.3 Begründung der Themenwahl

Die zu entwickelnde Unterrichtsreihe wird im Themenfeld „Salze – Gegensätze ziehen sich an“ angesiedelt, welches nach den Vorgaben des Rahmenlehrplans der Länder Berlin und Brandenburg im Fach Chemie der Doppeljahrgangsstufe 7/8 zu verorten ist (SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015, S. 36). Neben der Betrachtung der Eigenschaften von Salzen und der Diskussion des Vorkommens sowie unterschiedlicher Verwendungsmöglichkeiten dieser Stoffgruppe, steht in erster Linie die Erarbeitung des Aufbaus von Ionensubstanzen und damit die Einführung von Ionen als neuer Teilchenart im Vordergrund dieses Themenfeldes (SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015, S. 36). Im Zuge der Konzeption der Unterrichtsreihe habe ich mich aus den folgenden Gründen für die Einführung des Aufbaus von Ionensubstanzen aus elektrisch geladenen Teilchen und die Betrachtung des Lösevorgangs von Salzen in Wasser entschieden:

- Das Themenfeld lässt sich dem erweiterten Anfangsunterricht im Fach Chemie zuordnen. Demzufolge hatten die Lernenden bereits in überschaubarem Maße die Gelegenheit, sich mit chemiebezogenen Konzepten und der korrespondierenden Fachsprache auseinanderzusetzen.
- An den meisten Schulen wird – häufig sogar unmittelbar – vor „Salze – Gegensätze ziehen sich an“ das Themenfeld „Wasser – eine Verbindung“ behandelt (SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015, S. 34). Dadurch ist den Schüler*innen die Bedeutung des Stoffes Wasser als Lösungsmittel i. a. R. geläufig und grundlegende Kenntnisse zum Aufbau aus Wassermolekülen und zum Dipolcharakter sind bereits vorhanden (SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015, S. 34 f.).
- Auf Seiten der Schüler*innen kann weiterhin von Vorwissen zu chemischen Reaktionen, dem Periodensystem der Elemente und der Stoffgruppe Gase ausgegangen werden (SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015, S. 30 ff.).
- Weiterhin bedingt die Einführung von Ionen als bislang unbekannte Teilchenart, dass eine nennenswerte Zahl neuer Fachtermini, wie *Ion*, *Ionenbindung*, *Ionen-substanz* und *Kristallgitter*, neu erworben werden muss. Der Rahmenlehrplan gibt

an dieser Stelle explizit eine Liste mit Fachtermini vor, die im Themenfeld einzuführen sind (SenBJF Berlin & MBSJ Brandenburg, 2015, S. 36). Gleichzeitig führen viele gängige Schulbücher für das Fach Chemie weitere, mit den rahmenlehrplanrelevanten Fachtermini verwandte Wörter ein, z. B. *Anion*, *Kation*, *Natriumchlorid*, *Hydratation*, *Hydrathülle* und *gesättigte Lösung* (z. B. Bloss et al., 2016).

Eingebettet wird die Erarbeitung der neuen Fachkonzepte in einen durch den Rahmenlehrplan vorgeschlagenen Kontext: die Untersuchung von Salzen am und im Toten Meer (SenBJF Berlin & MBSJ Brandenburg, 2015, S. 36). Ein kontextorientierter Chemieunterricht zielt darauf ab, die fachlichen Inhalte über Bezüge zur konkreten Lebenswelt der Schüler*innen zu vermitteln und dabei das Interesse der Lernenden zu fördern, indem die Relevanz der Inhalte verdeutlicht wird (van Vorst et al., 2018). Untersuchungen von van Vorst et al. (2018) haben gezeigt, dass im Gegensatz zu alltagsbezogenen und aktuellen Kontexten vor allem besondere Kontexte förderlich für das situationale Interesse der Lernenden sein können.

In Abbildung 5 ist das resultierende Studiendesign, das der beschriebenen Untersuchung zugrunde liegt, überblickshaft dargestellt.

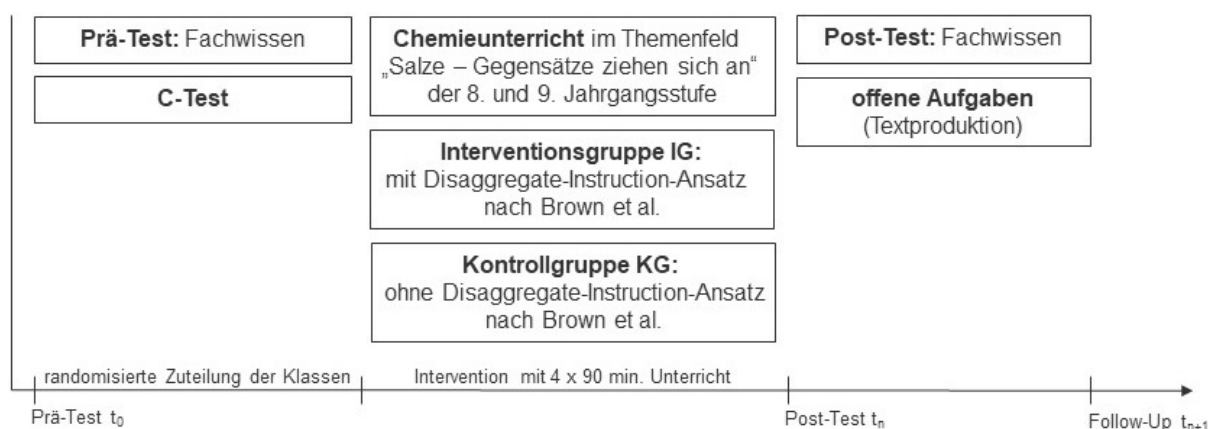


Abbildung 5. Design der Interventionsstudie anhand des geplanten zeitlichen Ablaufs.

6.4 Beschreibung der geplanten Stichprobe

Die vorliegende Studie zielt darauf ab, die Wirksamkeit sprachsensibler Ansätze im Chemieunterricht der Sekundarstufe I vergleichend zu analysieren. Als inhaltlicher Schwerpunkt wurde in Abschnitt 6.3 die Wahl des Themenfeldes „Salze – Gegensätze ziehen sich an“ begründend hergeleitet. Demnach sollen Klassen der achten Jahrgangsstufe unterschiedlicher weiterführender Schulformen (Gymnasium und Integrierte Sekundarschule) für die Studienteilnahme gewonnen werden.

Unter Berücksichtigung der charakteristischen Zusammensetzung der Schülerschaft in der Metropolregion Berlin-Brandenburg erwarte ich eine sprachlich heterogene Stichprobe. Mit Blick auf die amtliche Bildungsstatistik der Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie (2021) offenbart sich, dass im Mittel 39,3% aller Schüler*innen an Berliner Schulen über eine nichtdeutsche Herkunftssprache verfügen. Dabei ist der Anteil an Integrierten Sekundarschulen mit 41,3% höher als an Gymnasien mit 27,3% (SenBJF Berlin, 2021, S. 8). Bezirke mit einem überdurchschnittlich hohen Anteil an Lernenden mit nichtdeutscher Herkunftssprache sind Mitte, Friedrichshain-Kreuzberg, Charlottenburg-Wilmersdorf, Spandau, Tempelhof-Schöneberg, Neukölln und Reinickendorf (SenBJF Berlin, 2021, S. 8). In diesen Bezirken und dort speziell an Integrierten Sekundarschulen lässt sich also ein besonders geeignetes Umfeld für das dieser Studie zugrundeliegende Erkenntnisinteresse erwarten¹¹.

Es wird angestrebt, dass sich pro Schule mindestens zwei oder bestenfalls vier Klassen zur Teilnahme bereit erklären, sodass jeweils die gleiche Anzahl an Klassen der Interventions- und der Kontrollbedingung randomisiert zugewiesen werden können. Mit Blick auf die Empfehlungen zur Datenauswertung in cluster-randomisierten Interventionsstudien von Leyrat et al. (2018) erscheint es erstrebenswert, und gleichwohl realistisch, zwischen zehn und zwanzig Klassen bzw. Cluster für die Studienteilnahme zu gewinnen (s. Abschn. 9.1.2). Bei einer durchschnittlichen Klassengröße von 25 Schüler*innen an Integrierten Sekundarschulen und 29 Schüler*innen an Gymnasien gehe ich rechnerisch von 270 bis 540 Schüler*innen in der Gesamtstichprobe aus (SenBJF Berlin, 2022).

¹¹ Nichtsdestotrotz sollte – wie in Abschn. 2.1 betont wird – beachtet werden, dass die nichtdeutsche Herkunftssprache nicht alleine über die Bildungschancen von Kindern und Jugendlichen entscheidet.

7 Gestaltung der Unterrichtsreihe

Nachdem ich nun den methodischen Rahmen meines Dissertationsprojektes und die zentralen Schwerpunkte des Studiendesigns vorgestellt habe, möchte ich im nächsten Kapitel die Konzeption der Unterrichtsintervention im Detail entfalten.

7.1 Sachanalytische Erschließung des Lösevorgangs von Salzen in Wasser

In diesem Kapitel möchte ich offenlegen, wie sich das Themenfeld „Salze – Gegensätze ziehen sich an“ (SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015, S. 36) sachanalytisch für die dieser Studie zugrundeliegende Unterrichtsreihe erschließen lässt. Neben strukturellen Betrachtungen der Stoffgruppe der Salze (s. Abschn. 7.1.1) und des Lösungsmittels Wasser (s. Abschn. 7.1.2) fokussiere ich auf die Prozesse des Lösens von Salzen in Wasser sowie des Auskristallisierens von festem Salz aus einer Salzlösung (s. Abschn. 7.1.3). Als besonderer Kontext für die Unterrichtsreihe fungiert das Tote Meer, dessen geophysikalische und geochemische Merkmale ich ebenfalls darstellen werde (s. Abschn. 7.1.4).

7.1.1 Salze als Ionenverbindungen: Struktur und Eigenschaften

Salze als Stoffgruppe faszinieren und prägen die Menschheit bereits seit Tausenden von Jahren (Keel & Küchler, 1982). In der vorindustriellen Zeit waren Salze – allen voran Kochsalz und Pökelsalz – noch besonders kostbar und dienten daher als wertvolle Tauschobjekte. Mit den modernen, industriellen Verfahren der Salzgewinnung begann jedoch der Aufstieg zu einem der verbreitetsten und preiswertesten Alltagsprodukte, z. B. zum Würzen von Speisen oder zur medizinischen bzw. kosmetischen Anwendung (z. B. Círrillo et al., 1994). Die zahlreichen charakteristischen Anwendungsfelder von Salzen beruhen auf den vielfältigen spezifischen Struktur-Eigenschafts-Beziehungen der Stoffgruppe der Salze, welche wiederum maßgeblich auf den Aufbau aus geladenen Teilchen, den Ionen, zurückzuführen sind.

Bei Ionen handelt es sich – im Gegensatz zu den Atomen – um eine Teilchenart, die sich durch eine positive oder negative elektrische Ladung auszeichnet (Holleman et al., 2017, S. 57). Bei elektrisch positiv geladenen Teilchen spricht man von Kationen; im Fall von elektrisch negativ geladenen Teilchen von Anionen (Riedel & Janiak, 2022, S. 74). Die unterschiedliche elektrische Ladung von Kationen und Anionen verursacht gegenseitige Anziehungskräfte, welche schlussendlich zur chemischen Bin-

dung führen, die als Ionenbindung, ionische Bindung oder heteropolare Bindung bezeichnet wird (Holleman et al., 2017, S. 129). Im Gegensatz zur kovalenten Elektronenpaar- bzw. Atombindung bestehen bei Ionenbindungen ungerichtete, elektrostatische Anziehungskräfte zwischen den Teilchen (Holleman et al., 2017, S. 129; Riedel & Janiak, 2022, S. 74). Das Modell der Ionenbindung beschreibt eine Art „Idealfall“; die Bindung in Salzen ist nie rein ionisch, sondern besitzt stets auch einen kovalenten Charakter (Holleman et al., 2017, S. 158f.). Wenn der Anteil der ionischen Bindung den der kovalenten überwiegt, spricht man von einer Ionenverbindung, im gegenteiligen Fall von einer Atomverbindung (Holleman et al., 2017, S. 155). Als Entscheidungskriterium kann man nach den Empfehlungen von Holleman et al. (2017, S. 157) die Elektronegativitäten – als Größe für das Bestreben von Atomen, die Bindungselektronen zu sich zu ziehen – nutzen: Ist die Differenz zwischen den Elektronegativitätswerten der Bindungspartner größer als 2, so überwiegt der ionische den kovalenten Charakter und es liegt formal eine Ionenverbindung vor (Holleman et al., 2017, S. 159). Als Triebkraft für die Ausbildung der Ionenbindung dient die Eigenschaft von Atomen, Elektronen aufzunehmen oder abzugeben, um somit die Edelgaskonfiguration und damit den energieärmsten Zustand zu erreichen (Holleman et al., 2017, S. 129). Um exakt berechnen zu können, mit welchem Energiegewinn oder -aufwand Atome ionisiert werden können, wurden zwei Größen – die Ionisierungsenergie I und die Elektronenaffinität E_{ea} – eingeführt. „Die Ionisierungsenergie I eines Atoms ist die Mindestenergie, die benötigt wird, um ein Elektron vollständig aus dem Atom zu entfernen“ (Riedel & Janiak, 2022, S. 66). Die Elektronenaffinität E_{ea} „ist die Energie, die frei wird (negative E_{ea} -Werte) oder benötigt wird (positive E_{ea} -Werte), wenn an ein Atom ein Elektron unter Bildung eines negativ geladenen Ions angelagert wird“ (Riedel & Janiak, 2022, S. 68). Atome mit einer geringen Elektronegativität weisen niedrigere Ionisierungsenergien auf und tendieren dazu, Elektronen abzugeben, um folglich positiv geladene Kationen auszubilden; Atome mit hoher Elektronegativität nehmen aufgrund negativer Elektronenaffinität eher Elektronen auf und bilden infolgedessen negativ geladene Anionen aus (Riedel & Janiak, 2022, S. 77).

Infolge der Entstehung ionischer Bindungen ordnen sich die Teilchen so an, dass entgegengesetzt geladene Ionen sich möglichst nah beieinander befinden und gleich geladene Ionen einen möglichst großen Abstand voneinander einnehmen. Diese Anordnung führt dazu, dass Salze submikroskopisch betrachtet ein dreidimensionales Ionengitter (auch Kristallgitter genannt; s. Abbildung 6) und makroskopisch betrachtet Kristalle ausbilden (Holleman et al., 2017, S. 129).

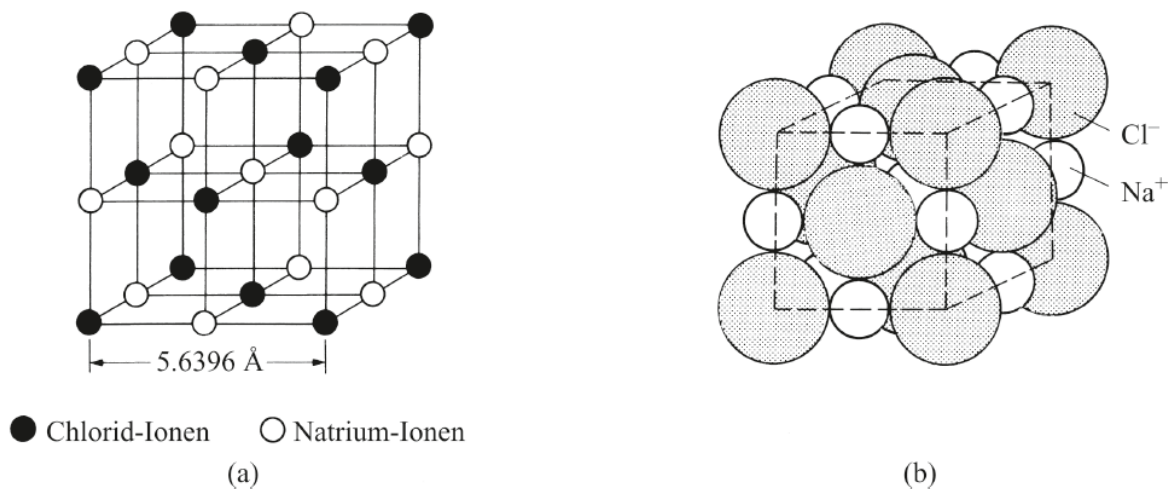


Abbildung 6. Modellhafte Darstellung der Kristallstruktur von Natriumchlorid: (a) Ladungsschwerpunkte der Ionen; (b) Raumerfüllung der Ionen in der kubisch dichtesten Kugelpackung aus Holleman et al. (2017, S. 134).

„[W]enn sich Ionen aus unendlicher Entfernung einander annähern und zu einem Ionenkristall ordnen“ (Riedel & Janiak, 2022, S. 89), so wird die sogenannte Gitterenergie freigesetzt. Die Ladungen und Größenverhältnisse der Ionenradien von Kationen und Anionen zueinander bestimmen die konkrete Art der Anordnung im Kristallgitter (Holleman et al., 2017, S. 138 f.). Der wohl prominenteste Vertreter aus der Stoffgruppe der Salze, das Natriumchlorid (Trivialname: Kochsalz), besteht aus einfach positiv geladenen Natrium-Kationen und einfach negativ geladenen Chlorid-Anionen im Verhältnis 1:1. Der Ionenradius (nach Shannon und Prewitt) von Natrium-Kationen beträgt 1,16 Å; der von Chlorid-Anionen 1,67 Å (Holleman et al., 2017, S. 139); somit besetzen die kleineren Natrium-Kationen die freien Räume zwischen den größeren Chlorid-Anionen. Diese Anordnung wird als kubisch dichteste Kugelpackung bezeichnet (s. Abbildung 6b). Die Koordinationszahl 6 ergibt sich daraus, dass sich um jedes Natrium-Kation sechs Chlorid-Anionen anordnen und um jedes Chlorid-Anion sechs Natrium-Kationen (Riedel & Janiak, 2022, S. 74). Diese Anordnung führt dazu, dass sich entlang der drei Raumkoordinaten Natrium- und Chlorid-Ionen jeweils abwechseln (Riedel & Janiak, 2022, S. 74). Da diese sogenannte Natriumchlorid-Struktur sehr typisch für viele Salze ist (z. B. auch Lithiumchlorid und Kaliumchlorid), dient sie als eine Art Prototyp in der Beschreibung von Kristallstrukturen mit der Koordinationszahl 6 (Riedel & Janiak, 2022, S. 74 f.).

Die starken Anziehungskräfte zwischen unterschiedlich geladenen Ionen führen zu charakteristischen Eigenschaften von Ionenverbindungen. Salze liegen bei Raumtemperatur im festen Aggregatzustand vor. Dementsprechend weisen sie vergleichs-

weise hohe Schmelz- und Siedetemperaturen auf, die auf die Größe der Gitterenergie zurückzuführen sind (Holleman et al., 2017, S. 130f.). Beispielsweise schmilzt Natriumchlorid bei 800 °C; Magnesiumoxid bei 2.642 °C (Riedel & Janiak, 2022, S. 92). Eine empirische Bestimmung der Gitterenergie als Ergebnis mehrerer Teilschritte ermöglicht der sogenannte *Born-Haber-Kreisprozess*, der auf dem *Satz von Hess* basiert (Holleman et al., 2017, S. 133; Riedel & Janiak, 2022, S. 95f.). Riedel und Janiak (2022, S. 95) veranschaulichen die Bildung von Natriumchlorid aus den Elementen wie folgt:

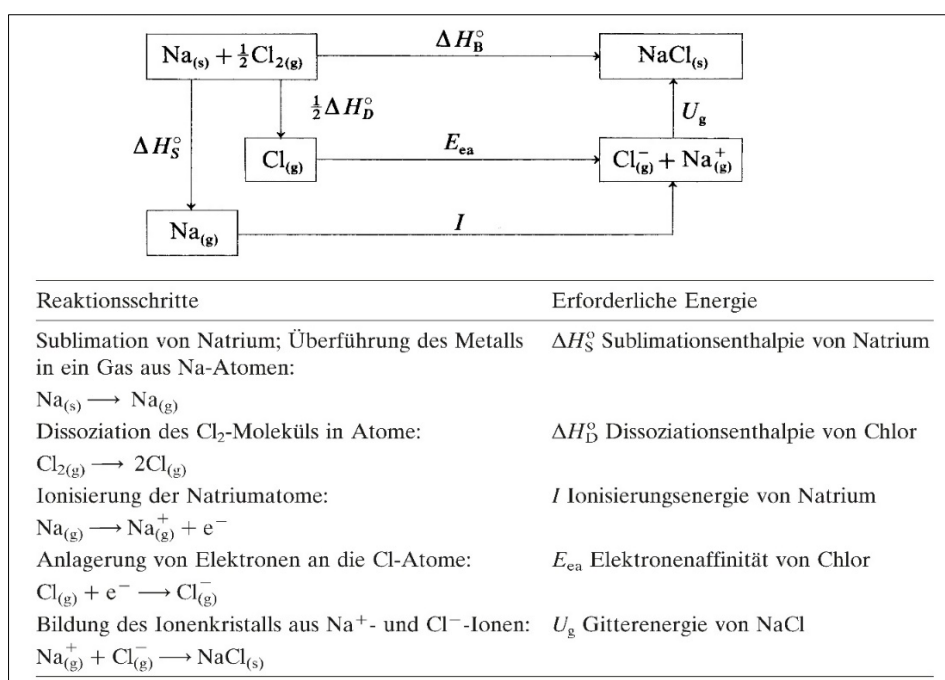
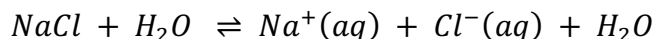


Abbildung 7. Schematische Darstellung des *Born-Haber-Kreisprozesses* zur Veranschaulichung der Bildung von Natriumchlorid aus den Elementen Natrium und Chlor anhand hypothetischer Reaktionsschritte mit Bezeichnung der jeweils freiwerdenden oder benötigten Energie, entnommen aus Riedel & Janiak (2022, S. 95).

Die Gitterenergie eines Salzes ist umso größer, je höher die Ladung der Ionen und je kleiner der Abstand zwischen den entgegengesetzt geladenen Ionen ist (Holleman et al., 2017, S. 133). Salzkristalle sind hart und spröde, sodass sie bei Einwirkung größerer mechanischer Kräfte von außen (z. B. Schlag mit einem Hammer) brechen oder zerspringen. Holleman et al. (2017, S. 130) erklären diese Eigenschaft damit, dass das statische Ionengitter kurzzeitig verschoben wird und gleich geladene Ionen sich folglich für kurze Zeit abstoßen. Wenn frei bewegliche Ionen vorliegen, was in Lösung oder in der Schmelze der Fall ist, leiten Salze den elektrischen Strom – Stromfluss ist im festen Zustand hingegen nur bei sehr hohen Temperaturen nachzuweisen (Holleman et al., 2017, S. 130). Aus der Beobachtung, dass

sich in wässriger Lösung die positiv geladenen Kationen zur negativ geladenen Elektrode (Kathode) und die negativ geladenen Anionen zur positiv geladenen Elektrode (Anode) bewegen, resultierte die Bezeichnung dieser Teilchenarten als Anionen und Kationen (Holleman et al., 2017, S. 130). Viele Salze, beispielsweise Natriumchlorid, sind gut wasserlöslich; sie dissoziieren in wässriger Lösung in die entsprechenden Kationen und Anionen (Holleman et al., 2017, S. 130) (s. Abschn. 7.1.3):



Dass sich viele Salze einerseits sehr gut in Wasser lösen, andererseits das Ionengitter nur durch große mechanische Kräfte oder hohe Temperaturen aufgebrochen werden kann, hängt mit den charakteristischen Struktur-Eigenschafts-Beziehungen des Stoffes Wasser zusammen. Diese lege ich im folgenden Abschnitt offen.

7.1.2 Wasser als polares Lösungsmittel

Neben den skizzierten Struktur-Eigenschafts-Beziehungen der Salze spielen auch die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wassers eine gewichtige Rolle in der Planung und Durchführung der Unterrichtsreihe, die dieser Studie zugrundeliegt. Aufgrund des großen und einzigartigen Vorkommens, nämlich als einziger Stoff auf der Erde in allen drei Aggregatzuständen und als wichtigstes Lösungsmittel, beispielsweise für zahlreiche Salze (Riedel & Janiak, 2022, S. 470), lohnt sich eine genauere Betrachtung der submikroskopischen Struktur der Verbindung Wasser. Im gewinkelten Wassermolekül ist ein Sauerstoffatom mit zwei Wasserstoffatomen kovalent gebunden (s. Abbildung 8).

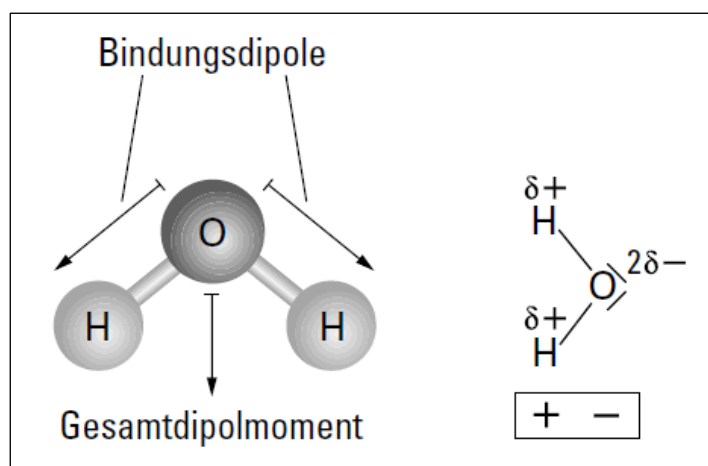


Abbildung 8. Darstellung der Bindungsverhältnisse, Partialladungen (δ^+ und δ^-) und Dipoleigenschaft des Wassermoleküls, aus Grohmann et al. (2011, S. 37).

Die Elektronegativitätsdifferenz zwischen Wasserstoff- und Sauerstoffatomen beträgt 1,3 (Holleman et al., 2017, S. 158). Demzufolge spricht man bei der Wasserstoff-Sauerstoff-Bindung von einer kovalenten und nicht von einer ionischen Bindung (Holleman et al., 2017, S. 158f.). Da das Sauerstoff-Atom die Bindungselektronen jedoch deutlich stärker als die Wasserstoff-Atome (s. Abbildung 8) zu sich zieht, bezeichnet man diese Art von Bindung als polare Atombindung (Holleman et al., 2017, S. 158ff.). Die resultierende Ausbildung positiver und negativer Teil- bzw. Partialladungen in Wassermolekülen, deren Ladungsschwerpunkte nicht zusammenfallen, führt dazu, dass Wassermoleküle als sogenannte Dipole vorliegen (s. Abbildung 8) und demzufolge eine Reihe besonderer Eigenschaften aufweisen (Riedel & Janiak, 2022, S. 132). Die recht hohe Polarität innerhalb der Wassermoleküle bedingt die Ausbildung von sogenannten Wasserstoffbrückenbindungen (auch als Wasserstoffbindungen bezeichnet) zwischen dem partiell negativ geladenen Sauerstoffatom der Wassermoleküle und den partiell positiv geladenen Wasserstoffatomen der anderen Wassermoleküle (Riedel & Janiak, 2022, S. 212f.), wie es in Abbildung 9 modellhaft dargestellt ist:

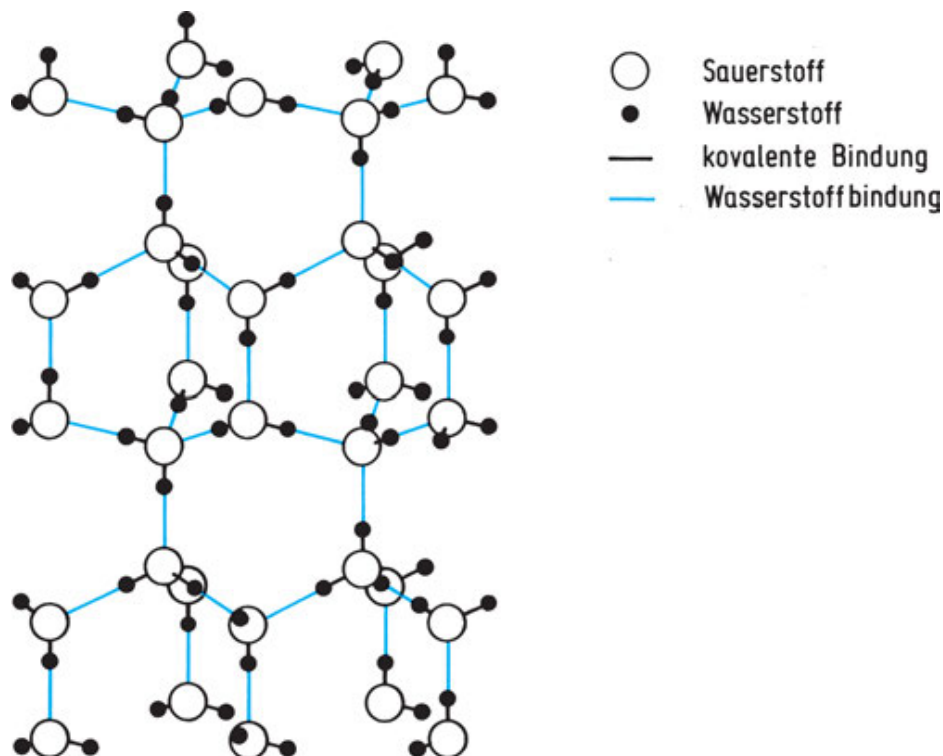


Abbildung 9. Darstellung von Wasserstoff(brücken)bindungen (blau) zwischen Wassermolekülen am Beispiel der Struktur von Eis, aus Riedel und Meyer (2019, S. 275).

Die resultierenden elektrostatischen Anziehungskräfte zwischen den Wassermolekülen erklären die vergleichsweise hohen Schmelz- und Siedetemperaturen (Riedel & Janiak, 2022, S. 214), die unter dem Begriff Anomalie des Wassers subsumiert

werden. Ein weiteres Phänomen, welches sich auf die Anomalie des Wassers zurückführen lässt, ist die Beobachtung, dass der Stoff Wasser seine größtmögliche Dichte bei 4 °C, also im flüssigen und nicht im festen Zustand, erreicht (Riedel & Janiak, 2022, S. 471). Strukturell lässt sich diese Besonderheit dadurch erklären, dass sich die Wassermoleküle beim Schmelzen dichter zusammenlagern können, als es im festen Zustand in der Gitterordnung möglich ist (Riedel & Janiak, 2022, S. 471). Die Dipol-Eigenschaft des Wassermoleküls bedingt außerdem die sehr gute Eignung als Lösungsmittel für andere polare Stoffe, z. B. Salze, Säuren und Basen.

7.1.3 Der Lösevorgang von Salzen in Wasser

Der alltägliche Vorgang, Kochsalz beim Zubereiten von Speisen in Wasser zu lösen, beruht darauf, dass die Ionenverbindung Natriumchlorid chemisch betrachtet sehr gut wasserlöslich ist. In einem Liter Wasser lösen sich bei Raumtemperatur beispielsweise 360 Gramm Natriumchlorid (Küster & Thiel, 1985, S. 138). Natriumchlorid steht mit seiner sehr guten Wasserlöslichkeit stellvertretend für viele, wenngleich bei weitem nicht für alle Salze: So lösen sich in einem Liter Wasser beispielsweise nur 0,9 Gramm Bleiiodid (Küster & Thiel, 1985, S. 138) oder 1,5 Gramm Lithiumfluorid (Küster & Thiel, 1985, S. 137). Um zu verstehen, wie der Lösevorgang einer Ionenverbindung (z. B. Natriumchlorid) in polaren Lösungsmitteln (z. B. Wasser) abläuft, ist es notwendig, das Wissen zur chemischen Struktur von Salzen (Abschn. 7.1.1) und von Wasser (Abschn. 7.1.2) zusammenzuführen.

Die allgemeine Regel „Ähnliches löst sich in Ähnlichem“ (Mortimer & Müller, 2020, S. 211) lässt sich dahingehend spezifizieren, dass sich polare Substanzen in polaren Lösungsmitteln und unpolare Stoffe in unpolaren Lösungsmitteln lösen. Wasser dient aufgrund seines ausgeprägten Dipolcharakters als besonders wichtiges polares Lösungsmittel. Beim Lösen einer Ionenverbindung in Wasser kommt es zu Wechselwirkungen zwischen den Anziehungskräften der Anionen des Salzes und den positiven Partialladungen der Wassermoleküle sowie zwischen den Anziehungskräften der Kationen des Salzes und den negativen Partialladungen der Wassermoleküle (Mortimer & Müller, 2020, S. 212). Da die äußeren Ionen des Kristallgitters nicht komplett von entgegengesetzt geladenen Ionen umgeben sind, werden sie nicht so stark im Ionenverbund gehalten, wie die Ionen im Inneren des Gitters (Grohmann et al., 2011, S. 65). Durch die Wechselwirkungen zwischen den Ionen und den Polen der Wassermoleküle werden die Ionen von den Ecken und Kanten ausgehend sukzessive aus dem Kristallgitter herausgelöst. Dabei ordnen sich die Wassermoleküle in einer Art Hülle um die Ionen an; man spricht davon, dass die Ionen hydratisiert sind und nennt die Hülle aus Wassermolekülen Hydrathülle (Mortimer & Müller, 2020, S.

212). Die Ausrichtung der Wassermoleküle in den Hydrathüllen richtet sich dabei nach der Ladung der Ionen: Anionen werden so hydratisiert, dass die positiven Partialladungen der Wassermoleküle zu ihnen zeigen; Kationen werden so hydratisiert, dass die negativen Partialladungen der Wassermoleküle zu ihnen zeigen (Mortimer & Müller, 2020, S. 212; s. Abbildung 10).

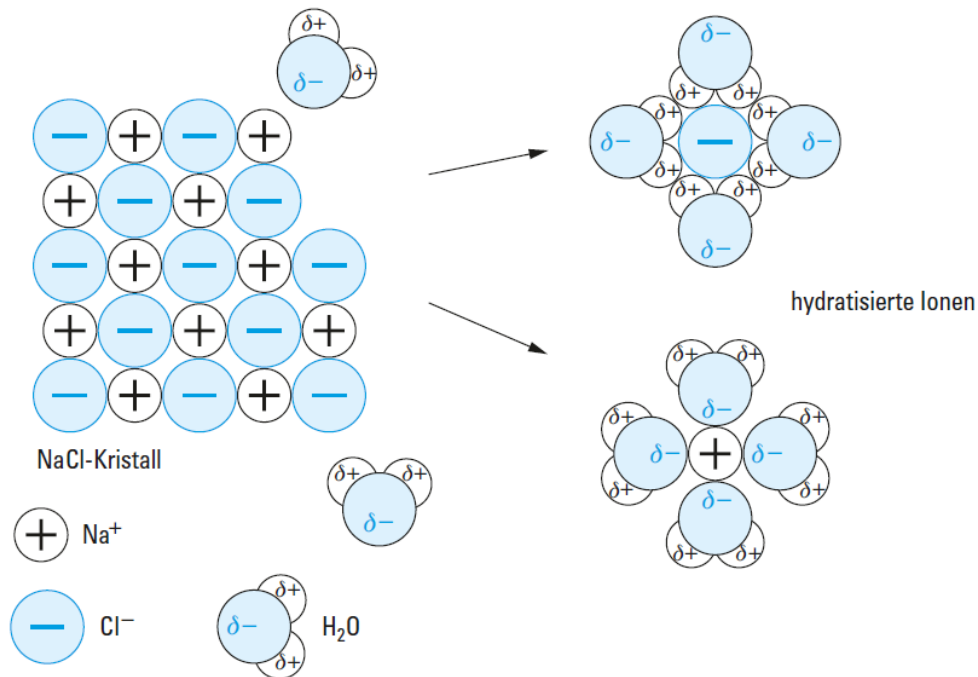


Abbildung 10. Modellhafte Darstellung des Lösens von Natriumchlorid in Wasser unter Entstehung von hydratisierten Ionen (aus Riedel & Janiak, 2022, S. 337).

Wie viele Wassermoleküle sich jeweils um ein Ion anordnen, hängt von unterschiedlichen Faktoren ab, z. B. der Größe des Ions und der Konzentration der Lösung: Untersuchungen haben gezeigt, dass ein hydratisiertes Natrium-Kation statistisch betrachtet von 4,5 bis 5,3 Wassermolekülen (Mancinelli et al., 2007, S. 13572) und ein hydratisiertes Chlorid-Ion im Mittel von $5,6 \pm 1,6$ bis $6,1 \pm 1,1$ Wassermolekülen (Mancinelli et al., 2007, S. 13574) umgeben ist.

Die Wärmemenge, die beim Lösen eines Stoffes in Wasser benötigt oder freigesetzt wird, bezeichnet man als Lösungsenthalpie (Mortimer & Müller, 2020, S. 213). Die Lösungsenthalpie setzt sich zusammen aus dem Energiebetrag, der für den Abbau des Kristallgitters gebraucht wird (vgl. Gitterenergie in Abschn. 7.1.1), und dem Energiebetrag, der bei der Hydratation der Ionen frei wird, welcher Hydratationsenthalpie genannt wird (Mortimer & Müller, 2020, S. 213). Demzufolge wird beim Lösevorgang Energie in Form von Wärme freigesetzt, wenn der Betrag der Hydratationsenthalpie größer ist als der Betrag der Gitterenergie (Mortimer & Müller, 2020, S. 213 f.); dies ist beispielsweise beim Lösen von Calciumchlorid in Wasser zu beobachten (Riedel

& Janiak, 2022, S. 338). Im entgegengesetzten Fall (Betrag der Hydratationsenthalpie ist kleiner als der Betrag der Gitterenergie) wird Energie in Form von Wärme beim Lösen aufgenommen. Dies ist z. B. beim Lösen von Calciumchlorid-Hexahydrat in Wasser erkennbar (Riedel & Janiak, 2022, S. 368).

Der Terminus Löslichkeit bezeichnet die maximale Menge eines Stoffes, die sich bei einer bestimmten Temperatur in einer definierten Menge eines Lösungsmittels löst (Riedel & Janiak, 2022, S. 341). Ist bei einem Lösevorgang die maximale Stoffmenge des Stoffes erreicht, die sich in dem Lösungsmittel (bei entsprechender Temperatur) lösen kann, so spricht man von einer gesättigten Lösung (Riedel & Janiak, 2022, S. 341). Ist die Konzentration des gelösten Stoffes geringer als seine Löslichkeit, so spricht man von einer untersättigten Lösung; gelingt es, durch Erhitzen der Lösung eine Konzentration des gelösten Stoffes zu erreichen, die seine Löslichkeit übersteigt, liegt eine übersättigte Lösung vor (Mortimer, 1976, S. 228).

Der dem Löseprozess entgegengesetzte Vorgang ist das Auskristallisieren eines Salz aus seiner Lösung heraus (Grohmann et al., 2011, S. 66). Dabei findet ein Übergang des Salzes von der flüssigen Phase (Salzlösung) in die feste Phase (Salzkristalle) statt (Riedel & Janiak, 2022, S. 284). Gleichzeitig wird das Stoffgemisch Salzlösung in die beiden Komponenten Wasser und Salz aufgetrennt. Das Trennverfahren basiert darauf, dass Wasser mit 100 °C eine deutlich niedrigere Siedetemperatur besitzt als Salze und somit bei hinreichender Energiezufuhr verdampft.

7.1.4 Das Tote Meer – salzreicher See und bedrohter Lebensraum¹²

Das Verhältnis von gelöstem Salz zum Lösungsmittel Wasser spielt in den Weltmeeren und anderen salzhaltigen Gewässern geochemisch betrachtet eine besondere Rolle. Beispielsweise lässt sich das Tote Meer zwischen Jordanien, Israel und dem Westjordanland in einem sehr großen Maßstab als gesättigte Salzlösung bezeichnen. Das Tote Meer stellt mit seiner Lage von bis zu 411 Metern unter dem Meerespiegel den tiefsten Punkt auf der Erdoberfläche dar (Asmar, 2003, S. 325). Der mindestens ungewöhnliche – wenn nicht sogar irreführende – Name *Totes Meer* geht

¹² Naturwissenschaftliche Erkenntnisse aus den Themenbereichen ‚Struktur-Eigenschafts-Beziehungen der Stoffgruppe Salze und des Stoffes Wasser‘ sowie ‚physikalisch-chemische Besonderheiten beim Lösen von Salzen in Wasser‘ bieten zahlreiche Anknüpfungspunkte, wenn es darum geht, bildungswirksame Lernangebote für einen zeitgemäßen Chemieunterricht zu entwickeln. Ein geo-ökologisch besonders relevantes Themengebiet stellt m. E. das Thema ‚Das Tote Meer – salzreicher See und bedrohter Lebensraum‘ dar. Bevor ich auf die Planung der Unterrichtsreihe (s. Abschn. 7.2) fokussiere, werde ich in diesem Abschnitt die eher geowissenschaftlich relevanten Aspekte vorstellen, die im Zuge der chemiedidaktisch begründeten Entwicklung der Unterrichtsreihe von Bedeutung sind.

auf Beobachtungen aus der Antike zurück. Galenus berichtete in seinen Überlieferungen von der scheinbaren Abwesenheit jeglichen tierischen und pflanzlichen Lebens im Toten Meer und seiner unmittelbaren Umgebung (Keel & Kuchler, 1982, S. 239).

Irreführend ist der Name einerseits, weil es sich beim Toten Meer nicht um ein Meer, sondern geologisch betrachtet um einen salzhaltigen See handelt, in dem vor allem Natrium-, Kalium-, Magnesium- und Calciumchloride (und in geringeren Konzentrationen auch Bromide, Sulfate und Hydrogencarbonate) gelöst sind (Bawab et al., 2018, S. 3; Nissenbaum, 1975, S. 142). Andererseits ist der Begriff *Totes Meer* unzutreffend, da der Salzgehalt als charakteristisches Merkmal mit über 330 Gramm je Liter Wasser (Asmar, 2003; Asmar & Ergenzinger, 2002; Bawab et al., 2018) zwar zu den weltweit höchsten aller Gewässer zählt, im Toten Meer und seiner Umgebung jedoch trotzdem eine Vielzahl besonderer Lebewesen, vor allem Mikroorganismen, vorkommen (Boetius & Joye, 2009; Nissenbaum, 1975).

Verschiedene Faktoren haben in den zurückliegenden Jahrzehnten zu einer kontinuierlichen Abnahme der Fläche des Toten Meeres geführt: Zum einen liegt das Gewässer in einer sehr niederschlagsarmen Region; zum anderen wird durch die industrielle Salzgewinnung und die landwirtschaftliche Bewässerung zunehmend Wasser aus dem Toten Meer und seinem einzigen wesentlichen Zufluss, dem Jordan, entnommen (Asmar, 2003; Asmar & Ergenzinger, 2002, S. 263; Boetius & Joye, 2009, S. 1524). Der Rückgang der Wassermenge sowie des Grundwasserpegels in der Region und eine Häufung von Erosionsprozessen geht mit einer zunehmenden Entstehung von Senklöchern einher (Arkin & Gilat, 2000). Wenngleich sich die wissenschaftliche Gemeinschaft einig scheint, dass ein komplettes Austrocknen des Toten Meeres, aufgrund der verringerten Verdunstung des stark mit Salzen angereicherten Wassers in der näheren Zukunft sehr unwahrscheinlich ist, existieren seit einiger Zeit Pläne, die ursprüngliche Ausdehnung des Sees wiederherzustellen (Asmar, 2003). Viel diskutiert wurden die Bestrebungen, einen Kanal oder eine Pipeline zwischen dem Roten Meer und dem Toten Meer zu bauen, wodurch der Zufluss von Wasser aus dem Roten Meer zu einer allmählichen Wiederherstellung des Wasserstandes im Toten Meer beitragen würde (Asmar, 2003). Aufgrund anhaltender, sich momentan weiter zuspitzender politischer Spannungen in der Region sowie ungeklärter finanzieller Fragen bestehen aktuell, wie lokale Medien berichten, jedoch keine realistischen Aussichten, dass dieses Vorhaben umgesetzt wird (Staff, 2021; Surkes, 2019).

7.2 Planung der Intervention: Didaktisch-methodische Überlegungen zur Unterrichtsreihe „Das Tote Meer stirbt!“

In diesem Kapitel lege ich dar, wie aufbauend auf die grundlegenden Ausführungen zum Studiendesign (s. Kap. 6) und die sachanalytische Erschließung des Themenfelds *Salze und der Lösevorgang* (s. Abschn. 7.1) eine sprachensible, problem- und kontextorientierte Unterrichtsreihe mit dem Titel „Das Tote Meer stirbt!“ entsteht. Dafür stelle ich zunächst heraus, inwieweit die Unterrichtsreihe dazu beiträgt, dass Schüler*innen chemiebezogene Kompetenzen weiterentwickeln (s. Abschn. 7.2.1) und in welchem Maße die zu erlernenden Fachinhalte im Sinne der didaktischen Reduktion an den schülerseitigen Voraussetzungen ausgerichtet sind (s. Abschn. 7.2.2). Anschließend erläutere ich lernpsychologische und motivationale Prinzipien, welche die Konzeption der Unterrichtsreihe maßgeblich bestimmen (s. Abschn. 7.2.3). Die Darstellung, auf welche Weise die Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* angewendet werden, schließt das Kapitel ab (s. Abschn. 7.2.4).

7.2.1 Anknüpfung der Unterrichtsreihe an bildungspolitische Vorgaben

Die Bildungsstandards im Fach Chemie (KMK, 2005b) beschreiben vier Kompetenzbereiche: Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung. Innerhalb dieser vier Bereiche wird jeweils eine Reihe von Kompetenzstandards aufgeführt, die darstellen, wozu Schüler*innen mit Erlangen des mittleren Schulabschlusses fähig sein sollten.

So unterteilt sich der Kompetenzbereich Fachwissen in die vier Basiskonzepte *Stoff-Teilchen-Beziehungen*, *Struktur-Eigenschafts-Beziehungen*, *chemische Reaktion* und *energetische Betrachtung bei Stoffumwandlungen* (KMK, 2005, S. 11 f.). Im Rahmen dieser Basiskonzepte erarbeiten sich die Lernenden im Laufe der Unterrichtsreihe beispielsweise ein Verständnis des Lösevorgangs von Salzen in Wasser auf submikroskopischer Ebene (Stoff-Teilchen-Beziehungen) und stellen Zusammenhänge zwischen der chemischen Struktur von Salzen und den charakteristischen Eigenschaften (Struktur-Eigenschafts-Beziehungen) her. Neben dem nachhaltigen Aufbau von Fachwissen liegt der Fokus der Unterrichtsreihe hinsichtlich der Kompetenzentwicklung im Bereich Kommunikation (KMK, 2005, S. 12 f.). Insbesondere das Herstellen von Zusammenhängen zwischen Alltagsphänomenen (Lösen von Salz) und chemischen Sachverhalten (submikroskopische Struktur von Salzen und Wasser) mittels Alltags- und Fachsprache sowie das situationsgerechte und adressatenorientierte Präsentieren werden gezielt gefördert (KMK, 2005, S. 12 f.).

Während schwerpunktmäßig eine Kompetenzentwicklung in den Bereichen Fachwissen und Kommunikation angestrebt wird, finden durch die Unterrichtsreihe auch die beiden anderen Kompetenzbereiche Berücksichtigung. Bezüglich der Erkenntnisgewinnung werden die Schüler*innen Fragen zu den geochemischen Besonderheiten des Salzvorkommens im Toten Meer formulieren und, beispielsweise unter Verwendung geeigneter Modelle oder Experimente, zu beantworten versuchen (KMK, 2005b, S. 12). Kompetenzen im Bereich der Bewertung werden beispielsweise dahingehend gefördert, dass die Schüler*innen ihre fachlichen Erkenntnisse aus der Unterrichtsreihe nutzen, um gesellschaftlich relevante Probleme, z. B. hinsichtlich der Zukunft des Toten Meeres, zu diskutieren (KMK, 2005b, S. 13).

Neben den Bildungsstandards stellt der Rahmenlehrplan Chemie für die Jahrgangsstufen 7 bis 10 der Länder Berlin und Brandenburg für die Planung der Unterrichtsreihe einerseits ein wichtiges Werkzeug dar und beinhaltet andererseits verbindliche Vorgaben zur Ausgestaltung des Themenfelds „Salze – Gegensätze ziehen sich an“ (SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015b, S. 36). So bilden die Einführung von Ionen als neuer Teilchenart und der Ionenbindung als neuer Bindungsart wichtige Grundlagen, um die charakteristischen Eigenschaften von Ionensubstanzen, wie die Löslichkeit in Wasser, verstehen zu können (SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015b, S. 36). Darüber hinaus sind im Rahmenlehrplan Fachtermini aufgeführt, die im Rahmen des Themenfelds einzuführen und von den Schüler*innen zu erlernen sind (SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015b, S. 36). Diese bilden vor allem für die Trennung der konzeptuellen Erarbeitung von der Einführung neuer Fachtermini im Sinne des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* (s. Abschn. 7.2.4) eine wertvolle Ressource.

7.2.2 Überlegungen zur Passung zwischen den fachlichen Inhalten und den Lernvoraussetzungen der Schüler*innen

Die in Abschnitt 7.1 beschriebenen fachlichen Wissenselemente, die mit einem umfassenden chemischen Verständnis des Lösevorgangs von Salzen in Wasser verbunden sind, gehen über das Niveau des Chemieunterrichts in der Sekundarstufe I hinaus (s. Abschn. 7.2.1). Damit die komplexen Fachinhalte unter Berücksichtigung der Lernvoraussetzungen auf Seiten der Schüler*innen angemessen vermittelt werden können, bedarf es der Anpassung in Form einer didaktischen Reduktion. Unter didaktischer Reduktion verstehe ich eine Rückführung des Sachverhalts auf wesentliche Aspekte mit dem Ziel, ihn für die Schüler*innen besser greifbar und verständlich zu machen (Lehner, 2020, S. 11; Steller et al., 2019, S. 12). Da die Unterrichtsreihe

in Klassen verschiedener gymnasialer und nicht-gymnasialer Schulen eingesetzt wird und die Klassen mit Ausnahme von Vorgesprächen mit den Fachlehrkräften weitgehend unbekannt sind, bezieht sich die didaktische Reduktion vor allem auf die Passung mit den Vorgaben des Lehrplans (Lehner, 2020, S. 12; SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015b, S. 36).

Streller und Kolleg*innen (2019, S. 13 ff.) schlagen für den Chemieunterricht drei mögliche Herangehensweisen bei der didaktischen Reduktion vor: Rückführung auf das Qualitative, Vernachlässigung und Überführung in bildhaft-symbolische Darstellungen. Hinsichtlich einer Beschränkung auf qualitative Betrachtungen (Lehner, 2020, S. 131) wird im Einklang mit dem Rahmenlehrplan auf die Quantifizierung energetischer Aspekte genauso wie auf die experimentelle Bestimmung und mathematische Berechnung von Löslichkeiten verzichtet. Zunächst ist es entscheidend, ein grundlegendes Verständnis des chemischen Aufbaus und des Lösevorgangs zu gewinnen; eine Quantifizierung kann sich im Falle der Löslichkeiten daran anschließen bzw. ist hinsichtlich der energetischen Betrachtungen erst für die Sekundarstufe II vorgesehen (SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2021). Vernachlässigung als weitere Strategie, also das Eliminieren von Störgrößen, Nebenprodukten oder Zwischenzuständen (Lehner, 2020, S. 76; Streller et al., 2019, S. 13), wird ebenfalls angewendet, wenn beispielsweise die statistische Varianz bei der Anzahl von Wassermolekülen in den Hydrathüllen verschiedener Ionen (Mancinelli et al., 2007) vereinfacht auf einen mittleren Wert festgelegt. Für die hauptsächlich betrachteten Natrium- und Chlorid-Ionen nehmen wir jeweils sechs Wassermoleküle an, die eine Hydrathülle bilden. Schließlich bildet das Verwenden bildhaft-symbolischer (z. B. anstelle sprachlicher oder mathematischer) Darstellungen eine dritte Möglichkeit, didaktisch zu reduzieren (Lehner, 2020, S. 149 f.; Streller et al., 2019, S. 14 f.). Die Verbildlichung des Lösevorgangs von Salzen in Wasser mittels einer Filmleiste (s. Abschn. 7.3.3) dient in diesem Kontext der Zerlegung des Prozesses in Teilschritte. Dadurch können sich die Schüler*innen auf bestimmte Teilaspekte (Anlagerung der Wassermoleküle an die Ionen, Ausrichtung der Wassermoleküle) fokussieren, wenngleich betont werden sollte, dass diese Teilprozesse in der Realität parallel und nicht nacheinander ablaufen.

7.2.3 Berücksichtigung grundlegender lernpsychologischer und motivationaler Prinzipien in der Konzeption der Unterrichtsreihe

Anknüpfend an die Ausführungen zur sachanalytischen Erschließung und zur Passung mit den antizipierten Rahmenbedingungen lässt sich nun die didaktische Eignung des Themenfeldes sowie die methodische Ausgestaltung der Unterrichtsreihe

ableiten. Damit die im Zuge der Unterrichtsreihe zu erwartenden fachlichen Lernzuwächse und chemiebezogenen kommunikativen Kompetenzen der Schüler*innen möglichst unabhängig von der Motivation und Teilnahmebereitschaft gemessen werden können, ziele ich darauf ab, eine möglichst aktivierende, handlungsorientierte Unterrichtsreihe für beide Vergleichsgruppen zu konzipieren, die

- auf die Merkmale von zeitgemäßem Chemieunterricht rekurriert (Bolte, 2003a),
- an konstruktivistische Lerntheorien anknüpft (Lipowsky, 2020, S. 74),
- folglich kumulatives, d.h. maßgeblich vernetztes, Lernen ermöglicht (Neumann et al., 2008; Dietz, 2023) und
- motivationale Aspekte des Lerngegenstandes berücksichtigt (Bolte, 2004).

Konstruktivistische Lerntheorien heben die Bedeutung des auf Seiten der Lernenden bereits vorhandenen Wissens für den Erwerb neuen Wissens hervor (Gerstenmaier & Mandl, 1995, S. 874 f.; Streller et al., 2019, S. 89 f.). Nach dieser konstruktivistischen Vorstellung konstruieren Schüler*innen ihr Wissen eingeständig, indem neue Erfahrungen mit bereits vorhandenem Wissen in Beziehung gesetzt werden (Gerstenmaier & Mandl, 1995, S. 875; Mandl, 2006, S. 29). So können beispielsweise fachlich als falsch einzuschätzende, sogenannte ‚Schülervorstellungen‘ durch den schulischen Unterricht im Sinne eines *Conceptual Change* verändert werden (Barke, 2006; diSessa, 2014). Dem konstruktivistischen Grundgedanken folgend knüpft die Unterrichtsreihe an das Themenfeld „Wasser – eine Verbindung“ (SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015b, S. 34 f.) an. Demzufolge kann auf (Vor-)Wissen zum Bau und zum Dipolcharakter des Wassermoleküls als bereits bekannte Konzepte zurückgegriffen werden. Ein Verständnis des Lösevorgangs von Salz in Wasser auszuprägen, ist nur möglich, wenn die Struktur-Eigenschafts-Beziehungen von Salzen und dem Lösungsmittel Wasser zusammengeführt und miteinander in Beziehung gesetzt werden. Konstruktivistisch ausgerichtete Lernumgebungen verfügen außerdem über einen hohen Grad an Authentizität und einen möglichst durchgehenden Anwendungsbezug (Gerstenmaier & Mandl, 1995, S. 879; Mandl, 2006, S. 29). Folglich zeichnet sich die Unterrichtsreihe durch das fortlaufende Einbetten des fachlichen Inhalts (Lösevorgang von Salzen in Wasser) in den besonderen Kontext des Toten Meeres (s. Abschn. 7.1.5) aus. Von dieser Form einer situierten Lernumgebung verspreche ich mir, dass der Unterricht von den Lernenden als relevant und anregend wahrgenommen wird (Bolte, 2004; Gerstenmaier & Mandl, 1995, S. 875; Mandl, 2006, S. 29; Parchmann & Kuhn, 2018; Seidel et al., 2007; van Vorst et al., 2018).

Zudem sollen die Schüler*innen möglichst zum selbstbestimmten Handeln und selbstständigen Problemlösen angeregt werden. Damit es den Lernenden eigenständig gelingt, im Unterricht neue Begriffe zu erwerben und folglich Wissen aufzubauen, bietet sich das Bearbeiten von Problemlöseaufgaben (Lipowsky, 2020, S. 71) als

Ausgangspunkt in Anlehnung an Aebli (1983) an. Die Fragestellung, warum das Tote Meer einen so besonderen Ort darstellt, kann demzufolge die inhaltliche Auseinandersetzung mit dem Lösen von Salzen in Wasser initiieren. Die Schüler*innen sollen möglichst selbstbestimmt unterschiedliche Wege nutzen können, um die übergeordnete Fragestellung zu bearbeiten. Da problemorientiertes Lernen zwangsläufig offener angelegt ist, als Unterricht, der stark durch die Lehrkraft angeleitet wird, ist darauf zu achten, dass beispielsweise das Vorwissen und die selbstregulativen Fähigkeiten der Schüler*innen den Lernerfolg mitbestimmen können (Gerstenmaier & Mandl, 1995, S. 875; Lipowsky, 2020, S. 75). So profitieren Lernende mit größerem Vorwissen in der Regel stärker von offenen Lernumgebungen (Hattie & Yates, 2014), ebenso wie Lernende, die über grundlegende Fähigkeiten zur Selbstregulation verfügen (Lipowsky, 2020, S. 75).

Es ist also trotz der erforderlichen Offenheit des Unterrichts und der Verlagerung der Aktivität hin zu den Lernenden notwendig, dass die Lehrkraft eine gewisse Lenkungs-funktion einnimmt (Mandl, 2006, S. 29). Die Balance zwischen eigenständiger Konstruktion durch die Lernenden und unterstützender Instruktion durch die Lehrkraft gilt als entscheidend für die Entwicklung einer lernförderlichen problemorientierten Lernumgebung (Mandl, 2006, S. 29f.). Die Lenkung durch die Lehrkraft ist darüber hinaus nötig, um eine grundlegende Einheitlichkeit im Ablauf der Unterrichtsreihe über alle Lerngruppen hinweg sicherzustellen, die für die Berücksichtigung des Forschungsdesigns dieser Interventionsstudie notwendig ist (s. Kap. 6). Schließlich bedeutet Lernen im konstruktivistischen Sinne, dass Wissen im Rahmen kooperativer Prozesse, also zwischen Lehrkraft und Lernenden sowie zwischen den Lernenden untereinander, ausgehandelt wird (Gerstenmaier & Mandl, 1995, S. 879). Diesem Aspekt trägt die Unterrichtsreihe dahingehend Rechnung, dass wiederkehrend Phasen in Gruppen- oder Partnerarbeit eingeplant sind und die Lernergebnisse im Rahmen von Unterrichtsgesprächen zusammengetragen und gesichert werden.

Die Unterrichtsreihe zeichnet sich nicht nur durch die beschriebene konstruktivistische und problemorientierte Grundausrichtung aus, sondern zielt zusätzlich dezidiert darauf ab, eine für die Schüler*innen in beiden Gruppen gleichermaßen motivierende Lernatmosphäre zu erzeugen. Nachweislich wirkt sich ein motivationsförderndes Lernklima positiv auf den fachlichen Lernerfolg im Chemieunterricht aus (Bolte, 2004). In diesem Zuge hat Bolte (2004) aufbauend auf Erkenntnisse der pädagogischen Interessentheorie (Prenzel et al., 1986) herausgearbeitet, dass vor allem die wahrgenommene Relevanz der Unterrichtsthemen und die eingeschätzte Partizipationsbereitschaft von Schüler*innen die Zufriedenheit mit dem Unterricht und folglich den fachlichen Lernerfolg zu fördern vermögen. Die wahrgenommene Relevanz sollte durch die Auswahl des besonderen Kontextes ‚Salze im und am Toten Meer‘

durchaus nennenswert sein (van Vorst et al., 2018) und zu einer hohen Partizipationsbereitschaft auf Seiten der Lernenden führen.

Die konkrete Ausgestaltung der Unterrichtsreihe möchte ich gegliedert in die vier Doppelstunden (jeweils als 90-minütige, thematisch weitgehend in sich geschlossene Einheiten) in Abschnitt 7.3 darlegen, nachdem ich nun zunächst die Anwendung der Prinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* im Unterricht der Interventionsgruppe vorstelle.

7.2.4 Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* in der Unterrichtsplanung

Das in Abschnitt 4.2 dargelegte Vorgehen zur Konzeption von Unterricht in Anlehnung an den *Disaggregate-Instruction-Ansatz* wird für den Zweck dieser Studie mit Blick auf die vorhandenen Rahmenbedingungen einer empirischen Interventionsstudie (s. Kap. 6) sowie unter Berücksichtigung der Kritik am Ansatz (s. Abschn. 4.4) adaptiert. Folgende Aspekte in der Gestaltung des Unterrichts unterscheiden sich dabei zwischen der ursprünglich von Brown und Kolleg*innen vorgeschlagenen Variante (2010) und der hier vorgestellten Unterrichtsintervention:

- Während Brown et al. (2010) eine virtuelle Lernumgebung für die individuelle Bearbeitung des naturwissenschaftlichen Unterrichtsthemas durch Schüler*innen unter Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* konzipierten, habe ich eine Unterrichtsreihe entwickelt, die für regulären Präsenzunterricht im Klassenverband vorgesehen ist. Aus diesem Grund erwarte ich, dass die Erkenntnisse besser auf die Unterrichtswirklichkeit in den meisten Klassen transferiert werden können.
- Die von Brown und Kolleg*innen entwickelte Lernumgebung (2010) ist im Themenfeld der Fotosynthese angesiedelt, was im deutschsprachigen Raum einem Inhalt des Rahmenlehrplans im Fach Biologie entspricht (SenBJF Berlin & MBJs Brandenburg, 2015a, S. 29). Das Themenfeld für die vorliegende Studie fokussiert – wie bereits in Abschnitt 6.3 beschrieben – auf das Lösen von Salzen in Wasser. Dieses Thema ist im Rahmenlehrplan des Faches Chemie zu verorten und somit verbindlich zu bearbeiten (SenBJF Berlin & MBJs Brandenburg, 2015b, S. 36).
- Im Gegensatz zu Brown und Kolleg*innen (2010), die mit der Fotosynthese in ihrer Lernumgebung ein zentrales Konzept erarbeiten, werde ich zwei übergeordnete Konzepte einführen: den Aufbau von Salzen aus Ionen sowie das Lösen von Salzen in Wasser. Daher ist es notwendig, die ursprüngliche Struktur der vier Phasen des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* (s. Abschn. 4.2) anzupassen und auf die

gegebenen schulorganisatorischen Rahmenbedingungen (s. Abschn. 6.2) wie folgt zu übertragen:

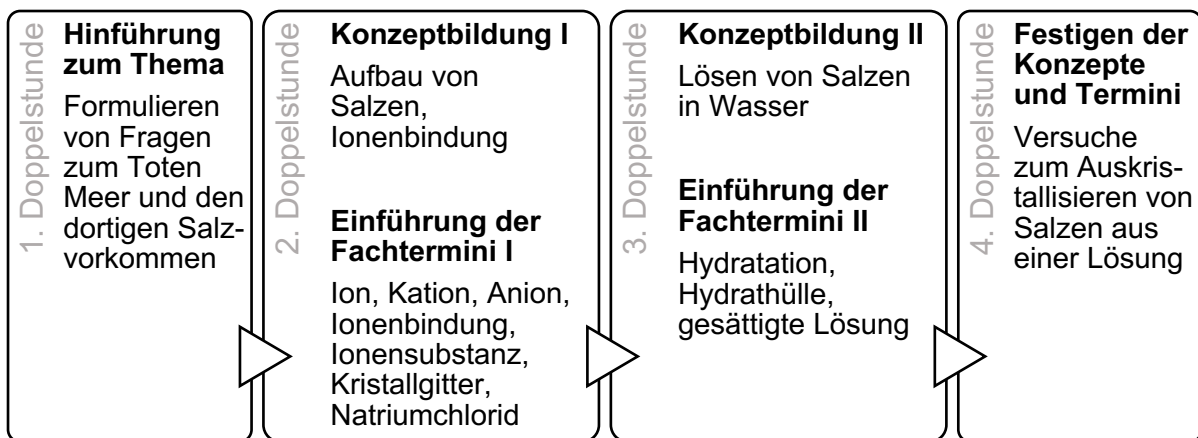


Abbildung 11. Schematischer Verlauf der Intervention gegliedert nach den vier Doppelstunden (à 90 min.); in der Konzeption von Brown et al. (2010) entsprechen die Phasen: Hinführung zum Thema = Pre-Assessment Instruction, Konzeptbildung = Content Construction, Einführung der Fachtermini = Introduction of Explicit Language, Festigen der Konzepte und Termini = Scaffolding Opportunities for Language.

- Brown et al. (2010, S. 1474) verwenden im Zuge der Vermittlung des Konzeptverständnisses (*Content Construction Phase*) eine möglichst alltagsnahe Sprache. Mit Blick auf die z. B. von Rincke (2010) hervorgebrachte Kritik am *Disaggregate-Instruction-Ansatz*, dass sich so fachwissenschaftlich nicht anschlussfähige Schülervorstellungen verfestigen könnten, plane ich auf eine sogenannte ‚unterrichtsbezogene Umgangssprache‘ zurückzugreifen (s. Abschn. 1.2.1). Demzufolge können im Rahmen der Konzeptbildung fachliche Termini (z. B. Molekül oder Dipol) gebraucht werden, wenn davon ausgegangen werden kann, dass sie bereits im vorhergehenden Unterricht eingeführt und gefestigt wurden. Die im Rahmen der Intervention einzuführenden und somit für die Schüler*innen neu zu erlernenden Fachtermini (SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015b, S. 36) werden daher im Rahmen der hier entwickelten Intervention anfänglich durch folgende Umschreibungen im Register der unterrichtsbezogenen Umgangssprache ersetzt (s. Tabelle 3):

Tabelle 3. Gegenüberstellung der im Rahmen der Unterrichtsreihe von den Schüler*innen zu erlernenden Fachtermini und der Entsprechungen aus der unterrichtsbezogenen Umgangssprache

Terminus der unterrichtsbezogenen Umgangssprache	Fachterminus
geladenes Teilchen	Ion
negativ geladenes Teilchen	Anion
positiv geladenes Teilchen	Kation
Gitter	Kristallgitter
Salz	Ionensubstanz
Bindung zwischen geladenen Teilchen	Ionenbindung
Kochsalz	Natriumchlorid
Umhüllung durch Wassermoleküle/ von Wassermolekülen umhüllt werden	Hydratation
Hülle aus Wassermolekülen	Hydrathülle
Lösung, die kein Salz mehr aufnehmen kann	gesättigte Lösung

7.3 Konzeption der Doppelstunden

Die in Abschnitt 7.2.4 beschriebene, für diese Arbeit adaptierte Variante des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* wird zur Ausgestaltung der Unterrichtsreihe für die Interventionsgruppe genutzt. Im Unterricht der Kontrollgruppe findet keine Trennung des konzeptuellen und fachsprachlichen Lernens statt, sondern lediglich die Berücksichtigung der Prinzipien sprachsensiblen *Scaffoldings*. In der Planung und Realisierung der Unterrichtsreihen wird besonders darauf geachtet, dass der Ablauf unter beiden Bedingungen (*Disaggregate-Instruction-Ansatz* und *Scaffolding*) inhaltlich und didaktisch-methodisch so vergleichbar wie möglich ist. Um transparent zu machen, inwiefern sich Unterricht nach den Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* vom Unterricht der Kontrollgruppe unterscheidet, erläutere ich in den folgenden Abschnitten die Konzeption der vier Doppelstunden.

7.3.1 Erste Doppelstunde: Bedeutung von Salzen am und im Toten Meer

Die erste Doppelstunde dient der Hinführung zum Thema (erste Phase des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes: Pre-Assessment-Instruction*, s. Abbildung 11) und zielt darauf ab, dass sich die Lehrkraft einen Überblick des auf Seiten der Schüler*innen vorhandenen Wissens sowie der ihnen bereits geläufigen Termini im Themenfeld verschafft. Da diese Erfassung des Lern- und Sprachstands in einem sprachsensiblen Unterricht, der sich ausschließlich an den Ideen des *Scaffoldings* orientiert, gleichermaßen wichtig ist, verläuft die erste Doppelstunde für die Interventions- und Kontrollgruppen identisch. In dieser ersten Doppelstunde werden folglich noch keine neuen Fachkonzepte eingeführt, sondern lediglich notwendiges Wissen für die folgenden Doppelstunden wiederholt und aktiviert.

Zu Beginn erfolgt die Einordnung des Themas ‚Salze und der Lösevorgang‘ in den Kontext ‚Das Tote Meer‘. Durch die Betrachtung von Schlagzeilen aus verschiedenen Medien verteilt über einen Zeitraum von 20 Jahren, die mit „Das Tote Meer stirbt!“ (Scheele, 2015; Zaun, 2002) überschrieben sind, werden die Schüler*innen an einen kognitiven Konflikt und damit die Fragestellung herangeführt: „Wie kann ein Meer (das dem Namen nach bereits tot ist) sterben?“ und „Warum heißt das Tote Meer überhaupt so?“. Um diesen widersprüchlich anmutenden Fragen nachzugehen, formulieren die Lernenden in einer Gruppenarbeit eigenständig Fragen zum Toten Meer und arbeiten heraus, welche dieser Fragen sie im Rahmen der Unterrichtsreihe gerne beantworten möchten. Dazu nutzen sie sowohl Vorwissen, welches aus den Medien oder eigenen Urlaubserfahrungen stammen kann, als auch ausgewählte Fotografien des Toten Meeres und seiner Umgebung. Die vorgelegten Fotografien wurden zweckgebunden zusammengestellt, um verschiedene Facetten des Lebens am und im Toten Meer zu verdeutlichen (Salzvorkommen, Tourismus, industrielle Verarbeitung des Salzes, Kosmetikprodukte). Die erarbeiteten Fragen werden von den Gruppen vorgestellt, an der Tafel gesammelt und dienen als Wegweiser für den weiteren Verlauf der Unterrichtsreihe. Ziel ist es, im weiteren Verlauf der Unterrichtsreihe so viele der Fragen wie möglich zu bearbeiten und zu beantworten. Ich erwarte, dass die Schüler*innen anhand der zur Verfügung gestellten Fotografien u. a. folgende Fragen formulieren:

- Wieso besteht der Strand des Toten Meeres aus Salz?
- Wie viel Salz enthält das Tote Meer?
- Wo kommt diese große Menge Salz her?
- Kann man das Salz aus dem Toten Meer zum Kochen verwenden?
- Warum tragen die Tourist*innen Schuhe, wenn sie im Toten Meer baden?
- Weshalb befinden sich große Fabriken in der Nähe des Toten Meeres?
- Wieso cremen die Menschen am Meer ihren Körper mit schwarzer Creme ein?

- Warum treiben Menschen – wie ein Stück Holz – an der Wasseroberfläche des Toten Meeres ohne unterzugehen (wie es im Gegensatz dazu in anderen Badegewässern der Fall ist)?

Im Anschluss werden die Fragen der Schüler*innen im Rahmen eines Unterrichtsgesprächs anhand von wiederkehrenden Gemeinsamkeiten (bspw. Fokus auf Salzvorkommen, Tourismus, industrielle Verarbeitung des Salzes, Kosmetikprodukte etc.) sortiert und gruppiert. Erwartungskonform wird sich dabei ein nicht unwesentlicher Teil von Fragen identifizieren lassen, der einen Bezug zum Salzvorkommen am und im Toten Meer erkennen lässt. Außerdem wird damit gerechnet, dass die Lernenden Vermutungen vortragen, dass das im Toten Meer gelöste Salz vielfältige Auswirkungen auf den Lebensraum und die Umgebung haben könnte.

Diese Vermutung aufgreifend sollen sich die Schüler*innen in der folgenden Gruppenarbeit mit ihren eigenen Vorstellungen zum Lösen von Salz in Wasser auseinandersetzen. Dabei hebt die Lehrkraft hervor, dass das Ziel der Aufgabe zunächst nicht in der fachwissenschaftlich korrekten Darstellung des Lösevorgangs besteht, sondern in der Auseinandersetzung mit den je eigenen Vorstellungen zum Lösen eines Salzes in Wasser, wobei die Schüler*innen das Modell kleinster Teilchen berücksichtigen sollen. Um das Lösen von Salz in Wasser submikroskopisch zu durchdenken und folglich verstehen zu können, findet mit diesem Schritt ein Übergang von der Stoff- auf die Teilchenebene statt. Mithilfe vorbereiteter Applikationen, die Wassermoleküle und Salzteilchen symbolisieren, sollen die Schüler*innen den Lösevorgang eines Salzes in drei Schritten visualisieren. Da die Struktur eines Salzes den Lernenden zu diesem Zeitpunkt noch nicht bekannt ist, wird erwartet, dass die Schüler*innen kaum fachwissenschaftlich korrekte Darstellungen produzieren. Nichtsdestotrotz ist es an dieser Stelle aus didaktischer Sicht wichtig, dass die Schüler*innen sich mit den Prinzipien des Teilchenmodells auseinandersetzen und auch ihr Wissen zur submikroskopischen Struktur des Stoffes Wasser (re-)aktivieren¹³. Außerdem erhält die Lehrkraft die Gelegenheit, im Sinne der *Pre-Assessment Instruction* (vgl. Abschn. 4.2 und Abbildung 11) herauszufinden, welche sprachlichen Mittel in den Gruppen verwendet werden und ob neu zu erlernende Fachtermini – ob fachlich korrekt oder nicht korrekt – ggf. bereits Anwendung finden.

¹³ Mit Blick auf den Rahmenlehrplan und das Themenfeld „Wasser – eine Verbindung“ (SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015b, S. 34) in der Doppeljahrgangsstufe 7/8 ist davon auszugehen, dass die zentralen Struktur-Eigenschafts-Beziehungen des Stoffes Wasser, welche maßgeblich auf der polaren Atombindung und der Dipoleigenschaft beruhen, bereits bekannt sind.

Die Ergebnisse der Gruppenarbeit werden anschließend von einzelnen Gruppen vor der Klasse präsentiert. Den Abschluss der ersten Doppelstunde bildet ein vergewissernder Rückblick auf den submikroskopischen Aufbau des Stoffes Wasser in Form eines Unterrichtsgespräches, sodass die Schüler*innen ihre Kenntnisse über die Summen- und Strukturformel sowie zum Vorliegen von Teilladungen und dem resultierenden Dipolcharakter des Wassermoleküls einbringen können. Für ein vertiefendes Verständnis von Lösevorgängen ist es in der anschließenden Doppelstunde notwendig, dass sich die Schüler*innen die chemische Struktur von Salzen erarbeiten.

7.3.2 Zweite Doppelstunde: Aufbau von Salzen aus Ionen

In der zweiten Doppelstunde steht die Auseinandersetzung der Lernenden mit der chemischen Struktur von Salzen und der Ionenbindung als neuen Fachkonzepten im Vordergrund.

Zu Beginn lernen die Schüler*innen zwei fiktive Charaktere – Yuki und Luca – kennen. Yuki und Luca waren in den Ferien am Toten Meer und berichten einander von ihren Urlaubserfahrungen. Dieses Szenario wird durch ein animiertes Video vorgestellt, das die beiden Jugendlichen auf dem Heimweg nach der Schule zeigt. Sie erinnern sich an ihren Urlaub und unterhalten sich über das Tote Meer sowie über eine Führung durch ein Museum vor Ort. Dabei nutzen die beiden animierten Protagonist*innen eine relativ alltagsnahe Sprache. Gemeinsam versuchen sie sich an die Bedeutung des (gelösten) Salzes am und im Toten Meer zu erinnern. Das gelingt ihnen nur in Teilen, sodass die Frage über den genauen Aufbau eines Salzes am Ende des Videos noch offenbleibt. Beim Erinnern soll im Folgenden ein Flyer helfen, den Yuki und Luca aus dem Urlaub mitgebracht und den sie nun zuhause wiedergefunden haben. Luca hat auf seinem Flyer unter die arabischsprachig beschriftete Abbildung des Kristallgitters (s. Abbildung 12a) handschriftlich einige Wörter notiert, die die Schüler*innen nun an die entsprechenden Stellen der Abbildung schreiben sollen.

منج _____

الصوديوم كلوريد

بنية بلورية _____

الكاتيون _____

أنيون _____

أيون _____

الرابطة الأيونية _____

مختلفة نسب على الحيوية الأجسام وسوائل الرقيقة الأنسجة تحتوي الأرض كوكب على للحياة مهم الصوديوم كلوريد هذه مثل قمع الرسائل نقل عملية لتتم تعمل حتى الصوديوم أيونات لقنوات تتطلب المعصية الخلايا أن كما الأملاح من لتوظف الملائمة الأنسجة تحتاج كما أخرى أعراض مع البائلز الوظيفي التوقف في يسيب غياب أو المستجلات الكيسي للثيف مثل اضطرابات تصيب التي لقنوات المناسبة وغير المناسبة

geladene Teilchen, Kochsalz,
positiv geladene Teilchen, Gitter,
Salz, negativ geladene Teilchen,
Anziehung zwischen geladenen Teilchen

Abbildung 12a. Arbeitsmaterial zum Aufbau des Kristallgitters von Salzen mit der Aufgabe für Schüler*innen der Interventionsgruppe, die Abbildung mithilfe handschriftlich vorgegebener Wörter (unterrichtsbezogene Umgangssprache) zu beschriften.

Aufbau von Salzen – fachsprachlich

Aufgabe 1: Ordne die Begriffe von Yukis Liste den entsprechenden Stellen der Abbildung zu.

Aufbau von Salzen _____

am Beispiel von Kochsalz _____

das Gitter _____

das negativ geladene Teilchen _____

das positiv geladene Teilchen _____

die geladenen Teilchen _____

die Anziehung zwischen geladenen Teilchen _____

Aufgabe 2: Erkläre nun mithilfe der Fachbegriffe den Aufbau eines Salzes ausführlich. Schreibe einen Text.

© R. Gieske, Freie Universität Berlin, 2021 Projekt: Das Tote Meer stirbt

Abbildung 12b. Arbeitsmaterial zum Aufbau des Kristallgitters von Salzen mit der Aufgabe für Schüler*innen der Interventionsgruppe, die Abbildung mithilfe (in einer Powerpoint-Präsentation) vorgegebener Fachtermini zu beschriften.¹⁴

Da der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* im Kern vorsieht, dass bei der Erarbeitung neuer Fachkonzepte die korrespondierenden Fachtermini zunächst ausgelassen werden (Brown et al., 2010), bedient sich die Lehrkraft im Unterricht der Interventionsgruppe (im Gegensatz zur Kontrollgruppe) zunächst der entsprechenden Form von unterrichtsbezogener Umgangssprache (s. Tabelle 3 und Abbildung 12a) Diese Phase entspricht der *Content Construction* (s. Abbildung 11) im *Disaggregate-Instruction-Ansatz* (Brown et al., 2010). Bei den handschriftlichen Notizen auf dem Flyer (s. Abbildung 12a) handelt es sich also um umgangssprachliche Begriffe (s. Tabelle 3) zur Beschreibung der Struktur von Salzen aus Ionen und zur Ionenbindung, die aus dem vorherigen Unterricht bereits geläufig sein sollten.

¹⁴ Die Abbildungen 12a und 12b befinden sich in originaler Größe im Anhang dieser Arbeit.

Nachdem die Schüler*innen die Beschriftungen vorgenommen haben, werden die Arbeitsergebnisse im Plenum verglichen. Anhand der Abbildung des Modells eines Kristallgitters (s. Abbildung 12a) geben die Lernenden den Aufbau eines Salzes mit eigenen Worten wieder. Die Schüler*innen sollen sich so grundlegende Strukturmerkmale der Stoffgruppe Salze erschließen, ohne dabei gleichzeitig neue Fachtermini verwenden zu müssen.

Nachdem sich die Schüler*innen der Interventionsgruppe erste solide Vorstellungen zur chemischen Struktur von Salzen mittels umgangssprachlicher Termini erarbeitet haben, erfolgt die begriffliche Vernetzung dieser Vorstellungen mit den korrespondierenden Fachtermini. Zu diesem Zweck findet Yuki einen weiteren Flyer mit anderen Notizen (*Introduction of Explicit Language I*, s. Abbildung 11). Dabei handelt es sich um die neu einzuführenden Termini (s. Tabelle 3), die jetzt ebenfalls an den entsprechenden Stellen der Abbildung auf einem Arbeitsblatt ergänzt werden sollen (s. Abbildung 12b). Da die Lernenden den Aufbau eines Salzes in Grundzügen bereits verstanden haben sollten, sollte es den Schüler*innen gemäß dem Gedanken des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* nicht mehr schwerfallen, die Bedeutung der Fachtermini möglichst eigenständig zu erschließen.

Von Luca und Yuki wird nun die Frage aufgeworfen, wer von den beiden die „richtigen“ Begriffe auf dem Flyer notiert hat. Der fiktiven Geschichte folgend wird den Schüler*innen eine Powerpoint-Präsentation mit Audiokommentaren einer Wissenschaftlerin gezeigt, die zum Toten Meer forscht. Im Video werden sowohl umgangssprachliche als auch fachsprachliche Termini aufgegriffen und miteinander in Beziehung gesetzt, sodass die Lernenden erkennen, dass zur Beschreibung des Aufbaus eines Salzes sowohl das fachsprachliche als auch das eher umgangssprachliche Register geeignet sein können. Um naturwissenschaftliche Sachverhalte plausibel und präzise darzulegen, eignen sich die Fachtermini jedoch besser, so man sie gedanklich durchdrungen hat.

Im anschließenden Unterrichtsgespräch wird dieses Erkenntnis gesichert und gemeinsam mit der Klasse reflektiert, unter welchen Bedingungen die Verwendung von (unterrichtsbezogener) Umgangssprache oder Fachsprache sinnvoll ist und welche Funktionen die unterschiedlichen sprachlichen Register erfüllen (s. Abschn. 1.3 bis 1.5). Die Schüler*innen wenden die neu erworbenen Fachbegriffe und -termini abschließend zur Festigung in einer schriftlichen Erklärung des Aufbaus eines Salzes an (s. Abbildung 12b).

Tabelle 4 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Prinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* im Unterricht der Interventionsgruppe im Vergleich zum sprachsensiblen *Scaffolding*-Unterricht der Kontrollgruppe:

Tabelle 4. Zusammenstellung der Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* (im Unterricht der Interventionsgruppe) und allgemeiner sprachsensibler *Scaffolding*-Prinzipien im Unterricht beider Gruppen für die zweite Doppelstunde

Unterricht in der Interventionsgruppe	Unterricht in der Kontrollgruppe
Prinzipien des <i>Disaggregate-Instruction-Ansatzes</i> :	
○ Verwendung umgangssprachlicher Termini im Zuge der Einführung neu zu erlernender Konzepte mithilfe eines Museumsflyers: (<i>positiv oder negativ</i>) <i>geladene Teilchen, Salz, Kochsalz, Anziehung zwischen geladenen Teilchen, Gitter</i> ○ Einführung neu zu erlernender Fachtermini erst wenn grundlegendes Konzeptverständnis erkennbar ist: <i>Ion, Kation, Anion, Ionensubstanz, Natriumchlorid, Ionenbindung, Kristallgitter</i>	
Prinzipien sprachsensiblen <i>Scaffoldings</i> :	
○ Anknüpfen an das Vorwissen der Lernenden zur Struktur von Wassermolekülen, polarer Elektronenpaarbindung und Dipolen ○ Sequenzierung des Lernprozesses ausgehend von den (lebensweltlichen) Vorstellungen der Lernenden, z.B. durch Darstellung des Lösevorgangs mithilfe von Applikationen (s. Abschn. 7.3.1) und anschließendem Erarbeiten der Struktur von Ionensubstanzen ○ Nutzung vielfältiger Darstellungsformen: Modelldarstellungen, Lückentexte, eigene Textprodukte, Videoanimationen, Audiokommentare, Fotografien ○ Einsatz vermittelnder Texte als Ankerpunkte: Museumsflyer eines fiktiven Ausflugs ○ Förderung metasprachlichen Bewusstseins: Diskussion der Funktionen verschiedener sprachlicher Register (Alltags-, Umgangs- und Fachsprache)	

7.3.3 Dritte Doppelstunde: Lösevorgang von Salzen in Wasser

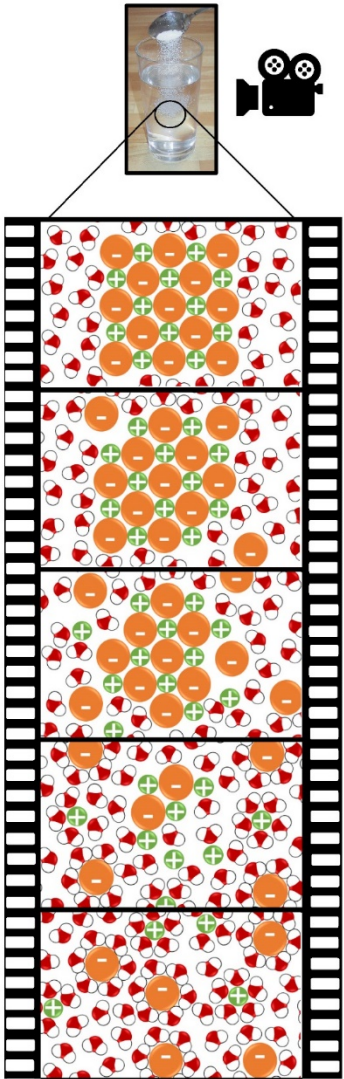
Die anschließende dritte Doppelstunde ist vergleichbar zur zweiten Doppelstunde anhand der Prinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* strukturiert; d.h. auf die *Content Construction Phase* folgt die *Introduction of Explicit Language Phase* (s. Abbildung 11). Die Doppelstunde fokussiert inhaltlich auf die Erarbeitung des Lö-

sevorgangs von Salzen in Wasser. Die Lernenden können dafür bereits auf umfangreiches Vorwissen zurückgreifen: Aus dem Alltag ist vermutlich allen Schüler*innen auf der makroskopischen Ebene das Lösen eines Salzes in Wasser bekannt. Bezüglich der submikroskopischen Ebene haben sich die Lernenden in der vorangegangenen Doppelstunde (s. Abschn. 7.3.2) den Aufbau von festen Salzkristallen aus Kationen und Anionen sowie das Wesen der Ionenbindung erarbeitet. Ihnen sollte zudem der Aufbau des Stoffes Wasser aus Wassermolekülen, die positive und negative Partialladungen aufweisen und somit Dipole darstellen, aus der Unterrichtsreihe zum Themenfeld Wasser geläufig sein.

Nach einer kurzen Wiederholung des Aufbaus von Ionensubstanzen und des Lösemittels Wasser wird das Ziel der Doppelstunde formuliert: Anhand der erfolgten Strukturbetrachtungen gilt es nun den Lösevorgang eines Salzes in Wasser zu erklären. Dies geschieht, indem einige der zu Beginn der Unterrichtsreihe formulierten Fragen (s. Abschn. 7.3.1), die sich z. B. auf den Salzgehalt im Toten Meer beziehen, aufgegriffen werden. Zunächst betrachten die Lernenden den Lösevorgang auf der makroskopischen Ebene, indem sie eine kleine Menge Kochsalz in einem Becherglas mit Wasser lösen. Obwohl dieser Vorgang nahezu allen Schüler*innen aus dem Alltag bekannt sein sollte, wird auf diesen Versuch nicht verzichtet, um das genaue, naturwissenschaftliche Beobachten wiederholend zu schulen. Die Lernenden notieren auf dem Arbeitsblatt (s. Abbildung 13 oben) ihre Beobachtungen: Ihnen sollte auffallen, dass sich das Salz nicht schlagartig, sondern allmählich im Wasser löst und größere Salzkörner dabei sukzessive kleiner werden. Das Lösen des Salzes kann durch Rühren beschleunigt werden, sodass makroskopisch nach einiger Zeit schlussendlich kein festes Salz mehr sichtbar ist.

Im zweiten Teil des Arbeitsblattes findet nun ein Perspektivwechsel von der Stoff- zur Teilchenebene statt. Die Aufgabe besteht darin, den Löseprozess anhand einer Filmleiste (Freiman & Schlieker, 2001) in fünf aufeinanderfolgenden Schritten darzustellen (s. Abbildung 13). Die Schüler*innen erhalten dafür in einem Umschlag modellhafte Abbildungen der fünf Teilschritte (s. Abbildung 13 links) sowie insgesamt neun Textabschnitte (s. Abbildung 13 rechts), die mit den Abbildungen korrespondieren. Diese Abbildungen und Textabschnitte ordnen die Schüler*innen in Partnerarbeit den entsprechenden Stellen der Filmleiste in der korrekten Reihenfolge zu. In Abbildung 13 ist dargestellt, wie die fachlich korrekt bearbeitete Filmleiste aussehen sollte.

Das Lösen von Salz in Wasser



Stoffebene
 Meine Beobachtungen:

Teilchenebene

Ein Salzkristall ist aus positiv geladenen Kationen und negativ geladenen Anionen aufgebaut. Das Kristallgitter wird durch die Anziehungskräfte der entgegengesetzten Ladungen zusammengehalten.

Wasser ist aus Wassermolekülen aufgebaut. Die Wassermoleküle sind frei beweglich und stoßen ab und zu an das Kristallgitter.

Im Inneren des Kristallgitters ist jedes Ion von sechs anderen umgeben, nicht so an den Ecken und Kanten. Diese Ionen sind daher weniger stark gebunden, als die Ionen im Inneren des Gitters und werden als erste von den Wassermolekülen aus dem Gitter herausgelöst.

Aufgrund der Anziehung zwischen den elektrisch geladenen Ionen und den Teilladungen des Wassermoleküls, ordnen sich Wassermoleküle um jedes Ion.

Einige Wassermoleküle richten sich mit ihren Wasserstoff-Atomen zu den Anionen aus, da an den Wasserstoff-Atomen eine positive Teilladung auftritt.

Somit ordnen sich um jedes Anion etwa vier Wassermoleküle.

Andere Wassermoleküle richten sich mit ihrem Sauerstoff-Atom zu den Kationen aus, da am Sauerstoff-Atom eine negative Teilladung auftritt.

Somit ordnen sich um jedes Kation ungefähr vier Wassermoleküle.

Der Lösevorgang ist abgeschlossen, sobald alle Ionen aus dem Kristallgitter gelöst wurden und jedes Ion von etwa vier Wassermolekülen umgeben ist.

© R. Gieske, Freie Universität Berlin, 2021

Projekt: Das Tote Meer stirbt

Abbildung 13. Arbeitsmaterial zur Erarbeitung des Lösevorgangs von Salz in Wasser auf der Teilchenebene mithilfe einer Filmleiste (Freiman & Schlieker, 2001); die Schüler*innen ordnen den fünf Schritten jeweils die Abbildungen und Textabschnitte zu; abgebildet ist der Lösungsvorschlag für die Interventionsgruppe.

Die Arbeit mit der Filmleiste (s. Abbildung 13) bietet den Vorteil, dass die Schüler*innen mit unterschiedlichen Darstellungs- bzw. Repräsentationsformen umgehen und diese zueinander in Beziehung setzen müssen (Leisen, 2015, S. 134; Prediger, 2013). Außerdem lassen sich über die Methode der Filmleiste (naturwissenschaftliche) Prozesse in sachgerechter Weise veranschaulichen (Leisen, 2015, S. 133). Nachdem anfänglich mit dem originalen Stoff Salz im Zuge des Schüler*innenversuchs gearbeitet wurde (gegenständliche Ebene), findet mithilfe der Filmleiste der

118

Übergang zu modellhaften Darstellungen statt (symbolische Ebene), wobei der Löseprozess auf der Ebene kleinster Teilchen symbolisiert wird. Die Modelldarstellungen werden im Rahmen einer Zuordnungsaufgabe durch die Lernenden mit den entsprechenden Textabschnitten verknüpft, die den dargestellten Prozessschritt jeweils in Form einiger Sätze beschreiben (sprachliche Ebene). Dadurch, dass die modellhaften Darstellungen der Wassermoleküle und der Ionen des Salzes aus den vorherigen Doppelstunden bekannt sein sollten, ist davon auszugehen, dass die Lernenden die Abbildungen sachgemäß deuten und in der korrekten Reihenfolge anordnen. In den Textabschnitten werden die Teilschritte des Löseprozesses in ausführlicher Form erläutert, wobei die in der vorangegangenen Doppelstunde neu eingeführten Fachtermini, wie Anion, Kation und Kristallgitter (s. Abschn. 7.3.2), gefestigt, aber auch neue Fachkonzepte, z. B. Hydratation und Hydrathülle, im wechselseitigen Zusammenspiel zwischen Modelldarstellungen und Textabschnitten eingeführt und erarbeitet werden.

Bei der Bearbeitung der Filmleiste unterscheidet sich das Vorgehen in der Interventionsgruppe dahingehend von der Kontrollgruppe, dass die neu zu erlernenden Fachtermini (Hydratation, Hydrathülle, gesättigte Lösung) bewusst noch nicht in den Textabschnitten vorkommen (s. Abbildung 13). Zunächst sind die Formulierungen in den Textabschnitten auf die Termini der unterrichtsbezogenen Umgangssprache beschränkt (s. Tabelle 3). So lautet der entsprechende Textausschnitt auf dem Arbeitsblatt, der in das Konzept der Hydratation einführt: „Aufgrund der Anziehung zwischen den elektrisch geladenen Ionen und den Teilladungen des Wassermoleküls, ordnen sich Wassermoleküle um jedes Ion“ (s. Abbildung 13). Ohne den Begriff Hydratation explizit zu verwenden, wird auf diese Weise ein Verständnis des Konzeptes durch das Zusammenspiel der Modellabbildung und der schriftlichen Versprachlichung angestrebt. Im Anschluss an die Erarbeitung des Lösevorgangs mithilfe der Filmleiste erfolgt eine Sicherung zu diesem Teil des Konzeptverständnisses im Plenum.

Die korrespondierenden Fachtermini werden für die Interventionsgruppe im Rahmen einer sich anschließenden Aufgabe eingeführt. Die Lernenden werden aufgefordert, für die einzelnen Teilschritte des Lösevorgangs eigenständig Überschriften zu formulieren. Beim Vergleich der Überschriften im Zuge eines Unterrichtsgesprächs, gibt die Lehrkraft die neu einzuführenden Fachtermini Hydratation und Hydrathülle vor, um die Überschriften fachsprachlicher und damit sowohl präziser als auch prägnanter zu reformulieren. Um die beiden Fachtermini sprachsensibel einzuführen, erfragt die Lehrkraft Assoziationen der Lernenden zum griechischen Wort ‚hydro-‘ aus dem alltäglichen Sprachgebrauch. Über bekannte Wörter wie ‚Hydrant‘, ‚Hydra‘ oder ‚de-

hydriert sein‘ erkennen die Schüler*innen eigenständig den sprachlich plausiblen Zusammenhang dieser Wörter mit dem Terminus Wasser. Eine Hydrathülle als eine Hülle aus Wassermolekülen, die die aus den Salzkristallen herausgelösten Ionen umgeben (also: umhüllen), zu verstehen, erschließen sich die Lernenden folgerichtig. Eine Annäherung an Fachtermini mit griechischem oder lateinischem Ursprung scheint an diesem Punkt der Unterrichtsreihe also durchaus gewinnbringend zu sein und dient der Förderung metasprachlichen Bewusstseins (Hammond & Gibbons, 2005, S. 18f.).

Die Erarbeitung des verbleibenden neu einzuführenden Fachterminus ‚gesättigte Lösung‘ folgt im anschließenden Unterrichtsgespräch, wenn es um den Transfer der Erkenntnisse aus dem Schülerversuch (s. Abbildung 13 oben) auf das Tote Meer geht: Die Schüler*innen sollen sich vorstellen, was passiert, wenn immer weiter Salz in das Becherglas mit Wasser gegeben wird. Sie äußern die Vermutung, dass sich ab einer gewissen Menge kein weiteres Salz in der vorgegebenen Wasserportion mehr löst, sondern als Feststoff am Boden des Gefäßes zurückbleibt. Hier kann eine Verbindung zum Toten Meer und einigen Fotografien aus der ersten Doppelstunde (s. Abschn. 7.3.1) hergestellt werden, auf denen zu erkennen ist, dass Strand und Grund des Toten Meeres mit Salzablagerungen bedeckt sind.

Um dieses Szenario einer gesättigten Salzlösung auf der Ebene der Teilchen zu verdeutlichen, werden die Schüler*innen aufgefordert, mithilfe der Applikationen aus der ersten Doppelstunde eine gesättigte Lösung darzustellen, wobei sie auf der Ebene der Teilchen argumentieren sollen. Dies festigt nicht nur die nun vorherrschende, fachwissenschaftlich korrekte Vorstellung von Hydrathüllen um die gelösten Ionen des Salzes, sondern regt die Lernenden darüber hinaus auch an, zu überlegen, in welcher Form die in einer gesättigten Lösung nicht gelösten Ionen des Salzes vorliegen. Sind keine Wassermoleküle mehr zur Bildung von Hydrathüllen verfügbar, so lagern sich die Ionen des Salzes aufgrund der Anziehungskräfte wieder zu einem Kristallgitter zusammen und bilden feste Salzkristalle aus, wie es beispielsweise am Grund und am Strand des Toten Meeres zu beobachten ist.

Den Abschluss dieser dritten Doppelstunde bildet ein kurzer Überblick über den Salzgehalt verschiedener Gewässer und die Erkenntnis, dass im Toten Meer um ein Vielfaches mehr Salz gelöst ist, als z.B. in den Weltmeeren oder anderen bekannten Gewässern, wie beispielsweise dem Mittelmeer oder der Nord- und Ostsee (Zweng et al., 2018).

Tabelle 5 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Prinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* im Unterricht der Interventionsgruppe im Vergleich zum sprachsensiblen *Scaffolding*-Unterricht der Kontrollgruppe:

Tabelle 5. Zusammenstellung der Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* (im Unterricht der Interventionsgruppe) und allgemeiner sprachsensibler *Scaffolding*-Prinzipien im Unterricht beider Gruppen für die dritte Doppelstunde

Unterricht in der Interventionsgruppe	Unterricht in der Kontrollgruppe
Prinzipien des <i>Disaggregate-Instruction-Ansatzes</i> :	
○ Verwendung umgangssprachlicher Termini im Rahmen der Einführung neu zu erlernender Konzepte mithilfe einer Filmleiste: <i>Umhüllung durch Wassermoleküle, Hülle aus Wassermolekülen, Lösung, die kein Salz mehr aufnehmen kann</i> ○ Einführung neu zu erlernender Fachtermini erst wenn grundlegendes Konzeptverständnis erkennbar ist: <i>Hydratation, Hydrathülle, gesättigte Lösung</i>	
Prinzipien sprachsensiblen <i>Scaffoldings</i> :	
○ Anknüpfen an das Vorwissen der Lernenden zum Phänomen (Lösen von Salzen in Wasser) sowie zur Struktur von Wassermolekülen und Ionensubstanzen (s. Abschn. 7.3.2) ○ Nutzung vielfältiger Darstellungsformen: Schülerversuch (originales Salz in Wasser lösen), Fotografien, Filmleiste mit Modelldarstellungen und Textabschnitten, Diagramme ○ Einsatz vermittelnder Texte als Ankerpunkt: Filmleiste ○ Förderung metasprachlichen Bewusstseins: Nutzung von Assoziationen anhand der griechischen Wortherkunft des Terminus <i>Hydratation</i>	

7.3.4 Vierte Doppelstunde: Auskristallisieren von Salzen am und im Toten Meer

Die vierte Doppelstunde ist wie die erste Doppelstunde bezüglich der Grundstruktur der Unterrichtsplanung in den Interventions- und Kontrollgruppen identisch konzipiert. Da die abschließende Phase im Sinne des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* (*Scaffolding Opportunities for Language Phase*, s. Abbildung 11) vorsieht, dass die Schüler*innen die erlernten Konzepte und Termini mittels *Scaffolding* festigen, kann folglich in beiden Untersuchungsbedingungen parallel vorgegangen werden. Zum Abschluss der Unterrichtsreihe führen die Schüler*innen Versuche zum Auskristallisieren durch und erarbeiten sich in diesem Zuge den Kristallisationsprozess, der als gegenläufiger Vorgang zum Lösen von Salzen aufgefasst werden kann, auf der submikroskopischen Ebene.

Im Rahmen dieser Versuche sollen die Lernenden bestimmen, welches Salz bzw. welche Salze im Toten Meer vorkommen und den im Vergleich zu anderen salzhaltigen Gewässern so hohen Salzgehalt verursachen. Die Schüler*innen erhalten Proben verschiedener heißer Salzlösungen unterschiedlicher Zusammensetzung (Natriumchlorid, Kaliumchlorid, Magnesiumchlorid und Calciumchlorid, jeweils gelöst in Wasser) und eine Probe mit originalem Wasser aus dem Toten Meer (in welchem die vier Chloride in unterschiedlichen Mengen gelöst sind). Einige Tropfen dieser Proben betrachten die Schüler*innen unter dem Mikroskop (s. Abbildung 14). Das Verdunsten des heißen Wassers führt dazu, dass die gelösten Salze in jeweils charakteristischen Formen sukzessive auskristallisieren.

Auch in dieser Doppelstunde steht das Lernen mithilfe verschiedener Repräsentationsformen im Mittelpunkt. Die entsprechenden Kristallformen skizzieren die Schüler*innen auf dem Arbeitsblatt. Die Skizzen dienen anschließend als Grundlage für die Betrachtung des Auskristallisierens auf der Teilchenebene: So deutet die kubische Form von Natriumchlorid-Kristallen (s. Abbildung 14-1) darauf hin, dass auf der submikroskopischen Ebene ein würfelförmiges Kristallgitter aus Natrium- und Chlorid-Ionen vorliegt. Anhand eines Vergleichs der von den Lernenden angefertigten Skizzen mit bereitgestellten Fotografien können die Schüler*innen die in Frage kommenden Salze schließlich bestimmen.

Da das Auskristallisieren prinzipiell als Umkehrung des Löseprozesses betrachtet werden kann, bietet sich die beschriebene experimentelle Aktivität an, um die im Zuge der vorangegangenen Doppelstunden erarbeiteten Fachtermini und -konzepte zu wiederholen und zu festigen (im Sinne einer *Scaffolding Opportunities for Language*, s. Abbildung 11). Ziel ist es, dass die Lernenden im Unterrichtsgespräch nun

eigenständiger als noch in der dritten Doppelstunde (s. Abschn. 7.3.3) zwischen den Repräsentationsformen wechseln und Beziehungen, z. B. zwischen der gegenständlichen Ebene (würfelförmige Kristalle) und der symbolischen Ebene (Modell des Kristallgitters) herstellen können. Am Ende der Doppelstunde wird mit Blick auf die anfangs gesammelten Fragen überprüft (s. Abschn. 7.3.1), ob bestimmte Inhalte oder Aspekte offengeblieben sind und die Schüler*innen diese weiterführend diskutieren möchten. Die Unterrichtsreihe wird mit einem gemeinsamen Fazit zur ungewissen Zukunft des Toten Meeres (s. Abschn. 7.1.4) abgeschlossen.

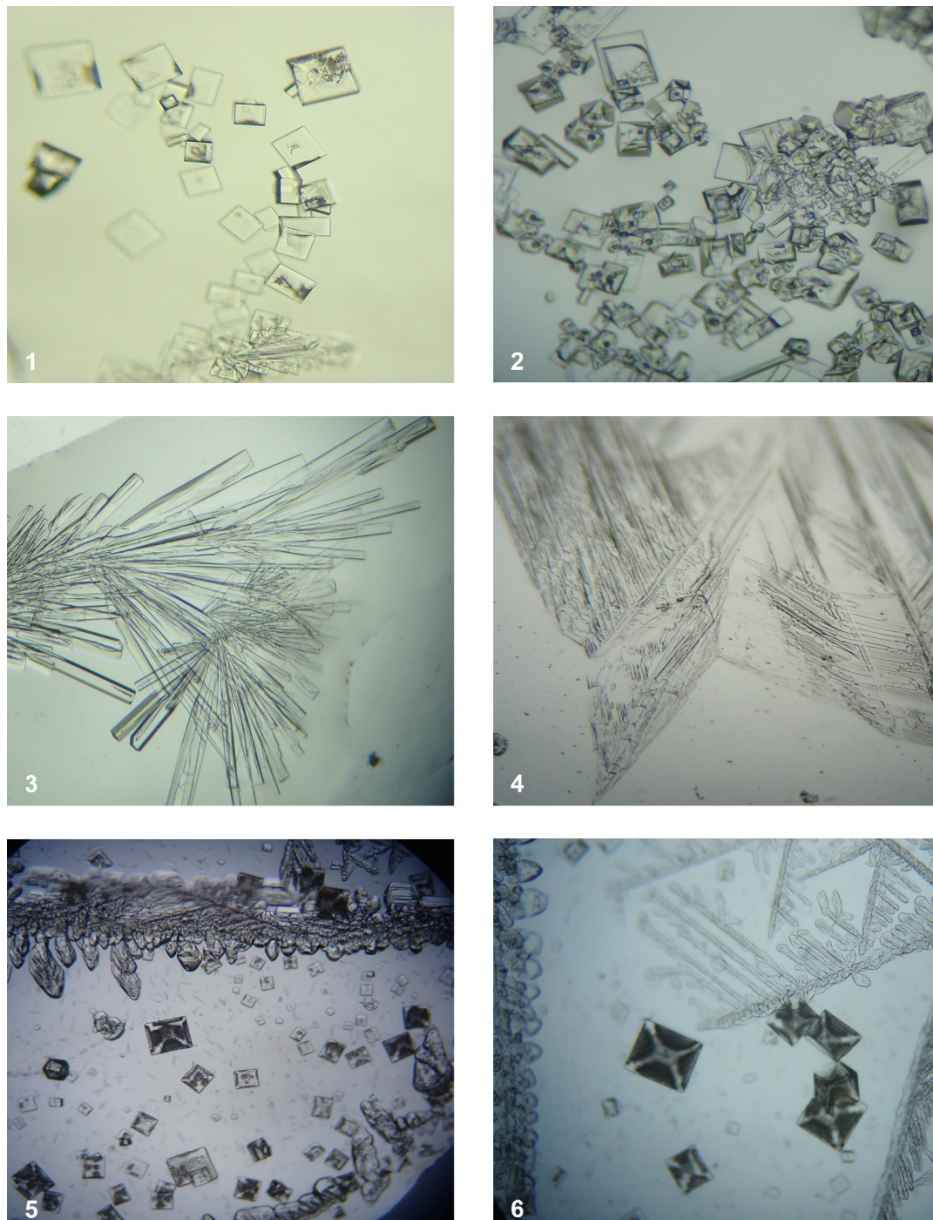


Abbildung 14. Fotografien verschiedener Salzkrystalle (40-fache Vergrößerung) – dokumentiert im Zuge der Kristallisationsversuche mit eigens angesetzten Lösungen von: (1) Natriumchlorid, (2) Kaliumchlorid, (3) Magnesiumchlorid, (4) Calciumchlorid sowie (5) und (6) Probelösungen aus dem Toten Meer.

7.4 Zusammenfassung

In Kapitel 7 habe ich die Konzeption einer handlungsorientierten Unterrichtsreihe zum Thema „Das Tote Meer stirbt!“ für die Jahrgangsstufe 8 dargelegt. Die Unterrichtsreihe wurde sachlogisch in zwei thematische Schwerpunkte (1) Struktur-Eigenchafts-Beziehungen von Salzen und (2) der Lösevorgang von Salzen in Wasser aufgeteilt. Für die didaktisch-methodische Ausgestaltung stütze ich mich maßgeblich auf Prinzipien sprachsensiblen Fachunterrichts, konstruktivistische Lerntheorien und die Konzeption problemorientierten Unterrichts.

Um die Unterrichtsreihe als Interventionsmaßnahme im Zuge der vorliegenden Studie einsetzen zu können, habe ich das Themenfeld „Salze – Gegensätze ziehen sich an“ (SenBJF Berlin & MBJS Brandenburg, 2015b, S. 36) zunächst sachanalytisch erschlossen (s. Abschn. 7.1). In Abschnitt 7.2 habe ich dargelegt, wie ausgehend von dieser sachinhaltlichen Struktur eine zeitgemäße, problemorientierte Unterrichtsreihe mit dem Titel „Das Tote Meer stirbt!“ entsteht. Für diesen Zweck habe ich grundlegende lernpsychologische und fachdidaktische Prinzipien angewendet, um möglichst allen Schüler*innen die Teilnahme an qualitativem Chemieunterricht zu ermöglichen (s. Abschn. 7.2.1). Der Schwerpunkt dieser Studie und damit auch der Unterrichtsplanung lag dann in Abschnitt 7.2.2 auf der Anwendung von sprachsensiblen Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* für die Schüler*innen der Interventionsgruppe. Darüber hinaus verfolgt der Unterricht unter beiden Untersuchungsbedingungen – also sowohl für die Interventions- als auch die Kontrollgruppe – einen Ansatz, der sich an sprachsensiblen *Scaffolding* orientiert und somit in besonderem Maße das fachliche und (fach-)sprachliche Lernen miteinander verknüpft. Die Phasierung der vier Doppelstunden und die konkrete Gestaltung der Lernmaterialien habe ich chronologisch in Abschnitt 7.3 dargestellt.

Mithilfe welcher Testinstrumente nun geprüft werden kann, ob der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* in Kombination mit *Scaffolding* einem Chemieunterricht, der sich lediglich an den Prinzipien sprachsensiblen *Scaffoldings* orientiert, überlegen ist, d. h. bei den beteiligten Schüler*innen zu höheren fachlichen Lernzuwächsen und verbesserten kommunikativen Kompetenzen führt, möchte ich im nächsten Kapitel darstellen.

8 Entwicklung, Auswahl und Einsatz von Testinstrumenten zur Datenerhebung

Um die in Abschnitt 5.2 formulierten Forschungsfragen hinsichtlich fachlicher Lernzuwächse auf Seiten der Schüler*innen beantworten zu können, gilt es Veränderungen ihres Fachwissensstandes im Zuge der Unterrichtsreihe zu erfassen. Aus diesem Grund habe ich ein Prä-Post-Test-Design gewählt.

Der Prä-Test (t_0) besteht aus einem eigens für die Studie entwickelten Fachwissenstest (s. Abschn. 8.1) sowie aus einem C-Test (s. Abschn. 8.2), der die Kompetenzen der Schüler*innen im bildungssprachlichen Register abbilden soll und durch das Institut für Bildungsmonitoring und Qualitätsentwicklung Hamburg (IfBQ Hamburg, 2008) entwickelt sowie bereits umfänglich evaluiert wurde.

Der Post-Test (t_1), welcher unmittelbar nach der letzten Doppelstunde der Unterrichtsreihe stattfindet, beinhaltet neben dem Fachwissenstest (s. Abschn. 8.1) einen ebenfalls für den Zweck der Untersuchung entwickelten Test der Fähigkeit zum adressatengerechten Kommunizieren mit zwei offenen Aufgaben (s. Abschn. 8.3).

8.1 Fachwissenstest „Salze und der Lösevorgang“

Mit der Planung und der Durchführung der Unterrichtsreihe „Das Tote Meer stirbt!“ wird u. a. das Ziel verfolgt, auf Seiten der Schüler*innen Fachwissenszuwächse hinsichtlich der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen von Salzen und dem Lösen ebenjener im Lösungsmittel Wasser zu erreichen. Der fachbezogene Lernzuwachs stellt also eine zentrale, erkenntnisleitende (abhängige) Variable in dieser Studie dar.

Um den Lernzuwachs von Schüler*innen bezüglich der erarbeiteten Konzepte zu ermitteln, bedarf es der Erfassung des Wissensstandes vor Beginn der Unterrichtsreihe (t_0) sowie nach Beendigung der Unterrichtsreihe (t_1). Lernzuwächse können dann als Differenzen der Ergebnisse zu den Zeitpunkten t_1 und t_0 bestimmt werden.

Die Aufgaben des Fachwissenstests müssen auf die konkreten Inhalte der realisierten Unterrichtsreihe abgestimmt sein, um Aussagen über den Unterrichts- und Lernerfolg treffen zu können. Im Rahmen meiner Recherchen habe ich keinen Fachwissenstest identifizieren können, der diesem Kriterium hinreichend entspricht. Daher habe ich zunächst einen Fachwissenstest entwickelt, der die fachinhaltlichen Vorgaben des Rahmenlehrplans und die damit verbundenen Lernziele (s. Kap. 7), die der Unterrichtsreihe zugrunde liegen, abdeckt. Mit Hilfe des für diese Studie entwickelten

Fachwissenstests können somit Vorwissen und mögliche Lernzuwächse der Schüler*innen rekonstruiert werden.

Um nach Abschluss der Studie möglichst verallgemeinerbare Aussagen hinsichtlich der Wirksamkeit des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* treffen zu können, soll eine relativ große Stichprobe von Schüler*innen die geplante Unterrichtsreihe durchlaufen. Die angestrebte Größe der Stichprobe macht ein Testinstrument erforderlich, welches nicht nur durch eine angemessene Objektivität und Auswertungsökonomie gekennzeichnet ist (Riese & Reinhold, 2014, S. 262; Theyßen, 2014, S. 77), sondern auch eine gute Reliabilität und Validität aufweist (Rost, 2004, S. 33 ff.). Somit bietet sich ein geschlossenes Antwortformat an; z. B. in Form eines Multiple-Choice-Tests (Riese & Reinhold, 2014, S. 262). Für ein einheitliches, und damit für die Proband*innen leicht zu erfassendes Design wird ein Single-Select-Verfahren angewendet, d. h. bei jeder Aufgabe ist lediglich die Aussage einer der vier vorgelegten Antwortoptionen korrekt. Ein bedeutsamer Nachteil des geschlossenen Formats ist die Möglichkeit der Befragten, durch Raten zufällig die korrekte Antwort auszuwählen (Theyßen, 2014, S. 77 f.). Dieser Effekt wird jedoch im Zuge der statistischen Auswertung (s. Kap. 9) berücksichtigt und kann daher der hohen Auswertungsökonomie des Verfahrens untergeordnet werden.

Anhand der zentralen Inhalte der Unterrichtsreihe (s. Abschn. 7.3) werden Items entwickelt, welche die zu erwartenden Lernzuwächse abbilden sollen. Um diese Lernzuwächse auf Seiten der Schüler*innen zuverlässig bestimmen zu können, müssen die individuellen Testergebnisse (Scores) im Prä-Test mit denen im Post-Test personenspezifisch und dennoch anonymisiert verglichen werden können. Daher werden die teilnehmenden Schüler*innen zu Beginn der Bearbeitung des Tests angehalten, einen anonymen Code zu generieren, um die Testergebnisse einer Person, die sie zu verschiedenen Zeitpunkten (t_0 und t_1) erzielt hat, einander zuordnen zu können.

Anschließend erhalten die Schüler*innen die Möglichkeit, sich anhand eines Beispielitems mit dem Format des Fragebogens und der konkreten Aufgabenstellung vertraut zu machen. Der Fachwissenstest umfasst insgesamt 16 Items (Fragen bzw. Aufgaben mit jeweils vier Antwortoptionen). Sieben der 16 Items beziehen sich auf den Aufbau eines Salzes aus Ionen (die Inhalte der zweiten Doppelstunde, s. Abschn. 7.3.2), sieben weitere Items auf den Lösevorgang von Salz in Wasser (die Inhalte der dritten Doppelstunde, s. Abschn. 7.3.3). Zwei Items fokussieren auf den Aufbau des Stoffes Wasser und den Dipolcharakter der Wassermoleküle. Diese beiden Items, deren fachlich korrekte Antworten den Schüler*innen aus dem vorangegangenen Unterricht bekannt sein dürften, sollen der Motivation der Schüler*innen mit Blick auf die Prä-Erhebung dienen. Da sie sich das Themenfeld „Wasser – eine

Verbindung“ bereits im Vorfeld erarbeitet haben, wird davon ausgegangen, dass zumindest das Gros der Teilnehmenden diese beiden Items mit höherer Wahrscheinlichkeit korrekt beantworten kann und sich somit zumindest bei diesen beiden Fragen bzw. Aufgaben Erfolgserlebnisse auf Seiten der Schüler*innen einstellen.

Beim Formulieren der zu bearbeitenden Aufgabenstämme wurden linguistisch möglichst wenig komplexe Aussage- oder Fragestrukturen verwendet, um die Schüler*innen beim sprachlichen Entschlüsseln der Items vor keine allzu großen Herausforderungen zu stellen. Auch die vorgelegten Antwortoptionen bestehen daher in der Regel aus nur wenigen Wörtern, kompakten Wortgruppen oder kurzen Satzkonstruktionen. Beispielhaft soll dies mit dem nachfolgenden Item gezeigt werden (s. Abbildung 15):

13. Die starke Bindung in einem Salz entsteht, weil:			
a) sich geladene Teilchen anziehen		b) frei bewegliche Elektronen vorhanden sind	
c) sich magnetische Teilchen anziehen		d) sich gemeinsame Elektronenpaare ausbilden	

Abbildung 15. Beispielitem aus dem Fachwissenstest; hier zur Wirkungsweise von Ionenbindungen (Bindung in Salzen) – die richtige Antwort ist in diesem Fall Antwortoption: a); der gesamte Fragebogen befindet sich im Anhang dieser Arbeit.

Bei der Konstruktion der Distraktoren wurde darauf geachtet, dass sich in ihnen bereits vorhandenes Wissen der Lernenden – im Fall des Beispielitems: z. B. zur Elektronenpaarbindung (Antwortoption d), s. Abbildung 15) – oder typische Schülervorstellungen, z. B. die Analogie zwischen elektrischer und magnetischer Anziehung (Antwortoption c), s. Abbildung 15), wiederfinden. Damit ist die Auswahl der korrekten Antwort für die Schüler*innen zwar potenziell herausfordernd, aber auf Basis des entsprechenden Fachwissens durchaus möglich (Riese & Reinhold, 2014).

8.2 C-Test zur Bildungssprache Deutsch

Brown und Kolleg*innen (2010, S. 1473) berücksichtigten in ihrer Studie lediglich, ob die teilnehmenden Schüler*innen in ihrem Elternhaus entweder Spanisch oder Englisch sprachen. Weitere Informationen, beispielsweise zum sozioökonomischen Hintergrund oder gar über die sprachlichen Kompetenzen der Schüler*innen wurden nicht erhoben oder nicht berichtet. Da jedoch – wie in Abschnitt 2.1 dargestellt – die (bildungs-)sprachlichen Fähigkeiten der Schüler*innen ihre fachlichen Lernzuwächse

maßgeblich beeinflussen, ist es ratsam, diese Fähigkeiten der Lernenden als Kontrollvariable zu erfassen und in die geplanten Analysen zu integrieren (Bortz, 2005, S. 289). Auch für diesen Zweck bedarf es – angesichts der angestrebten Stichprobengröße dieser Studie – eines möglichst ökonomisch einsetzbaren sowie auswertbaren Testinstruments.

Grundsätzlich haben sich C-Tests in der Diagnostik, vor allem fremdsprachlicher, aber auch erst-, zweit und aktuell fachsprachlicher Fähigkeiten, als robuste und zuverlässige Verfahren schon seit längerer Zeit bewährt (Adamik et al., 2011; Eckes & Grotjahn, 2006; Gogolin et al., 2021; M. Hoffmann & Bolte, 2013; Höttecke et al., 2017; Linnemann, 2010). C-Testformate erfreuen sich sehr großer Beliebtheit, da sie trotz einer hohen Auswertungsökonomie weitgehend objektive, präzise und reliable Aussagen über globale Sprachkompetenzen der befragten Personen erlauben (Linnemann, 2010, S. 198f.). Typischerweise besteht ein C-Test aus vier (oder mehr) kurzen, thematisch in sich geschlossenen Texten, in denen nach einem regelmäßigen Muster bei jedem zweiten oder dritten Wort die zweite Worthälfte getilgt wird (kanonisches Prinzip) und folglich von den Proband*innen ergänzt werden muss (Baur et al., 2013, S. 2; Linnemann, 2010, S. 199). Die Befragten sind im Zuge dessen aufgefordert, die Lücken basierend auf dem Prinzip der reduzierten Redundanz auszufüllen; das bedeutet, dass vielfältige Informationen in der unmittelbaren Umgebung der Lücke zur semantisch, morphologisch und grammatikalisch korrekten Ergänzung des Wortes verwendet werden (Linnemann, 2010, S. 198). In Abbildung 16 ist beispielhaft ein C-Test-Text dargestellt, der in dieser Studie verwendet wird.

Ungeklärter Überfall

Er floh, ließ jedoch sein Gewehr am Tatort zurück. Da er sehr unvorsichtig war, hatte er das Gewehr nicht von seinen Fingerabdrücken gereinigt. So wurde er zwei Monate später in London gefasst, als er aus dem Westen nach Rhodesien war. In den USA gebrannt, rief er einen seiner Anwälte, die Tat zugestehen, um der Todesstrafe zu entgehen. Am 10. März 1969 - sein Geburtstag - ließ er ein Geständnis abgeben und wurde zu 99 Jahren Haft verurteilt. Drei Tage später bestritt er aber, der Mörder zu sein, und plädierte auf nicht schuldig.

http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=James_Earl_Ray&oldid=26047222 (leicht verändert)

Abbildung 16. Beispieltext aus dem C-Test zur Erfassung der Fähigkeiten der Schüler*innen in der Bildungssprache Deutsch (IfBQ Hamburg, 2008, S. 2).

Das C-Testformat bietet die Möglichkeit über zwei unterschiedliche Auswertungsverfahren Aussagen sowohl über die rezeptiven als auch die produktiven sprachlichen Fähigkeiten der Schüler*innen zu treffen.

Mit dem sogenannten **Worterkennungs-Wert (WE-Wert)** lassen sich die rezeptiven Fähigkeiten der Schüler*innen nachzeichnen. Hierbei werden semantisch korrekt ergänzte Lücken als richtig gewertet, selbst wenn orthografische oder morphologische Fehler auftreten sollten (Baur et al., 2013, S. 7). Über die Addition der WE-Werte der einzelnen Lücken kann entsprechend eine Gesamtpunktzahl berechnet werden, welche Rückschlüsse auf die rezeptiven sprachlichen Fähigkeiten der Befragten zulässt.

Demgegenüber steht die Auswertung vorrangig produktiver Fähigkeiten über den **Richtig/Falsch-Wert (R/F-Wert)**. Dieser gibt an, ob eine Lücke „semantisch, orthografisch und grammatikalisch korrekt ergänzt[en]“ wurde (Baur et al., 2013, S. 7). Die Gesamtpunktzahl des R/F-Werts liegt somit stets maximal gleichauf mit der Gesamtpunktzahl im Bereich Worterkennung (WE-Wert).

Für die Erfassung der sprachlichen Fähigkeiten von Schüler*innen der 7. und 8. Jahrgangsstufe liegt ein erprobter und evaluierter C-Test des Instituts für Bildungsmonitoring und Qualitätsentwicklung (IfBQ) Hamburg (2008a) vor, welcher für die Zielgruppe dieser Untersuchung als grundlegend geeignet erachtet werden kann. Der Test „Überfall +3“ (IfBQ Hamburg, 2008) besteht aus vier bildungssprachlich geprägten Texten zu verschiedenen lebensweltnahen Themen (Zeitungsbericht, Tierwelt, Tanztraditionen sowie Eishockeysport) mit jeweils 25 Lücken, sodass eine maximale Punktzahl von jeweils 100 (pro R/F- und WE-Auswertung) erreicht werden kann. Der in dieser Studie verwendete C-Test befindet sich im Anhang dieser Arbeit.

8.3 Offene Aufgaben zum Verfassen adressatenorientierter Schüler*innentexte

Brown und Kolleg*innen (2010) haben in ihren Studien gezeigt, dass der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* nicht nur zu erhöhten fachlichen Lernzuwächsen beitrug, sondern auch die Kommunikation mit Hilfe naturwissenschaftlicher Fachsprache verbesserte. Um weiterführende Erkenntnisse zum Gebrauch von Fachterminologie auf Seiten der Schüler*innen zu gewinnen, werden mit einem weiteren Testinstrument und Analyseverfahren fachbezogene Kommunikationskompetenzen im Bereich der Adressatenorientierung untersucht.

Auch dieses Testinstrument wurde mit Blick auf die im Rahmen der Unterrichtsreihe zu vermittelnden Fachkonzepte (vor allem mit Blick auf das Lösen von Salzen in Wasser, s. Kap. 7) eigens für diese Studie entwickelt. Ziel ist es, differenzierte Einblicke in das konzeptuelle Verständnis der Schüler*innen hinsichtlich des Lösevorgangs von Salzen in Wasser zu gewinnen und die damit verbundene Verwendung geeigneter sprachlicher Mittel zu untersuchen. Für diesen Zweck fiel die Wahl hier auf ein offenes Aufgabenformat.

Anhand der von den Schüler*innen schriftlich formulierten Texte lässt sich qualitativ-inhaltsanalytisch rekonstruieren, welche Zusammenhänge die Befragten wie herstellen und in welcher Weise sie dafür auf Terminologie zurückgreifen, die sich unterschiedlichen sprachlichen Registern (unterrichtsbezogene Umgangssprache vs. Fachsprache) zuordnen lässt (Hammann & Jördens, 2014, S. 169f.). Eine zentrale Facette dieses Testinstruments bildet der Fokus auf die sogenannte *adressatenorientierte Kommunikation*. Da Kommunikationsangebote mit Blick auf den*die potenzielle*n Adressat*in, z. B. durch Variation des verwendeten sprachlichen Registers, unterschiedlich gestaltet werden (Becker-Mrotzek et al., 2014; Kulgemeyer & Schecker, 2009), erhoffe ich mir vertiefte Einblicke in das Verständnis der Schüler*innen hinsichtlich der neu erlernten Fachkonzepte und korrespondierenden Fachtermini zu erhalten. Außerdem soll in Erfahrung gebracht werden, inwieweit Schüler*innen, die am *Disaggregate-Instruction*-Unterricht teilgenommen haben, möglicherweise fortgeschrittenere kommunikative Kompetenzen zeigen (und somit Termini adressatenorientierter verwenden), als Schüler*innen, die lediglich durch *Scaffolding* unterstützt wurden.

Aus der Schreibforschung liegen Testformate zur Untersuchung der Fähigkeit zur adressatenorientierten Kommunikation vor, bei denen entweder ein*e sehr klar benannte*r Adressat*in in die Aufgabenstellung aufgenommen wird oder der gleiche Sachverhalt (die gleiche Aufgabenstellung) an zwei verschiedene Adressat*innen gerichtet werden soll (Becker-Mrotzek et al., 2014; Jechle, 1992). Um eine möglichst genaue Analyse des Gebrauchs unterschiedlicher sprachlicher Register (vor allem unterrichtsbezogene Umgangssprache und Fachsprache) zu erreichen, entscheide ich mich dafür, dass die Schüler*innen eigenständig zwei Texte anfertigen, die inhaltlich zwar auf den gleichen Arbeitsauftrag abzielen, jedoch an unterschiedliche Adressat*innen gerichtet sein sollen. So werden die Schüler*innen aufgefordert, einerseits Ihre Fachlehrkraft und andererseits eine*n Mitschüler*in, die bzw. der nicht an der Unterrichtsreihe „Das Tote Meer stirbt!“ teilgenommen hat, zu adressieren.

Damit die befragten Schüler*innen möglichst das gesamte Repertoire an neu zu erlernenden Fachkonzepten und -termini in die Beantwortung der Aufgaben einbeziehen, wird mit Hilfe der Aufgabenstellung das Konzept des Lösevorgangs von Salzen in Wasser fokussiert. Für die umfassende und schlussendlich erfolgreiche Bearbeitung der Aufgabe ist es erforderlich, dass die bzw. der Schüler*in sowohl auf Struktureigenschafts-Beziehungen von Salzen (s. Abschn. 7.1.1) eingeht als auch den Prozess der Hydratation durch Wassermoleküle (s. Abschn. 7.1.3) darstellt. Um die Schüler*innen anzuregen, in den Texten zwischen den neu eingeführten Termini (d. h. den stärker fachsprachlichen geprägten Wörtern, s. Tabelle 3) und den bereits im Vorfeld bekannten Termini (s. Tabelle 3) zu variieren, sollten das auf Seiten der Adressat*innen antizipierte Vorwissen und deren kommunikative Kompetenzen in bedeutsamem Maße variieren. Daher fiel die Wahl der Adressat*innen einerseits auf den Chemielehrer (als Experte mit ausgeprägtem Vorwissen im Themenfeld) und andererseits auf eine Mitschülerin¹⁵, die die Unterrichtsreihe versäumt hat (und dementsprechend nur über unzureichendes bzw. lückenhaftes themenfeldspezifisches Wissen verfügt).

Unter der Annahme, dass die Auswahl entsprechender Termini in Abhängigkeit vom Vorwissen und den antizipierten kommunikativen Kompetenzen der adressierten Person erfolgt (Becker-Mrotzek et al., 2014, S. 32 f.; Kulgemeyer, 2010, S. 53), ist zu erwarten, dass die Schüler*innen in den beiden Texten zwischen neu in der Unterrichtsreihe eingeführten Termini (z. B. Ion, Ionenbindung, Kristallgitter oder Hydrathülle etc.) und vorher bereits bekannten Termini (z. B. geladene Teilchen, Anziehung, Gitter, Hülle aus Wassermolekülen oder anderen Umschreibungen) adressatengerecht variieren. Der Vergleich der von den Schüler*innen verwendeten Termini oder Umschreibungen und deren Verknüpfung im Rahmen ihrer Erklärungen ermöglichen eine vertiefte Analyse sowohl bezüglich des Fachwortgebrauches als auch bezüglich des konzeptuellen Verständnisses auf Seiten der Lernenden.

Aufgrund meines besonderen Forschungs- und Erkenntnisinteresses an der Art und Weise, wie die Lernenden die neu erworbenen Fachkonzepte und die damit verbundene Fachterminologie versprachlichen, nutze ich das konstruktivistische Kommunikationsmodell von Kulgemeyer (2010, S. 48). Im Zuge meiner Analyse der Schüler*innentexte konzentriere ich mich auf die Dimensionen *Aspekte des Sachinhalts* (inhaltliche Ebene) und *Code* (sprachliche Ebene, s. Abschn. 2.3.2). Die beiden anderen Dimensionen, die Kulgemeyer (2010, S. 48) in seinem Modell herausstellt, die

¹⁵ Da in den beiden Aufgaben, die den Schüler*innen vorgelegt werden, als Adressat*innen ein Chemielehrer und eine Freundin benannt werden, verzichte ich aus Gründen der Konsistenz an dieser Stelle und im weiteren Verlauf der Arbeit bei diesen beiden Personen auf eine genderneutrale Schreibweise.

Dimensionen *Kontext* (hier: das Salzen von Wasser beim Kochen von Nudeln) und *Darstellungsform* (hier: geschriebener Fließtext) sind im Rahmen dieser Studie nicht weiter zu beleuchten und werden durch die Aufgabenstellung bereits vorgegeben. Diese Vorgabe dient auch dem Zweck, die Komplexität und damit verbunden die von den Schüler*innen wahrgenommene Schwierigkeit der Schreibaufgabe zu begrenzen. Demzufolge sind die Schüler*innen vorrangig gefordert, Adressatenorientierung sowohl durch die Wahl der relevanten Aspekte des Sachinhaltes als auch durch die Nutzung eines angemessenen sprachlichen Codes herzustellen (Kulgemeyer, 2010, S. 53 ff.; Kulgemeyer & Schecker, 2012, S. 32).

Die beiden offenen Aufgaben, die für diesen Zweck konstruiert wurden, lauten wie folgt:

Aufgabe 1:

Erkläre **deiner Freundin, die das Thema Salze im Chemieunterricht noch nicht behandelt hat**, wie sich Salz in Wasser löst. Nutze für deine Erklärung das Beispiel: Du willst Nudeln kochen und gibst Salz in das Wasser. Berücksichtige für deine Erklärung das Modell, dass Stoffe aus kleinsten Teilchen bestehen.

Aufgabe 2:

Erkläre **deinem Chemielehrer**, wie sich Salz in Wasser löst. Nutze für deine Erklärung das Beispiel: Du willst Nudeln kochen und gibst Salz in das Wasser. Berücksichtige für deine Erklärung das Modell, dass Stoffe aus kleinsten Teilchen bestehen.

Abbildung 17. Aufgabenstellungen zur Formulierung adressatenorientierter Erklärungen des Lösevorgangs von Salzen in Wasser am Ende der Unterrichtsreihe.

Unter der Prämisse, dass die Schüler*innen ihre Texte in Antizipation der Wissensstruktur und der kommunikativen Kompetenzen der Adressatin bzw. des Adressaten konzipieren (Becker-Mrotzek et al., 2014, S. 32), wird eine Häufung neu eingeführter Termini in den Texten an die Lehrkraft und eine Mischung aus bekannten und neu eingeführten Termini in den Texten an die Mitschülerin bzw. den Mitschüler erwartet.

8.4 Einschätzung der Eignung und Güte der Testinstrumente

Um die Güte von Testinstrumenten in der empirischen (naturwissenschaftsdidaktischen) Forschung beurteilen zu können, werden allgemein drei sogenannte Gütekriterien herangezogen: Validität, Reliabilität und Objektivität (Bortz & Döring, 2006, S. 195 ff.; Moosbrugger & Kelava, 2020; Schmiemann & Lücken, 2014, S. 107).

Die **Validität** eines Testinstruments gibt an, ob der Test das misst, was er zu messen vorgibt (Rost, 2004, S. 34). Es wird allgemein zwischen den drei Aspekten der Kriteriums-, Inhalts- und Konstruktvalidität unterschieden (Schmiedemann & Lücken, 2014, S. 108).

Die Kriteriumsvalidität bezeichnet die Übereinstimmung des Testergebnisses mit externen Kriterien, wie Schulnoten oder anderen Tests (Schmiedemann & Lücken, 2014, S. 112). Da der Inhaltsbereich der Unterrichtsreihe „Das Tote Meer stirbt!“ (chemische Struktur von Salz und das Lösen in Wasser, s. Kap. 7) und demzufolge auch der des Fachwissenstests „Salze und der Lösevorgang“ (s. Abschn. 8.1) sehr limitiert ist, eignet sich die Chemienote beispielsweise nicht als externes Kriterium, weil sie deutlich mehr Parameter als nur Fachwissen (z. B. auch das Sozialverhalten) umfasst (Schmiedemann & Lücken, 2014, S. 113). Auch weitere Fachwissenstests können aufgrund der fehlenden inhaltlichen Passung nicht herangezogen werden, sodass die Einschätzung der Kriteriumsvalidität nicht abschließend erfolgen kann. Auch die Konstruktvalidität, die sich auf die Gültigkeit des theoretischen Konstrukts im vorliegenden Testkontext bezieht (Schmiedemann & Lücken, 2014, S. 115), lässt sich aufgrund des sehr überschaubaren Inhaltsbereichs nicht tiefergehend untersuchen. Unter Berücksichtigung des Einsatzes des Fachwissenstests zur Erfassung von fachlichen Lernzuwächsen während einer neu geplanten Intervention scheint die Einschätzung der Validität vorrangig im Hinblick auf die Passung mit den Inhalten der Unterrichtsreihe erforderlich (im Rahmen der sogenannten Inhaltsvalidität).

Die **Reliabilität** eines Tests erlaubt Aussagen über die Messgenauigkeit und kann auf unterschiedlichen Wegen bestimmt werden (Bortz & Döring, 2006; Gäde et al., 2020; Rost, 2004). Bei der Bestimmung des Reliabilitätskoeffizienten *Cronbachs α* als Maß für die interne Konsistenz wird jedes Testitem als eigener Testteil betrachtet und die Korrelation dieser Testteile untereinander ermittelt (Rost, 2004, S. 379). Wenngleich von einer zu undifferenzierten Verwendung von *Cronbachs α* gewarnt wird (Gäde et al., 2020, S. 342), wird dieses Maß für den vorliegenden, neu entwickelten Fachwissenstest als ausreichend erachtet, da er somit potenziell auch mit anderen, ähnlich gestalteten Testinstrumenten aus der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (z. B. Riese & Reinhold, 2014, S. 265) verglichen werden kann.

Die **Objektivität** eines Tests ist besonders hoch, wenn das Testergebnis so unabhängig wie möglich von dem oder der Testleiter*in, der Testsituation, den Randbedingungen sowie der Testauswertung und -interpretation ist (Moosbrugger & Kelava, 2020, S. 18; Rost, 2004, S. 39).

8.5 Zusammenfassung

In Kapitel 8 habe ich drei verschiedene Instrumente für die Erhebung der relevanten Daten vorgestellt und deren Gebrauch im Rahmen der vorliegenden Studie begründet. Durch den kombinierten Einsatz dieser Testinstrumente eröffnen sich Möglichkeiten, sowohl quantitative als auch qualitative Analysen zu nutzen, um die Wirksamkeit des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* im Chemieunterricht im Vergleich zum sprachsensiblen *Scaffolding* in der Kontrollgruppe differenziert zu prüfen. Zwei Instrumente müssen eigens entwickelt werden (Fachwissen und offene Aufgaben), ein anderes (der C-Test) ist im Vorfeld meiner Untersuchung durch das IfBQ (2008a) in Hamburg bereits entwickelt und erprobt worden.

Zunächst erlaubt der Einsatz des Fachwissenstests „Salze und der Lösevorgang“ im Prä-Post-Format (s. Abschn. 8.1), dass die fachlichen Lernzuwächse der teilnehmenden Schüler*innen als abhängige Variable bestimmt werden können (Analyse der fachbezogenen Kompetenzentwicklung). Auf diesem Wege wird überprüft, ob die konzeptuelle Komponente des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* (s. Abschn. 4.1) dahingehend erfolgreich ist, die Schüler*innen durch die anfängliche, behutsame Vermeidung unbekannter Fachtermini beim Aufbau eines umfassenderen Konzeptverständnisses zu unterstützen (als dies in der Kontrollgruppe der Fall ist).

Weiterhin werden die Kompetenzen der Schüler*innen in der Bildungssprache Deutsch im Rahmen des C-Tests vor Beginn der Unterrichtsreihe erfasst (s. Abschn. 8.2). Auf diesem Weg lässt sich rekonstruieren, in welcher Form die heterogenen sprachlichen Kompetenzen der Teilnehmenden in Abhängigkeit vom praktizierten Unterrichtsansatz mit den fachlichen Lernzuwächsen korrelieren. Der Fachwissens- und der C-Test bieten die Gelegenheit, im Rahmen der zu erwartenden Stichprobengröße auf ökonomische und zuverlässige Weise statistische Kennwerte zu berechnen, Gruppenvergleiche anzustellen und schließlich Aussagen über die erreichten fachlichen Lernzuwächse auf Seiten der Schüler*innen in Abhängigkeit von den Fähigkeiten hinsichtlich des bildungssprachlichen Registers zu formulieren.

Für die Bestimmung der für diese Studie ausgewählten naturwissenschaftsbezogenen kommunikativen Kompetenzen der Lernenden – nämlich die Fähigkeit zum adressatenorientierten Gebrauch von Fachterminologie – konnte kein bereits erprobtes Analyseverfahren identifiziert werden. Um feststellen zu können, ob bzw. inwiefern die Lernenden mit Ablauf der Unterrichtsreihe in der Lage sind, neu eingeführte Fachtermini korrekt und adressatenorientiert variabel zu verwenden, wurden nunmehr zwei offene Aufgaben konstruiert (s. Abschn. 8.3). Diese beiden Aufgaben fordern

die Proband*innen auf, zwei Texte zum Lösevorgang von Kochsalz in Wasser, in einem Fall an die Lehrkraft und im anderen Fall an eine Mitschülerin, zu adressieren.

Mit der Gewinnung quantitativer Testdaten einerseits (Einsatz von Fachwissens- und C-Test) sowie durch die Erhebung qualitativer Daten in Form der von Schüler*innen frei formulierten Texten andererseits gehen bestimmte Anforderungen an die zum Einsatz kommenden Auswertungsverfahren einher. Die Auswahl der für die Zwecke und Ziele dieser Studie zu nutzenden Verfahren und deren konkrete Anwendung werde ich im folgenden Kapitel explizieren.

9 Aufbereitung und Auswertung der Daten

Die in Kapitel 8 dargestellten Testinstrumente (Fachwissenstest, C-Test und offene Aufgaben) ermöglichen es, Datenmaterial zu gewinnen, welches mithilfe unterschiedlicher Herangehensweisen ausgewertet werden kann. In den folgenden Abschnitten stelle ich die statistischen Verfahren zur Analyse der quantitativen Daten und das Vorgehen bei der qualitativ-inhaltsanalytischen Untersuchung der Schüler*innentexte inklusive anschließender statistischer Auswertung vor.

9.1 Vorgehen bei der Aufbereitung der Datensätze

Alle von den Schüler*innen ausgefüllten Tests – **Fachwissenstest** (FW) zu den Zeitpunkten t_0 und t_1 , **C-Test** und **offene Aufgaben** (oA) – werden nach Abschluss der Erhebung zunächst gesichtet und auf Vollständigkeit geprüft. Ein gänzlich vollständiger Datensatz einer Schülerin oder eines Schülers liegt vor, wenn der **Fachwissenstest** zu beiden Zeitpunkten (Prä- und Post-Test), der **C-Test** sowie die zwei Texte als Antworten auf die **offenen Aufgaben** (mit je einem Text an den Lehrer und die Freundin) eingereicht werden. Außerdem wird geprüft, ob die bzw. der entsprechende Schüler*in an allen vier Doppelstunden der Unterrichtsreihe teilgenommen hat.

Für die Auswertung der Daten zur Beantwortung der Forschungsfragen 1 bis 3 (s. Abschn. 9.2) werden die beiden Fachwissenstests sowie der C-Test benötigt. Aus diesem Grund wird eine Teilstichprobe generiert, die aus den Datensätzen aller Schüler*innen besteht, die beide Fachwissenstests und den C-Test bearbeitet haben und keine Fehlstunden während der Unterrichtsreihe aufweisen.

Darüber hinaus halte ich es in einem zweiten Schritt der Datenaufbereitung für notwendig und geboten, diejenigen Datensätze auszuwählen, die für die geplanten Analysen hinreichend aussagekräftig sind. Aufgrund von inhaltlichen Überlegungen werden anhand der folgenden Kriterien weitere Datensätze aus dem Sample ausgeschlossen:

- Es werden die Datensätze derjenigen Schüler*innen ausgeschlossen, die den **C-Test frühzeitig abgebrochen**, also nicht alle vier Texte bearbeitet, haben¹⁶.

¹⁶ Ein C-Test besteht stets aus mindestens vier einzelnen Texten und dient damit der Messung des Konstrukts globaler Sprachkompetenz. Sind nur ein bis zwei dieser vier Texte bearbeitet worden, so lassen sich keine stichhaltigen Aussagen über die globale Sprachkompetenz hinsichtlich der Bildungssprache Deutsch treffen (Eckes & Grotjahn, 2006).

- Zusätzlich werden die Datensätze derjenigen Schüler*innen ausgeschlossen, die **im C-Test weniger als 20 der 100 möglichen Punkte** erreicht haben. Dieser Fall tritt vor allem bei solchen Schüler*innen auf, die die Lücken, z. B. aufgrund fehlender Motivation, nur punktuell ausgefüllt haben.
- Eine zu geringe Motivation wird auch jenen Schüler*innen unterstellt, die im Fachwissenstest zwischen Prä- und Post-Zeitpunkt einen **Lernzuwachs kleiner oder gleich Null** aufweisen. Diese Maßnahme ist damit zu begründen, dass der Prä-Test zu einem Zeitpunkt stattfindet, zu dem den Schüler*innen wenig Kontakt mit den chemiebezogenen Konzepten rund um Salze und ihrem Löseverhalten in Wasser zugeschrieben wird. Der Post-Test unmittelbar nach der Intervention sollte folglich zu einem deutlich größeren Anteil korrekt beantwortet werden. Die vollkommene Abwesenheit von fachlichen Lernzuwächsen deutet darauf hin, dass die betreffenden Schüler*innen entweder vor der Intervention bereits über ein ausgeprägtes Fachwissen verfügt haben müssten oder den Post-Test nicht gewissenhaft ausgefüllt haben. Es kann ausgeschlossen werden, dass die Schüler*innen während der Intervention etwas „verlernt“ oder sich systematisch etwas fachlich Falsches angeeignet haben.

Anhand der adressatenorientierten Texte, welche die Schüler*innen am Ende der Unterrichtsreihe für ihren Lehrer und an ihre Freundin verfasst haben (**offene Aufgaben**), werden die qualitativen Inhaltsanalysen und anschließenden statistischen Auswertungsschritte (s. Abschn. 9.3) durchgeführt. Um einen intraindividuellen Vergleich der Merkmale von Adressatenorientierung bewerkstelligen zu können, ist es notwendig, dass beide Texte von ein und derselben Person vorliegen. In die qualitativen Inhaltsanalysen werden demzufolge nur Datensätze derjenigen Schüler*innen einbezogen, welche sowohl einen Text an ihren Lehrer als auch an ihre Freundin formuliert haben.

Um potenzielle Zusammenhänge zwischen den adressatenorientierten Textprodukten und sowohl dem Fachwissen einerseits als auch den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch (C-Test) andererseits aufdecken zu können, werden in diesem Teil der Studie die Datensätze von denjenigen Schüler*innen analysiert, die an allen Doppelstunden teilgenommen haben und von denen sämtliche Testhefte vollständig vorliegen. Weiterhin wurden die Texte zur Aufbereitung dahingehend inhaltlich geprüft, ob sie die Aufgabenstellung (s. Abschn. 8.3) erfüllen, d. h. vor allem, ob der Lösevorgang überhaupt erklärt wird und bei der Erklärung ein Bezug zur Teilchenvorstellung erkennbar ist. Ein reines Beschreiben des Lösevorgangs auf der stofflichen Ebene ist demnach nicht ausreichend und führt zum Ausschluss des entsprechenden Textes.

9.2 Verfahren zur quantitativ-statistischen Analyse der Daten

Ein quantitatives Vorgehen bei der Auswertung der Daten ist sowohl für den Fachwissenstest als auch für den C-Test zur Erfassung der Kompetenzen der Schüler*innen in der Bildungssprache Deutsch erforderlich. Zunächst werde ich darlegen, wie sich Zusammenhänge zwischen den fachbezogenen Lernzuwächsen und der Art des Unterrichtsansatzes mithilfe von Regressionsanalysen feststellen lassen, bevor die bildungssprachlichen Kompetenzen als mögliche Einflussgröße auf diese Zusammenhänge in die Regressionsanalysen integriert werden. Des Weiteren bedarf es der Berücksichtigung der hierarchischen Datenstruktur, sodass zum Abschluss dieses Kapitels die Anwendung von Mehrebenenanalysen vorgestellt und begründet wird.

9.2.1 Auswertung der Daten aus dem Fachwissenstest

Der Fachwissenstest „Salze und der Lösevorgang“ umfasst 16 Items und demzufolge aufgrund des Multiple-Choice-Single-Select-Formats 16 fachlich korrekte Wahlmöglichkeiten. Daher ist ein maximaler Score von 16 erreichbar. Hat ein*e Proband*in die korrekte Antwortoption ausgewählt, so erhält sie bzw. er für das Item als Score den Wert 1; bei der Wahl einer falschen Antwortoption entsprechend den Wert 0. Der Gesamtscore für den Fachwissenstest wird durch Addition der Werte für jedes Item ermittelt.

9.2.2 Auswertung der Daten aus dem C-Test

Der C-Test zur Bestimmung der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch umfasst vier Texte; pro Text sind 25 Lücken vorgegeben. Ausgewertet werden die Tests zunächst über den R/F-Wert (Richtig/Falsch-Wert), wobei geringfügige Korrekturen im vom IfBQ (2008a) vorgegebenen Lösungsschema (s. Anhang A-2c) vorgenommen werden müssen¹⁷. Anschließend werden alle Eintragungen der Schüler*innen, die für den R/F-Wert als falsch kodiert wurden, aus der Perspektive der Worterkennung betrachtet und könnten so ggf. noch als semantisch korrekt gewertet werden. Für die Analyse der WE-Werte (Worterkennungs-Werte) liegt kein Kodiermanual vom

¹⁷ Bei diesen handelt es sich aber allem Anschein nach lediglich um Tippfehler im veröffentlichten Kodiermanual.

IfBQ vor; dieses wurde eigenständig entwickelt. Pro Lücke wird bei korrekter Eintragung der Wert 1 vergeben; bei fehlerhafter Eintragung der Wert 0¹⁸. Die Performanz der Proband*innen wird über den Summenscore über sämtliche 100 Lücken von allen vier Texten abgebildet. Es ergibt sich bei vier Texten mit jeweils 25 Lücken für den R/F-Wert und für den WE-Wert folglich jeweils ein maximaler Score von 100, wobei der WE-Wert immer größer oder gleich dem R/F-Wert ist.

Mithilfe der Angaben zur Normierung des C-Tests durch das IfBQ (2008a) lassen sich die Ergebnisse der teilnehmenden Schüler*innen mit einem Referenzniveau vergleichen. Die Vergleichswerte geben darüber Aufschluss, welcher Testscore welchem Prozentrang der Normierungsstichprobe entspricht. Ein Testscore von 80 entspricht beispielsweise einem Prozentrang von 88, d. h. 12 % der Schüler*innen der Normierungsstichprobe erreichen mehr als 80 Punkte und 88 % dementsprechend 80 Punkte oder weniger (IfBQ Hamburg, 2008b).

Die in dieser Studie erhobenen C-Test-Daten werde ich mithilfe des vom IfBQ (2008a) bereitgestellten Manuals kodieren, da die Auswertung anhand des R/F-Wertes weniger Interpretationsspielraum eröffnet als die Analyse der Worterkennung und sich die Normierungsstichprobe des IfBQ ebenfalls auf die R/F-Werte bezieht.

Um gemäß der Forschungsfragen (s. Abschn. 5.2) den Einfluss der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes (als unabhängige Variable) in Abhängigkeit der Kompetenzen der Schüler*innen in der Bildungssprache Deutsch (als besonders bedeutsame Kontrollvariable) auf den fachlichen Lernzuwachs (als abhängige Variable) zu bestimmen, werden Regressionsanalysen und lineare Modelle eingesetzt.

9.2.3 Regressionsanalysen und das allgemeine lineare Modell (ALM)

Regressionsanalysen ermöglichen die Quantifizierung von Zusammenhängen zwischen einer unabhängigen Variable (Einflussgröße) und einer abhängigen Variable (Ziel-/Messgröße) unter Kontrolle des Einflusses weiterer Variablen (Bortz, 2005, S. 181 f.). In einem ersten Schritt der Analyse soll daher der Zusammenhang zwischen der Art des Unterrichtsansatzes als unabhängiger Variable (Unterricht mit oder ohne Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes*) und den resultierenden Lernzuwächsen als abhängiger Variable (gemessen als Punktdifferenz zwischen dem Prä- und Post-Test im Fachwissen) bestimmt werden (s. Forschungsfragen 1a,

¹⁸ Lediglich Fehler in der Groß- und Kleinschreibung werden vernachlässigt und führen nicht unmittelbar zu einem Score von 0.

1b und 2 in Abschn. 5.2). Für diesen Zweck wird ein allgemeines lineares Modell (ALM) angewendet (Bortz, 2005, S. 483 ff.). Es bietet die Möglichkeit, den Einfluss einer nominalskalierten Variable (hier: Art des Unterrichtsansatzes mit zwei verschiedenen Ausprägungen) auf die intervallskalierte Zielgröße (hier: Score im Fachwissenstest) zu ermitteln und integriert dafür „die wichtigsten Verfahren der Elementarstatistik, varianzanalytische Verfahren sowie multiple Korrelations- und Regressionsrechnung“ (Bortz, 2005, S. 483).

Das ALM mit den Regressionskoeffizienten β wird mathematisch wie folgt ausgedrückt:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + U_i$$

Y kennzeichnet die abhängige Variable, X die unabhängige Variable, β_0 repräsentiert die Konstante, β_1 den Steigungsparameter und U den Fehlerterm.

Zunächst muss für die beiden Ausprägungen der unabhängigen Variable X (hier: Art des Unterrichtsansatzes) eine Dummykodierung vorgenommen werden: in dieser Studie erhält die Kontrollgruppe, in der keine Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* angewendet werden, die Dummykodierung 0; für die Interventionsgruppe unter Berücksichtigung der *Disaggregate-Instruction-Prinzipien* steht die Dummykodierung 1 (Bortz, 2005, S. 484). Die Scores im Fachwissenstest (abhängige Variable Y) sind intervallskaliert und liegen potenziell zwischen 0 und 16. Wird die Dummykodierung auf die obenstehende Formel angewendet, so ergibt sich für die Kontrollgruppe KG: $Y_{KG} = \beta_0 + U_{KG}$ und für die Interventionsgruppe IG: $Y_{IG} = \beta_0 + \beta_1 + U_{IG}$.

Daraus folgt, dass der sogenannte Steigungsparameter β_1 den Effekt der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes auf die abhängige Variable Y (hier: fachlicher Lernzuwachs) darstellt. Um zu prüfen, ob die Nullhypothese H_0 der Forschungsfrage 2¹⁹, zu verwerfen ist, wird ein t-Test für unabhängige Stichproben berechnet (Bortz, 2005, S. 489). Fällt dieser t-Test mit dem α -Fehlerniveau von 5 % statistisch signifikant aus, so ist davon auszugehen, dass sich die fachlichen Lernzuwächse zwischen den beiden Unterrichtsvarianten über die betrachtete Stichprobe hinaus allgemein unterschiedlich entwickeln. Die Nullhypothese H_0 wird dann verworfen und in Abhängigkeit der Richtung des Effektes entweder die Hypothese H_1 oder H_2 angenommen (s. Kap. 5).

¹⁹ Diese besagt, dass sich die fachlichen Lernzuwächse zwischen den Schüler*innen der Interventions- und Kontrollgruppen nicht voneinander unterscheiden.

In einem zweiten Schritt sollen nun die Kompetenzen der Teilnehmenden bezüglich der Bildungssprache Deutsch (ermittelt über den C-Test-Score, s. Abschn. 9.1.2) als weitere Einflussgröße in das Regressionsmodell aufgenommen werden (Forschungsfrage 3 in Abschn. 5.2). Für diesen Zweck ist eine Moderatorvariable Z sowie ein Interaktionsterm X_iZ_i in das lineare Modell aufzunehmen. Man spricht in diesem Fall von einer multiplen linearen Regression (Bortz, 2005, S. 485 f.), welche mathematisch wie folgt dargestellt werden kann:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1X_i + \beta_2Z_i + \beta_3X_iZ_i + U_i$$

Der Regressionskoeffizient β_3 repräsentiert in diesem Modell die Richtung und Stärke des Interaktionseffektes zwischen der Art des Unterrichtsansatzes (unabhängige Variable X) und den Kompetenzen der Schüler*innen in der Bildungssprache Deutsch (Moderatorvariable Z). Auch im Fall von Forschungsfrage 3 wird dann mittels t-Test mit dem α -Fehlerniveau von 5 % geprüft, inwieweit das Zusammenspiel zwischen der Art des Unterrichtsansatzes und den bildungssprachlichen Kompetenzen einen verallgemeinerbaren Einfluss auf den fachlichen Lernzuwachs ausübt. Fällt der Interaktionsterm X_iZ_i statistisch signifikant aus, so ist die Nullhypothese H_0 zu verwerfen. In Abhängigkeit der Richtung des Effektes ist entweder die Hypothese H_1 oder H_2 anzunehmen (s. Kap. 5). Mit Blick auf Forschungsfrage 3 heißt das in der vorliegenden Studie, dass die Art des Unterrichtsansatzes einerseits entweder Schüler*innen mit fortgeschrittenen oder andererseits mit geringer ausgeprägten Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch in besonderem Maße unterstützt.

9.2.4 Berücksichtigung verschiedener Cluster: Mehrebenenanalysen und hierarchische lineare Modelle (HLM)

Die Analyse der fachlichen Lernzuwächse und die der Kompetenzen von Schüler*innen in der Bildungssprache Deutsch findet in der vorliegenden Studie jeweils auf der Ebene individueller Schüler*innen statt (s. Kap. 8). Da die teilnehmenden Schüler*innen in dieser Studie jedoch in einem quasi-experimentellen Design jeweils als gesamte Klassenverbände einer der beiden Untersuchungsbedingungen (Interventions- oder Kontrollgruppe) zugeordnet werden, ist laut Kuhn (2014) von einer hierarchischen, mehrere Ebenen umfassenden Datenstruktur auszugehen. Die Betrachtung dieser Ebenen im Zuge der Analyse der Daten beruht auf der Beobachtung, dass sich Schüler*innen derselben Klasse aufgrund des gemeinsamen Unterrichts weitgehend mit konstanten Lehrkräften untereinander in vielerlei Hinsicht stärker ähneln als Schüler*innen unterschiedlicher Klassen; gleiches gilt für die Zugehörigkeit der Schüler*innen zu einer bestimmten Schule, da Schulen häufig ein verhältnismäßig homogenes Einzugsgebiet besitzen (Bortz, 2005, S. 508f.; Kuhn, 2014, S. 297 f.).

Um nun die in Abschnitt 9.1.1 beschriebenen Regressionsanalysen durchführen zu können, muss die hierarchische Struktur der Daten folglich durch die Betrachtung mehrerer Ebenen abgebildet werden (Kuhn, 2014, S. 298). Die untersuchte Interventionsmaßnahme ersetzte jeweils in einer gesamten Schulklasse den bisher erfahrenen Unterricht sowie die reguläre Chemielehrkraft. Daher wähle ich für mein Vorgehen eine zweistufige Hierarchisierung: die individuelle **Schüler*innenebene** und die übergeordnete **Klassenebene** (Kuhn, 2014, S. 298). Welcher Einfluss dabei den einzelnen Ebenen zur Erklärung der Gesamtvarianz zuzuschreiben ist, wird durch die Größe der Intraklassenkorrelation (engl.: *intraclass correlation coefficient*, kurz: *ICC*) quantifiziert (Kuhn, 2014, S. 301).

Entscheidende Voraussetzung für die Umsetzung von Mehrebenenanalysen ist die Berücksichtigung der Anzahl von Einheiten auf den jeweiligen Ebenen, die zu untersuchen und zu vergleichen sind (Kuhn, 2014, S. 299 f.). Obgleich allgemein davon ausgegangen wird, dass 30 Einheiten auf der höchsten Ebene notwendig sind, haben Leyrat et al. (2018) aus der medizinischen Forschung Vorschläge für Korrekturen vorgelegt, die die Berechnung bei einer verhältnismäßig kleinen Anzahl von Einheiten (hier: Cluster) ermöglichen. Für Designs, bei denen zwischen 10 und 20 Cluster analysiert werden sollen (was für die geplante Studie praktikabel erscheint, s. Abschn. 6.4), empfehlen Leyrat et al. (2018, S. 326) hierarchische lineare Modelle unter Anwendung der sogenannten Satterthwaite-Korrektur (Satterthwaite, 1946) zu nutzen. Mithilfe des Programms R (R Core Team, 2018) ist die Umsetzung der in den Abschnitten 9.1.1 und 9.1.2 beschriebenen Analysen mittels des *lme4*-Pakets möglich (Bates et al., 2015).

9.3 Auswertung der qualitativen Daten (Schüler*innentexte aus den offenen Aufgaben)

Wie in Abschnitt 8.3 ausgeführt, dienen die von den Schüler*innen verschriftlichten chemiebezogenen Erklärungen des Lösevorgangs von Kochsalz in Wasser der vertiefenden Erkundung des Lern- und Unterrichtserfolgs unter besonderer Berücksichtigung fachbezogener kommunikativer Kompetenzen. Die qualitativen Inhaltsanalysen sollen einerseits differenzierter als dies allein durch die Auswertung des standardisierten Multiple-Choice-Fachwissenstests möglich wäre, Auskunft über das konzeptuelle Verständnis der Schüler*innen geben. Andererseits eröffnen die explorativ angelegten Inhaltsanalysen genauere Einblicke in besondere – für

diese Studie ausgewählte – fachspezifische kommunikative Kompetenzen; nämlich bezüglich der Fähigkeiten von Schüler*innen, ein alltagsnahes Phänomen fachlich korrekt unter Verwendung geeigneter Terminologie möglichst adressatenkonform erklären zu können.

Die qualitative Auswertung der Schüler*innentexte fokussiert – wie in Abschnitt 8.3 bereits erwähnt – ausschließlich auf die beiden von Kulgemeyer und Schecker (2009, S. 141 ff.) beschriebenen Dimensionen: Verwendung eines spezifischen *sprachlichen Codes* sowie Auswahl und Qualität relevanter *Aspekte des Sachinhalts*. Um die Verwendung des *sprachlichen Codes* (Kulgemeyer & Schecker, 2009, S. 141 f.; Kulgemeyer, 2010, S. 53 f.) und die Darstellung der *Aspekte des Sachinhaltes* (Kulgemeyer & Schecker, 2009, S. 144 f.; Kulgemeyer, 2010, S. 59 ff.) in den Schüler*innentexten systematisch erfassen zu können, wird ein qualitatives Auswertungsverfahren benötigt.

Um in erster Näherung zu einem probaten Auswertungsverfahren zu gelangen, führe ich eine qualitative Inhaltsanalyse mit deduktiver Kategorienanwendung nach Mayring (2022) durch. Dabei handelt es sich um ein zweistufiges Vorgehen, das im ersten Schritt die theoriegeleitete Bildung von Kategorien vorsieht (s. Abschn. 9.2.1) und im zweiten Schritt die eigentliche Kodierung des Datenmaterials verlangt (Hamann & Jördens, 2014) (s. Abschn. 9.2.2).

9.3.1 Deduktive Entwicklung des Kategoriensystems zur qualitativ-inhaltsanalytischen Untersuchung von Adressatenorientierung

Die Entwicklung des Kategoriensystems, welches an den aktuellen Forschungsstand zu Adressatenorientierung angelehnt ist und Merkmale bezüglich der beiden Dimensionen *sprachlicher Code* und *Aspekte des Sachinhaltes* erfassen soll, beruht auf Literatur aus verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen und Arbeitsfeldern, u. a. auf Arbeiten aus der Schreibforschung (z. B. Becker-Mrotzek et al., 2014; Linne-mann, 2014), der Naturwissenschaftsdidaktik (z. B. Kulgemeyer & Schecker, 2009; Rincke & Markic, 2018; van Vorst & Meller, 2019) sowie Publikationen aus dem Bereich Pädagogische Psychologie (z. B. Jucks et al., 2003).

Im Zuge meiner Forschungsarbeit strebe ich eine Synthese dieser unterschiedlichen Perspektiven an. Dabei konzentriere ich mich auf die Besonderheiten adressatenorientierter Kommunikation. Das Zusammenstellen der Kategorien in Form eines Kate-

goriensystems erfolgt mit dem Ziel, einen Kodierleitfaden mit entsprechenden Kategorien, Kategoriendefinitionen, Kodierbeispielen und Kodierregeln zu erstellen (Mayring, 2022, S. 96).

Das Kategoriensystem ist insgesamt hierarchisch angelegt (Rädiker & Kuckartz, 2019, S. 97 f.). Aus der zusammengestellten und in Abschnitt 2.3.2 bereits vorgestellten Literatur konnten zahlreiche (potenzielle) Merkmale von Adressatenorientierung extrahiert werden, die anschließend zunächst zu Kategorien gebündelt und dann den beiden übergeordneten Dimensionen entweder zur Analyse des *sprachlichen Codes* oder zur Analyse der für fachgerechte Erklärungen relevanten *Aspekte des Sachinhalts* (Kulgemeyer & Schecker, 2009) zugeordnet werden. Auf der Ebene des *sprachlichen Codes* ergibt sich eine Unterteilung in *Wort-, Satz- und Textebene* (z. B. Rincke & Markic, 2018, S. 38). Hinsichtlich der erklärungsrelevanten *Aspekte des Sachinhalts* ist eine Differenzierung zwischen *inhaltlichen Aspekten des Lösevorgangs* (z. B. Bildung von Hydrathüllen), *sachgerechter Beschreibung* sowie *inhaltlich nachvollziehbare Gliederung* vorgesehen.

Sind die Merkmale von Adressatenorientierung in Form von Kategorien grundlegend strukturiert, so werden anschließend Definitionen für jede Kategorie festgelegt, die gewährleisten sollen, Textsegmente möglichst eindeutig einer Kategorie zuordnen zu können (Rädiker & Kuckartz, 2019, S. 101). Außerdem habe ich sogenannte Ankerbeispiele, also Beispiele aus dem Datenmaterial, die für die Veranschaulichung einer Kategorie besonders charakteristisch scheinen, zusammengestellt und Regeln für die Abgrenzung verschiedener Kategorien festgelegt (Rädiker & Kuckartz, 2019, S. 101 f.)

In den Texten bedienen sich die Schüler*innen eines *sprachlichen Codes*, von dem sie ausgehen, dass die bzw. der Leser*in diesen im intendierten Sinne entschlüsseln kann (Kulgemeyer & Schecker, 2009, S. 141; Kulgemeyer, 2010, S. 53). Die in den Texten zu erwartenden Kategorien wurden im Rahmen der theoretischen Ausführungen bereits vorgestellt und in Tabelle 1 (*Zusammenstellung verschiedener Merkmale von Adressatenorientierung hinsichtlich der inhaltlichen und sprachlichen Gestaltung*) systematisch aufgelistet (s. Abschn. 2.3.2). Die in Tabelle 1 zusammengetragenen Merkmale wurden in das Kategoriensystem überführt.

Bezüglich der *Aspekte des Sachinhalts* wurden die Kategorien ebenfalls aus Tabelle 1 gebildet und anhand der konkreten Konzepte, die in der Unterrichtsreihe erarbeitet werden (s. Abschn. 7.3), ausdifferenziert. Die Dimension *Aspekte des Sachinhalts* weist drei übergeordnete Kategorien auf (s. Tabelle 1, Abschn. 2.3.2); betrachtet werden:

- der Umfang (die Vollständigkeit) der dargebotenen inhaltlichen Aspekte des Lösevorgangs
- die Nachvollziehbarkeit (d.h. das Einhalten einer plausiblen Reihenfolge in der Darbietung der Informationen)
- die Texteröffnung und der Textabschluss

Anhand der übergeordneten Kategorie *Umfang der dargebotenen inhaltlichen Aspekte des Lösevorgangs* möchte ich im folgenden Abschnitt die deduktive Kategorieneildung illustrieren. Folgt man den Vorgaben im Rahmenlehrplan Chemie der Länder Berlin und Brandenburg (SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015, S. 36), so wird erwartet, dass eine vollumfängliche Erklärung des Lösevorgangs von Salzen in Wasser auf dem Niveau der Sekundarstufe I die folgenden inhaltlichen Aspekte enthält (s. auch Abschn. 7.1): Schüler*innen sollten in ihren Erklärungen grundsätzlich auf den Aufbau des Stoffes *Kochsalz* und auf den Aufbau des Stoffes *Wasser* sowie auf die *Hydratation der Ionen* eingehen. Im Zuge der Differenzierung wird von den Schüler*innen erwartet, dass sie in der Lage sind, die nachfolgenden Elemente in ihren Erklärungen sachlich korrekt darzulegen:

Bezüglich des Aufbaus des Stoffes *Kochsalz* wird erwartet, dass Schüler*innen ausführen, dass ...

- Salze bzw. Ionensubstanzen aus geladenen Teilchen bestehen, die auch Ionen genannt werden,
- positiv geladene Ionen als Kationen und negativ geladene Ionen als Anionen bezeichnet werden,
- die Anziehung zwischen Kationen und Anionen als Ionenbindung bezeichnet wird,
- durch die gegenseitige Anziehung sich Anionen und Kationen im festen Zustand regelmäßig in Form eines (Kristall-)Gitters anordnen.

Bezüglich des Aufbaus des Stoffes *Wasser* wird erwartet, dass Schüler*innen darlegen, dass ...

- ein Wassermolekül aus zwei Wasserstoffatomen und einem Sauerstoffatom besteht,
- jedes Sauerstoffatom eines Wassermoleküls mit je zwei Wasserstoffatomen verbunden ist,
- eine polare Elektronenpaarbindung zwischen dem Sauerstoffatom und den (beiden) Wasserstoffatomen vorliegt,
- das Sauerstoffatom eine höhere Elektronegativität aufweist als das Wasserstoffatom, d. h., dass

- im Fall der Betrachtung der Bindungsverhältnisse im Wassermolekül sich die jeweiligen Bindungselektronen näher am Sauerstoffatom befinden (als an den jeweiligen Wasserstoffatomen),
- aufgrund der Lage der Bindungselektronen, negative und positive Teil- bzw. Partialladungen entstehen,
- eine negative Teil- bzw. Partialladung dem Sauerstoffatom im Wassermolekül zugewiesen wird,
- den Wasserstoffatomen im Wassermolekül positive Teil- bzw. Partialladungen zugeschrieben werden,
- man Wassermoleküle auch als Dipol-Moleküle bezeichnet, da polare Elektronenpaarbindungen vorliegen und die Ladungsschwerpunkte der Teil- bzw. Partialladungen in Wassermolekülen nicht zusammenfallen.

Bezüglich des Vorgangs der *Hydratation* wird erwartet, dass Schüler*innen, darauf fokussieren, dass ...

- sobald Salz in Wasser gegeben wird, Wassermoleküle sich so ausrichten, dass die positiven Teil- bzw. Partialladungen an den Wasserstoffatomen zu den Anionen zeigen und die negativen Teil- bzw. Partialladungen an den Sauerstoffatomen zu den Kationen,
- sich durch Anziehungskräfte zwischen den Teil- bzw. Partialladungen der Wassermoleküle und den elektrisch geladenen Ionen Wassermoleküle an den Ionen anlagern,
- Ionen dadurch beginnend von den Ecken und Kanten des Salzkristalls aus dem (Kristall-)Gitter herausgelöst werden,
- jedes Ion je nach Größe von vier bis sechs Wassermolekülen umhüllt wird,
- diese Hülle als Hydrathülle bezeichnet wird,
- der Lösevorgang beendet ist, wenn
 - (a) die Lösung gesättigt ist, d. h. wenn sich kein weiteres Salz mehr in der vorgegebenen Portion Wasser lösen kann, da für die Hydratation keine Wassermoleküle mehr zur Verfügung stehen oder, wenn
 - (b) alle Ionen aus dem (Kristall-)Gitter gelöst und von Hydrathüllen umgeben sind.

Wenngleich sämtliche der soeben genannten Fachinhalte Bestandteile der Unterrichtsreihe sind (oder im Falle des Aufbaus des Stoffes Wasser bereits im Vorfeld von den Schüler*innen erarbeitet wurden), ist nicht davon auszugehen, dass die Schüler*innentexte all diese relevanten Inhalte in ihrer Gesamtheit, ihrer Differenziertheit und/oder ihrer Breite enthalten. Mit Blick auf die Aufgabenstellung, die den Fokus ja explizit auf unterschiedliche Adressat*innen richtet, wäre so eine Ausführlichkeit auch gar nicht geboten. Nach Becker-Mrotzek et al. (2014, S. 22) sollten in einem adressatenorientierten Text jene Informationen nur knapp erwähnt oder gar

nicht dargelegt werden, die auf Seiten der Leserin oder dem Leser bereits erwartet werden. Dieses Vorgehen dient dazu, kognitive Überforderung zu vermeiden und um die Leserin bzw. den Leser bestmöglich auf das Wesentliche zu fokussieren.

Für die Entwicklung des Kategoriensystems ist das differenzierte Auflisten sämtlicher relevanter Elemente zur Erklärung des Phänomens von tragender Bedeutung, denn alle aufgeführten inhaltlichen Aspekte des Lösevorgangs sind in das Kategoriensystem zu integrieren, um den inhaltlichen Umfang der Schüler*innentexte (als Teilmenge einer aus Perspektive der Sekundarstufe I vollumfänglichen Beschreibung des Lösevorgangs) entsprechend bestimmen zu können (Becker-Mrotzek et al., 2014, S. 32; Kulgemeyer, 2010, S. 59).

Aber auch aus einem anderen Grund ist die ausführliche Darstellung des Sachverhaltes relevant. So betont Kulgemeyer (2010, S. 50), dass für gelungene Kommunikation neben der adressatenorientierten Auswahl der als relevant erachteten Aspekte des Sachinhalts auch eine sachgerechte Wiedergabe der inhaltlichen Aspekte von Bedeutung ist. Der Wechselwirkung zwischen adressatenorientierter und sachgerechter Darstellung trägt das Kategoriensystem dahingehend Rechnung, dass sämtliche inhaltliche Aussagen im Rahmen der zusätzlichen Oberkategorie sachgerechte Beschreibung auch dahingehend geprüft werden, ob sie fachlich adäquat, korrekt und konsistent sind sowie fachliche Konventionen angemessen berücksichtigt werden (Kulgemeyer, 2010, S. 50).

9.3.2 Analyse der Schüler*innentexte mithilfe des Kategoriensystems

Um Forschungsfrage 4²⁰ (s. Abschn. 5.2) zu beantworten, werden die Textprodukte der Schüler*innen, die sie angesichts der offenen Aufgaben erarbeitet haben, inhaltsanalytisch untersucht. Für diesen Zweck wird das in Abschn. 9.2.1 beschriebene, theoriegeleitet entwickelte Kategoriensystem eingesetzt (Mayring, 2022, S. 96). Die Schüler*innentexte werden unter Anwendung des Kategoriensystems sowohl hinsichtlich der inhaltlichen als auch der sprachlichen Gestaltung analysiert. Mithilfe des Programms MAXQDA werden die Schüler*innentexte untersucht und Textsegmente entsprechend kodiert.

²⁰ Mit Forschungsfrage 4 wird untersucht, ob der Gebrauch fachbezogener Terminologie im Sinne kommunikativer Kompetenzen durch die Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes beeinflusst wird.

Dafür werden zunächst die Analyseeinheiten festgelegt, welche dahingehend variieren, welches Merkmal von Adressatenorientierung (d. h. welche Kategorie) untersucht werden soll. Werden Analysen auf der Wortebene ausgeführt, dann werden ausschließlich einzelne Wörter oder Wortgruppen betrachtet. Auf der Satzebene werden (Teil-)Sätze betrachtet und auf der Textebene werden die Summen der im Text vorhandenen Wörter ermittelt sowie die Anzahl der gebeugten Verben (als stellvertretendes Maß für die Anzahl der im Text vermerkten Sätze und Teilsätze) erfasst. Hinsichtlich der dargestellten *Aspekte des Sachinhalts* werden solche Textsegmente untersucht, die als inhaltlich in sich geschlossene Aussagen betrachtet werden können (Mayring, 2022, S. 60).

Mayring (2022, S. 97) schlägt ein Ablaufmodell zur deduktiven Kategorienanwendung im Rahmen der strukturierenden-qualitativen Inhaltsanalyse vor, welches auch in dieser Studie zur Analyse des Datenmaterials genutzt werden soll. Das Kategoriensystem in seiner ursprünglichen Arbeitsfassung²¹ wird zunächst verwendet, um einen ersten Teil der Texte zu kodieren. Dabei geht es auch darum, Ankerbeispiele zu identifizieren und auszuwählen sowie Regeln zur Abgrenzung der verschiedenen Kategorien festzulegen (Mayring, 2022, S. 97 f.). Im Zuge der Analyse weiteren Datenmaterials wird der Kodierleitfaden fortlaufend überarbeitet und so lange optimiert bis stabile Kodierregeln herausgebildet werden konnten (Mayring, 2022, S. 98).

Wie gut die Zuordnung gelingt und inwiefern die Zuordnung von Kategorien zu Textsegmenten anhand der Kodierregeln von der kodierenden Person unabhängig ist, lässt sich durch einen Interdecoder-Übereinstimmungstest ermitteln (Mayring, 2022, S. 97). Die Interdecoder-Übereinstimmung stellt ein zentrales Qualitätsmerkmal qualitativer Forschung dar. Das Ergebnis der Interdecoder-Übereinstimmung gibt Auskunft darüber, wie groß die Übereinstimmung zwischen den Kodierungen von mehreren Personen ist, die dasselbe Datenmaterial unabhängig voneinander kodiert haben (Rädiker & Kuckartz, 2019, S. 288). Um die Übereinstimmung zwischen mehreren Kodierenden zuverlässig ermitteln zu können, sollten die verschiedenen Rater*innen mindestens 10 % des Datenmaterials unabhängig voneinander kodieren (Rädiker & Kuckartz, 2019, S. 290). Die von mindestens zwei Personen kodierten Dokumente werden abschließend anhand ihrer Übereinstimmung auf der Ebene der Textsegmente (also beispielsweise Wörter hinsichtlich Kategorien auf der Wortebene oder Sätze bzgl. der Satzebene) überprüft, d. h. es wird verglichen, ob die beteiligten Rater*innen dem jeweils gleichen Ausschnitt des Datenmaterials dieselbe/n Kategorie/n

²¹ Die am Ende dieser Studie vorliegende Fassung des Kategoriensystems befindet sich im Anhang dieser Arbeit.

zugeordnet haben (Rädiker & Kuckartz, 2019, S. 295). Das Verfahren zur Berechnung der InterCoder-Übereinstimmung, folgt einem Vorschlag von Brennan und Pre-diger (1981).

Das bereits erwähnte Programm MAXQDA verfügt über ein Tool, mit dessen Hilfe InterCoder-Übereinstimmungstests durchgeführt werden können. Der nach diesem Verfahren berechnete Wert κ_n liegt im Bereich zwischen -1 und +1. In Anlehnung an die Empfehlungen von Landis und Koch (1977, S. 165) können κ_n -Werte ab 0,61 als „substantial“ und κ_n -Werte ab 0,81 als „almost perfect“ eingeordnet werden. Wenn in der Analyse der Übereinstimmung zwischen den Kodierungen mehrerer Personen kein hinreichender Wert ermittelt wird, bedarf es einer Überarbeitung der Kodierregeln und einer erneuten Prüfung der InterCoder-Übereinstimmung. Bei einer Übereinstimmung von $\kappa_n > 0,81$ wird davon ausgegangen, dass die Kodierregeln als brauchbar gelten und folglich das gesamte Datenmaterial kodiert werden kann (Rädiker & Kuckartz, 2019, S. 303).

Abschließend werden die Kategoriebelegungen ausgezählt und die ermittelten Kennwerte deskriptivstatistisch und regressionsanalytisch ausgewertet (s. Abschn. 9.2.3). Für diese Studie relevante Vergleiche zwischen Teilstichproben, z. B. Texte an die Lehrkraft und Texte an die Freundin oder zwischen Texten aus den Interventions- und Kontrollgruppen, lassen sich mittels t-Tests auf statistische Signifikanz prüfen. Für eine tiefergehende Analyse des konzeptuellen Verständnisses und des Gebrauchs spezifischer Termini in Anlehnung an Forschungsfrage 4 (s. Abschn. 5.2) ist es jedoch zusätzlich sachdienlich, konkrete Textprodukte zu betrachten und zu kontrastieren.

9.3.3 Auswahl und differenzierte inhaltsanalytische Betrachtung spezieller Fälle

Um in Erfahrung zu bringen, ob bzw. in welcher Weise die Wahl des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes (ausschließlich *Scaffolding* vs. Kombination aus *Scaffolding* und *Disaggregate-Instruction-Ansatz*) die kommunikativen Fähigkeiten der Lernenden beeinflusst, werde ich besondere Fälle aus den Textsammlungen beider Untersuchungsgruppen auswählen, um diese genauer zu betrachten. Dabei gehe ich wie folgt vor:

Forschungsfrage 4 (s. Abschn. 5.2) fokussiert auf den Gebrauch von Termini bzw. Umschreibungen, die entweder bereits im Vorfeld der Unterrichtsreihe bekannt sind

(unterrichtsbezogene Umgangssprache) oder erst im Laufe der Unterrichtsreihe erarbeitet wurden (fachsprachliche Termini). Um die Verwendung von Terminologie aus diesen beiden Registern möglichst objektivierbar quantifizieren zu können, werden die Termini und Formulierungen je Register und pro Text ausgezählt, wobei die Textlänge in Wörtern als Bezugsgröße dient. Es sind vier verschiedene Ausprägungen zu erwarten, die in Tabelle 6 gegenübergestellt sind.

Tabelle 6. Kategorisierung der Schüler*innentexte anhand des Vorkommens von umgangssprachlichen und fachsprachlichen Termini

<u>wenige bis keine</u> umgangssprachlichen Formulierungen und <u>viele</u> Formulierungen unter Verwendung fachsprachlicher Termini	<u>viele</u> umgangssprachliche Formulierungen und <u>viele</u> Formulierungen unter Verwendung fachsprachlicher Termini
<u>wenige bis keine</u> umgangssprachlichen Formulierungen und <u>wenige bis keine</u> Formulierungen unter Verwendung fachsprachlicher Termini	<u>viele</u> umgangssprachliche Formulierungen und <u>wenige bis keine</u> Formulierungen unter Verwendung fachsprachlicher Termini

Das Vorkommen von umgangs- und fachsprachlichen Formulierungen bzw. Termini dient bei der Analyse spezieller Fälle demzufolge als Vergleichsdimension (Kelle & Kluge, 2010, S. 91). Um zu konkretisieren und schließlich zu quantifizieren, wann ein Text wenige und ab wann ein Text viele umgangssprachliche oder fachsprachliche Termini enthält, werden die entsprechenden Kennwerte (Verhältnis zwischen der Anzahl der umgangssprachlichen oder fachsprachlichen Formulierungen/Termini und Textlänge in Wörtern) graphisch gegeneinander aufgetragen. Das entstehende Streudiagramm wird anhand des mittleren Vorkommens in vier Quadranten aufgeteilt und könnte beispielhaft wie folgt aussehen:

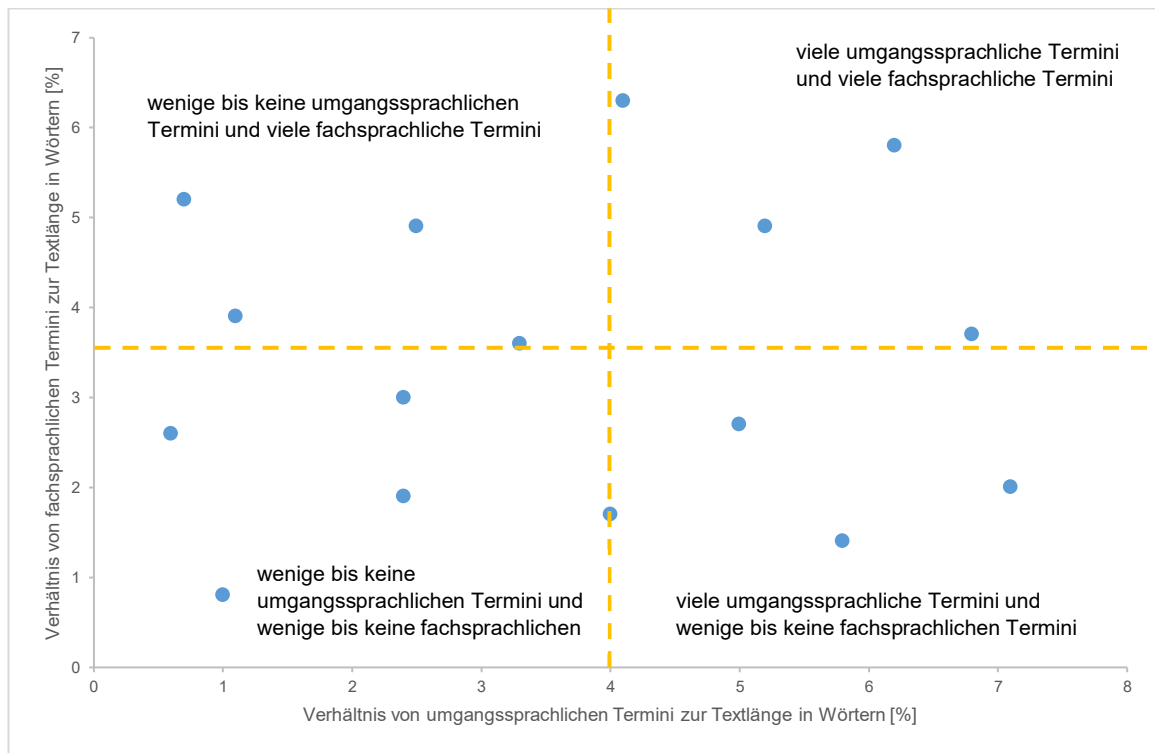


Abbildung 18. Beispielhaft zusammengestelltes Streudiagramm, in dem die Quotienten umgangssprachlicher Formulierungen zur Textlänge einerseits und der Quotient fachsprachlicher Termini zur Textlänge andererseits gegeneinander aufgetragen wurden. Aus der Verteilung lassen sich die vier Textcluster aus Tabelle 6 ableiten und für einen Fallvergleich heranziehen.

Aus den vier Quadranten in Abbildung 18 werde ich jeweils einen Text auswählen und diese hinsichtlich der verwendeten Termini miteinander vergleichen. Durch die Kontrastierung der Fälle erhoffe ich mir, dass exemplarisch erkennbar wird, auf welche Weise Schüler*innen in der adressatenorientierten Verwendung fachbezogener Termini durch die untersuchten Unterrichtsansätze unterstützt werden.

9.4 Zusammenfassung

Die Ausführungen in Kapitel 9 dienen der Offenlegung und Begründung der Verfahrensweisen, die ich gewählt habe, um das im Zuge der Studie generierte Datenmaterial angemessen und erkenntnisgewinnbringend bearbeiten zu können. Zur quantifizierenden Beschreibung der Zusammenhänge zwischen der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes und den fachlichen Lernzuwächsen der Schüler*innen unter Betrachtung des Einflusses ihrer bildungssprachlichen Fähigkeiten werde ich auf Regressionsanalysen zurückgreifen. Besonders aussagekräftig soll-

ten diese Analysen ausfallen, wenn dabei zusätzlich die hierarchische Datenstruktur in Form von Mehrebenenanalysen Berücksichtigung findet (s. Abschn. 9.1).

Neben diesen quantitativ-statistischen Analysen strebe ich an, durch die inhaltsanalytische Untersuchung von Textprodukten tiefergehende Erkenntnisse hinsichtlich des Konzeptverständnisses und des Gebrauchs von (Fach-)Termini auf Seiten der Schüler*innen zu gewinnen (s. Abschn. 9.2). Dabei wird die Anwendung des deduktiv entwickelten Kategoriensystems eine zentrale Rolle spielen.

10 Durchführung der vergleichenden Interventionsstudie

Die in Kapitel 7 beschriebene Unterrichtsreihe „Das Tote Meer stirbt!“ wurde im Frühjahr 2021 entwickelt und im Mai 2021 erstmalig in Schulklassen realisiert. Bis zum Dezember 2022 nahmen insgesamt 20 Schulklassen an der Untersuchung teil und durchliefen somit den für diese Studie konzipierten Chemieunterricht im Themenfeld „Salze – Gegensätze ziehen sich an“. In den folgenden Abschnitten werde ich darlegen, wie sich die untersuchte Stichprobe von Schüler*innen der Sekundarstufe I zusammensetzt. Dabei orientiere ich mich am Ablauf der Untersuchung sowie am Vorgehen zur Gewinnung und Aufbereitung der Daten, die den quantitativ-statistischen Berechnungen und qualitativen Inhaltsanalysen zugrunde liegen.

10.1 Ablauf der Untersuchung

Nachdem die Lehrkräfte und Schulleitungen ihr Interesse und ihre Bereitschaft zur Teilnahme an der Studie signalisiert hatten, fanden Vorgespräche mit den Fachlehrkräften über die Inhalte und Konzeption der Unterrichtsreihe statt. Dabei wurde vor allem sichergestellt, dass die Schüler*innen über das notwendige Wissen hinsichtlich der Eigenschaften und Molekülstruktur von Wasser sowie polarer Elektronenpaarbindungen und Dipole (s. Abschn. 7.1.2) verfügen und, dass sie sich die neu einzuführenden Fachkonzepte und Fachtermini (s. Tabelle 3) noch aneignen müssen. Im Vorfeld der Untersuchung wurden die Klassen einer Schule jeweils zufällig entweder der Interventions- oder Kontrollgruppe zugeordnet, ohne dass die Schüler*innen und Fachlehrkräfte über die Zuordnung informiert wurden.

Etwa eine Woche vor dem Beginn der Unterrichtsreihe wurden der Fachwissenstest (s. Abschn. 8.1) und der C-Test (s. Abschn. 8.2) von den Schüler*innen unter Aufsicht der jeweiligen Fachlehrkraft bearbeitet. Dafür standen insgesamt 45 Minuten zur Verfügung; 15 Minuten für den Fachwissenstest und 30 Minuten für den C-Test.

Anschließend wurde die Unterrichtsreihe mit ihren vier Doppelstunden aus schulorganisatorischen Gründen in einer von zwei unterschiedlichen Varianten durchgeführt:

- **Variante A:** in Form von zwei aufeinanderfolgenden, projektartig angelegten Tagen mit je zwei Doppelstunden Unterricht (ISS01, GYM02, ISS02, ISS05)

- **Variante B:** vier Doppelstunden verteilt über vier Wochen, integriert in die reguläre Stundentafel (GYM01, GYM03, ISS04, ISS03, ISS06).

Um die Vergleichbarkeit zwischen den Klassen derselben Schule zu maximieren, wurde das Projekt an jeder Schule einheitlich entweder nach **Variante A** oder nach **Variante B** durchgeführt. Außerdem wurde sichergestellt, dass der Unterricht in den Interventions- und Kontrollklassen derselben Schule stets mit möglichst geringem zeitlichem Abstand zueinander stattfinden konnte, um den ungewollten Austausch von Informationen zwischen den Klassen zu minimieren.

Der Unterricht selbst wurde durch den Untersuchungsleiter und Autor dieser Arbeit realisiert (s. Abschn. 6.1). Die Chemie-Fachlehrkraft der Klasse war zu jeder Zeit als Aufsichtsperson anwesend. Außerdem wurde durch Hospitation von Mitgliedern der Arbeitsgruppe Didaktik der Chemie geprüft, ob der Unterrichtsverlauf in allen Klassen vergleichbar gewesen ist. Im letzten Teil der vierten Doppelstunde bearbeiteten die Schüler*innen erneut den Post-Test zum Fachwissen (s. Abschn. 8.1) sowie die offenen Aufgaben (s. Abschn. 8.3). Für beide Aufgabenblöcke wurden den Lernenden wie zum ersten Testzeitpunkt 45 Minuten zur Verfügung gestellt; 15 Minuten für den Fachwissenstest und 30 Minuten für die beiden offenen Aufgaben.

10.2 Beschreibung der realisierten Stichprobe

Um die diverse Schülerschaft in der Metropolregion Berlin (SenBJF Berlin, 2021) möglichst repräsentativ abzubilden, habe ich Kontakt zu Schulen aus verschiedenen Berliner Bezirken sowie aus der Brandenburgischen Landeshauptstadt Potsdam aufgenommen. Insgesamt **neun Schulen** konnten zur Teilnahme an der Untersuchung motiviert werden. Die Schulen, die der Teilnahme zugestimmt haben, nahmen mit mindestens zwei Parallelklassen an der Untersuchung teil²². Durch die beteiligten Schulen wurden folgende Bezirke/Regionen und somit hauptsächlich sehr heterogene Einzugsgebiete hinsichtlich des Zuwanderungshintergrundes und der Herkunftssprachen (SenBJF Berlin, 2021) berücksichtigt:

- Berlin Charlottenburg-Wilmersdorf
- Berlin Friedrichshain-Kreuzberg
- Berlin Lichtenberg
- Berlin Pankow
- Berlin Reinickendorf

²² Eine Schule war mit drei Schulklassen (ISS06) involviert, eine weitere mit vier (ISS02). In der Schule ISS05 musste die Unterrichtsreihe aufgrund von Krankheit des Untersuchungsleiters in der Interventionsgruppe ersatzlos ausfallen.

- Berlin Spandau
- Berlin Steglitz-Zehlendorf
- Potsdam

Die insgesamt **20 Schulklassen**, welche die Stichprobe dieser Studie bilden, gehören mit zwei Ausnahmen der achten Jahrgangsstufe an. Lediglich zwei Klassen derselben Schule (ISS03) nahmen erst zu Beginn der neunten Jahrgangsstufe an der Intervention teil, da erst zu diesem Zeitpunkt das für die Untersuchung relevante Themenfeld „Salze – Gegensätze ziehen sich an“ bearbeitet wurde. Alles in allem nahmen **464 Schüler*innen** an der Untersuchung teil. In Tabelle 7 ist die Gesamtstichprobe dargestellt und anhand ausgewählter (demographischer) Merkmale näher beschrieben:

Tabelle 7. Verteilung der Gesamtheit der teilnehmenden Schüler*innen anhand der Merkmale Geschlecht, Klassenstufe, Schulform und Untersuchungsbedingung²³

Merkmal	Gruppenbildung	N	%
gesamt	Schülerinnen und Schüler, die an der Unterrichtsreihe teilgenommen haben	464	100,0
Geschlecht	weiblich	120	25,9
	männlich	135	29,1
	divers	2	0,4
	Geschlecht nicht erfasst	207	44,6
Klassenstufe	8. Klassenstufe	426	91,8
	9. Klassenstufe	38	8,2
Schulform	Gymnasium	139	30,0
	Integrierte Sekundarschule	325	70,0
Art der Intervention	Interventionsgruppe (IG)	235	50,6
	Kontrollgruppe (KG)	229	49,4

²³ Wie bereits in Abschnitt 8.2 berichtet, wurde auf die Erfassung weiterer Kontrollvariablen (sozio-ökonomischer Hintergrund, Geburtsland oder Erstsprache) bewusst verzichtet, da der C-Test zur Erfassung der sprachlichen Kompetenzen als ausreichend betrachtet wird.

10.3 Beschreibung des Datensatzes und Vorgehen bei der Aufbereitung

Nach beendeter Unterrichtsreihe und der damit verbundenen Erhebung der Daten mittels ausgewählter Testinstrumente (s. Kap. 8) wurde das Datenmaterial gesichtet, kodiert sowie schließlich ausgewertet. Bevor die Daten den einzelnen Analysen zugeführt werden konnten, fanden drei Schritte zur Aufbereitung und Qualitätsprüfung derjenigen Datensätze statt, die in den quantitativen und qualitativen Analysen Berücksichtigung finden können (s. Abschn. 9.1). Wie dieses Vorgehen abgelaufen ist und anhand welcher Kriterien die Datensätze entsprechend aufbereitet wurden, lege ich in den folgenden Abschnitten dar.

Eine Übersicht über die teilnehmenden Klassen und die vorliegenden Tests bietet Tabelle 8:

Tabelle 8. Übersicht über die Stichprobe und die von den Schüler*innen bearbeiteten und eingereichten Fragebögen (Gr. = Gruppe, IG = Interventionsgruppe, KG = Kontrollgruppe, S*S = Schüler*innen, FW = Fachwissenstest, oA_F = offene Aufgabe – Text an die Freundin, oA_L = offene Aufgabe – Text an den Lehrer)

Schule	Gr.	N (S*S)	N (C-Test)	N (FW t ₀)	N (FW t ₁)	N (FW t ₀ ∩ FW t ₁ ∩ C-Test)	N (oA _F)	N (oA _L)	N (oA _L ∩ oA _F)	N (FW t ₀ ∩ FW t ₁ ∩ C-Test ∩ oA _L ∩ oA _F)
GYM01	IG	13	9	11	13	9	11	10	10	7
	KG	15	8	13	15	8	13	14	13	6
ISS01	IG	19	18	18	11	10	0	0	0	0
	KG	22	19	15	7	7	0	0	0	0
GYM02	IG	27	27	27	27	27	27	26	26	26
	KG	28	26	27	28	26	27	27	27	26
GYM03	IG	29	24	24	27	22	25	25	24	20
	KG	27	24	25	24	20	23	21	20	16
ISS02	IG I	24	18	19	20	13	7	9	5	2
	KG I	21	15	15	20	13	0	0	0	0
	IG II	23	18	20	20	12	14	16	11	5
	KG II	28	24	25	22	18	10	6	4	4
ISS03	IG	20	20	20	18	13	13	16	12	7
	KG	18	16	16	16	14	13	12	11	10
ISS04	IG	24	23	22	23	21	14	16	12	11
	KG	24	23	23	17	15	14	14	11	9
ISS05	KG	24	22	23	18	17	8	7	6	5
ISS06	IG I	27	23	25	21	15	11	9	8	6
	KG	22	20	20	20	13	8	7	6	5
	IG II	29	27	27	23	18	5	7	3	3
Σ		464	404	415	390	312	233	242	209	168

Aus Tabelle 8 wird deutlich, dass nicht alle teilnehmenden Schüler*innen sämtliche Tests vollständig ausgefüllt haben. Der Drop-Out lässt sich in weiten Teilen damit begründen, dass Schüler*innen eine oder mehrere Doppelstunden, beispielsweise aufgrund von Krankheit, verpasst und/oder die offenen Aufgaben nicht bearbeitet haben.

Im ersten Schritt der Datenaufbereitung wurden die Daten derjenigen Schüler*innen von den quantitativ-statistischen Analysen ausgeschlossen, die entweder den **Fachwissenstest** vor (t_0) oder nach der Unterrichtsreihe (t_1) oder den **C-Test** nicht bearbeitet haben. Gleiches gilt für jene Schüler*innen, die zwar alle Tests vollständig eingereicht, jedoch während der Unterrichtsreihe mindestens eine Doppelstunde – und somit die Einführung zentraler Konzepte und Termini – verpasst haben. Anhand dieser Kriterien reduziert sich die Anzahl an Datensätzen von 464 auf 312 (s. Tabelle 8).

Da bei diesen 312 Schüler*innen sowohl die **Fachwissenstests** zu beiden Zeitpunkten als auch der **C-Test** vor liegen, werden diese Datensätze für die Bearbeitung der Forschungsfragen 1a, 1b, 2 und 3 (s. Abschn. 5.2) herangezogen, um die Zusammenhänge zwischen der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes und den fachlichen Lernzuwächsen sowie den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch zu analysieren.

Nach der Anwendung der inhaltlichen Ausschlusskriterien (C-Test frühzeitig abgebrochen oder weniger als 20 Punkte erreicht, Lernzuwachs kleiner oder gleich Null; s. Abschn. 9.1) werden die Datensätze von 36 weiteren Schüler*innen exkludiert, so dass die verbleibende Stichprobe Datensätze von insgesamt **276 Schüler*innen** umfasst. Die Datensätze verteilen sich auf verschiedene Teilstichproben anhand der folgenden Merkmale:

Tabelle 9. Verteilung der Schüler*innen im Datensatz nach dem zweiten Aufbereitungsschritt anhand der Merkmale Geschlecht, Klassenstufe, Schulform und Untersuchungsbedingung

Merkmal	Gruppenbildung	N	%
gesamt	Schülerinnen und Schüler, deren Daten für die quantitativen Analysen brauchbar sind	276	100,0
Geschlecht	weiblich	81	29,3
	männlich	69	25,0
	divers	1	0,4
	Geschlecht nicht erfasst	125	45,3
Klassenstufe	8. Klassenstufe	249	90,2
	9. Klassenstufe	27	9,8
Schulform	Gymnasium	110	39,9
	Integrierte Sekundarschule	166	60,1
Art der Intervention	Interventionsgruppe (IG)	137	49,6
	Kontrollgruppe (KG)	139	50,4

Es wird ersichtlich, dass sich die prozentualen Verteilungen im Vergleich zur Gesamtstichprobe (s. Tabelle 8) nur geringfügig verschieben, mit Ausnahme der Schulform. Hier wird deutlich, dass es augenscheinlich einem deutlichen größeren Anteil der Schüler*innen des Gymnasiums gelungen zu sein scheint, die Tests vollständig und gewissenhaft zu bearbeiten, als dies in den Schulklassen an den Integrierten Sekundarschulen der Fall gewesen ist. Auch die Anzahl von Schüler*innen, die Teile der Unterrichtsreihe verpasst haben, ist in der Teilstichprobe der Schüler*innen des Gymnasiums geringer.

Trotz alledem liegt mit einer Verteilung von 40 % Schüler*innen des Gymnasiums zu 60 % Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen ein relativ ausgeglichenes Verhältnis vor, sodass die Analysen auch weiterhin mit Blick auf die Schulformen gewinnbringend sein können. Die Analysen, welche mit dem in

Tabelle 9 charakterisierten Datensatz realisiert werden, werden in Kapitel 11 differenziert vorgestellt.

In Abschnitt 9.1 ist beschrieben, wie ausgehend von der Stichprobe in Tabelle 8 eine weitere Datenaufbereitung mit Blick auf Forschungsfrage 4 (s. Abschn. 5.2) stattfindet. In die für Forschungsfrage 4 relevante Teilstichprobe werden die Datensätze aller Schüler*innen einbezogen, die sämtliche Tests vollständig bearbeitet haben (entspricht $N(FW\ t_0 \cap FW\ t_1 \cap C\text{-}Test \cap oA_L \cap oA_F)$ in Tabelle 8). Auf diesem Wege wurden die Texte von weiteren 108 Schüler*innen ausgeschlossen, sodass schlussendlich **336 Texte** von **168 Schüler*innen** analysiert werden konnten (s. Tabelle 10).

Tabelle 10. Verteilung der Schüler*innen im Datensatz nach dem dritten Aufbereitungsschritt anhand der Merkmale Geschlecht, Klassenstufe, Schulform und Untersuchungsbedingung

Merkmal	Gruppenbildung	N	%
gesamt	Schülerinnen und Schüler, deren Daten für die qualitativen Analysen brauchbar sind	168	100,0
Geschlecht	weiblich	38	22,6
	männlich	28	16,7
	divers	1	0,6
	Geschlecht nicht erfasst	101	60,1
Klassenstufe	8. Klassenstufe	151	89,9
	9. Klassenstufe	17	10,1
Schulform	Gymnasium	101	60,1
	Integrierte Sekundarschule	67	39,9
Art der Intervention	Interventionsgruppe (IG)	87	51,8
	Kontrollgruppe (KG)	81	48,2

Auch in Tabelle 10 zeigt sich, dass sich die Verteilung anhand der gewählten Merkmale mit Ausnahme der Schulform nicht grundlegend verändert hat. In dieser Teilstichprobe befinden sich nun zu etwa 60 % Schüler*innen des Gymnasiums und nur zu 40 % Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen. Da das Verfassen freier Texte besonders hohe Anforderungen mit sich bringt, werden die beiden offenen Aufgaben erwartungsgemäß zu einem höheren Anteil von Schüler*innen des Gymnasiums vollständig bearbeitet. Trotzdem ist das Verhältnis zwischen Gymnasium und Integrierter Sekundarschule mit etwa 60 zu 40 ausgewogen und damit für aussagekräftige Vergleiche zwischen den Schulformen geeignet.

11 Auswertung der Daten zum Forschungsfokus *Fachwissen*

Die Daten aus dem Fachwissenstest „Salze und der Lösevorgang“ (s. Abschn. 8.1) vor und nach der Unterrichtsreihe sowie aus dem C-Test zur Erfassung der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch (s. Abschn. 8.2) werden deskriptivstatistisch sowie mittels Regressionsanalysen und linearen Modellen (s. Abschn. 9.1) ausgewertet.

Nach einigen einleitenden Anmerkungen zum Einsatz und zur Güte der angewendeten Testinstrumente (Abschn. 11.1) untersuche ich anhand des in Abschnitt 9.1 beschriebenen Vorgehens zunächst die Ergebnisse der Schüler*innen hinsichtlich des Fachwissenstests „Salze und der Lösevorgang“ aus dem Prä- und Post-Test (s. Abschn. 11.2). Dabei richte ich einen besonderen Blick auf mögliche Effekte des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes (s. Abschn. 11.2.2) und der von den Schüler*innen besuchten Schulform (s. Abschn. 11.2.3). Anschließend betrachte ich die bildungssprachlichen Kompetenzen der Lernenden, welche mithilfe des C-Tests ermittelt wurden (s. Abschn. 11.3). Daran anknüpfend stelle ich die detaillierten, statistischen Analysen zu den Zusammenhängen zwischen den fachlichen Lernzuwächsen, der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes, den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch und der Schulform vor (s. Abschn. 11.4 bis 11.6).

11.1 Anmerkungen zum Einsatz der Testinstrumente

Der eigens für die vorliegende Studie entwickelte Fachwissenstest „Salze und der Lösevorgang“ wurde aus der Notwendigkeit heraus konzipiert, dass für den eng abgegrenzten Inhaltsbereich der Unterrichtsreihe „Das Tote Meer stirbt!“ kein geeignetes Testinstrument identifiziert werden konnte, mit dem fachliche Wissenszuwächse auf Seiten der Schüler*innen bezüglich der relevanten Konzepte überprüft werden können. Auf Basis der entwickelten Unterrichtsreihe und damit im Einklang mit den Vorgaben des Rahmenlehrplans (SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015, S. 34) wurden Testitems gebildet, welche die zentralen Konzepte abdecken, um eine möglichst große Passung zwischen den erarbeiteten Inhalten und den Testitems zu erreichen. Gemeinsam mit Expert*innen des Lehrens und Lernens im Fach Chemie wurde eine Auswahl der geeignetsten Items getroffen (Schmiemann & Lücken, 2014, S. 110f.).

In Tabelle 11 sind die relativen Häufigkeiten der korrekten Beantwortung für die Fachwissens-Testitems fw01 bis fw16 separat für den Prä- und Post-Test aufgelistet:

Tabelle 11. Relative Häufigkeiten h der korrekten Beantwortung der Items des Fachwissenstests „Salze und der Lösevorgang“ im Prä-Test (t_0) und Post-Test (t_1)

<i>Item</i>	$h(t_0)$	$h(t_1)$	<i>Item</i>	$h(t_0)$	$h(t_1)$
fw01 „Ionen“	0,34	0,75	fw09 „gesättigte Lösung“	0,48	0,77
fw02 „Salze“	0,36	0,89	fw10 „Ionenbindung“	0,21	0,88
fw03 „Wasser“	0,71	0,83	fw11 „Kochsalz“	0,29	0,36
fw04 „Kristallgitter“	0,37	0,93	fw12 „Hydrathülle 1“	0,17	0,37
fw05 „Hydratation“	0,29	0,87	fw13 „Anziehung“	0,42	0,80
fw06 „Anionen“	0,18	0,66	fw14 „Auskristallisieren“	0,32	0,47
fw07 „Dichte“	0,86	0,85	fw15 „Dipol“	0,17	0,44
fw08 „Ionensubstanz“	0,28	0,70	fw16 „Hydrathülle 2“	0,10	0,20

Zur Einschätzung der Messgenauigkeit (Reliabilität eines Tests) wird die Methode der internen Konsistenz gewählt (Rost, 2004, S. 379f.). Dabei wird jedes einzelne Item als ein eigener Testteil betrachtet und über die Varianzen die Korrelation der Items untereinander ermittelt: Korrelieren die Items stark miteinander, so resultiert daraus eine hohe Reliabilität bzw. interne Konsistenz, welche durch den Wert *Cronbachs α* angegeben wird (Rost, 2004, S. 379).

Für den vorliegenden Fachwissenstest mit seinen 16 Items wurde hinsichtlich der internen Konsistenz ein Wert für *Cronbachs α* von 0,72 ermittelt. Für den C-Test wurden jeweils einzelne α -Werte für jeden der vier Texte ermittelt. Diese liegen bei $\alpha = 0,86$ (Überfall), $\alpha = 0,86$ (Delfine), $\alpha = 0,84$ (Performanz) und $\alpha = 0,88$ (Eishockey).

11.2 Analyse der Ergebnisse hinsichtlich des Fachwissens und der fachlichen Lernzuwächse der Schüler*innen zu Salzen und dem Lösevorgang

Um einschätzen zu können, ob die den beiden sprachsensiblen Untersuchungsbedingungen (Interventionsgruppe mit Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* vs. Kontrollgruppe ohne Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes*) zugeordneten Lerngruppen durch die Unterrichtsreihe in unterschiedlichem Maße Fachwissen erwerben, wird in einem ersten Schritt das Fachwissen der Schüler*innen zu Salzen und dem Lösevorgang vor und nach der Unterrichtsreihe betrachtet. Für die nachfolgenden Analysen werden ausschließlich die Datensätze von den

Schüler*innen berücksichtigt, die sowohl den Fachwissenstest zu beiden Zeitpunkten als auch den C-Test ausgefüllt haben. Außerdem wurden den Analysen nur die Datensätze derjenigen Schüler*innen zugrunde gelegt, die an der gesamten Unterrichtsreihe teilgenommen haben (N = 276, s. Tabelle 9).

11.2.1 Betrachtung der Ergebnisse hinsichtlich des Fachwissens und der fachlichen Lernzuwächse bezüglich der Gesamtstichprobe

Im ersten Schritt der statistischen Analysen zeigt sich mit Blick auf die aufbereitete Stichprobe (N = 276), dass die Schüler*innen vor der Unterrichtsreihe im Median 5 von 16 möglichen Punkten erreichen (s. Abbildung 19). Wenn berücksichtigt wird, dass die Ratewahrscheinlichkeit bei vier Antwortoptionen und einer korrekten Lösung 25 % beträgt, so liegt der Durchschnitt nur geringfügig über den vier Punkten, die bei 16 Items durch ausnahmsloses Raten theoretisch im Mittel erreicht würden. Im Post-Test erreichen die teilnehmenden Schüler*innen im Median 11 Punkte und steigern sich somit um einen Wert von 6 Punkten (s. Abbildung 19).

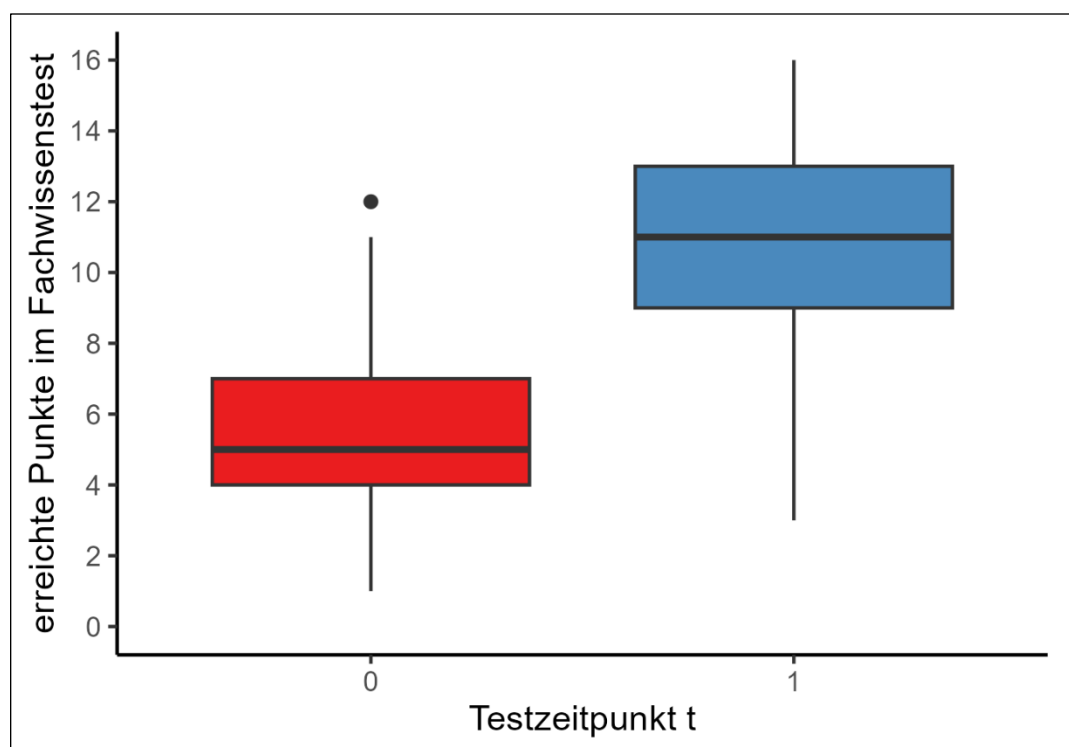


Abbildung 19. Boxplots zur Darstellung der erreichten Punkte im Fachwissenstest vor (t_0) und nach der Unterrichtsreihe (t_1) für die aufbereitete Stichprobe (N = 276).

Da – wie in Abschnitt 9.1.4 beschrieben – Intraklassenkorrelationen (Unterschiede zwischen Schüler*innen, die sich auf Unterschiede zwischen den Schulklassen zurückführen lassen) erwartet werden, reicht eine rein deskriptive Betrachtung der Testscores nicht aus. Stattdessen werden zur präzisen, empirischen Prüfung relevanter Zusammenhänge Regressionsanalysen unter Berücksichtigung der hierarchischen Datenstruktur durchgeführt.

Ein erstes hierarchisches, lineares Regressionsmodell, welches den Score im Fachwissenstest zum Zeitpunkt vor der Intervention (d. h. Prä-Test), ohne Einfluss jeglicher Regressoren (unabhängiger Variablen) betrachtet, wird als sogenanntes Nullmodell bezeichnet. Für das Fachwissen im Prä-Test unter Berücksichtigung der Mehrebenenstruktur der Daten (Schulklassen als Cluster) ergibt sich ein mittlerer Score von 5,3 von 16 möglichen Punkten im Fachwissenstest (s. Tabelle 12). Die Intraklassenkorrelation (ICC) beträgt 0,28, sodass etwa 28 % der Gesamtvarianz des Intercepts auf die Zugehörigkeit zu verschiedenen Clustern (Schulklassen) zurückgeführt werden kann.

Tabelle 12. Regressionsmodell für den Score im Fachwissenstest vor der Unterrichtsreihe (Prä-Test t_0) für die Gesamtstichprobe – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Intraklassenkorrelation (ICC) und Varianz des Random Intercept ($\tau_{00\text{cluster}}$)

<i>Prädiktoren</i>	Score im Fachwissenstest t_0		
	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
Fachwissen t_0	5,30	(4,71; 5,90)	< 0,001
σ^2	3,86		
$\tau_{00\text{cluster}}$	1,51		
ICC	0,28		
N_{Klassen}	20		
Fälle	276		

Um im nächsten Schritt zu untersuchen, ob durch die Durchführung der Unterrichtsreihe bedeutsame Lernzuwächse auf Seiten der teilnehmenden Schüler*innen identifiziert werden können, wird die Differenz zwischen den erreichten Punkten im Fachwissenstest vor (t_0) und nach (t_1) der Unterrichtsreihe berechnet:

$$\Delta\text{FW} = \text{FW}(t_1) - \text{FW}(t_0)$$

Der Wert ΔFW wird als **Lernzuwachs** bezeichnet und in den folgenden Abschnitten mit Blick auf die forschungsleitenden Fragestellungen und Hypothesen (s. Abschn. 5.2) systematisch analysiert.

Demzufolge wird zunächst ermittelt, ob die Unterrichtsreihe insgesamt – also ohne Berücksichtigung der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes – zu statistisch signifikanten Lernzuwächsen bei den beteiligten Schüler*innen (N = 276) führt. Die Berechnung des hierarchischen, linearen Modells (einzelne Schüler*innen und Klassen als Ebenen) ohne weitere Regressoren (Nullmodell) ergibt einen **durchschnittlichen Lernzuwachs von 5,2 Punkten** mit einer Intraklassenkorrelation (ICC) von 0,06 (s. Tabelle 13).

Tabelle 13. Regressionsmodell für den Lernzuwachs im Fachwissen (als Differenz der Scores im Prä- und Post-Test) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

<i>Prädiktoren</i>	Lernzuwachs im Fachwissen ΔFW		
	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
Lernzuwachs ΔFW	5,19	(4,79; 5,59)	< 0,001
σ^2	5,74		
$\tau_{00cluster}$	0,38		
ICC	0,06		
$N_{Klassen}$	20		
Fälle	276		

Dieses Ergebnis wird zusätzlich gestützt, wenn im Regressionsmodell für den Score im Fachwissenstest der Testzeitpunkt berücksichtigt wird (s. Tabelle 14). Das Modell verdeutlicht, dass für die Schüler*innen der aufbereiteten Gesamtstichprobe (N = 276) zwischen dem Prä-Test (Intercept) und dem Post-Test ein Lernzuwachs von etwa 5,2 Punkten vorhergesagt werden kann. Ein t-Test unter Anwendung der Satterthwaite-Methode weist einen statistisch signifikanten Unterschied ($p < 0,001$) zwischen Prä- und Post-Test-Score aus.

Tabelle 14. Regressionsmodell für den Score im Fachwissenstest zu unterschiedlichen Testzeitpunkten (Prä- und Post-Test) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($T_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

<i>Prädiktoren</i>	Score im Fachwissenstest		
	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
Fachwissen t_0	5,25	(4,57; 5,93)	< 0,001
Lernzuwachs ΔFW	5,24	(4,90; 5,58)	< 0,001
σ^2	4,14		
$T_{00cluster}$	2,08		
ICC	0,33		
$N_{Klassen}$	20		
Fälle	276		

11.2.2 Vergleichende Betrachtung der Ergebnisse hinsichtlich des Fachwissens und der fachlichen Lernzuwächse für Interventions- und Kontrollgruppe

Betrachtet man die Scores im Fachwissenstest differenziert nach Interventions- ($n = 137$) und Kontrollgruppe ($n = 139$), so zeigen sich deskriptivstatistisch betrachtet zunächst nur sehr marginale Unterschiede zwischen beiden Gruppen. Diese Aussage trifft sowohl hinsichtlich des Fachwissens der Schüler*innen im Prä-Test als auch im Post-Test zu (s. Abbildung 20).

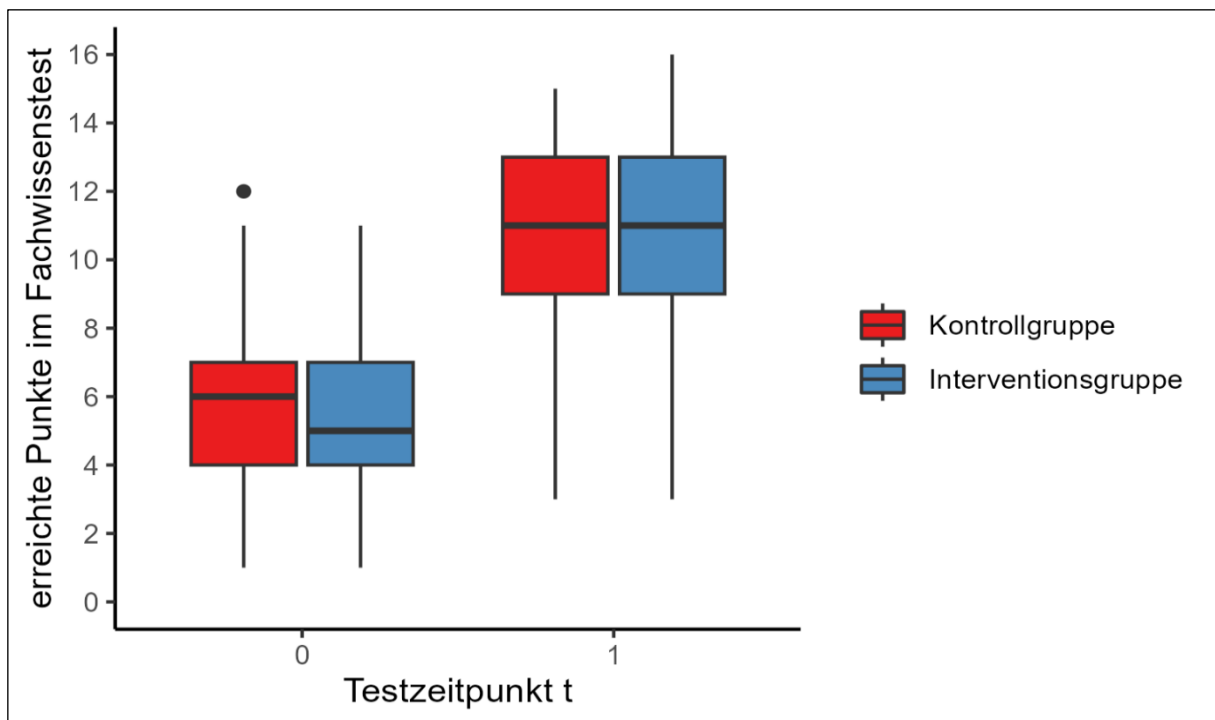


Abbildung 20. Boxplots zur Darstellung der erreichten Punkte im Fachwissenstest vor (t_0) und nach der Unterrichtsreihe (t_1) differenziert nach Interventions- und Kontrollgruppe.

Unter Anwendung eines Regressionsmodells mit der Variablen ‚Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes‘ als Regressor (erklärende Variable) ergibt sich zum Zeitpunkt des Prä-Tests für die Kontrollgruppe ($n = 139$) ein Mittelwert von 5,4 Punkten (Intercept, s. Tabelle 15) und für die Interventionsgruppe ($n = 137$) ein Mittelwert von 5,2 Punkten. Anhand eines t-Tests unter Anwendung der Satterthwaite-Methode lässt sich vor der Unterrichtsreihe *kein* statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Lernenden in beiden Untersuchungsgruppen ermitteln ($p = 0,75$; s. Tabelle 15).

Tabelle 15. Regressionsmodell für den Score im Fachwissenstest vor der Unterrichtsreihe (Prä-Test t_0) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

<i>Prädiktoren</i>	Score im Fachwissenstest t_0		
	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
Kontrollgruppe	5,40	(4,54; 6,26)	< 0,001
Interventionsgruppe	-0,20	(-1,42; 1,03)	0,750
σ^2	3,86		
$\tau_{00cluster}$	1,61		
ICC	0,29		
$N_{Klassen}$	20		
Fälle	276		

Das gleiche Regressionsmodell wurde ebenfalls für den Score im Fachwissenstest nach der Unterrichtsreihe (t_1) berechnet. In den Analysen zeigt sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Untersuchungsbedingungen ($p = 0,9$). Die Intraklassenkorrelation beträgt ICC = 0,40 (s. Tabelle 16).

Tabelle 16. Regressionsmodell für den Score im Fachwissenstest nach der Unterrichtsreihe (Post-Test t_1) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

<i>Prädiktoren</i>	Score im Fachwissenstest t_1		
	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
Kontrollgruppe	10,51	(9,39; 11,63)	< 0,001
Interventionsgruppe	-0,10	(-1,69; 1,49)	0,900
σ^2	4,33		
$\tau_{00cluster}$	2,89		
ICC	0,40		
$N_{Klassen}$	20		
Fälle	276		

Um beurteilen zu können, ob die Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes einen Einfluss auf die Größe der Lernzuwächse (s. Tabelle 14) auf Seiten der Schüler*innen ausübt, werden zunächst die Lernzuwächse in beiden Untersuchungsgruppen separat betrachtet und anschließend in einem gemeinsamen Modell miteinander verglichen (s. Forschungsfragen 1a und 1b in Abschn. 5.2). Erste Hinweise dazu sind Abbildung 20 zu entnehmen.

In der **Interventionsgruppe** ($n_{IG} = 137$) fand sprachsensibler Chemieunterricht unter Berücksichtigung von Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* (s. Abschn. 7.2.4) statt. In Tabelle 17 sind die Ergebnisse der Regressionsmodellberechnungen für die Interventionsgruppe in Abhängigkeit des Testzeitpunktes dargestellt. Zwischen Prä-Test und Post-Test steigt der Score im Fachwissenstest für die Schüler*innen der Interventionsgruppe statistisch signifikant ($p < 0,001$) um durchschnittlich 5,23 Punkte (s. Tabelle 17).

Tabelle 17. Regressionsmodell für den Score im Fachwissenstest in Abhängigkeit vom Testzeitpunkt für die **Interventionsgruppe IG** – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC); die 274 Beobachtungen gehen auf die je zwei Testhefte (Prä- und Post-Test) von $n_{IG} = 137$ Schüler*innen zurück

Score im Fachwissenstest für IG			
Prädiktoren	Schätzer	KI	p
Fachwissen t_0	5,17	(4,19; 6,14)	< 0,001
Lernzuwachs ΔFW	5,23	(4,76; 5,69)	< 0,001
σ^2	3,85		
$\tau_{00cluster}$	2,15		
ICC	0,36		
$N_{Klassen}$	10		
Fälle	274		

In der **Kontrollgruppe** ($n_{KG} = 139$) fand sprachsensibler Chemieunterricht ohne Berücksichtigung der Prinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* (s. Abschn. 7.2.4) und lediglich gemäß den Prinzipien sprachsensiblen *Scaffoldings* statt. In Tabelle 18 sind die Ergebnisse der Regressionsmodellberechnungen für die Kontrollgruppe in Abhängigkeit des Testzeitpunktes dargestellt. Zwischen Prä-Test und Post-Test steigt der Score im Fachwissenstest für die Schüler*innen der Kontrollgruppe auch statistisch signifikant ($p < 0,001$) um durchschnittlich 5,24 Punkte (s. Tabelle 18).

Tabelle 18. Regressionsmodell für den Score im Fachwissenstest in Abhängigkeit vom Testzeitpunkt für die **Kontrollgruppe KG** – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC); die 278 Beobachtungen gehen auf die je zwei Testhefte (Prä- und Post-Test) von $n_{KG} = 139$ Schüler*innen zurück

Score im Fachwissenstest für KG			
<i>Prädiktoren</i>	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
Fachwissen t_0	5,33	(4,33; 6,33)	< 0,001
Lernzuwachs ΔFW	5,24	(4,75; 5,74)	< 0,001
σ^2	4,45		
$\tau_{00cluster}$	2,24		
ICC	0,34		
$N_{Klassen}$	10		
Fälle	278		

Werden nun die Lernzuwächse beider Gruppen in einem gemeinsamen Modell miteinander verglichen, so zeigt sich, dass die Schüler*innen in der Interventionsgruppe im Mittel einen um 0,05 Punkte höheren Lernzuwachs erreichen als die Schüler*innen in der Kontrollgruppe. Aus den Modellberechnungen geht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Interventions- und der Kontrollbedingung hervor ($p = 0,90$; s. Tabelle 19).

Tabelle 19. Regressionsmodell für den Lernzuwachs im Fachwissen (ΔFW) in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

Lernzuwachs im Fachwissen ΔFW			
<i>Prädiktoren</i>	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
Kontrollgruppe	5,16	(4,58; 5,74)	< 0,001
Interventionsgruppe	0,05	(-0,78; 0,88)	0,903
σ^2	5,74		
$\tau_{00cluster}$	0,43		
ICC	0,07		
$N_{Klassen}$	20		
Fälle	276		

11.2.3 Vergleichende Betrachtung des Fachwissens und der Lernzuwächse von Schüler*innen des Gymnasiums und Integrierter Sekundarschulen

In der vorliegenden Studie sollte gezielt ein durchaus heterogener Querschnitt von Schulklassen aus Gymnasien und Integrierten Sekundarschulen in Berlin und Brandenburg betrachtet werden (s. Abschn. 6.4).

Um Vergleiche zwischen den Schüler*innen der beiden untersuchten Schulformen herzustellen, wird zunächst das Fachwissen „Salze und der Lösevorgang“ vor Beginn der Unterrichtsreihe, differenziert nach Schulform, in einem Mehrebenenregressionsmodell betrachtet. Für die Schulform wird eine Dummykodierung vorgenommen, d. h. die Schulform *Gymnasium* mit 0 kodiert und die Schulform *Integrierte Sekundarschule (ISS)* mit 1.

Tabelle 20. Regressionsmodell für den Score im Fachwissenstest vor der Unterrichtsreihe (Prä-Test t_0) in Abhängigkeit von der besuchten Schulform – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($T_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

Prädiktoren	Score im Fachwissenstest t_0		
	Schätzer	KI	p
Schüler*innen des Gymn.	6,68	(5,91; 7,44)	< 0,001
ISS-Schüler*innen	-1,97	(-2,90; -1,04)	< 0,001
σ^2	3,86		
$T_{00cluster}$	0,65		
ICC	0,14		
$N_{cluster}$	20		
Fälle	276		

In Tabelle 20 zeigt sich, dass die Schüler*innen aus den Integrierten Sekundarschulklassen bereits vor Beginn der Unterrichtsreihe über statistisch signifikant weniger Fachwissen hinsichtlich der Inhalte der Unterrichtsreihe verfügen als die Schüler*innen des Gymnasiums ($p < 0,001$).

Für das Fachwissen im Post-Test zeigt sich ebenfalls ein statistisch signifikanter Unterschied ($p = 0,003$) von etwas mehr als zwei Punkten zugunsten der Schüler*innen des Gymnasiums (s. Tabelle 21).

Tabelle 21. Regressionsmodell für den Score im Fachwissenstest nach der Unterrichtsreihe (Post-Test t_1) in Abhängigkeit von der besuchten Schulform – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($T_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

<i>Prädiktoren</i>	Score im Fachwissenstest t_1		
	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
Schüler*innen des Gymn.	11,94	(10,77; 13,11)	< 0,001
ISS-Schüler*innen	-2,13	(-3,54; -0,72)	0,003
σ^2	4,33		
$T_{00cluster}$	1,83		
ICC	0,30		
$N_{cluster}$	20		
Fälle	276		

Werden nun im nächsten Schritt die Lernzuwächse als Differenzen der Scores zwischen Prä- und Post-Test ermittelt, so ergibt sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Schüler*innen der beiden betrachteten Schulformen (s. Tabelle 22). Wenngleich die Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen ihr Fachwissen auf einem etwas niedrigeren Niveau ausbauen, gelingt es Ihnen, ähnlich große Lernzuwächse wie die Schüler*innen des Gymnasiums zu erreichen.

Tabelle 22. Regressionsmodell für den Lernzuwachs im Fachwissen (als Differenz der Scores im Prä- und Post-Test) in Abhängigkeit von der besuchten Schulform – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($T_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

<i>Prädiktoren</i>	Lernzuwachs im Fachwissen ΔFW		
	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
Schüler*innen des Gymn.	5,34	(4,64; 6,04)	< 0,001
ISS-Schüler*innen	-0,23	(-1,09; 0,63)	0,603
σ^2	5,75		
$T_{00cluster}$	0,40		
ICC	0,07		
$N_{cluster}$	20		
Fälle	276		

11.3 Analyse der Ergebnisse hinsichtlich der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch

Der C-Test zur Ermittlung der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch kam ausschließlich zum Testzeitpunkt t_0 zum Einsatz, da bei der verhältnismäßig kurzen Interventionsdauer nicht davon auszugehen ist, dass sich die bildungssprachlichen Fähigkeiten nachweisbar verändern, zumal die Kompetenzen der Schüler*innen hinsichtlich des bildungssprachlichen Registers nicht gezielt gefördert werden. Die Kompetenzen bezüglich der Bildungssprache Deutsch werden in dieser Studie lediglich als Einflussgröße auf die fachlichen Lernzuwächse der Schüler*innen betrachtet (s. Abschn. 3.2).

Das geschlossene Antwortformat mit Lücken im C-Test ermöglichte eine Kodierung der Schüler*innenantworten mittels festgelegter Kriterien eines Kodiermanuals. Die Auswertung der Daten erfolgte federführend durch den Untersuchungsleiter mit Unterstützung durch studentische Mitarbeitende der Arbeitsgruppe, sodass ein Vier-Augen-Prinzip in der Dateneingabe und -kodierung gewährleistet wurde. Für die Kodierung des C-Tests wurde das durch das IfBQ bereitgestellte Manual verwendet (2008a). Es wurde eine Auswertung anhand der RF-Werte einer Ermittlung der WE-Werte (s. Abschn. 9.1.2) vorgezogen. Somit wurden die Antworten der Schüler*innen lediglich dann als korrekt gewertet, wenn sie als vollständig semantisch, grammatikalisch und orthographisch richtig einzustufen waren (s. Abschn. 9.1.2).

11.3.1 Betrachtung der Ergebnisse hinsichtlich der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch in der Gesamtstichprobe

Deskriptivstatistisch betrachtet erreichen die Schüler*innen in den Texten 3 und 4 des C-Tests einen etwas geringeren Score als in den Texten 1 und 2 (s. Tabelle 23). Sowohl hinsichtlich der einzelnen Texte als auch bezüglich des Gesamtscores im C-Test lassen sich zwischen den beiden Untersuchungsgruppen eher marginale Unterschiede identifizieren (s. Tabelle 23).

Tabelle 23. Mittelwerte der Scores im C-Test für die einzelnen Texte und den gesamten C-Test, differenziert nach Interventions- (IG) und Kontrollgruppe (KG)

	IG (n = 137)	KG (n = 139)	gesamt (N = 276)
M (Text 1) „Überfall“	18,18	18,41	18,29
M (Text 2) „Delfine“	18,18	18,19	18,18
M (Text 3) „Performance“	16,50	16,73	16,62
M (Text 4) „Eishockey“	16,07	16,41	16,24
gesamt	68,93	69,73	69,33

Da auch bezüglich der bildungssprachlichen Kompetenzen damit zu rechnen ist, dass Unterschiede auf der Ebene der Schulklassen (Cluster) vorherrschen könnten, wird im Folgenden analog zur Betrachtung des Fachwissens mit der Berechnung von hierarchischen, linearen Modellen fortgefahren. Das Nullmodell (s. Tabelle 24) für den C-Test-Score ergibt einen Mittelwert von 66,9 der 100 möglichen Punkte. Die Intraklassenkorrelation (ICC) beträgt 0,44, sodass etwa 44 % der Gesamtvarianz des Intercept auf die Zugehörigkeit zu den verschiedenen Clustern zurückgeführt werden können.

Tabelle 24. Regressionsmodell für den RF-Score im C-Test vor der Unterrichtsreihe (Prä-Test t_0) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00\text{cluster}}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

<i>Prädiktoren</i>	Score im C-Test t_0		
	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
(Intercept)	66,92	(61,85; 71,99)	< 0,001
σ^2	154,64		
$\tau_{00\text{cluster}}$	119,50		
ICC	0,44		
N_{cluster}	20		
Fälle	276		

11.3.2 Vergleichende Betrachtung der Ergebnisse hinsichtlich der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch in der Interventions- und Kontrollgruppe

Wie aus Abbildung 21 ersichtlich wird, liegt der Median sowohl in der Kontrollgruppe mit $Md = 73$ als auch in der Interventionsgruppe mit $Md = 72$ leicht über dem jeweiligen Mittelwert. Aus den Boxplotdarstellungen (s. Abbildung 21) geht außerdem hervor, dass sich die Verteilung der Scores in den beiden Teilstichproben nicht nennenswert voneinander unterscheidet.

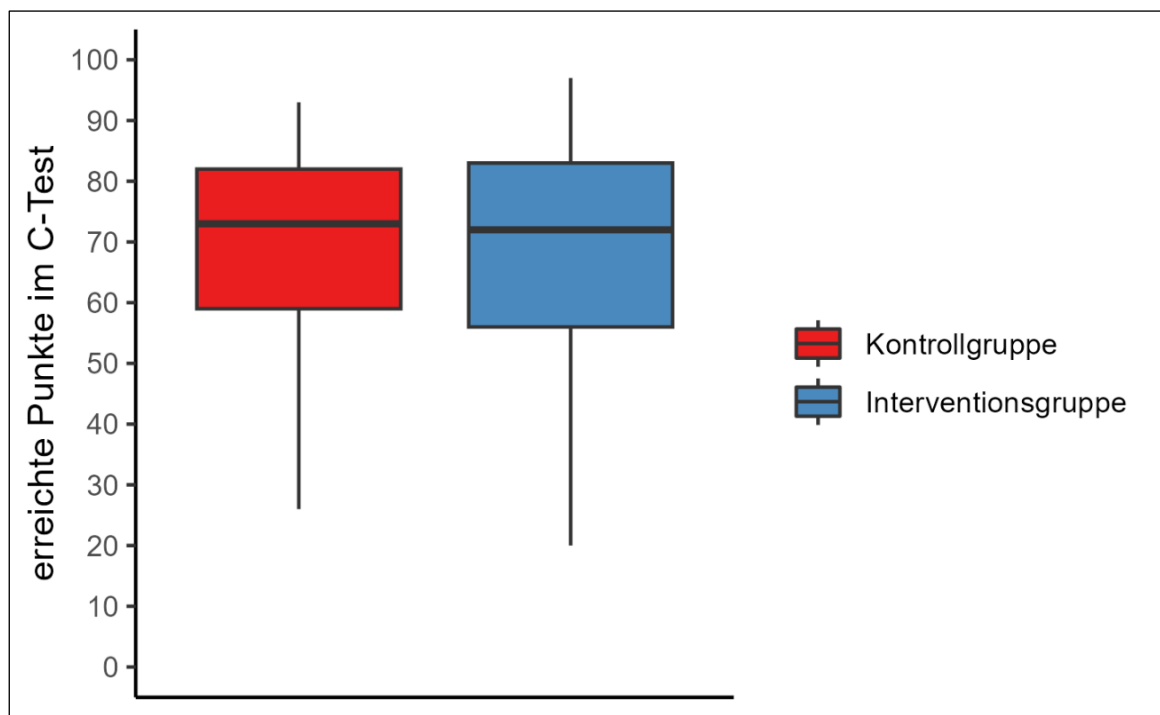


Abbildung 21. Boxplots zur Darstellung der erreichten Punkte im C-Test vor der Unterrichtsreihe (Prä-Test) differenziert nach Interventions- und Kontrollgruppe.

Die Berechnung eines hierarchischen, linearen Modells mit den Schüler*innen und Klassen als Ebenen sowie t-Test-Analysen mit der Satterthwaite-Methode ergeben auch für die bildungssprachlichen Kompetenzen vor Beginn der Unterrichtsreihe keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Untersuchungsgruppen ($p = 0,81$; s. Tabelle 25).

Tabelle 25. Regressionsmodell für den RF-Score im C-Test vor der Unterrichtsreihe (t_0) in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($T_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

<i>Prädiktoren</i>	Score im C-Test t_0		
	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
Kontrollgruppe	67,55	(60,21; 74,90)	< 0,001
Interventionsgruppe	-1,28	(-11,68; 9,11)	0,808
σ^2	154,65		
$T_{00cluster}$	126,34		
ICC	0,45		
$N_{Klassen}$	20		
Fälle	276		

11.3.3 Vergleichende Betrachtung der Ergebnisse hinsichtlich der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch von Schüler*innen des Gymnasiums und Integrierter Sekundarschulen

Mithilfe eines weiteren Regressionsmodells wird der C-Test-Score in Abhängigkeit der von den Schüler*innen besuchten Schulform betrachtet. Aus den Berechnungen zum Modell und t-Test-Analysen wird deutlich, dass die Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen etwa 20 Punkte weniger im C-Test erreichen, als die Schüler*innen des Gymnasiums (s. Tabelle 26). Dieser Unterschied ist statistisch signifikant ($p < 0,001$).

Tabelle 26. Regressionsmodell für den RF-Score im C-Test vor der Unterrichtsreihe (t_0) in Abhängigkeit von der besuchten Schulform – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

<i>Prädiktoren</i>	Score im C-Test t_0		
	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
Schüler*innen des Gymn.	80,52	(74,99; 86,04)	< 0,001
ISS-Schüler*innen	-19,41	(-26,09; -12,73)	< 0,001
σ^2	154,65		
$\tau_{00cluster}$	37,09		
ICC	0,19		
$N_{Klassen}$	20		
Fälle	276		

11.4 Analyse der Zusammenhänge zwischen den fachlichen Lernzuwächsen der Schüler*innen und ihren Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch

In Abschnitt 2.1 wurden Zusammenhänge zwischen den bildungssprachlichen Kompetenzen und den Lernleistungen von Schüler*innen im naturwissenschaftlichen Unterricht anhand aktueller Schulleistungsstudien erörtert. Um diese Zusammenhänge auch in der vorliegenden Studie berücksichtigen zu können, wurden mithilfe des C-Tests die Kompetenzen der Schüler*innen in der Bildungssprache Deutsch erfasst.

Zunächst wird mit einem hierarchischen, linearen Modell (einzelne Schüler*innen und Schulklassen als Ebenen) untersucht, auf welche Weise der C-Test-Score der Schüler*innen mit ihrem fachlichen Lernzuwachs korreliert. Aus den Berechnungen zum Regressionsmodell geht hervor, dass der fachliche Lernzuwachs umso größer ausfällt, je höher der C-Test-Score der Schüler*innen ist (s. Tabelle 27).

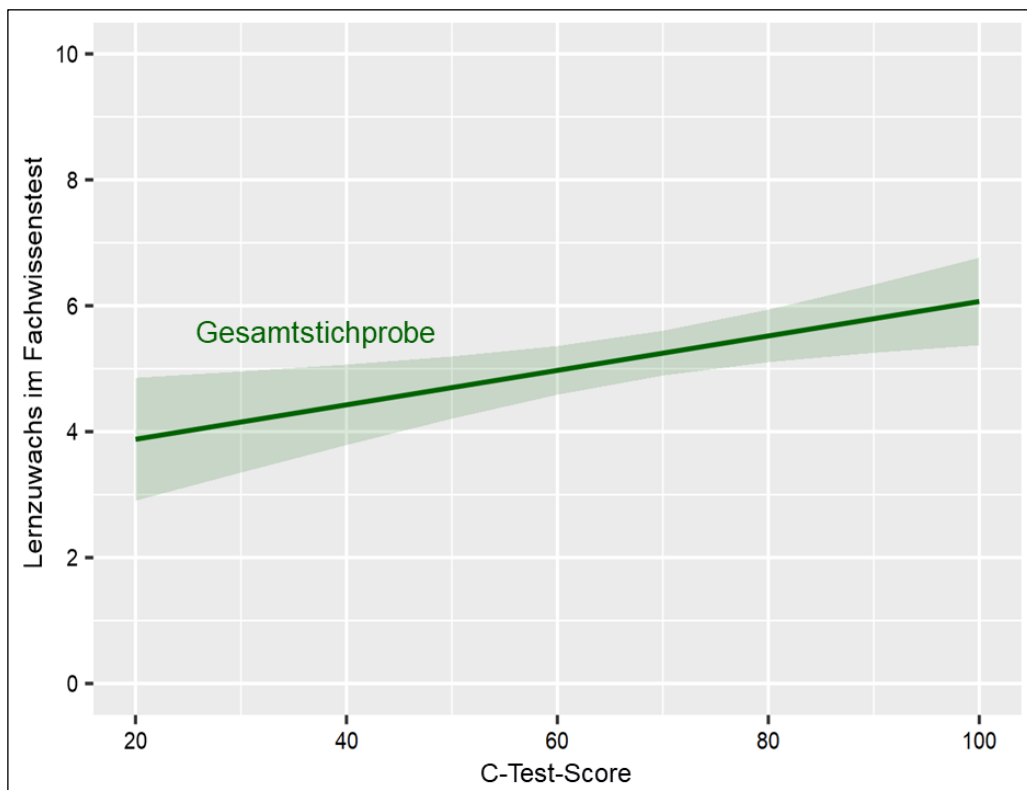


Abbildung 22. Darstellung der Regressionsgeraden zum Zusammenhang des C-Test-Scores mit dem Lernzuwachs der Schüler*innen im Fachwissenstest.

Die Berechnungen zum Regressionsmodell (s. Tabelle 27) zeigen, dass der Zusammenhang – je höher der C-Test-Score, desto größer der fachliche Lernzuwachs – statistisch signifikant ($p = 0,005$) ausfällt, wenn t-Test-Analysen unter Anwendung der Satterthwaite-Methode genutzt werden (s. Tabelle 27). Diese Erkenntnis fokussiert bislang ausschließlich auf den Zusammenhang zwischen dem Fachwissenszuwachs und dem C-Test-Score und lässt den potenziellen Einfluss des Unterrichtsansatzes noch außer Acht (s. Abschn. 11.5).

Tabelle 27. Regressionsmodell für den Lernzuwachs im Fachwissen (als Differenz der Scores im Prä- und Post-Test) in Abhängigkeit vom C-Test-Score – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($T_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

<i>Prädiktoren</i>	Lernzuwachs im Fachwissen t_1-t_0		
	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
(Intercept)	3,33	(2,00; 4,67)	< 0,001
C-Test-Score	0,05	(0,01; 0,05)	0,005
σ^2	5,70		
$T_{00cluster}$	0,21		
ICC	0,04		
$N_{cluster}$	20		
Fälle	276		

11.5 Analyse der Zusammenhänge zwischen den fachlichen Lernzuwächsen der Schüler*innen und der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes unter Berücksichtigung der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch

Werden nun die fachlichen Lernzuwächse der Lernenden nicht nur in Abhängigkeit ihrer Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch betrachtet, sondern auch unter Berücksichtigung der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes, so ist dem hierarchischen, linearen Modell ein Interaktionsterm (*Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes* $\times$ *C-Test-Score*) hinzuzufügen. Das entsprechende Regressionsmodell ist in Abbildung 23 dargestellt. Den graphischen Ergebnissen ist zu entnehmen, dass der Zusammenhang zwischen dem fachlichen Lernzuwachs der Schüler*innen und dem C-Test-Score in der Interventionsgruppe schwächer ausgeprägt ist, als dies in der Kontrollgruppe der Fall ist.

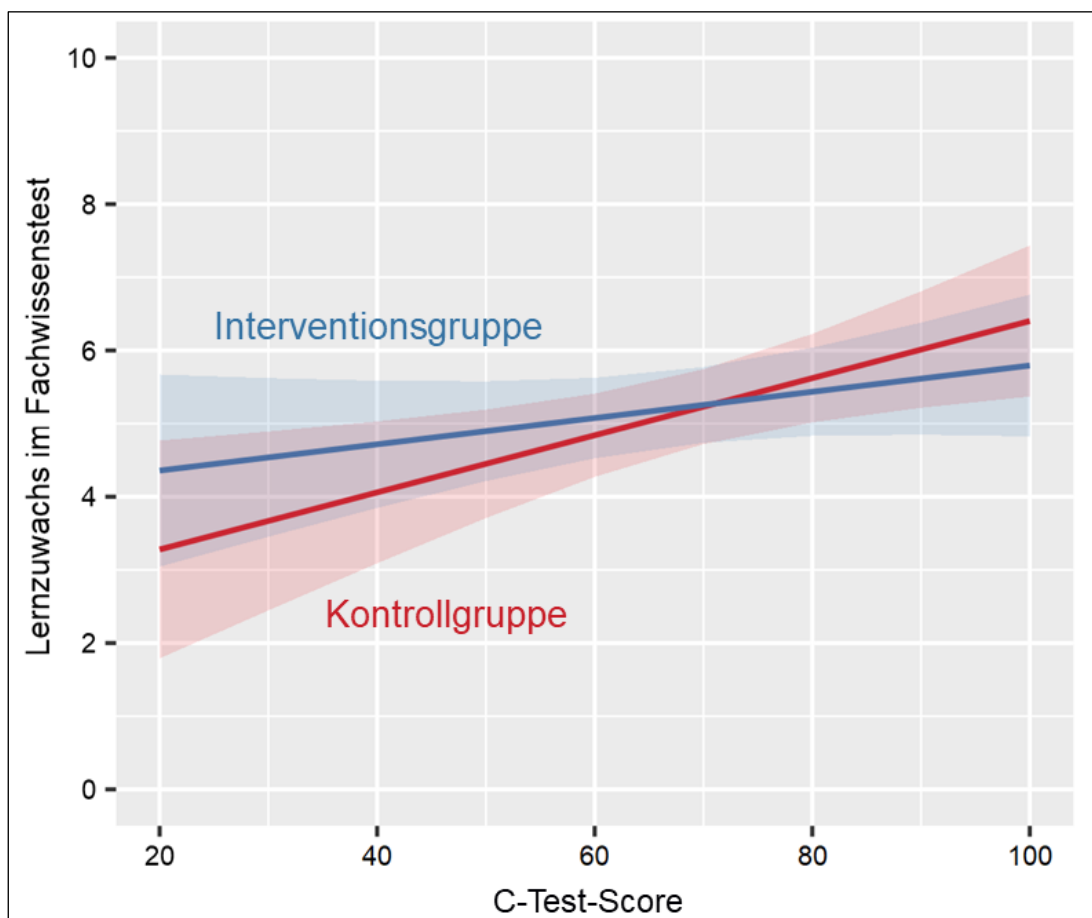


Abbildung 23. Darstellung des Lernzuwachses der Schüler*innen in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes und vom C-Test-Score.

Die Regressionsgerade der Interventionsgruppe verläuft flacher als die der Kontrollgruppe; d.h. Schüler*innen mit vergleichsweise geringen Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch (C-Test-Score < 70) in der Interventionsgruppe erreichen größere fachliche Lernzuwächse als ihre Mitschüler*innen in der Kontrollgruppe. Andererseits erreichen Schüler*innen mit vergleichsweise hohen Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch (C-Test-Score > 70) in der Kontrollgruppe etwas höhere fachliche Lernzuwächse als ihre Mitschüler*innen in der Interventionsgruppe (s. Abbildung 23). Für beide Fälle ist festzuhalten, dass je größer der C-Test Score ist, desto höher die fachlichen Lernzuwächse ausfallen (s. Abschn. 11.4).

Werden auch hier t-Test-Analysen mit Satterthwaite-Methode durchgeführt, so verweisen die Ergebnisse für den Interaktionsterm *Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes* × *C-Test-Score* auf keinen statistisch signifikanten Unterschied ($p = 0,28$; s. Tabelle 28).

Tabelle 28. Regressionsmodell für den Lernzuwachs im Fachwissen (als Differenz der Scores im Prä- und Post-Test) in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes in Interaktion mit dem C-Test-Score – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($T_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

Lernzuwachs im Fachwissen t_1-t_0			
<i>Prädiktoren</i>	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
(Intercept)	2,50	(0,46; 4,54)	0,016
Art des Unterrichtsansatzes	1,50	(-1,21; 4,21)	0,277
C-Test-Score	0,04	(0,01; 0,07)	0,008
Art des Unterrichtsansatzes × C-Test-Score	-0,02	(-0,06; 0,02)	0,279
σ^2	5,70		
$T_{00cluster}$	0,24		
ICC	0,04		
$N_{cluster}$	20		
Fälle	276		

11.6 Analyse der Zusammenhänge zwischen den fachlichen Lernzuwächsen, der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes, den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch und der besuchten Schulform

Wie aus den Tabellen 20 und 21 hervorgeht, unterscheiden sich die beiden Teilstichproben *Schüler*innen des Gymnasiums* und *Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen* statistisch signifikant zugunsten der gymnasialen Schüler*innen hinsichtlich ihres Fachwissens vor Beginn und nach der Unterrichtsreihe voneinander, allerdings nicht bezüglich der erreichten Lernzuwächse (s. Tabelle 22). Auch für die Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch konnte ein statistisch signifikanter Unterschied zugunsten der gymnasialen Schüler*innen nachgewiesen werden (s. Tabelle 26).

Um die Berechnungen aus Abschnitt 11.5 zur Bestimmung des Interaktionsterms *Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes × C-Test-Score* unter Berücksichtigung der Schulform durchzuführen, werden die Analysen für die beiden Teilstichproben *Schüler*innen des Gymnasiums* ($n_{GYM} = 110$) und *Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen* ($n_{ISS} = 166$) in zwei weiteren Regressionsmodellen separat durchgeführt und die Ergebnisse einander gegenübergestellt.

Werden zunächst die Schüler*innen des Gymnasiums ($n_{\text{GYM}} = 110$) betrachtet, so ergeben die Berechnungen des dafür entwickelten Regressionsmodells für die Interventionsgruppe, dass der fachliche Lernzuwachs mit steigendem C-Test-Score zunehmend größer ausfällt (s. Abbildung 24). Mit Blick auf die Ergebnisse der Schüler*innen der Kontrollgruppe wird ersichtlich, dass mit steigendem C-Test-Score abnehmende Lernzuwächse zu verzeichnen sind (s. Abbildung 24).

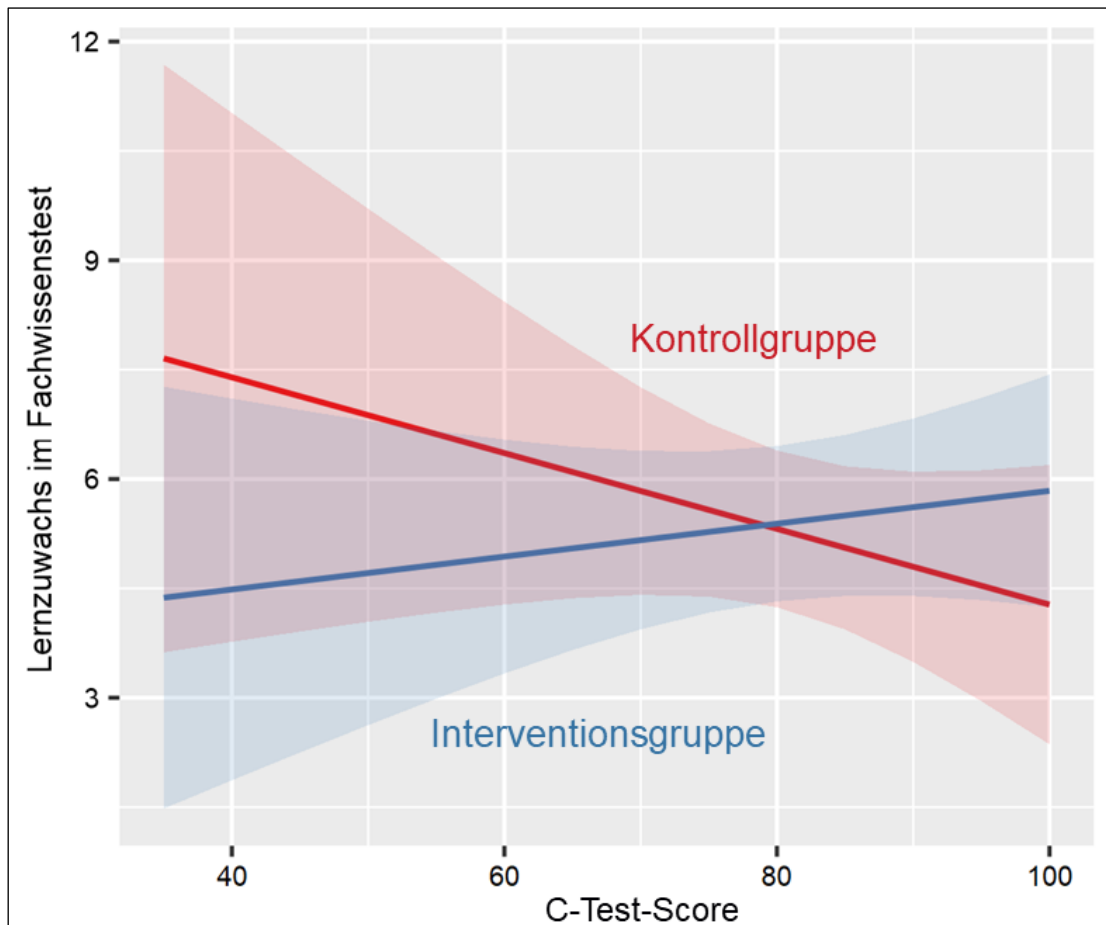


Abbildung 24. Darstellung des Lernzuwachses in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes unter Berücksichtigung des C-Test-Scores für die Teilstichprobe der Schüler*innen des Gymnasiums ($n_{\text{GYM}} = 110$).

Die t-Test-Analysen mit Satterthwaite-Methode ergeben jedoch keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen beiden Untersuchungsgruppen ($p = 0,16$; s. Tabelle 29).

Tabelle 29. Regressionsmodell für den Lernzuwachs im Fachwissen (als Differenz der Scores im Prä- und Post-Test) in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes in Interaktion mit dem C-Test-Score für die Schüler*innen des Gymnasiums ($n_{\text{GYM}} = 110$) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00\text{cluster}}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

Lernzuwachs im Fachwissen t_1-t_0			
<i>Prädiktoren</i>	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
(Intercept)	9,47	(2,56; 16,39)	0,008
Art des Unterrichtsansatzes	-5,89	(-14,36; 2,58)	0,171
C-Test-Score	-0,05	(-0,14; 0,03)	0,224
Art des Unterrichtsansatzes × C-Test-Score	0,07	(-0,03; 0,18)	0,155
σ^2	5,64		
$\tau_{00\text{cluster}}$	0,52		
ICC	0,08		
N_{cluster}	6		
Fälle	110		

Betrachtet man nun die Ergebnisse der Berechnungen des Regressionsmodells für Schüler*innen integrierter Sekundarschulen ($n_{\text{ISS}} = 166$), dann ergibt sich bezüglich der Interaktionseffekte im Vergleich zur gymnasialen Teilstichprobe (s. Abbildung 24) ein anderes Bild. Der Graph offenbart für beide Untersuchungsgruppen einen Anstieg des fachlichen Lernzuwachses mit zunehmendem C-Test-Score (s. Abbildung 25) und ähnelt dem in Abbildung 23. Der Anstieg fällt für die Kontrollgruppe steiler aus als für die Interventionsgruppe: Schüler*innen mit einem C-Test-Score < 65 erreichen in der Interventionsgruppe höhere Lernzuwächse als in der Kontrollgruppe; bei einem C-Test-Score > 65 erzielen die Schüler*innen in der Kontrollgruppe höhere Lernzuwächse als ihre Mitschüler*innen in der Interventionsgruppe.

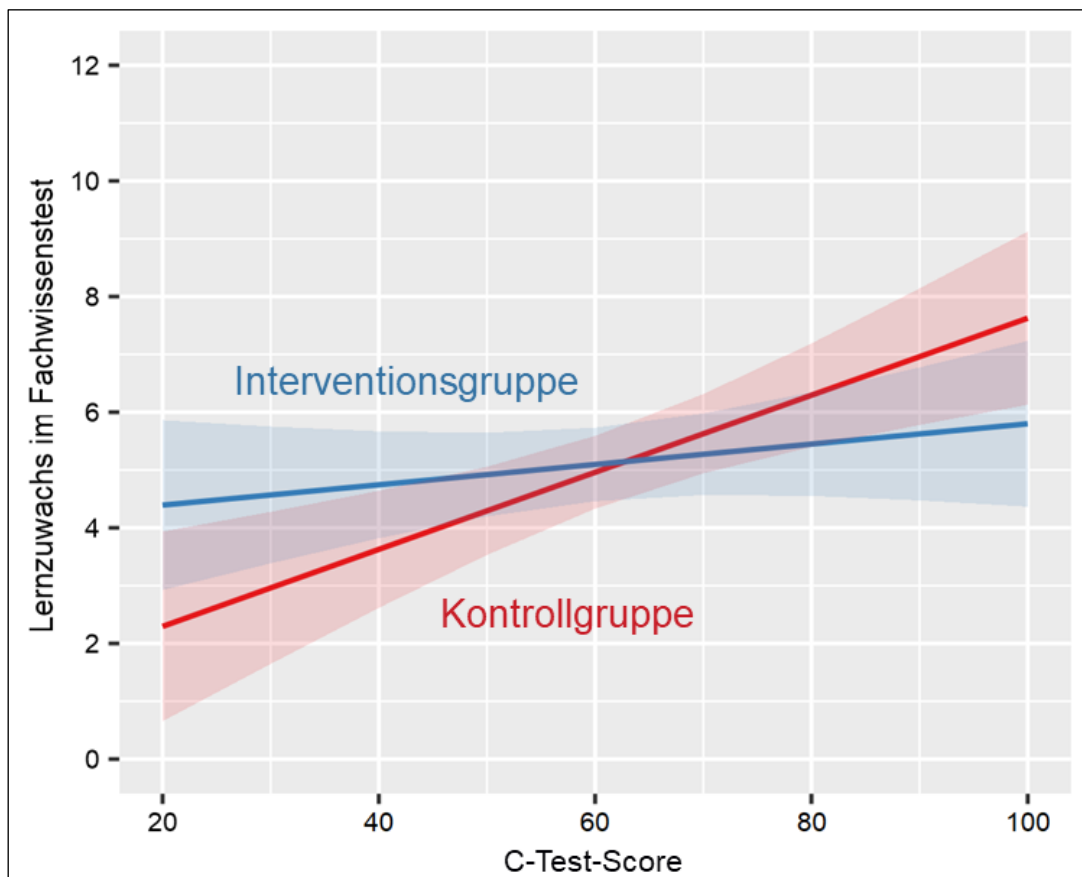


Abbildung 25. Darstellung des Lernzuwachses in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes unter Berücksichtigung des C-Test-Scores für die Teilstichprobe der Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen ($n_{ISS} = 166$).

Der t-Test mit Satterthwaite-Methode zeigt für die Teilstichprobe der Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe ($p < 0,05$; s. Tabelle 30).

Tabelle 30. Regressionsmodell für den Lernzuwachs im Fachwissen (als Differenz der Scores im Prä- und Post-Test) in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes in Interaktion mit dem C-Test-Score für die Schüler*innen der Integrierten Sekundarschule ($n_{\text{GYM}} = 110$) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00\text{cluster}}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

<i>Prädiktoren</i>	Lernzuwachs im Fachwissen t_1-t_0		
	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
(Intercept)	0,96	(-1,36; 3,28)	0,415
Art des Unterrichtsansatzes	3,08	(-0,04; 6,19)	0,053
C-Test-Score	0,07	(0,03; 0,10)	< 0,001
Art des Unterrichtsansatzes × C-Test-Score	-0,05	(-0,10; 0,00)	0,048
σ^2	5,56		
$\tau_{00\text{cluster}}$	0,23		
ICC	0,04		
N_{cluster}	14		
Fälle	166		

11.7 Zusammenfassung

In den zurückliegenden Abschnitten habe ich die statistischen Analysen der im Rahmen dieser Studie gewonnenen quantitativen Daten dargelegt. Zunächst habe ich das Fachwissen von Schüler*innen zum Thema *Salze* und *das Lösen von Salzen in Wasser* vor und nach der Unterrichtsreihe betrachtet. Bezüglich der berechneten Lernzuwächse ergaben die Analysen sowohl für die Gesamtstichprobe als auch für die beiden Teilstichproben (Interventions- und Kontrollgruppe) ein statistisch signifikant höheres Fachwissen am Ende der Unterrichtsreihe im Vergleich zum Prä-Test (s. Abschn. 11.2).

Wird die Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes als erklärende Variable für den Zuwachs des Fachwissens der Schüler*innen verwendet, ergibt sich jedoch kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Untersuchungsgruppen (s. Abschn. 11.2.2). Werden die Fachwissensstände der Schüler*innen unter Berücksichtigung der besuchten Schulform betrachtet, so zeigt sich bei den gymnasia-

len Schüler*innen ein höheres Fachwissen sowohl vor als auch nach der Unterrichtsreihe einerseits; andererseits fallen die Lernzuwächse in der Interventions- und Kontrollgruppe sehr ähnlich aus (s. Abschn. 11.2.3).

Bei der anschließenden deskriptivstatistischen und regressionsanalytischen Auswertung der Ergebnisse aus den C-Tests zu Erfassung der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch vor der Unterrichtsreihe offenbarte sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Untersuchungsgruppen (s. Abschn. 11.3.2). Unter Berücksichtigung der Schulform ergaben die Berechnungen einen statistisch signifikanten Unterschied zugunsten der Schüler*innen des Gymnasiums (s. Abschn. 11.3.3).

Zur weiterführenden Bearbeitung der Forschungsfragen (s. Abschn. 5.2) habe ich unter Anwendung von mehrebenenanalytischen Regressionsmodellen und t-Test-Analysen Zusammenhänge der fachlichen Lernzuwächse der Schüler*innen mit den Variablen *Art des Unterrichtsansatzes*, *Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch* sowie *Schulform* untersucht. In Abschnitt 11.4 wurde der Nachweis erbracht, dass die fachlichen Lernzuwächse der Schüler*innen umso höher ausfallen, desto ausgeprägter ihre Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch sind. Dieser Befund konnte in Abschnitt 11.5 auch für die beiden Untersuchungsgruppen bestätigt werden, allerdings ergaben die Berechnungen keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Schüler*innen der Interventions- und Kontrollgruppe. In Abschnitt 11.6 wurden diese Betrachtungen jeweils separat für Schüler*innen an Gymnasien und Integrierten Sekundarschulen durchgeführt. Dabei zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Interventions- und Kontrollgruppe für die Teilstichprobe der Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen.

Im folgenden Kapitel 12 richtet sich der Fokus nun auf die Analyse der fachbezogenen kommunikativen Kompetenzen der teilnehmenden Schüler*innen am Ende der Unterrichtsreihe und damit verbunden auf die qualitativ-inhaltsanalytisch zu gewinnenden Antworten auf Forschungsfrage 4 (s. Abschn. 5.2).

12 Auswertung der Daten zum Forschungsfokus *kommunikative Kompetenzen*

Adressatenorientierung wurde als Facette von naturwissenschaftlicher Kommunikationskompetenz identifiziert, die u. a. einen bewussten Gebrauch verschiedener Register, beispielsweise in Bezug auf umgangs- und fachsprachliche Terminologie, erfordert (s. Abschn. 2.3.2). In der Auswertung der von den Schüler*innen angefertigten Textprodukte, in denen sie den Lösevorgang von Salzen in Wasser am Ende der Unterrichtsreihe unterschiedlichen (fiktiven) Adressat*innen (einer Freundin und ihrem Chemielehrer) erklären (s. Abschn. 8.3), lässt sich demnach anhand des Gebrauchs der relevanten Termini die Fähigkeit zu Adressatenorientierung untersuchen. Außerdem ist über die Betrachtung der verwendeten Terminologie zu erkennen, ob die Schüler*innen ein Verständnis der zugrundeliegenden Fachkonzepte erworben haben. Für diesen Zweck wurden die Textprodukte von allen Schüler*innen, die die Erklärung des Lösevorgangs sowohl an ihren Lehrer als auch an ihre Freundin verfasst haben (N = 168; s. Abschn. 10.3) mithilfe des Kategoriensystems (s. Abschn. 9.2.2 und Anhang A-2f) in MAXQDA kodiert und qualitativ-inhaltsanalytisch ausgewertet (Mayring, 2022).

Im Folgenden werde ich zunächst die Anwendung des Kategoriensystems anhand eines beispielhaften kodierten Schüler*innentextes illustrieren (s. Abschn. 12.1). Anschließend stelle ich die statistischen Analysen dar, im Zuge derer die Texte an den Lehrer mit den Texten an die Freundin verglichen werden (s. Abschn. 12.2). Dabei betrachte ich zunächst die Gesamtstichprobe sowie die Texte der Interventions- und Kontrollgruppen getrennt voneinander. Anschließend widme ich mich dem Vergleich der Ergebnisse beider Teilstichproben. In Abschnitt 12.3 zielen ich darauf ab, die Analysen anhand ausgewählter Schüler*innentexte mit Blick auf besondere Auffälligkeiten im Verhältnis der verwendeten umgangs- und fachsprachlichen Termini zu veranschaulichen.

12.1 Beispielhafte Kodierung eines Schüler*innentextes

Anhand eines Beispieltextes (eines Schülers bzw. einer Schülerin des Gymnasiums mit dem Code ANMI28) an eine Freundin lässt sich das Vorgehen bei der Zuordnung von Textsegmenten zu den Kategorien ‚fachsprachliche Termini‘ und ‚umgangssprachliche Termini‘ rekonstruieren. Das Beispiel enthält einerseits eine verhältnismäßig große Anzahl an Termini, die bereits vor der Unterrichtsreihe geläufig waren (sechs ‚umgangssprachliche‘ Termini), und andererseits zahlreiche Termini, die im

Zuge der Unterrichtsreihe neu erarbeitet und erworben wurden (acht ‚fachsprachliche‘ Termini; s. Abschn. 7.2.4).

Tabelle 31. Beispielttext der Schülerin bzw. des Schülers ANMI28, gerichtet an eine Freundin, mit farblich hervorgehobener Kodierung der fach- (gelb) und umgangssprachlichen (grün) Termini.

1	Wenn man Salz in Wasser gibt ist es erst ein	neu erarbeitete, fach-
2	zusammenhängendes Gitter (Kristallgitter) in dem	sprachliche Termini
3	sich negativ und positiv geladene Teilchen befinden	
4	(Anionen , Pationen [sic]). Diese Teilchen ziehen sich	bereits bekannte, um-
5	gegenseitig an deshalb ist es Anfangs ein Salzkristall	gangssprachliche Ter-
6	(Ionnenbindung). Im Inneren des Gitters wird ein	mini
7	Teilchen mehr angezogen als im äußeren Bereich,	
8	daher beginnt die Hydratation bzw. Auflösung im	
9	äußeren Bereich. Die abgelösten Teilchen werden	
10	von einer Hydrathülle bzw. Wasserhülle umgeben	
11	wenn alle Wassermoleküle ein Salz Ion umgeben	
12	haben entsteht eine gesättigte Lösung .	

Im Zuge der Datenbearbeitung werden jeweils sowohl die genauen Entsprechungen der Termini aus Tabelle 3 (s. Abschn. 7.2.4) kodiert, z. B. *Salz*, *Kristallgitter* und *Ionnenbindung* (s. Tabelle 31) als auch treffende Umschreibungen der Termini in Tabelle 3 (s. Abschn. 7.2.4), z. B. *Wasserhülle* statt *Hülle aus Wassermolekülen* (s. Tabelle 31). Die Termini werden jeweils bei ihrem ersten Vorkommen im Text gekennzeichnet. Alle weiteren Nennungen desselben Terminus im selben Textdokument werden dann in der Kategorie ‚Wortwiederholung‘ aufgelistet. Über dieses Vorgehen lässt sich ermitteln, wie viele der zehn zentralen fachsprachlichen Termini sowie der zehn umgangssprachlichen Termini und Umschreibungen (s. Tabelle 3 in Abschn. 7.2.4) im jeweiligen Text verwendet wurden.

12.2 Analyse der Schüler*innentexte hinsichtlich des Gebrauchs verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung

Die gezielte Verwendung von entweder eher umgangssprachlichen oder eher fachsprachlichen Termini wurde in Abschnitt 2.3.2 als ein zentrales Merkmal von Adressatenorientierung identifiziert. In der qualitativ-inhaltsanalytischen Untersuchung der Schüler*innentexte werden daher die Kategorien ‚umgangssprachliche Termini‘ und ‚fachsprachliche Termini‘ genutzt, um jene Wörter bzw. Wortgruppen zu identifizie-

ren, die den Schüler*innen entweder bereits vor der Unterrichtsreihe geläufig gewesen sein sollten (,umgangssprachlich') oder im Rahmen der Unterrichtsreihe zur Erklärung des Lösens von Salzen in Wasser neu erarbeitet wurden (,fachsprachlich', s. Tabelle 31).

Da die Auseinandersetzung mit diesen umgangs- und fachsprachlichen Termini einen besonderen Fokus in der sprachsensiblen Gestaltung der Unterrichtsreihe bildet, wird in den folgenden Abschnitten die Verwendung der relevanten Termini (s. Tabelle 3) als zentraler Indikator zur Analyse von Adressatenorientierung in den Schüler*innentexten betrachtet. Dabei richtet sich der analytische Blick darauf, ob die Schüler*innen die Termini in unterschiedlichem Maße verwenden, je nachdem ob sie ihre Erklärung des Lösevorgangs an den Lehrer oder an die Freundin richten.

12.2.1 Betrachtung des Gebrauchs verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung in der Gesamtstichprobe

Deskriptivstatistische Betrachtung

Die aufbereitete Gesamtstichprobe (s. Abschn. 9.1) umfasst 336 Texte; davon sind 168 an die Freundin und 168 an den Lehrer gerichtet. Deskriptivstatistisch betrachtet sind in den Texten an die Freundin im Mittel 3,02 bereits vor der Unterrichtsreihe geläufige Termini der sogenannten unterrichtsbezogenen Umgangssprache (s. Tabelle 3) zu identifizieren gewesen. Demgegenüber sind in den Texten an die Freundin durchschnittlich 1,64 neu erarbeitete, fachsprachliche Termini aufzufinden. In den Texten an den Chemielehrer ist das Verhältnis umgangs- zu fachsprachlicher Termini genau umgekehrt: dort finden sich im Durchschnitt einerseits 1,94 bereits geläufige Termini und andererseits 3,51 neu erarbeitete Termini pro Text.

Diese Werte lassen sich nur unter der Prämisse sinnvoll miteinander in Beziehung setzen, dass die Texte an beide Adressat*innen gleiche oder zumindest vergleichbare Textlängen aufweisen. Nach Auszählung der Wortzahlen pro Text ergibt sich für die Texte an die Freundin eine mittlere Anzahl von 61,85 Wörtern pro Text und an den Lehrer von 60,13 Wörtern pro Text. Da diese beiden Werte statistisch betrachtet nicht signifikant voneinander abweichen, ist es nicht notwendig, die Anzahl der bereits geläufigen oder neu erarbeiteten Termini auf die Textlänge zu beziehen. In den weiterführenden Analysen wird daher mit den leichter interpretierbaren Quotienten von Termini pro Text fortgefahren.

Regressionsanalysen

Wie in Abschnitt 9.2 beschrieben werden Regressionsanalysen unter Berücksichtigung der hierarchischen Datenstruktur durchgeführt, um Zusammenhänge zwischen der Anzahl umgangs- bzw. fachsprachlicher Termini pro Text und der Adressatin bzw. dem Adressaten zu untersuchen. Mittels t-Test lassen sich diese Zusammenhänge auf statistische Signifikanz überprüfen (s. Abschn. 9.2).

Die Regressionsanalysen ergeben einen statistischen signifikanten Zusammenhang ($p < 0,001$) zwischen der Anzahl umgangssprachlicher Termini pro Text und der Adressatin bzw. dem Adressaten, wodurch der deskriptive Befund bestätigt wird. Die Anzahl umgangssprachlicher Termini ist in den Texten an die Freundin im Vergleich zu den Texten an den Lehrer demgemäß beispielsweise pro Text um 1,08 erhöht (s. Tabelle 32).

Tabelle 32. Regressionsmodell für die Anzahl umgangssprachlicher Termini pro Text in Abhängigkeit von der mit der Erklärung adressierten Person – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00\text{cluster}}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

Prädiktoren	Anzahl umgangssprachlicher Termini		
	Schätzer	KI	p
Text an den Lehrer	1,86	(1,54; 2,18)	< 0,001
Text an die Freundin	1,08	(0,80; 1,35)	< 0,001
σ^2	1,67		
$\tau_{00\text{cluster}}$	0,24		
ICC	0,13		
N_{Klassen}	17		
Fälle	336		

Auch für die neu erarbeiteten fachsprachlichen Termini pro Text ergibt sich unter Anwendung eines t-Tests mit Satterthwaite-Korrektur ein statistisch signifikanter Zusammenhang mit der durch den Text adressierten Person. Der Schätzer bringt zum Ausdruck, dass die Anzahl der fachsprachlichen Termini pro Text an die Freundin um 1,86 geringer vorhergesagt wird, als es in den Texten an den Chemielehrer der Fall ist (s. Tabelle 33).

Tabelle 33. Regressionsmodell für die Anzahl fachsprachlicher Termini pro Text in Abhängigkeit von der mit der Erklärung adressierten Person – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00\text{cluster}}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

Prädiktoren	Anzahl fachsprachlicher Termini		
	Schätzer	KI	p
Text an den Lehrer	3,35	(3,00; 3,69)	< 0,001
Text an die Freundin	-1,86	(-2,23; -1,49)	< 0,001
σ^2	2,98		
$\tau_{00\text{cluster}}$	0,17		
ICC	0,06		
N_{Klassen}	17		
Fälle	336		

In der Gestaltung der Unterrichtsreihe „Das Tote Meer stirbt!“ wurde zwischen der Anwendung von Gestaltungsprinzipien sprachsensiblen *Scaffoldings* (Kontrollgruppe) einerseits und einer Kombination des *Scaffoldings* mit dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* (Interventionsgruppe) andererseits variiert. Im Rahmen des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* stellt die zeitlich getrennte und damit besonders behutsame Einführung neuer Fachkonzepte und der korrespondierenden Fachtermini den wesentlichen Schwerpunkt dar. Daher wird erwartet, dass Schüler*innen der Interventionsgruppe ein umfangreicheres Konzeptverständnis erwerben als ihre Mitschüler*innen in der Kontrollgruppe (vgl. Brown et al., 2010). Außerdem wird vermutet, dass die Schüler*innen der Interventionsgruppe auch in der Lage sind, die neu erworbenen Fachtermini zielgerichteter, d. h. adressatenorientierter, anzuwenden (vgl. Brown et al., 2010; s. Abschn. 5.2). Mit Blick auf diese Hypothese werden im Folgenden potenzielle Zusammenhänge zwischen dem Gebrauch fach- und umgangssprachlicher Terminologie und der Art des praktizierten sprachsensiblen Unterrichtsansatzes eruiert.

12.2.2 Betrachtung des Gebrauchs verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung in der Interventionsgruppe

Deskriptivstatistische Betrachtung

Die Teilstichprobe der Interventionsgruppen-Schüler*innen besteht aus 174 Texten von 87 Schüler*innen. Die Texte sind im Mittel 62,10 Wörter lang (61,95 Wörter pro

Text an den Lehrer; 62,24 Wörter pro Text an die Freundin) und bestehen im Durchschnitt aus 8,44 Teilsätzen (8,48 Teilsätze pro Text an den Lehrer; 8,39 Teilsätze pro Text an die Freundin).

Die Schüler*innen der Interventionsgruppe verwenden im Mittel 3,39 neu erarbeitete, fachsprachliche Termini pro Text an den Lehrer gegenüber 1,68 fachsprachlichen Termini pro Text an die Freundin. Demgegenüber lassen sich 1,98 bereits geläufige, umgangssprachliche Termini pro Text an den Lehrer sowie 3,01 umgangssprachliche Termini pro Text an die Freundin identifizieren.

Regressionsanalysen

Mithilfe von Mehrebenenregressionsanalysen und t-Tests lässt sich auch für die Teilstichprobe der Interventionsgruppe ermitteln, inwieweit die deskriptivstatistisch identifizierten Unterschiede in der verwendeten Terminologie statistisch signifikant sind.

In den Texten an die Freundin werden pro Text im Mittel 1,03 umgangssprachliche Termini mehr verwendet als in den Texten an den Chemielehrer (s. Tabelle 34).

Tabelle 34. Regressionsmodell für die Anzahl umgangssprachlicher Termini pro Text in Abhängigkeit von der mit der Erklärung adressierten Person bezogen auf die Teilstichprobe der Interventionsgruppen-Schüler*innen ($n_{IG} = 87$) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

<i>Prädiktoren</i>	Anzahl umgangssprachlicher Termini		
	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
Text an den Lehrer	1,83	(1,38; 2,29)	< 0,001
Text an die Freundin	1,03	(0,63; 1,44)	< 0,001
σ^2	1,85		
$\tau_{00cluster}$	0,24		
ICC	0,12		
$N_{Klassen}$	9		
Fälle	174		

Bezüglich der Verwendung fachsprachlicher Termini lässt sich pro Text an die Freundin eine um 1,71 verringerte Anzahl im Vergleich zu den Texten an den Lehrer feststellen (s. Tabelle 35).

Tabelle 35. Regressionsmodell für die Anzahl fachsprachlicher Termini pro Text in Abhängigkeit von der mit der Erklärung adressierten Person bezogen auf die Teilstichprobe der Interventionsgruppen-Schüler*innen ($n_{IG} = 87$) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($T_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

<i>Prädiktoren</i>	Anzahl fachsprachlicher Termini		
	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
Text an den Lehrer	3,27	(2,81; 3,73)	< 0,001
Text an die Freundin	-1,71	(-2,24; -1,18)	< 0,001
σ^2	3,12		
$T_{00cluster}$	0,13		
ICC	0,04		
$N_{Klassen}$	9		
Fälle	174		

Aus den beiden Regressionsmodellen und t-Test-Analysen (s. Tabellen 34 und 35) geht hervor, dass sich die Anzahl der umgangs- und fachsprachlichen Termini pro Text in Abhängigkeit von der jeweils adressierten Person statistisch signifikant ($p < 0,001$) voneinander unterscheidet.

12.2.3 Betrachtung des Gebrauchs verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung in der Kontrollgruppe

Deskriptivstatistische Betrachtung

Die Teilstichprobe der Kontrollgruppen-Schüler*innen besteht aus 162 Texten von 81 Schüler*innen. Die Texte sind im Mittel 59,80 Wörter lang (58,17 Wörter pro Text an den Lehrer; 61,42 Wörter pro Text an die Freundin) und bestehen im Durchschnitt aus 8,14 Teilsätzen (7,84 Teilsätze pro Text an den Lehrer; 8,44 Teilsätze pro Text an die Freundin).

Die Schüler*innen der Kontrollgruppe verwenden im Mittel 3,63 neu erarbeitete, fachsprachliche Termini pro Text an den Chemielehrer gegenüber 1,61 fachsprachlichen Termini pro Text an die Freundin. Demgegenüber lassen sich pro Text 1,90 bereits geläufige, umgangssprachliche Termini an den Lehrer sowie 3,02 umgangssprachliche Termini pro Text an die Freundin identifizieren.

Regressionsanalysen

Für die Kontrollgruppe zeigt sich pro Text eine erhöhte Verwendung umgangssprachlicher Termini in den Texten an die Freundin im Vergleich zu den Texten an den Chemielehrer (s. Tabelle 36).

Tabelle 36. Regressionsmodell für die Anzahl umgangssprachlicher Termini pro Text in Abhängigkeit von der mit der Erklärung adressierten Person bezogen auf die Teilstichprobe der Kontrollgruppen-Schüler*innen ($n_{KG} = 81$) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($T_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

<i>Prädiktoren</i>	Anzahl umgangssprachlicher Termini		
	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
Text an den Lehrer	1,89	(1,41; 2,38)	< 0,001
Text an die Freundin	1,12	(0,75; 1,50)	< 0,001
σ^2	1,48		
$T_{00cluster}$	0,31		
ICC	0,17		
$N_{Klassen}$	8		
Fälle	162		

Bezüglich der Anzahl fachsprachlicher Termini zeigt sich das entgegengesetzte Bild: An die Freundin werden pro Text durchschnittlich ca. zwei fachsprachliche Termini weniger verwendet als in den Texten an den Chemielehrer (s. Tabelle 37).

Tabelle 37. Regressionsmodell für die Anzahl fachsprachlicher Termini pro Text in Abhängigkeit von der mit der Erklärung adressierten Person bezogen auf die Teilstichprobe der Kontrollgruppen-Schüler*innen ($n_{KG} = 81$) – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($T_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

<i>Prädiktoren</i>	Anzahl fachsprachlicher Termini		
	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
Text an den Lehrer	3,41	(2,87; 3,95)	< 0,001
Text an die Freundin	-2,02	(-2,55; -1,50)	< 0,001
σ^2	2,84		
$T_{00cluster}$	0,28		
ICC	0,09		
$N_{Klassen}$	8		
Fälle	162		

Die Modellberechnungen ergeben für die Schüler*innen der Kontrollgruppe statistisch signifikante Unterschiede ($p < 0,001$) hinsichtlich der verwendeten Terminologie sowohl in den Texten an den Chemielehrer als auch in den Texten an die Freundin (s. Tabellen 36 und 37).

12.2.4 Vergleichende Betrachtung des Gebrauchs verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung in Interventions- und Kontrollgruppe

Deskriptivstatistische Betrachtung

Die in den Abschnitten 12.2.2 und 12.2.3 separat vorgestellten Ergebnisse der beiden Teilstichproben werden im Folgenden miteinander verglichen, um den potenziell statistisch identifizierbaren Einfluss des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes auf die adressatenorientierte Verwendung umgangs- und fachsprachlicher Terminologie zu prüfen.

Aus der deskriptivstatistischen Betrachtung des Datenmaterials (s. Abschn. 12.2.2. und 12.2.3) ergibt sich folgende Übersicht:

Tabelle 38. Deskriptivstatistische Gegenüberstellung der Ergebnisse beider Teilstichproben (IG = Interventionsgruppe, KG = Kontrollgruppe) hinsichtlich ausgewählter Kategorien von fachbezogener Adressatenorientierung

Kategorie	M _{IG} (n = 174 Texte)		M _{KG} (n = 162 Texte)	
	Lehrer	Freundin	Lehrer	Freundin
Wortzahl	61,95	62,24	58,17	61,42
Teilsätze	8,48	8,39	7,84	8,44
umgangssprachliche Termini	1,98	3,01	1,90	3,02
fachsprachliche Termini	3,39	1,68	3,63	1,61

Regressionsanalysen – Texte an den Lehrer

Mithilfe der Berechnung unterschiedlicher Regressionsmodelle inklusive t-Test-Analysen wird geprüft, ob sich die Auswahl bestimmter (umgangs- und fachsprachlicher) Termini dahingehend unterscheidet, ob die Schüler*innen am Unterricht der Interventions- oder Kontrollgruppe teilgenommen haben.

Schüler*innen der Interventionsgruppe verwenden fachsprachliche Termini in den Texten an den Chemielehrer pro Text im Mittel etwas seltener als Schüler*innen der Kontrollgruppe. Der Unterschied zwischen Interventions- und Kontrollgruppe stellt sich allerdings als statistisch nicht signifikant heraus ($p = 0,418$; s. Tabelle 39).

Tabelle 39. Regressionsmodell für die Anzahl fachsprachlicher Termini pro Text an den Lehrer in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($T_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

Anzahl fachsprachlicher Termini in Texten an den Lehrer			
<i>Prädiktoren</i>	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
Kontrollgruppe	3,40	(2,72; 3,95)	< 0,001
Interventionsgruppe	-0,39	(-1,34; 0,56)	0,418
σ^2	2,58		
$T_{00cluster}$	0,62		
ICC	0,19		
$N_{Klassen}$	17		
Fälle	168		

Für die umgangssprachlichen Termini in Texten an den Lehrer lässt sich zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe ebenfalls kein statistisch signifikanter Unterschied detektieren ($p = 0,999$; s. Tabelle 40).

Tabelle 40. Regressionsmodell für die Anzahl umgangssprachlicher Termini pro Text an den Lehrer in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($T_{00cluster}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

Anzahl umgangssprachlicher Termini in Texten an den Lehrer			
<i>Prädiktoren</i>	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
Kontrollgruppe	1,95	(1,53; 2,38)	< 0,001
Interventionsgruppe	0,00	(-0,59; 0,59)	0,999
σ^2	1,35		
$T_{00cluster}$	0,20		
ICC	0,13		
$N_{Klassen}$	17		
Fälle	168		

Die Ergebnisse der Modellberechnungen in den Tabellen 39 und 40 für die Texte an den Chemielehrer zeigen keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Schüler*innen der Interventions- und denen der Kontrollgruppe. Die Schüler*innen

nutzen sowohl fach- als auch umgangssprachliche Termini in sehr ähnlichem Maße, um ihrem Chemielehrer den Löseprozess von Salzen in Wasser zu erklären, unabhängig davon, ob sie Unterricht lediglich nach den *Scaffolding*-Prinzipien oder eine Kombination aus dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* und *Scaffolding* erhielten.

Regressionsanalysen – Texte an die Freundin

In den Texten an die Freundin verwenden die Schüler*innen der Interventionsgruppe fachsprachliche Termini im Mittel pro Text etwas häufiger als Schüler*innen der Kontrollgruppe, allerdings ist auch dieser Unterschied statistisch nicht signifikant ($p = 0,515$; s. Tabelle 41).

Tabelle 41. Regressionsmodell für die Anzahl fachsprachlicher Termini pro Text an die Freundin in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00\text{cluster}}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

<i>Prädiktoren</i>	Anzahl fachsprachlicher Termini in Texten an die Freundin		
	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
Kontrollgruppe	1,46	(0,95; 1,97)	< 0,001
Interventionsgruppe	0,24	(-0,48; 0,95)	0,515
σ^2	3,01		
$\tau_{00\text{cluster}}$	0,19		
ICC	0,06		
N_{Klassen}	17		
Fälle	168		

Auch für die mittlere Anzahl umgangssprachlicher Termini pro Text an die Freundin ergibt sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Schüler*innen beider Teilstichproben ($p = 0,668$): Tendenziell verwenden die Interventionsgruppen-Schüler*innen umgangssprachliche Termini im Mittel etwas seltener als die Kontrollgruppen-Schüler*innen (s. Tabelle 42).

Tabelle 42. Regressionsmodell für die Anzahl umgangssprachlicher Termini pro Text an die Freundin in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes – Konfidenzintervall (KI), Varianz des Residuums (σ^2), Varianz des Random Intercept ($\tau_{00\text{cluster}}$) und Intraklassenkorrelation (ICC)

<i>Prädiktoren</i>	Anzahl umgangssprachlicher Termini in Texten an die Freundin		
	<i>Schätzer</i>	<i>KI</i>	<i>p</i>
Kontrollgruppe	2,95	(2,42; 3,47)	< 0,001
Interventionsgruppe	-0,16	(-0,90; 0,58)	0,668
σ^2	1,97		
$\tau_{00\text{cluster}}$	0,33		
ICC	0,14		
N_{Klassen}	17		
Fälle	168		

12.3 Auswahl und differenzierte inhaltsanalytische Betrachtung spezieller Fälle zur Illustration der adressatenorientierten Kommunikation

Für die Auswahl der zu kontrastierenden Texte wurde das Verhältnis zwischen den Termini, die sich den Kategorien „umgangssprachlich“ (d. h. den Schüler*innen bereits vor der Unterrichtsreihe bekannt) und „fachsprachlich“ (d. h. im Laufe der Unterrichtsreihe neu erarbeitet) zuordnen ließen, herangezogen. In Abbildung 26 sind die Häufigkeiten der Belegungen dieser beiden Kategorien differenziert nach Adressat*in für jeden Text in Form eines Scatterplots gegeneinander aufgetragen²⁴. Wie in Abschnitt 9.2.3 beschrieben, lassen sich aus den Ergebnissen vier Gruppierungen ableiten, denen sich die Texte anhand der verwendeten Terminologie zuordnen und voneinander unterscheiden lassen (s. Abbildung 26).

²⁴ Die Intensität der Farbe jedes Punktes gibt an, wie häufig ein Text mit der jeweiligen Anzahl an umgangs- und fachsprachlichen Termini in der Gesamtstichprobe aufgetreten ist.

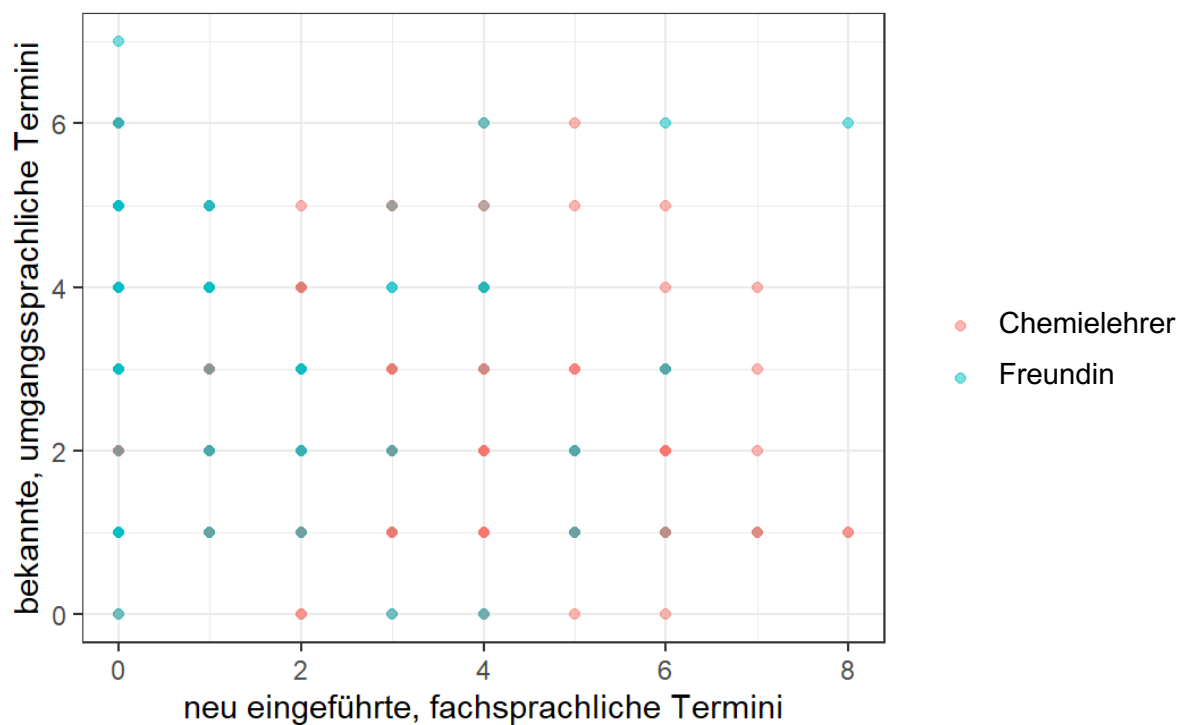


Abbildung 26. Scatterplot zur Darstellung des Verhältnisses der Verwendung von bekannten, umgangssprachlichen Termini zu neu erarbeiteten, fachsprachlichen Termini pro Schüler*innentext in Abhängigkeit von der adressierten Person.

Anhand des Scatterplots wird erkennbar, dass in den Texten an den Chemielehrer (rot) in der Regel die Anzahl der neu erarbeiteten, fachsprachlichen Termini die Anzahl der umgangssprachlichen Termini überwiegt, denn das Gros der Texte an den Lehrer befindet sich vor allem im unteren, rechten Bereich von Abbildung 26. Die Texte an die Freundin sind eher im oberen, linken Bereich der Abbildung 26 zu finden, d. h. in diesen Texten lassen sich mehr bekannte, umgangssprachliche als fachsprachliche Termini identifizieren.

Vier unterschiedliche Typen von Texten werden im Folgenden differenzierter betrachtet, nämlich solche Texte, die sich entweder durch ein besonders einseitiges Verhältnis (entweder zugunsten der fachsprachlichen oder der umgangssprachlichen Termini) auszeichnen oder in denen die Schüler*innen ausgewogen entweder auf eine große Anzahl oder eine kleine Anzahl fach- als auch umgangssprachliche Termini zurückgreifen.

12.3.1 Texttyp I: Viele umgangssprachliche und viele fachsprachliche Termini

Der Text der Schülerin bzw. des Schülers ANSO15 in Tabelle 43 soll dem Texttyp I als Beispiel dienen. Er ist an die Freundin gerichtet und beinhaltet sowohl sechs bereits bekannte, umgangssprachliche Termini als auch sechs neu erarbeitete, fachsprachliche Termini.

Tabelle 43. Beispielttext der Schülerin bzw. des Schülers ANSO15 (Kontrollgruppe), gerichtet an die Freundin, mit farblich hervorgehobener Kodierung der fach- (gelb) und umgangssprachlichen (grün) Termini; der Text besteht aus 105 Wörtern verteilt auf 17 Teilsätze.

1	Salze bestehen aus geladenen Teilchen, positiv
2	und negativ. Diese nennt man Ionen, die positiven
3	sind die Kationen und die negativen die Anionen.
4	Ein Salzkristall besteht aus solchen Ionen. Sie
5	sind in einem Gitter angeordnet, dieses
6	nennt man Kristallgitter. Die Form kommt zustande
7	weil sich unterschiedlich geladene teilchen anziehen.
8	Im Wasser befinden sich Wassermoleküle,
9	diese trennen die Anionen oder Kationen von
10	dem Gitter ab und bilden eine Schale um
11	das Ion, diese nennt man Hydrathülle.
12	Wenn alle abgetrennt sind vom Gitter sollten es
13	ca. 6 Wassermoleküle sein die die Ionen jeweils
14	umgeben, von rechts, links, oben, unten, vorne und hinten.
15	Diesen Vorgang insgesamt nennt man Hydratation.

Einige der im Text verwendeten Termini beziehen sich auf das gleiche Konzept, z. B. wird das Ergebnis des Hydratationsvorgangs sowohl als *Schale* als auch als *Hydrathülle* benannt. Demgegenüber bezeichnet die bzw. der Schüler*in wenige andere Konzepte nur umgangssprachlich (*Salze*, *unterschiedlich geladene teilchen [sic] anziehen*).

Zunächst wird die submikroskopische Struktur von Salzen erläutert, wobei die bzw. der Schüler*in das Konzept in der Regel zunächst umgangssprachlich beschreibt (*geladene[n] Teilchen*; s. Tabelle 43, Zeile 1), um anschließend die fachsprachlichen Termini zu ergänzen (*Ionen*, *Kationen*, *Anionen*; s. Tabelle 43, Zeilen 2-3). Nur im Hinblick auf den Zusammenhalt unterschiedlich geladener Teilchen findet kein Wechsel des Registers hin zum neu eingeführten, fachsprachlichen Terminus statt

(*unterschiedlich geladene teilchen [sic] anziehen*; s. Tabelle 43, Zeile 7). Der hier zu erwartende Fachterminus wäre *Ionenbindung* gewesen²⁵.

12.3.2 Texttyp II: Viele umgangssprachliche und wenige fachsprachliche Termini

Der Text der Schülerin bzw. des Schülers mit dem Code MILI12 (s. Tabelle 44) – als Beispiel für Texttyp II – ist ebenfalls an die Freundin gerichtet.

Tabelle 44. Beispieltext der Schülerin bzw. des Schülers MILI12 (Interventionsgruppe), gerichtet an die Freundin, mit farblich hervorgehobener Kodierung der umgangssprachlichen (grün) Termini; der Text besteht aus 109 Wörtern verteilt auf 15 Teilsätze.

1	Bevor ich das Kochsalz in das Nudelwasser gebe, halten
2	sich positiv und negativ geladene Teilchen zusammen
3	da sie sich gegenseitig Anziehen . Sie sind wie ein Gitter
4	aufgebaut: die positiv geladenen Teilchen sind von negativ
5	geladenen Teilchen umringt und umgekehrt. Sobald ich
6	das Salz nun ins Wasser gebe, lösen sich die Teilchen
7	stück für stück ab da die Wassermoleküle um sie herum
8	ebenfalls positiv und negativ geladen sind und sie damit
9	anziehen. Die äußersten Teilchen im Gitter lösen sich
10	zuerst da sie von den wenigsten anderen Salzteilchen
11	angezogen werden. Ein geladenes Teilchen wird von
12	ungefähr 4 Teilchen Wassermolekülen umringt . Wenn
13	alle Salzteilchen von Wassermolekülen umringt ist
14	hat sich das Kochsalz aufgelöst.

Die Schülerin bzw. der Schüler greift auf (insgesamt sieben) Termini (wie *Kochsalz*, *positiv und negativ geladene Teilchen*, *Gitter*) zurück, die ihr bzw. ihm bereits vor der Unterrichtsreihe geläufig gewesen sein sollten. Sie bzw. er verzichtet gänzlich auf die Verwendung neu erarbeiteter Fachtermini (s. Tabelle 44). Die sieben relevanten umgangssprachlichen Termini werden vor allem zu Beginn genutzt, um der fiktiven Freundin den submikroskopischen Aufbau von Salzen zu erklären. Auch über die umgangssprachlichen Termini hinaus ist der Text eher durch ein Alltagssprachliches Register geprägt (*umringt sein*, *Stück für Stück*).

²⁵ Eine differenzierte Interpretation der Beispieltex-te ist im Diskussionsteil (s. Abschn. 14.2.) nachzu-lesen.

12.3.3 Texttyp III: Wenige umgangssprachliche Termini und viele fachsprachliche Termini

Die bzw. der Schüler*in OVNA26 (s. Tabelle 45) hat einen Text an den Chemielehrer verfasst, welcher an dieser Stelle der Illustration von Texttyp III dienen soll. Das Beispiel zeichnet sich durch die Verwendung von acht neu erarbeiteten, fachsprachlichen Termini (wie *Ionen*, *Ionenbindung*, *Hydrathülle*) und lediglich einem umgangssprachlichen Terminus (*Salz*) aus. Der Text ist bezüglich der Terminologie folglich stark durch das fachsprachliche Register geprägt. In diesem Beispiel ist darüber hinaus mit Blick auf die verwendeten sprachlichen Register auffällig, dass einige alltags-sprachliche Segmente formuliert wurden (*ganz viele kleine Ionen*, *wenn das Natriumchlorid in das Wasser kommt*).

Tabelle 45. Beispielttext der Schülerin bzw. des Schülers OVNA26 (Interventionsgruppe), gerichtet an den Chemielehrer, mit farblich hervorgehobener Kodierung der fach- (gelb) und umgangssprachlichen (grün) Termini; der Text besteht aus 77 Wörtern verteilt auf 12 Teilsätze.

1	Salz hat ganz viele kleine Ionen , und
2	zwar die Anionen und die Kationen ,
3	diese sind in Form eines Kristallgitters
4	Die Anionen und Kationen bleiben nur
5	zusammen wegen der Ionenbindung .
6	Wenn das Natriumchlorid in das Wasser
7	kommt, fangen die Wassermoleküle an
8	mit der Hydratation , dabei beginnen sie
9	mit den äussersten Ionen, wenn sie
10	die von den anderen getrennt haben
11	beginnt die Hydrathülle . Das machen
12	sie so lange bis Sie alle Ionen
13	von einander getrennt haben und
14	umhüllt haben.

12.3.4 Texttyp IV: Wenige umgangssprachliche und wenige fachsprachliche Termini

Der Text der Schülerin bzw. des Schülers LUPA28 (s. Tabelle 46), gerichtet an die Freundin, ist Texttyp IV zuzuordnen. Die bzw. der Schüler*in beschreibt den Lösevorgang im Gegensatz zu den bisherigen Beispielen vorrangig auf der stofflichen Ebene. Die bzw. der Schüler*in charakterisiert die Stoffe Kochsalz und Wasser nicht

detailliert anhand ihrer Strukturmerkmale, sondern benennt lediglich, dass Wasser aus Wassermolekülen und Salz aus Salzmolekülen besteht.

Tabelle 46. Beispielttext der Schülerin bzw. des Schülers LUPA28 (Interventionsgruppe), gerichtet an die Freundin, mit farblich hervorgehobener Kodierung der fach- (gelb) und umgangssprachlichen (grün) Termini; der Text besteht aus 52 Wörtern verteilt auf 8 Teilsätze.

1	Wenn Salz in den Wasser gibt,
2	man kann es nicht sehe, aber
3	man kann es schmecken. Zu erst,
4	wenn das Wasser kontakt mit den
5	Salz hat, das salz wird aufgelöst
6	und die Wasser-Molekülen werden
7	sich ordnen mit die Salz-Molekülen.
8	Sie ordnen sich in vier Wassermole-
9	küle drum herum ein salzmoleküle.

12.4 Zusammenfassung

In Kapitel 12 habe ich die Ergebnisse der qualitativen Inhaltsanalyse der Schüler*in-
nentexte und schwerpunktmäßig die regressionsanalytische Auswertung der ausge-
zählten Daten dargestellt. Nach der beispielhaften Darlegung des Vorgehens beim
Kodieren des Datenmaterials (s. Abschn. 12.1), habe ich die potenziellen Zusam-
menhänge zwischen den in den Texten verwendeten Registern (umgangs- oder
fachsprachlich) und der mit dem Text adressierten Person (Chemielehrer oder
Freundin) betrachtet (s. Abschn. 12.2).

Aus der teststatistischen Untersuchung sind für die Gesamtstichprobe aller betrach-
teten Schüler*innen folgende statistisch signifikante Unterschiede herauszustellen:
Schüler*innen verwenden pro Text an den Chemielehrer signifikant mehr neu erar-
beitete, fachsprachliche als bereits bekannte, umgangssprachliche Termini. In den
Texten an die Freundin greifen die Schüler*innen pro Text hingegen auf signifikant
mehr umgangssprachliche als fachsprachliche Termini zurück (s. Abschn. 12.2.1).

Die gleichen Zusammenhänge lassen sich auch nachweisen, wenn die Schüler*in-
nen der Interventions- und der Kontrollgruppe getrennt voneinander betrachtet wer-
den (s. Abschn. 12.2.2 und 12.2.3). Es sind keine statistisch signifikanten Unter-
schiede zu identifizieren, wenn die Texte der Schüler*innen der Interventions- und

der Kontrollgruppe in einem Regressionsmodell einander gegenübergestellt werden (s. Abschn. 12.2.4).

In Abschnitt 12.3 habe ich in einem Scatterplot das Verhältnis von umgangssprachlichen zu fachsprachlichen Termini pro Text veranschaulicht. Anhand der graphischen Darstellung ließen sich vier Texttypen ableiten, die sich durch eine charakteristische Verwendung der verschiedenen Register auszeichnen. Mithilfe von vier Beispieltexen, die den unterschiedlichen Texttypen zugeordnet wurden, habe ich demonstriert, wie Schüler*innen über die Variation der umgangs- und fachsprachlichen Terminologie anstreben, die Freundin oder den Chemielehrer mit der Erklärung des Lösevorgangs gezielt zu adressieren.

Der Interpretation dieser Ergebnisse zur adressatenorientierten Kommunikation unter Verwendung geeigneter Terminologie, aber auch der Deutung der Analysen aus Kapitel 11, widme ich mich im folgenden Diskussionsteil.

13 Diskussion der Ergebnisse zum Forschungsfokus *Fachwissen*

In den Kapiteln 10, 11 und 12 habe ich die Ergebnisse dargelegt, die für die Bearbeitung der forschungsleitenden Fragestellungen (s. Abschn. 5.2) zugrunde gelegt werden. Nach einigen Ausführungen zum Ablauf der Untersuchung und zur Beschreibung sowohl der realisierten Stichprobe als auch des schlussendlich verwendeten Datensatzes (s. Kap. 10) lag der Fokus in Kapitel 11 zunächst auf der Auswertung der Daten, die mithilfe des Fachwissenstests (s. Abschn. 8.1) und des C-Tests (s. Abschn. 8.2) gewonnen wurden. Mithilfe von Mehrebenenregressionsanalysen sowie t-Tests habe ich verschiedene hierarchische, lineare Modelle berechnet, um differenzierte Zusammenhänge zwischen den unterschiedlichen betrachteten Variablen aufzuzeigen.

In den folgenden Abschnitten diskutiere und interpretiere ich die Analyseverfahren und -ergebnisse im Hinblick auf die Forschungsfragen mit dem Ziel, die Hypothesen anzunehmen oder abzulehnen. Dabei fokussiere ich in besonderem Maße auf:

- die fachlichen Lernzuwächsen der Schüler*innen in Abhängigkeit von der Art des praktizierten sprachsensiblen Unterrichtsansatzes
- die Zusammenhänge zwischen den fachlichen Lernzuwächsen der Schüler*innen, der Art des praktizierten sprachsensiblen Unterrichtsansatzes und den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch
- die Zusammenhänge zwischen den fachlichen Lernzuwächsen der Schüler*innen, der Art des praktizierten sprachsensiblen Unterrichtsansatzes, den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch und der besuchten Schulform

13.1 Güte der Testinstrumente

Vor der Diskussion der Untersuchungsergebnisse ist zu klären, inwiefern die beiden verwendeten Testinstrumente²⁶ eine hinreichende Testgüte aufweisen, um sie zur Beantwortung der Forschungsfragen heranzuziehen (s. Abschn. 8.4). Zur Beurteilung der Güte von empirischen Testinstrumenten in der quantitativen Forschung dienen die drei Kriterien **Objektivität**, **Reliabilität** und **Validität** (Moosbrugger & Kelava, 2020).

²⁶ Alle Testinstrumente sind im Anhang dieser Dissertation einsehbar.

13.1.1 Güte des Fachwissenstests und Aufgabenschwierigkeit

Objektivität

Durch verschiedene Maßnahmen in der Testdurchführung, -auswertung und -interpretation wurde sichergestellt, dass die Ergebnisse möglichst objektiv, d. h. unabhängig von der testenden Person, eingeschätzt werden können (Moosbrugger & Kelava, 2020, S. 17 ff.). Der Fachwissenstest und der C-Test wurden für die Prä-Erhebung gemeinsam ca. eine Woche vor der Unterrichtsreihe unter Aufsicht der Fachlehrkraft, die für diesen Zweck ausführlich instruiert wurde, bearbeitet. Für den Fachwissenstest standen 15 Minuten Bearbeitungszeit zur Verfügung. Diese Vorgabe kann als ausreichend erachtet werden, da nur in seltenen Ausnahmefällen nicht vollständig ausgefüllte Fachwissenstests eingereicht wurden.

Der Fachwissenstest nach Abschluss der Unterrichtsreihe wurde durch den Untersuchungsleiter jeweils unmittelbar am Ende der vierten Doppelstunde durchgeführt, sodass die Testsituation für alle Schüler*innen in hohem Maße vergleichbar war. Das geschlossene Antwortformat in Form von Multiple-Choice-Aufgaben gewährleistet eine objektive Erhebung und Auswertung der Daten. Die Interpretationsobjektivität hinsichtlich der Ergebnisse wurde durch die kontinuierliche Beratung mit Mitgliedern der Arbeitsgruppe sowie angeregt durch den Diskurs auf zahlreichen Fachtagungen durch weitere Forschende und in wissenschaftlichen Zeitschriften mit Peer-Review-Verfahren sichergestellt.

Reliabilität

Die Reliabilität wurde über die interne Konsistenz mithilfe des Koeffizienten *Cronbachs α* eingeschätzt (Rost, 2004, S. 376). Bezüglich der Reliabilität des Fachwissenstests wurde ein Wert von $\alpha = 0,72$ für die 16 Items ermittelt. Für die Neuentwicklung eines Testinstruments entspricht dies einem angemessenen, wenngleich auch keinem herausragenden Wert (Gäde et al., 2020, S. 331). Es konnten zudem keine Items identifiziert werden, deren hypothetisches Entfernen aus dem Fragebogen zu einer verbesserten internen Konsistenz beigetragen hätte.

Validität

Wie in Abschnitt 8.1 beschrieben, wurden die Items des Fachwissenstests so konstruiert, dass sie die Inhalte der Unterrichtsreihe „Das Tote Meer stirbt!“ umfänglich widerspiegeln. Demzufolge orientiert sich der Fachwissenstest auch unmittelbar an den Vorgaben des Rahmenlehrplans (SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015). Mit diesem Vorgehen wurde ein möglichst hohes Maß an Inhaltsvalidität sichergestellt (Moosbrugger & Kelava, 2020, S. 32).

Mit Blick auf die im Mittel erreichten 5,3 Punkte im Prä-Test (s. Tabelle 12) scheint sich die Annahme, dass den teilnehmenden Schüler*innen die zentralen Konzepte der Unterrichtsreihe noch nicht bekannt gewesen sind, zu bestätigen. 10,8 Punkte haben die Schüler*innen nach der Unterrichtsreihe durchschnittlich erreicht (s. Abbildung 19). Dieses Ergebnis spricht dafür, dass das Testinstrument geeignet ist, um Lernzuwächse im Fachwissen nachzuweisen. Eine grundlegende Inhaltsvalidität des Befragungsinstruments ist somit gegeben. Mit den resultierenden 16 Items scheint der Test bezogen auf den Inhalt folglich umfangreich genug, um fachliche Lernzuwächse als Ergebnis der Unterrichtsreihe in validem Maße abbilden zu können. Gleichzeitig ist der Test für den geplanten Einsatz hinreichend praktikabel, da er von Schüler*innen in maximal 15 Minuten bewältigbar ist (Moosbrugger & Kelava, 2020, S. 24).

Aufgabenschwierigkeit

Die relativen Häufigkeiten, mit denen die individuellen Items von den Schüler*innen korrekt bearbeitet wurden (s. Tabelle 11), streuen relativ stark (im Prä-Test zwischen 0,10 und 0,86 und im Post-Test zwischen 0,20 und 0,93). Dieser Befund spricht für einen Fachwissenstest mit einem breiten Spektrum an Itemschwierigkeiten²⁷ (Kelava & Moosbrugger, 2020, S. 146 ff.).

Mit Ausnahme von Item fw07 (welches bereits im Prä-Test zu 86 % korrekt beantwortet wurde) lässt sich bei jedem Item ein deutlicher Anstieg der relativen Häufigkeit von Prä- zu Post-Test feststellen. Diese Verbesserung in der Beantwortung des jeweiligen Items lässt sich maßgeblich auf Lernzuwächse durch die Unterrichtsreihe zurückführen, da externe Einflüsse auf den Wissenszuwachs durch die kompakte Intervention ausgeschlossen werden können. Zehn der 16 Items werden im Post-Test von mindestens 70 % der Schüler*innen korrekt beantwortet (s. Tabelle 11). Gleichwohl zeigt sich, dass es auch zum Zeitpunkt nach der Unterrichtsreihe noch verhältnismäßig schwierige Items (beispielsweise fw16, fw11 und fw12) gibt, die von weniger als 40 % der Teilnehmenden korrekt beantwortet wurden (s. Tabelle 11).

Zur Illustration der unterschiedlichen Schwierigkeiten innerhalb des Testinstruments sind nachfolgend ein Item, das im Post-Test mit einer großen relativen Häufigkeit ($h = 0,75$) korrekt beantwortet wurde (s. Abbildung 27) und ein Item, das mit einer

²⁷ Testitems, die mit einer geringen relativen Häufigkeit richtig beantwortet wurden, kann eine hohe Itemschwierigkeit zugeschrieben werden. Eine niedrige Itemschwierigkeit liegt bei Items mit hohen relativen Häufigkeiten hinsichtlich der korrekten Beantwortung vor.

geringen relativen Häufigkeit ($h = 0,36$) korrekt beantwortet wurde (s. Abbildung 28), dargestellt²⁸.

1. Elektrisch geladene Teilchen bezeichnen Chemiker*innen als:							
a) Ionen				b) Atome			
c) Moleküle				d) Dipole			
Bei dieser Antwort bin ich mir:							
unsicher		eher unsicher		eher sicher		sicher	

Abbildung 27. Beispielitem fw01 aus dem Fachwissenstest, welches im Post-Test mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 75 % korrekt beantwortet wurde (s. Tabelle 11).

11. Das aus dem Haushalt bekannte Kochsalz setzt sich zusammen aus:							
a) Natrium-Ionen und Chlorid-Ionen				b) Natrium-Atomen und Chlor-Atomen			
c) Natrium-Anionen und Chlorid-Kationen				d) Natrium-Kationen und Chlorid-Kationen			
Bei dieser Antwort bin ich mir:							
unsicher		eher unsicher		eher sicher		sicher	

Abbildung 28. Beispielitem fw11 aus dem Fachwissenstest, welches im Post-Test mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 36 % korrekt beantwortet wurde (s. Tabelle 11).

Durch das breite Spektrum von Itemschwierigkeiten gelingt es mithilfe des Fachwissenstests, den Wissensstand von Schüler*innen differenziert zu erfassen. Dabei ist es möglich, sowohl das eher grundlegende Verständnis über Items mit einer geringen Schwierigkeit zu bestimmen, aber auch ein tiefergehendes Verständnis anhand der Items mit hoher Schwierigkeit präzise nachzuweisen.

13.1.2 Güte des C-Tests

Objektivität

Für den C-Test wurden die gleichen Objektivitätskriterien wie für den Fachwissenstest angesetzt (s. Abschn. 13.1.1). Für die Bearbeitung des C-Tests, bestehend aus

²⁸ Das vollständige Testinstrument befindet sich im Anhang. Die relativen Häufigkeiten der korrekten Beantwortung lassen sich in Tabelle 11 in Abschnitt 11.1 nachlesen.

vier Texten, vor der Unterrichtsreihe standen den Schüler*innen 30 Minuten zur Verfügung. Die Antworten der Schüler*innen wurden mithilfe des Kodiermanuals begutachtet, welches das IfBQ Hamburg (2008a) für die Testauswertung zur Verfügung gestellt hat.

Reliabilität

Die interne Konsistenz der einzelnen Texte des C-Tests rangiert zwischen $\alpha = 0,84$ und $\alpha = 0,88$ pro Text und damit durchgehend im sehr guten Bereich (Gäde et al., 2020, S. 331). Dem etablierten Testinstrument kann dementsprechend eine hervorragende Messgenauigkeit attestiert werden.

Validität

Mit dem C-Test ‚Überfall+3‘ (IfBQ Hamburg, 2008) wurde ein normiertes Testinstrument zur Diagnose der sprachlichen Kompetenzen von Schüler*innen der 7. und 8. Jahrgangsstufe verwendet. Das Instrument wurde durch das Institut für Bildungsmonitoring und Qualitätsentwicklung (IfBQ) entwickelt und umfassend erprobt. Aufgrund der ausführlichen Dokumentation und des Vorliegens von Vergleichswerten aus einer Normierungsstichprobe (IfBQ Hamburg, 2008b) gehe ich davon aus, dass es sich um ein robustes Testinstrument handelt, dessen Validität für den Zweck dieser Studie ausreichend untersucht und damit belastbar ist.

13.2 Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich des Fachwissens

In der vorliegenden Studie wurde untersucht, in welchem Maße zwei unterschiedliche sprachensible Unterrichtsansätze (*Disaggregate-Instruction-Ansatz* und *Scaffolding* in der Interventionsgruppe, ausschließlich *Scaffolding* in der Kontrollgruppe) den Erwerb von Fachwissen von Schüler*innen fördern. Aus diesem Grund ist es von zentraler Bedeutung, den Fachwissensstand der teilnehmenden Schüler*innen vor und nach der Teilnahme an der Unterrichtsreihe sowie die resultierenden Lernzuwächse, die im Zuge der Unterrichtsreihe erreicht wurden, zu analysieren. Im Folgenden diskutiere ich die Ergebnisse der statistischen Analysen aus Abschnitt 11.2 zunächst im Hinblick auf die Gesamtstichprobe (s. Abschn. 13.2.1) und anschließend differenziert für die beiden Teilstichproben der *Interventions-* und *Kontrollgruppe* (s. Abschn. 13.2.2). Außerdem fokussiere ich in einem dritten Schritt auf zwei weitere Teilstichproben: *Schüler*innen an Gymnasien* und *Schüler*innen integrierter Sekundarschulen* (s. Abschn. 13.2.3).

13.2.1 Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich des Fachwissens für die Gesamtstichprobe

Der Fachwissenstest „Salze und der Lösevorgang“ zielt darauf ab, den Fachwissensstand der Schüler*innen bezüglich der fachlichen Konzepte und Inhalte der Unterrichtsreihe „Das Tote Meer stirbt!“ (s. Abschn. 7.3) abzubilden. Demzufolge wurde erwartet, dass die teilnehmenden Schüler*innen zu Beginn der Unterrichtsreihe über kein oder nur sehr limitiertes Fachwissen in diesem Inhaltsfeld verfügen und dementsprechend nur eine sehr geringe Anzahl der 16 Items korrekt beantworten können. In dem gewählten Testformat mit einer korrekten Antwort bei insgesamt vier Antwortoptionen liegt die Wahrscheinlichkeit eine korrekte Lösung allein durch Raten auszuwählen bei 1 zu 4 bzw. bei 25 %. Somit könnte von den Proband*innen bei konsequentem Raten im gesamten Fachwissenstest mit 16 Items rein statistisch betrachtet ein Score von 4 erreicht werden.

Die Berechnungen hinsichtlich des Scores im Fachwissenstest vor der Unterrichtsreihe ergaben einen Mittelwert von 5,3 der maximal möglichen 16 Punkte (s. Tabelle 12). Für die Gesamtstichprobe ($N = 276$) lässt sich damit erwartungsgemäß ein begrenztes Fachwissen auf Seiten der Schüler*innen vor Beginn der Unterrichtsreihe konstatieren, welches nur geringfügig über die theoretisch erwartbare Ratewahrscheinlichkeit von 25 % hinausgeht. Der Wert für die Intraklassenkorrelation im entsprechenden Regressionsmodell beträgt 0,28 (s. Tabelle 12). Somit lassen sich 28 % der Varianz der Scores auf die Zugehörigkeit der Schüler*innen zu unterschiedlichen Clustern (hier: Schulklassen) zurückführen. Aus dieser Beobachtung lässt sich schlussfolgern, dass das Fachwissen der Schüler*innen zwischen den unterschiedlichen Schulklassen zum Zeitpunkt des Prä-Tests durchaus nennenswert variiert.

Der Lernzuwachs wird in dieser Untersuchung als Differenz der Scores zwischen Post-Test (t_1) und Prä-Test (t_0) definiert (s. Abschn. 11.2.1). Da im Zuge der Aufbereitung des Datensatzes die Daten jener Schüler*innen ausgeschlossen wurden²⁹, die einen negativen Lernzuwachs aufwiesen (d. h. im Post-Test weniger korrekte Antworten wählten als im Prä-Test, s. Abschn. 10.3), befinden sich in der betrachteten Stichprobe ausschließlich Schüler*innen mit einem Lernzuwachs von größer oder gleich Null.

²⁹ Diese Entscheidung beruht darauf, dass Schüler*innen mit einem Lernzuwachs kleiner Null entweder bereits über erhebliches Vorwissen oder sehr viel Glück beim Raten im Prä-Test verfügten und/oder im Post-Test die Aufgaben nicht mit der nötigen Motivation oder Gewissenhaftigkeit bearbeiteten (s. Abschn. 10.3). In jedem dieser Fälle würden durch den negativen Lernzuwachs unbeabsichtigte Verzerrungen in den statistischen Analysen entstehen.

Um zunächst sicherzustellen, dass die Schüler*innen durch die Unterrichtsreihe in nennenswertem Maße Fachwissen erwerben, wurde geprüft, ob der Lernzuwachs bezogen auf die Gesamtstichprobe ($N = 276$) statistisch signifikant ausfällt. Die Berechnungen ergaben eine mittlere Differenz zwischen Prä- und Post-Test von rund 5,2 Punkten (s. Tabelle 13). Mit $p < 0,001$ zeigt sich zudem ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Scores der Schüler*innen im Prä- und Post-Test. Dementsprechend lässt sich konstatieren, dass der Lernzuwachs von mehr als 5 Punkten zwischen beiden Testzeitpunkten nicht zufällig größer als Null ist, sondern systematisch auf die geplante und durchgeführte Unterrichtsreihe zurückgeführt werden kann. Es ist folglich gelungen, eine Unterrichtsreihe zu entwickeln, die in den rahmenlehrplanrelevanten Inhaltsfeldern *Aufbau und Struktur von Salzen* sowie *Lösevorgang von Salzen in Wasser* (SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015) bedeutende fachliche Lernzuwächse ermöglicht.

Da die Intraklassenkorrelation hinsichtlich des Lernzuwachses mit 0,06 relativ klein ausfällt (s. Tabelle 13), ist nur ein sehr geringfügiger Anteil der Gesamtvarianz des Lernzuwachses der Schüler*innen auf die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Schulklasse zurückzuführen. Der Großteil der Varianz entsteht folglich auf Seiten der individuellen Schüler*innen und dadurch, wie diese sich im Erwerb chemiebezogenen Fachwissens unterscheiden.

Der statistisch signifikante Lernzuwachs wurde durch die Betrachtung des Scores im Fachwissenstest in Abhängigkeit von der Variable *Testzeitpunkt* (Prä- oder Post-Test) bestätigt (s. Tabelle 14). Im entsprechenden Regressionsmodell zeigte sich ebenfalls eine Veränderung von rund 5,2 Punkten zwischen Prä- und Post-Test und ein statistisch signifikanter Zusammenhang ($p < 0,001$). Der Lernzuwachs der Schüler*innen ist demnach dem Erwerb von Fachwissen im Zuge der Unterrichtsreihe zuzuschreiben.

Somit ist die Grundvoraussetzung für die differenzielle Betrachtung der beiden verschiedenen sprachsensiblen Varianten der Unterrichtsreihe, die ich in den folgenden Abschnitten diskutieren werde, gegeben. Zunächst kann festgehalten werden: mithilfe der Unterrichtsreihe „Das Tote Meer stirbt!“ gelingt es (unabhängig davon, welcher sprachensible Unterrichtansatz angewendet wird), nennenswerte Lernzuwächse auf Seiten der beteiligten Schüler*innen zu bewirken.

13.2.2 Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich des Fachwissens differenziert nach Interventions- und Kontrollgruppe

Im nächsten Analyseschritt wurde geprüft, ob die Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes zu unterschiedlichen Lernzuwächsen auf Seiten der Schüler*innen führt. Brown et al. (2010, S. 1481) konnten nachweisen, dass Schüler*innen durch den *Disaggregate-Instruction-Ansatz* größere Lernzuwächse erreichten, als Schüler*innen, deren Unterricht nicht nach dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* gestaltet wurde. In der vorliegenden Studie wurden beide Unterrichtsvarianten sprachsensibel gestaltet. In der Interventionsgruppe wurde der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* angewendet, in der Kontrollgruppe hingegen nicht. Zunächst wurde untersucht, ob der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* den Fachwissenserwerb der Schüler*innen in höherem Maße zu fördern vermag.

Stellt man die Ergebnisse der beiden Teilstichproben – Interventions- und Kontrollgruppe – vor der Unterrichtsreihe hinsichtlich des Fachwissens der Schüler*innen gegenüber, so zeigt sich deskriptivstatistisch betrachtet ein etwas höherer Score zugunsten der Kontrollgruppe (Median = 6 vs. Median = 5, s. Abbildung 20) Dieser geringfügige Vorsprung gegenüber der Interventionsgruppe stellt sich jedoch als nicht statistisch signifikant heraus ($p = 0,75$; s. Tabelle 15), sodass von vergleichbaren Wissensständen zu Beginn der Unterrichtsreihe ausgegangen werden kann. Basierend auf diesem Befund kann festgehalten werden, dass die randomisierte Zuteilung von Schulklassen zu den beiden Untersuchungsbedingungen dazu geführt hat, dass die Schüler*innen hinsichtlich ihres Vorwissens ausgeglichen auf die Interventions- und Kontrollgruppe verteilt wurden.

Bevor diskutiert wird, ob es einer der beiden sprachsensiblen Unterrichtsansätze vermag, Schüler*innen beim Erwerb chemiebezogenen Fachwissens in besonderem Maße zu unterstützen, scheint es sinnvoll, gemäß der Forschungsfragen 1a und 1b zunächst die beiden Teilstichproben Interventions- und Kontrollgruppe getrennt voneinander zu betrachten.

Forschungsfrage 1a fokussiert auf die Lernzuwächse in der Schüler*innengruppe, die sprachsensiblen Unterricht unter Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* erteilt bekam (Interventionsgruppe) und lautet:

Forschungsfrage 1a

Inwieweit fördert Chemieunterricht, der in Anlehnung an den *Disaggregate-Instruction-Ansatz* konzipiert und durchgeführt wird, Schüler*innen beim Erwerb von **chemiebezogenem Fachwissen**?

Der fachliche Lernzuwachs von Schüler*innen der Interventionsgruppe ($n_{IG} = 137$) beträgt im Mittel 5,2 Punkte; es liegt ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Prä- und Post-Test vor (s. Tabelle 17). Demzufolge führt die Unterrichtsreihe „Das Tote Meer stirbt!“ unter Anwendung von Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* zu bedeutsamen Lernzuwächsen bei den beteiligten Schüler*innen. Der Lernzuwachs liegt dabei auf dem Niveau, das für die Gesamtstichprobe ermittelt wurde (s. Abschn. 13.2.1) und beträgt in dieser Studie bezogen auf den maximal erreichbaren Score von 16 Punkten 32,5 %. Der Lernzuwachs fällt somit höher aus als die 23,4 %, die Brown et al. (2010, S. 1481) in ihrer Studie nachgewiesen hatten.

Die Nullhypothese H_{0-1a} (s. Abschn. 5.2) besagt, dass der Unterricht in der Interventionsgruppe *keinen* nachweisbaren Einfluss auf den Erwerb chemiebezogenen Fachwissens ausübt. Mit Blick auf den statistisch signifikanten Zuwachs an Fachwissen in der Teilstichprobe der Interventionsgruppen-Schüler*innen ($n = 137$) ist die Nullhypothese H_{0-1a} zu verwerfen. Folglich bedingt die für diesen Zweck eigens konzipierte, sprachensible Unterrichtsreihe „Das Tote Meer stirbt!“ in Kombination mit der besonderen Herangehensweise hinsichtlich der Einführung neuer Fachtermini den Erwerb eines umfassenden chemiebezogenen Fachwissens.

Mit Forschungsfrage 1b werden die Lernzuwächse mit Blick auf die Kontrollgruppe, also einen Chemieunterricht unter Anwendung von sprachsensiblen *Scaffolding*, jedoch ohne Bezug zum *Disaggregate-Instruction-Ansatz*, betrachtet. Die Forschungsfrage lautet:

Forschungsfrage 1b

Inwieweit fördert Chemieunterricht, der ausschließlich nach den *Scaffolding*-Gestaltungsprinzipien und somit ohne Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* geplant und realisiert wird, Schüler*innen beim Erwerb von **chemiebezogenem Fachwissen**?

Für die Kontrollgruppe ($n_{KG} = 139$) lässt sich ein Lernzuwachs von rund 5,2 Punkten zwischen Prä- und Post-Test feststellen (s. Tabelle 18). Für diese Teilstichprobe ist die Veränderung des chemiebezogenen Fachwissens im Verlauf der Unterrichtsreihe als statistisch signifikant einzustufen ($p < 0,001$; s. Tabelle 18). Die Nullhypothese H_{0-1b} zur Forschungsfrage 1b (s. Abschn. 5.2) ist folglich zu verwerfen. Chemieunterricht in Anlehnung an Gestaltungsprinzipien des sprachsensiblen *Scaffoldings* (Gibbons, 2015; Hammond & Gibbons, 2005) ohne Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* führt zu bedeutsamen Lernzuwächsen auf Seiten der beteiligten

Schüler*innen. Somit lässt sich der Unterrichtsreihe „Das Tote Meer stirbt!“ unter Anwendung des *Scaffolding*-Ansatzes attestieren, dass die Unterstützungsangebote in Form von fach- und fachsprachbezogenen *Scaffolds* den Erwerb des chemiebezogenen Fachwissens in nennenswertem Maße fördern.

Aus den separaten Analysen der Lernzuwächse in beiden Teilstichproben (Forschungsfragen 1a und 1b) lässt sich basierend auf den bisherigen Befunden ableiten, dass chemiebezogenes Fachwissen von den Lernenden unter beiden Untersuchungsbedingungen in sehr ähnlichem Maße erworben wird. Um diese These statistisch abzusichern, wurden die Lernzuwächse in Anlehnung an Forschungsfrage 2 folgend in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes vergleichend betrachtet:

Forschungsfrage 2

Inwieweit unterscheiden sich die **Lernzuwächse im Bereich chemiebezogenen Fachwissens** zwischen Schüler*innen, die in Anlehnung an den *Disaggregate-Instruction-Ansatz* unterrichtet werden, und Schüler*innen, die ausschließlich in Anlehnung an die Gestaltungsprinzipien sprachsensiblen *Scaffoldings* orientiert und ohne Anwendung der Prinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* unterrichtet werden?

In den Berechnungen zum Regressionsmodell, welches den Lernzuwachs in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes betrachtet, ergibt sich lediglich ein marginaler Vorteil von 0,05 Punkten zugunsten der Interventionsgruppe; dieser Unterschied fällt statistisch nicht signifikant aus ($p = 0,903$; s. Tabelle 19). Demnach ist zu schlussfolgern, dass Chemieunterricht sowohl mit als auch ohne Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* vergleichbar große Lernzuwächse auf Seiten der Schüler*innen bewirkt.

Die Nullhypothese H_{0-2} ist anzunehmen: Sprachsensibler Unterricht, in dem neben den Prinzipien des *Scaffoldings* zusätzlich noch der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* angewendet wird, führt zu Lernzuwächsen auf dem gleichen Niveau wie Unterricht, der lediglich den *Scaffolding*-Prinzipien folgt. Dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* kann folglich kein grundlegender Vorteil gegenüber dem stärker verbreiteten sprachsensiblen Unterricht anhand von *Scaffolding*-Prinzipien attestiert werden. Dieser Schluss legt zunächst nahe, dass die Förderung durch *Scaffolding*-Prinzipien (beispielsweise durch die bewusste Verknüpfung verschiedener Darstellungsformen oder das Sequenzieren von Lernprozessen ausgehend von lebensweltlichen hin zu fachwissenschaftlichen Vorstellungen; s. Abschn. 3.3.1) bereits eine adäquate Un-

terstützung sprachlich diverser Schüler*innengruppen ermöglicht und die Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* keinen zusätzlichen Lernerfolg in der Grundgesamtheit von Schüler*innen der Sekundarstufe I bewirkt. Im Gegensatz zur Studie von Brown und Kolleg*innen (2010, S. 1481) konnte folglich keine Evidenz dafür gefunden werden, dass die Schüler*innen nach dem Unterricht, der dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* folgt, über ein höheres Maß an Fachwissen verfügen, als Schüler*innen, die ohne Bezug zum *Disaggregate-Instruction-Ansatz* unterrichtet wurden. Es ist an dieser Stelle jedoch erneut anzumerken, dass der Unterricht in der Kontrollgruppe in der Studie von Brown und Kolleg*innen (2010) gänzlich auf sprach-sensible Gestaltungsprinzipien verzichtete.

Inwieweit sich dieser Befund aufrechterhalten lässt, wenn Zusammenhänge zwischen den fachlichen Lernzuwächsen der Schüler*innen und ihren Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch betrachtet werden, diskutiere ich im folgenden Abschnitt.

13.2.3 Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich des Fachwissens für Schüler*innen des Gymnasiums und Integrierter Sekundarschulen

Die heterogene Zusammensetzung der Stichprobe ließ sich bereits mit Blick auf die Intraklassenkorrelation (ICC) von 28 % in der Gesamtstichprobe im Fachwissenstest vor der Unterrichtsreihe erkennen (s. Abschn. 13.2.1). Dieser Befund ist vorrangig darauf zurückzuführen, dass für die Studienteilnahme bewusst verschiedene Gymnasien und Integrierte Sekundarschulen aus unterschiedlichen Bezirken Berlins sowie aus Potsdam gewonnen wurden (s. Abschn. 6.4 und 10.2). Dass die Klassen beider Schulformen hinsichtlich des fachlichen Leistungsvermögens der Schüler*innen potenziell bedeutsam divergieren, ist angesichts der unterschiedlichen Zugangsvoraussetzungen und der Unterschiede hinsichtlich des sozioökonomischen Hintergrundes zu erwarten gewesen (Baumert et al., 2006; SenBJF Berlin, 2021, S. 7).

Die Betrachtung der Prä-Test-Scores hat gezeigt, dass die Schüler*innen des Gymnasiums bereits zu diesem Zeitpunkt in statistisch signifikantem Maße ($p < 0,001$) über ein ausgeprägteres Vorwissen verfügen als die Schüler*innen integrierter Sekundarschulklassen: Schüler*innen des Gymnasiums erreichen im Fachwissenstest etwa zwei Punkte mehr als Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen (s. Tabelle 20). Schüler*innen am Gymnasium ist es demnach in größerem Maße gelungen, bereits im Vorfeld der Unterrichtsreihe relevantes Wissen zu erwerben, beispielsweise im Rahmen des bisherigen Fachunterrichts oder durch außerschulisches Lernen. Diese Beobachtung ist erwartungskonform mit Blick auf die Ergebnisse der

PISA-Studie aus dem Jahr 2022. In den Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass Schüler*innen an Gymnasien in der Regel höhere Kompetenzstufen bezüglich naturwissenschaftlicher Kompetenz erreichen als Schüler*innen nicht-gymnasialer Schularten (Kastorff et al., 2023, S. 129). Dieser Befund verdeutlicht, dass eine schulform-spezifische Betrachtung der erzielten Ergebnisse notwendig ist.

Auch nach der Unterrichtsreihe lässt sich auf Seiten der Schüler*innen des Gymnasiums ein um ca. zwei Punkte höherer Fachwissensstand nachweisen als dies für die Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen der Fall ist (s. Tabelle 21). Erneut ist der Unterschied zwischen den Schüler*innen der beiden betrachteten Teilstichproben statistisch signifikant ($p = 0,003$). Dementsprechend gelingt es den Schüler*innen des Gymnasiums durch die Unterrichtsreihe im Mittel ein höheres fachwissenschaftliches Niveau zu erreichen als gleichaltrigen Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen. Wenn berücksichtigt wird, dass ISS-Schüler*innen bereits zu Beginn der Unterrichtsreihe durchschnittlich über ein geringeres Niveau im Fachwissen verfügen, lässt sich der Befund womöglich damit begründen, dass sie diesen Rückstand zunächst aufholen mussten. Da die ISS-Schüler*innen nach der Unterrichtsreihe im Mittel trotzdem fast zehn Punkte erreichen (s. Tabelle 21), scheint es ihnen zu gelingen, in substantiellem Maße fachwissenschaftliche Kompetenzen aufzubauen, ohne jedoch vollständig zum Niveau der Schüler*innen des Gymnasiums aufzuschließen (Kastorff et al., 2023).

Wird ein Regressionsmodell mit dem fachlichen Lernzuwachs als abhängiger Variable und der Schulform als unabhängiger Variable berechnet, so weisen die Ergebnisse keinen statistisch signifikanten Zusammenhang auf (s. Tabelle 22). Zwischen den beiden betrachteten Schulformen unterscheidet sich die Größe des Lernzuwachses folglich nicht in statistisch bedeutsamen Maße voneinander. Mit Blick auf die Leistungsdisparitäten zwischen gymnasialen und nicht-gymnasialen Schüler*innen (Kastorff et al., 2023, S. 129) belegen die Ergebnisse in bemerkenswerter Weise, dass die Lernenden beider betrachteter Schulformen trotz ungleicher Voraussetzungen (s. Tabelle 20) in sehr ähnlichem Maße chemiebezogenes Fachwissen erwerben. Negativ zu vermerken ist, dass es den ISS-Schüler*innen nicht gelungen ist, den Wissensabstand zu den gymnasialen Schüler*innen zu verringern. Ich werte dieses Ergebnis dennoch als ‚Teilerfolg‘ und gebe zu bedenken, dass es augenscheinlich sehr schwierig ist, Wissensrückstände zwischen nicht-gymnasialen und gymnasialen Schüler*innen zu reduzieren.

13.3 Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch

In Kapitel 2 wurde herausgearbeitet, dass die sprachlichen Kompetenzen von Schüler*innen, insbesondere mit Blick auf das Register der Bildungssprache, einen maßgeblichen Prädiktor für fachliche Lernerfolge darstellen (OECD, 2023, S. 216). Um die Kompetenzen der Schüler*innen bezüglich der Bildungssprache Deutsch einschätzen zu können, bearbeiteten sie neben dem Fachwissenstest einen standardisierten C-Test (s. Abschn. 8.2). Die Antworten der Schüler*innen wurden anhand des vom Urheber des Tests bereitgestellten Kodiermanuals (IfBQ Hamburg, 2008a) auf semantische, grammatikalische und orthographische Korrektheit geprüft. Für jede*n Schüler*in wurde ein Gesamtscore (RF-Wert³⁰) von maximal 100 Punkten (25 Lücken in jedem der vier Texte) gebildet.

13.3.1 Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch für die Gesamtstichprobe

Die deskriptivstatistischen Analysen der RF-Scores für die einzelnen Texte des C-Tests zeigten (s. Tabelle 23), dass die Schüler*innen im Mittel etwas niedrigere Werte in den Texten 3 und 4 im Vergleich zu den Texten 1 und 2 erreichten. Als mögliche Begründung lässt sich eine gewisse kognitive Erschöpfung und/oder fehlende Motivation auf Seiten der Schüler*innen nicht ausschließen. Diese Annahme scheint zutreffend, da die Schüler*innen vor dem C-Test bereits den Fachwissenstest bearbeitet haben. Da die Testgüte (s. Abschn. 13.1) vor allem mit Blick auf die Reliabilität jedoch für jeden der vier Texte durchgängig als hervorragend eingeschätzt werden kann, lassen sich die differenzierten Analysen wie geplant mit dem C-Test-Score durchführen.

Die Auswertung der C-Test-Daten hat für die Gesamtstichprobe einen mittleren Score von etwa 67 Punkten ergeben (s. Tabelle 24). Dieses Ergebnis entspricht im Abgleich mit den vom IfBQ zur Verfügung gestellten Normierungswerten dem mittleren Leistungsniveau von Schüler*innen der 7. und 8. Jahrgangsstufe (IfBQ Hamburg, 2008a). Es scheint somit gelungen zu sein, eine Stichprobe zu gewinnen, die mit den mittleren bildungssprachlichen Kompetenzen von Schüler*innen 7./8. Klassenstufen vergleichbar ist. Die verhältnismäßig große Intraklassenkorrelation von 0,44 (s. Tabelle 24) drückt aus, dass 44 % der Varianz des C-Test-Scores auf die Zugehörigkeit

³⁰ Der RF-Wert (Richtig/Falsch-Wert) gibt Aufschluss darüber, wie viele der Lücken des C-Tests komplett korrekt ergänzt wurden (s. Abschn. 8.2).

zu der entsprechenden Schulklasse zurückzuführen ist. Da in der Stichprobe Schulklassen verschiedener Schulformen vertreten sind, lässt sich der erwartungskonform hohe Wert mit den divergierenden sprachlichen Kompetenzen von Schüler*innen des Gymnasiums und der Integrierten Sekundarschule erklären (Baumert et al., 2006; Heine et al., 2023, S. 157).

13.3.2 Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch in der Interventions- und Kontrollgruppe

Die Schüler*innen der Kontrollgruppe erreichten im C-Test etwas höhere Werte als die Lernenden der Interventionsgruppe (67,6 vs. 66,3 Punkte; s. Tabelle 25). Dieser Unterschied fällt jedoch nicht statistisch signifikant aus (s. Tabelle 25), sodass davon ausgegangen werden kann, dass auf Seiten der Schüler*innen in beiden Untersuchungsgruppen vergleichbare Voraussetzungen hinsichtlich der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch vorliegen.

Somit konnte anhand der Analysen des Wissens- und Sprachstandes vor der Unterrichtsreihe nachgewiesen werden, dass die den Interventions- und Kontrollgruppen randomisiert zugeordneten Schulklassen vor der Unterrichtsreihe über ähnliche Voraussetzungen hinsichtlich der fachwissenschaftlichen (s. Abschn. 13.2.2) und bildungssprachlichen (s. Abschn. 13.3.2) Kompetenzen der Schüler*innen verfügen. Folglich lassen sich die Untersuchungen der Zusammenhänge zwischen den fachlichen Lernzuwächsen und den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch in den Abschnitten 13.4 bis 13.6 wie geplant diskutieren.

13.3.3 Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch von Schüler*innen des Gymnasiums und Integrierter Sekundarschulen

Werden die C-Test-Scores in Abhängigkeit der von den Schüler*innen besuchten Schulform betrachtet, so zeigt sich ein erheblich besseres Abschneiden der Schüler*innen an Gymnasien im Vergleich zu Schüler*innen an Integrierten Sekundarschulen. Der Unterschied von etwa 20 Punkten zwischen gymnasialen und nicht-gymnasialen Schüler*innen (s. Tabelle 26) ist statistisch signifikant ($p < 0,001$) und belegt, dass gleichaltrige Lernende unterschiedlicher Schulformen erwartungskonform über divergierende Kompetenzen hinsichtlich der Bildungssprache Deutsch verfügen (Baumert et al., 2006; Heine et al., 2023, S. 157).

Setzt man die C-Test-Scores ins Verhältnis zur Vergleichsgruppe des IfBQ (2008b), so treten die Unterschiede zwischen den beiden Teilstichproben bei der Betrachtung der sogenannten Prozenstränge³¹ besonders augenscheinlich hervor. Hinsichtlich der Schüler*innen an Gymnasien entspricht ein mittlerer Score von 81 Punkten einem Prozentrang von 90 (IfBQ Hamburg, 2008b, S. 1), d. h. nur etwa 10 % aller Schüler*innen der 7. und 8. Jahrgangsstufe erreichen einen höheren C-Test-Score. Der Prozentrang für den C-Test-Score von 61 der Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen hingegen beträgt 29 (IfBQ Hamburg, 2008b, S. 1), d. h. etwa 71 % der gleichaltrigen Schüler*innen verzeichnen einen höheren C-Test-Score. Anhand des Vergleichs zwischen den beiden Teilstichproben wird in besonderem Maße deutlich, dass vor allem Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen zusätzliche Unterstützung benötigen, um sowohl den bildungssprachlichen wie auch den fachspezifischen Anforderungen des naturwissenschaftlichen Unterrichts gerecht werden zu können.

13.4 Diskussion der Zusammenhänge zwischen den fachlichen Lernzuwächsen und den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch

Die großen nationalen und internationalen Schulleistungsvergleichsstudien der zurückliegenden Jahre und Jahrzehnte (z. B. OECD, 2007; Stanat et al., 2019; Lewalter et al., 2023) kommen nahezu einstimmig zu dem Schluss, dass mangelnder fachlicher Lernerfolg (z. B. in Mathematik oder den Naturwissenschaften) in beträchtlichem Maße auf unzureichende Kompetenzen von Schüler*innen in der Bildungssprache Deutsch zurückzuführen ist (s. zusammenfassend Abschn. 2.1). Der Zusammenhang zwischen bildungssprachlichen Fähigkeiten und fachlichen Lernerfolgen ist in Deutschland nachweislich besonders stark ausgeprägt (OECD, 2023, S. 216).

Da die im Rahmen dieser Studie konzipierte Unterrichtsreihe „Das Tote Meer stirbt!“ sowohl in der Interventions- als auch in der Kontrollgruppe sprachsensibel ausgerichtet ist, wird dem Verknüpfen von fachlichem und sprachlichem Lernen im Unterricht unter beiden Untersuchungsbedingungen eine besondere Bedeutung beigemessen (s. Kap. 7). Mit der Planung und Durchführung von sprachsensiblen Fachunterricht wird allgemein hin angestrebt, Sprache explizit zum Gegenstand und Medium fachlicher Unterrichtsdiskurse zu machen (Becker-Mrotzek & Woerfel, 2020). Für den Kontext dieser Studie bedeutet dies, dass die fachbezogenen Lernzuwächse unter der Perspektive der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch auf Seiten

³¹ Die Größe des Prozentranges „gibt an, wie viel Prozent der Vergleichsgruppe eine bessere, gleich gute oder schwächere Leistung erreichen“ (IfBQ Hamburg, 2008b, S. 2).

der Schüler*innen differenziert zu betrachten sind (Forschungsfrage 3, s. Abschn. 5.2).

Bevor ich die Ergebnisse zu den Zusammenhängen zwischen der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes, den fachlichen Lernzuwächsen und den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch diskutiere, stelle ich in einem vorgelagerten Schritt dar, welche Effekte die bildungssprachlichen Kompetenzen der Schüler*innen auf den Fachwissenserwerb ausüben, damit die Befunde dieser Untersuchung in die aktuelle Studienlage (s. Abschn. 2.1) eingeordnet werden können.

Zu diesem Zweck wurde ein Mehrebenenregressionsmodell mit dem Lernzuwachs als abhängiger Variable und dem C-Test-Score als unabhängiger Variable berechnet. Aus den Analysen geht hervor, dass zwischen dem Lernzuwachs der Schüler*innen und ihren Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch, ermittelt über den C-Test-Score, ein statistisch signifikanter Zusammenhang besteht. Dieser Befund bringt zum Ausdruck, dass der fachliche Lernzuwachs umso größer ausfällt, je stärker die Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch ausgeprägt sind (s. Abbildung 22 und Tabelle 27).

Dieses Ergebnis reiht sich in eine Vielzahl von Studien ein, die den bildungssprachlichen Kompetenzen von Lernenden eine hohe Vorhersagekraft für fachliche Lernerfolge zuschreiben (s. Kap. 2). Außerdem unterstreicht dieser Befund, dass Schüler*innen mit vergleichsweise geringen (bildungs-)sprachlichen Kompetenzen im Sinne von Chancengleichheit zusätzliche Unterstützung benötigen, um bezüglich ihrer fachlichen Kompetenzentwicklung nicht hinter ihre bildungssprachlich kompetenteren Mitschüler*innen zurückzufallen.

13.5 Diskussion der Zusammenhänge zwischen den fachlichen Lernzuwächsen und der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes unter Berücksichtigung der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch

Die in Abschnitt 13.3 diskutierten heterogenen bildungssprachlichen Voraussetzungen auf Seiten der Schüler*innen verdeutlichen die Notwendigkeit, zusätzliche Unterstützungsmaßnahmen zur Verknüpfung fachlichen und sprachlichen Lernens im Chemieunterricht zu implementieren und deren Wirksamkeit zu evaluieren (s. Abschn. 3.2). Mit dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* wird das Ziel verfolgt, Schüler*innen mit ausbaufähigen fachsprachlichen Kompetenzen eine bedarfsgerechte Unterstützung anzubieten (s. Abschn. 4.1). Im Rahmen der vorliegenden Studie

schließt sich folgerichtig die Analyse der Zusammenhänge zwischen dem Fachwissenserwerb, den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch und der An- bzw. Abwesenheit des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* in der Unterrichtsgestaltung an.

Die mit diesem Anliegen korrespondierenden Forschungsfragen lauten (s. Abschn. 5.2):

Forschungsfrage 3

Inwieweit werden Schüler*innen mit heterogenen **Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch** hinsichtlich des Erwerbs von **chemiebezogenem Fachwissen** unterstützt, wenn

- a) Chemieunterricht in Anlehnung an die Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* konzipiert und realisiert wird oder
- b) Chemieunterricht ohne Anwendung der Prinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes*, aber unter Berücksichtigung des *Scaffolding-Ansatzes* stattfindet?
- c) In welchem Maße unterscheiden sich die Lernzuwächse zwischen den Schüler*innen der *Disaggregate-Instruction*- und der *Scaffolding*-Gruppe?

Zur Bearbeitung von Forschungsfrage 3 wurde ein Mehrebenenregressionsmodell berechnet, in welchem der fachliche Lernzuwachs als abhängige Variable durch einen Interaktionsterm aus der *Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes* und dem *C-Test-Score* vorhergesagt wird (s. Tabelle 28).

Für die Teilstichprobe der Interventionsgruppen-Schüler*innen zeigen die Ergebnisse einen schwächeren Zusammenhang zwischen den fachlichen Lernzuwächsen und den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch als für die Kontrollgruppen-Schüler*innen (s. Abbildung 23). Der Interaktionsterm *Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes* $\times$ *C-Test-Score* stellt sich allerdings als statistisch nicht signifikant heraus ($p = 0,28$; s. Tabelle 28).

Die Abwesenheit statistischer Signifikanz deutet darauf hin, dass der berechnete Zusammenhang zwischen den fachlichen Lernzuwächsen und den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch in beiden Untersuchungsgruppen sehr ähnlich ist: fortgeschrittene Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch stellen einen Prädiktor für größere fachliche Lernzuwächse dar. Der Befund aus Abschnitt 13.4 zum Zusammenhang der fachlichen Lernzuwächse mit den Kompetenzen der Schüler*innen in der Bildungssprache Deutsch für die Gesamtstichprobe konnte somit für die beiden Teilstichproben der Interventions- und Kontrollgruppe bestätigt werden.

Aus den Ergebnissen zu Forschungsfrage 2 ließ sich ableiten, dass die Trennung von konzeptuellem und fachsprachlichem Lernen in Anlehnung an den *Disaggregate-Instruction-Ansatz* keine zusätzliche Unterstützung im Vergleich zu Unterricht nach den Prinzipien sprachsensiblen *Scaffoldings* darstellt (s. Abschn. 13.3.1). Mit Blick auf Forschungsfrage 3 lassen sich die Erkenntnisse nun für Schüler*innen mit unterschiedlich fortgeschrittenen Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch ausdifferenzieren. Bezüglich der Forschungsfragen 3a und 3b ist zu resümieren, dass Schüler*innen mit ihren heterogenen Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch weder durch sprachsensiblen Unterricht mit Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* als auch ohne Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* in besonderem Maße unterstützt werden.

Mit Blick auf Forschungsfrage 3c bieten die Analysen keine statistische Evidenz dafür, dass es mithilfe des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* besser gelingt, Schüler*innen mit geringen Kompetenzen in der Bildungssprache gezielt und effektiv beim Erwerb chemiebezogenen Fachwissens zu fördern als im Unterricht ohne Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes*. Gleiches gilt für Lernende mit vergleichsweise ausgeprägten bildungssprachlichen Kompetenzen. Sowohl in der Interventions- als auch in der Kontrollgruppe bleibt ein deutlicher Zusammenhang zwischen den fachlichen Lernzuwächsen und den bildungssprachlichen Kompetenzen der Schüler*innen bestehen. Erwartungsgemäß sprechen die Befunde dafür, dass umso größere fachliche Lernzuwächse im Mittel erreicht werden, je fortgeschrittener die Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch ausgeprägt sind (s. Abschn. 13.2.2).

Somit ist die Nullhypothese H_{0-3} nicht zu widerlegen, denn die Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes übt keinen statistisch nachweisbaren Einfluss auf den Erwerb von Fachwissen der Schüler*innen unter Berücksichtigung der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch aus. Die fachlichen Lernzuwächse von Schüler*innen mit überdurchschnittlichen Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch fallen größer aus als diejenigen von Schüler*innen mit unterdurchschnittlichen C-Test-Scores; letztere erreichen nichtsdestotrotz substantielle fachliche Lernzuwächse von drei bis vier Punkten (s. Abbildung 23).

Die Analysen konnten folglich einen Nachweis über die Wirksamkeit von sprachsensiblen Unterricht auf den fachlichen Lernerfolg von Schüler*innen mit divergierenden Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch erbringen (Höfler et al., 2023). Durch die Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* (s. Kap. 4) gelingt es mit Blick auf die Stichprobe dieser Studie nur tendenziell etwas besser als durch *Scaffolding* (s. Abschn. 3.3.1), die Unterschiede im Fachwissenserwerb zu reduzieren, jedoch nicht, sie gänzlich zu eliminieren.

Inwiefern der hier praktizierte sprachensible Unterricht (sei es nach den *Scaffolding*-Prinzipien oder unter zusätzlicher Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes*) einem Unterricht überlegen ist, der nicht sprachsensibel geplant wurde, lag nicht im Fokus dieses Forschungsvorhabens. Mit Blick auf die zunehmende Evidenz zur höheren Lernwirksamkeit sprachsensiblen Unterrichts gegenüber vergleichbarem, nicht-sprachsensiblen Unterricht (Höfler et al., 2023), kann jedoch davon ausgegangen werden, dass sich diese Beobachtung im vorliegenden Untersuchungskontext repliziert hätte.

Für die dieser Studie zugrundeliegende Stichprobe, also für 276 Schüler*innen, zeigt sich, dass der Zusammenhang zwischen den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch und den fachlichen Lernzuwächsen für die Interventionsgruppe weniger stark ausgeprägt ist, als für die Kontrollgruppe ohne Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* (s. Abbildung 23). Die Tendenz, dass der Erwerb chemiebezogenen Fachwissens in der Interventionsgruppe z. T. von den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch entkoppelt werden kann, zeigt das Potenzial des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes*, Schüler*innen mit divergierenden sprachlichen Kompetenzen bedarfsgerecht zu fördern. Diese Interpretation dient als Anlass dafür, differenziertere Analysen der Lernzuwächse in spezifischen Teilstichproben (*Schüler*innen des Gymnasiums* und *Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen*) anzuschließen. Darüber berichte ich im folgenden Abschnitt.

13.6 Diskussion der Zusammenhänge zwischen den fachlichen Lernzuwächsen, der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes, den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch und der besuchten Schulform

Die bildungssprachlichen Kompetenzen der Schüler*innen zu Beginn der Unterrichtsreihe wurden in Abschnitt 13.3.3 in Abhängigkeit von der Schulform analysiert. Der um etwa 20 Punkte geringere Score im C-Test der Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen (s. Tabelle 26) macht deutlich, dass sich diese Schülerklientel den Anforderungen der Unterrichtsreihe erwartungsgemäß unter beträchtlich ungünstigeren sprachlichen Voraussetzungen stellen musste als die Lernenden an Gymnasien (Heine et al., 2023, S. 157). Diese Diskrepanz zwischen beiden Schulformen unterstreicht die Notwendigkeit von bedarfsgerechten Unterstützungsangeboten für eine sprachlich diverse Schülerschaft (s. Abschn. 3.2). Die scheint vor allem für Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen zuzutreffen und diente als Anlass, die Ergebnisse der Schüler*innen beider Schulformen noch differenzierter zu betrachten.

In Abschnitt 13.5 habe ich die Zusammenhänge zwischen den fachlichen Lernzuwächsen, der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes und den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch diskutiert. Die Berechnungen des Regressionsmodells mit dem Interaktionsterm *Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes* $\times$ *C-Test-Score* wurde für die beiden Teilstichproben *Schüler*innen des Gymnasiums* und *Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen* nun separat durchgeführt und die Ergebnisse anschließend miteinander verglichen.

Schüler*innen des Gymnasiums

Mit Blick auf die Ergebnisse der Schüler*innen des Gymnasiums ($n_{\text{GYM}} = 110$; s. Abschn. 11.6) fällt zunächst der Zusammenhang zwischen den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch und den fachlichen Lernzuwächsen in der **Kontrollgruppe** auf. Der Zusammenhang (s. Abbildung 24) ist negativ, während er bezüglich der Gesamtstichprobe (s. Abbildung 22) positiv war. Offensichtlich erreichen gymnasiale Schüler*innen mit weniger ausgeprägten bildungssprachlichen Kompetenzen höhere Lernzuwächse als ihre Mitschüler*innen mit sehr fortgeschrittenen bildungssprachlichen Kompetenzen. Erstere Gruppe stellt jedoch nur einen sehr kleinen Anteil der Teilstichprobe dar (im Mittel erreichen die Gymnasiast*innen im C-Test fast 81 Punkte; s. Tabelle 26). Das Konfidenzintervall fällt dementsprechend sehr groß aus, sodass aufgrund der statistischen Unsicherheit bei der Interpretation dieses Befunds Vorsicht geboten ist.

Für die **Interventionsgruppe** wird der bereits aus Abbildung 22 in Abschnitt 11.4 bekannte Trend erkennbar, dass der Erwerb chemiebezogenen Fachwissens umso größer ausfällt, je fortgeschrittener die Kompetenzen der Schüler*innen in der Bildungssprache Deutsch ausgeprägt sind.

Werden die beiden eben beschriebenen, entgegengesetzten Trends von Interventions- und Kontrollgruppe mittels t-Test miteinander verglichen, so ergibt sich kein statistisch signifikanter Unterschied ($p = 0,16$; s. Tabelle 29). Bei gymnasialen Schüler*innen ist folglich trotz des visuellen Eindrucks (s. Abbildung 24) nicht davon auszugehen, dass die Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes in Abhängigkeit von den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch über die betrachtete Stichprobe hinaus einen Effekt auf den Erwerb chemiebezogenen Fachwissens ausübt.

Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen

Bereits ein erster Blick auf die graphische Darstellung des Regressionsmodells (s. Abbildung 25) für die Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen ($n_{\text{ISS}} = 166$) lässt erkennen, dass der Verlauf jener der Gesamtstichprobe in Abbildung 25 in Abschnitt 11.4 deutlich ähnlicher ist.

Der Graph der **Interventionsgruppe** verläuft annähernd parallel zur x-Achse (s. Abbildung 25). Aus diesem Befund lässt sich ableiten, dass der Erwerb chemiebezogenen Fachwissens nur in sehr geringfügigem Maße von den Kompetenzen der Schüler*innen in der Bildungssprache Deutsch abhängt. Ob eine Schülerin oder ein Schüler sehr schlecht, durchschnittlich oder sehr gut im C-Test abgeschnitten hat, ändert nur in sehr geringfügigem Maße etwas an der Vorhersage des fachlichen Lernzuwachses im Regressionsmodell. Die geschätzten Lernzuwächse bewegen sich in einem Bereich zwischen etwas mehr als vier (für Schüler*innen mit einem niedrigen C-Test-Score) und etwas unter sechs Punkten (für Schüler*innen mit einem hohen C-Test-Score). Offensichtlich gelingt es mit Blick auf die ISS-Teilstichprobe durch den *Disaggregate-Instruction-Ansatz*, Schüler*innen eine besonders hilfreiche Unterstützung anzubieten. Diese ermöglicht, dass die Schüler*innen unabhängig von ihren bildungssprachlichen Kompetenzen in sehr vergleichbarem Maße chemiebezogenes Fachwissen erwerben.

Für die **Kontrollgruppe** ist indes ein deutlicher Zusammenhang zwischen höheren Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch und größeren fachlichen Lernzuwächsen erkennbar (s. Abbildung 25). Während Kontrollgruppen-Schüler*innen mit einem C-Test-Score nahe am Minimum im Mittel lediglich einen Lernzuwachs von etwas mehr als zwei Punkten aufweisen, erreichen ihre Mitschüler*innen mit einem C-Test-Score nahe dem Maximum im Durchschnitt Lernzuwächse von bis zu acht Punkten. Ein so eklatanter Unterschied verdeutlicht für die Teilstichprobe der ISS-Schüler*innen, dass sprachsensibler Chemieunterricht, der alleine dem *Scaffolding-Ansatz* folgt, offensichtlich nicht ausreicht, um alle Schüler*innen unabhängig von ihren Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch wirkungsvoll in der fachlichen Kompetenzentwicklung zu fördern.

Da der Unterschied zwischen den beiden Untersuchungsgruppen in der Teilstichprobe der ISS-Schüler*innen statistisch signifikant ausfällt ($p = 0,048$; s. Tabelle 30), lässt sich allgemein konstatieren, dass der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* in dieser Schüler*innengruppe einen besonders positiven Effekt auf den fachlichen Lernerfolg ausübt. Unterricht nach dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* versetzt Lernende nahezu unabhängig von ihren Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch in die Lage, in nennenswertem Maße chemiebezogenes Fachwissen erwerben zu können.

Brown und Kolleg*innen (2010) konnten zeigen, dass Unterricht nach dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* zu größeren fachlichen Lernerfolgen führt als nicht-sprachsensibler Unterricht; allerdings wurden die sprachlichen Voraussetzungen in der Studie lediglich anhand des monolingual englischsprachigen oder bilingualen (Englisch

und Spanisch) Erwerbskontextes der teilnehmenden Schüler*innen charakterisiert. Diese dichotome Klassifizierung wurde in der vorliegenden Studie um eine differenzierte Betrachtung der Kompetenzen der Schüler*innen in der Bildungssprache Deutsch mittels eines erprobten C-Tests erweitert. Eine zentrale Aussage von Brown et al. (2010, S. 1490) kann vor diesem Hintergrund bestätigt und sogar präzisiert werden, denn die Autor*innen schreiben, dass der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* nicht als alleiniges Wundermittel zur Unterrichtsgestaltung betrachtet werden dürfe. Angesichts der in dieser Studie gewonnenen Befunde kann vielmehr konstatiert werden, dass der Ansatz offenbar besonders für Schüler*innen mit unterdurchschnittlichen Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch eine besonders wirksame Unterstützungsmaßnahme darstellt. Mit Blick auf die größeren fachbezogenen Lernzuwächse hat sich Unterricht nach dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* als effektiver herausgestellt, als sprachsensibler Unterricht, der ausschließlich nach den *Scaffolding*-Gestaltungsprinzipien konzipiert wurde.

Die Befunde für ISS-Schüler*innen mit vergleichsweise geringen Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch unterstreichen, dass der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* für diese Gruppe eine ausgesprochen gewinnbringende Unterstützungsmaßnahme darstellt. Die Ergebnisse dieser Studie belegen, dass die Trennung von konzeptuellem und fachsprachlichem Lernen gemäß den Empfehlungen von Brown und Kolleg*innen (2010, S. 1474 f.) für ‚besonders gefährdete‘ Gruppen von Schüler*innen extrem wirksam sein kann, um die bestehenden Leistungsdisparitäten im naturwissenschaftlichen Unterricht (Kastorff et al., 2023, S. 129) nicht weiter anwachsen zu lassen.

Mit Blick auf Forschungsfrage 3c, für die bislang die Nullhypothese angenommen werden musste, ermöglicht die Berücksichtigung der Schulform differenziertere Aussagen. Für die Teilstichprobe der Schüler*innen an Gymnasien ist festzuhalten, dass sich die Art des praktizierten sprachsensiblen Unterrichtsansatzes nicht maßgeblich auf den Zusammenhang zwischen den Kompetenzen der Schüler*innen in der Bildungssprache Deutsch und den fachlichen Lernzuwächsen auswirkt. Für die Teilstichprobe der Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen zeigt sich hingegen, dass durch die Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* Schüler*innen mit vergleichsweise geringen Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch sehr ähnliche fachliche Lernzuwächse erreichen wie ihre Mitschüler*innen mit überdurchschnittlichen Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch und der Ansatz in dieser Gruppe seine besondere Wirksamkeit entfalten kann.

13.7 Zusammenfassung

Fachliche Lernzuwächse von Schüler*innen im Chemieunterricht hängen in nennenswertem Maße mit ihren sprachlichen Kompetenzen zusammen. Dieser vielfach diskutierte Befund wurde in dieser Studie zum Anlass genommen, um den *Disaggregate-Instruction-Ansatz* (Brown et al., 2010) vergleichend mit sprachsensiblen *Scaffolding* (Gibbons, 2015) hinsichtlich seiner Wirksamkeit zu überprüfen.

Die eingesetzten Testinstrumente erwiesen sich hinsichtlich der Kriterien Objektivität, Reliabilität und Validität als geeignet (s. Abschn. 14.1), um die identifizierten Ergebnisse differenziert analysieren und interpretieren zu können. Zunächst konnte nachgewiesen werden, dass die Schüler*innen zu Beginn der Untersuchung und unabhängig von der randomisierten Zuweisung zu einer der beiden Untersuchungsgruppen lediglich über geringfügiges Vorwissen im Themenfeld *Salze und der Lösevorgang* verfügen. Außerdem konnte aufgezeigt werden, dass es den Schüler*innen insgesamt gelingt, durch die Unterrichtsreihe in bedeutsamem Maße neues Fachwissen zu erwerben (s. Abschn. 13.2.1).

Es konnte jedoch keine empirische Evidenz dafür gefunden werden, dass Unterricht nach dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* höhere Lernzuwächse bewirkt, als Unterricht, der ausschließlich nach den *Scaffolding*-Prinzipien gestaltet und realisiert wurde (s. Abschn. 13.2.2). Die gewählten unabhängigen Variablen haben sich als wichtige prognostische Faktoren erwiesen. So offenbarte die differenzierte Betrachtung von Schüler*innen verschiedener Schulformen, dass Schüler*innen des Gymnasiums erwartungsgemäß zwar über ein höheres Maß an Fachwissen sowohl vor als auch nach der Unterrichtsreihe verfügen als Schüler*innen integrierter Sekundarschulen, die Lernzuwächse beider Gruppen statistisch betrachtet jedoch sehr ähnlich ausfallen (s. Abschn. 13.2.3).

Bezüglich der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch ergab die Auswertung der C-Test-Daten, dass sich die randomisierte Interventions- oder Kontrollgruppe zugeteilten Schüler*innen vor Beginn der Unterrichtsreihe nicht maßgeblich voneinander unterscheiden (s. Abschn. 13.3.2). Somit kann davon ausgegangen, dass die Schüler*innen beider Untersuchungsgruppen unter vergleichbaren sprachlichen Voraussetzungen an der Unterrichtsreihe teilgenommen haben. Zwischen den Schüler*innen der beiden betrachteten Schulformen zeigte sich – ebenfalls erwartungskonform – ein deutlich höheres Niveau bildungssprachlicher Kompetenzen zugunsten der Schüler*innen an Gymnasien (s. Abschn. 13.3.3).

In Abschnitt 13.4 konnten die Befunde vieler Schulleistungsstudien (s. Abschn. 2.1) zum Zusammenhang zwischen dem fachlichem Lernerfolg und den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch bestätigt werden. In der vorliegenden Untersuchung fallen die fachlichen Lernzuwächse auf Seiten der Schüler*innen umso größer aus, je fortgeschrittener ihre Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch sind. Dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* konnte allgemein keine höhere Wirksamkeit als sprachsensiblen *Scaffolding* nachgewiesen werden, wenn die fachlichen Lernzuwächse der Schüler*innen unter Berücksichtigung der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch betrachtet wurden (s. Abschn. 13.5). Wird jedoch die Teilstichprobe der Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen separat analysiert, so stellt der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* für diese Schülerklientel – und vor allem für Schüler*innen mit unterdurchschnittlichen Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch – eine besonders wirksame Unterstützung dar (s. Abschn. 13.6).

14 Diskussion der Ergebnisse zum Forschungsfokus *kommunikative Kompetenzen*

Inwiefern Schüler*innen durch die beiden sprachsensiblen Unterrichtsansätze neben dem Erwerb von Fachwissen auch hinsichtlich ihrer fachbezogenen, kommunikativen Kompetenzen gefördert werden, wurde mithilfe von zwei offenen Aufgaben untersucht (s. Abschn. 8.3). Im Rahmen der Aufgaben verfassten die Schüler*innen zwei Texte, in denen sie den Lösevorgang von Salzen in Wasser zwei unterschiedlich informierten Adressat*innen erklären sollten: einer Freundin, die die Unterrichtsreihe versäumt hat, sowie ihrem Chemielehrer. Mit Blick auf den adressatenorientierten Gebrauch von umgangs- und fachsprachlichen Termini wurden die Texte anhand eines eigens entwickelten Kategoriensystems ausgewertet (s. Abschn. 9.2). Die qualitativ-inhaltsanalytische Auswertung der Schüler*innentexte und statistische Untersuchung der Kategorienbelegungen erfolgte in Abschnitt 12. Im Folgenden diskutiere ich die zentralen Befunde bezüglich der Verwendung umgangs- und fachsprachlicher Terminologie zur Erklärung des Lösevorgangs mit dem Ziel, Forschungsfrage 4 (s. Abschn. 5.2) zu beantworten.

14.1 Gebrauch verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung

Die Texte der Schüler*innen wurden primär dahingehend untersucht, welche der bereits vor der Unterrichtsreihe geläufigen (umgangssprachlichen) und welche im Rahmen der Unterrichtsreihe erarbeiteten (fachsprachlichen) Termini von den Schüler*innen verwendet wurden (s. Tabelle 3; Abschn. 7.2.4). Zu diesem Zweck wurden die relevanten umgangs- und fachsprachlichen Termini (inklusive passender Umschreibungen) in den Texten beim ersten Auftreten gekennzeichnet und anschließend pro Text aufsummiert. Die Quotienten ‚umgangssprachliche Termini pro Text‘ und ‚fachsprachliche Termini pro Text‘ wurden schließlich der deskriptivstatistischen und regressionsanalytischen Auswertung zugeführt (s. Abschn. 12.2).

14.1.1 Gebrauch verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung in der Gesamtstichprobe

Die analysierten 168 Texte an eine Freundin und 168 korrespondierenden Texte an den Chemielehrer wiesen eine mittlere Textlänge von etwa 62 Wörtern auf (s. Tabelle 38). Angesichts der Arbeit von Becker-Mrotzek und Kolleg*innen (2014, S. 32)

hätte erwartet werden können, dass die Texte an die Freundin deutlich länger ausfallen als die Texte an den Chemielehrer. Gegenüber der Freundin müssten verschiedene Informationen kommuniziert werden, die auf Seiten des Chemielehrers als Vorwissen hingegen vorausgesetzt werden können. Dass sich diese Erwartung nicht bestätigt hat, lässt sich möglicherweise darauf zurückführen, dass die Schüler*innen in den Texten an den Chemielehrer inhaltliche Aspekte aufgegriffen haben (z. B. zur Struktur des Wassermoleküls), die sie mit Blick auf das umfangreiche Vorwissen der Lehrkraft theoretisch nicht hätten kommunizieren müssen.

Die annähernd gleiche Wortzahl der Texte an die Freundin und den Lehrer erleichtert jedoch die Interpretation der Summenwerte für die Verwendung umgangs- und fachsprachlicher Termini, denn folglich kann darauf verzichtet werden, diese anhand der Textlänge zu normieren. In den Analysen (s. Kap. 12) und der hier folgenden Diskussion werden daher die Quotienten ‚umgangssprachliche Termini pro Text‘ und ‚fachsprachliche Termini pro Text‘ verwendet.

Für die Stichprobe von $N = 336$ Texten fällt zunächst auf, dass die Schüler*innen deutlich mehr umgangssprachliche als fachsprachliche Termini verwenden, wenn sie den Text an eine Freundin schreiben. Diese Beobachtung ist erwartungskonform und nachvollziehbar, denn auf diese Weise versuchen die Schüler*innen terminologisch am Vorwissen der Freundin anzuknüpfen und so eine Brücke zu den zu erlernenden Fachkonzepten (wie *Ionenbindung* und *Hydratation*) herzustellen. Damit nehmen die Schüler*innen offensichtlich sprachsensibel Rücksicht darauf, dass die Freundin diese Fachkonzepte noch nicht erschlossen hat.

Dass die Schüler*innen trotzdem – in überschaubarem Maße – neu erarbeitete fachsprachliche Termini verwenden, lässt sich auf zwei mögliche Ursachen zurückführen, welche anhand von Beispieltexten im Rahmen der Vorstellung verschiedener Texttypen in Abschnitt 14.2 vertiefend diskutiert werden. Einerseits könnten die Schüler*innen fachsprachliche Termini als Ergänzung zu den umgangssprachlichen Termini bewusst eingeführt haben (vgl. Ryoo, 2015, S. 38), um der Freundin die Fachkonzepte zur Erklärung des Lösevorgangs anhand verschiedener sprachlicher Register zu verdeutlichen. Dieses Vorgehen spräche für ein hohes Maß an Adressatenorientierung, da die Freundin auf diesem Wege schrittweise an die Fachsprache herangeführt wird. Andererseits würde die dominante Verwendung fachsprachlicher Termini ohne entsprechende umgangssprachliche Umschreibungen darauf hindeuten, dass die Kommunikation weniger adressatenorientiert gestaltet und die Freundin mit Terminologie konfrontiert wurde, für die sie wahrscheinlich ein nur unzureichendes konzeptuelles Verständnis hätte besitzen können.

In den Texten an den Chemielehrer haben die Schüler*innen pro Text fast doppelt so viele neu erarbeitete (3,51) Fachtermini wie umgangssprachliche (1,94) Termini verwendet (s. Abschn. 12.2.1). Dieser Befund deutet darauf hin, dass die Schüler*innen dem Lehrer demonstrieren möchten, die neu erarbeiteten Fachkonzepte sachgemäß gemeinsam mit der korrespondierenden Fachterminologie verstanden zu haben. Gleichzeitig greifen die Schüler*innen auf eine nennenswerte Anzahl von umgangssprachlichen Termini pro Text zurück. Diese Beobachtung kann als Hinweis dafür betrachtet werden, dass die Schüler*innen sich z. T. noch nicht in der Lage fühlen, die fachsprachlichen Termini im geforderten Anwendungskontext zu verwenden und daher mitunter auf die bereits vor der Unterrichtsreihe geläufigen Termini (z. B. *Salz*, *geladene Teilchen*) zurückgreifen. In Anbetracht dessen, dass die Schüler*innen die Befragung auch als Prüfungssituation wahrnehmen, vermute ich, dass sie neben den neu erlernten Fachtermini ganz bewusst umgangssprachliche Termini verwenden, um ihr konzeptuelles Verständnis zu demonstrieren. Da im Rahmen der relativ kompakten Unterrichtsreihe eine hohe Anzahl von Fachkonzepten und neu zu erlernenden Fachtermini erarbeitet wurde, ist es zudem durchaus zu erwarten gewesen, dass einige Schüler*innen nicht alle neuen Fachkonzepte direkt so verinnerlicht haben, dass sie sie fachsprachlich kommunizieren konnten oder wollten.

Die deskriptivstatistischen Befunde wurden anschließend mithilfe von Regressions- und t-Test-Analysen auf statistische Signifikanz überprüft. Für die umgangssprachlichen Termini wurde ermittelt, dass Schüler*innen diese pro Text statistisch signifikant häufiger an die Freundin als an den Chemielehrer verwenden (s. Tabelle 32). Die neu erarbeiteten fachsprachlichen Termini hingegen kommen im Mittel statistisch signifikant häufiger pro Text an den Lehrer als an die Freundin vor (s. Tabelle 33). Die Ergebnisse belegen, dass Schüler*innen der 8. Jahrgangsstufe in der Lage sind, verschiedene sprachliche Register mit Blick auf die durch den Text adressierte Person auszuwählen und gezielt zu variieren. Somit konnte anhand der Schüler*innentexte nachgewiesen werden, dass die Verwendung verschiedener Register ein wichtiges Mittel zur Herstellung von Adressatenorientierung in der schriftlichen Produktion chemiebezogener Texte darstellt (Becker-Mrotzek et al., 2014, S. 33; Kulgemeyer & Schecker, 2009, S. 139).

14.1.2 Gebrauch verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung in der Interventionsgruppe

Im nächsten Analyseschritt wurde untersucht, inwieweit die Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes, den die Schüler*innen erhielten, Einfluss auf die Fähigkeit zum adressatenorientierten Gebrauch der Fachterminologie ausübt (s. Abschn. 12.2.2).

Zunächst wurde die Interventionsgruppe mit insgesamt 174 Texten von 87 Schüler*innen betrachtet und damit auf die Forschungsfrage 4a (s. Abschn. 5.2) fokussiert, die wie folgt lautet:

Forschungsfrage 4a

In welchem Maße werden Schüler*innen hinsichtlich bestimmter chemiebezogener, kommunikativer Kompetenzen (insbesondere im Gebrauch fachspezifischer Termini im Rahmen adressatenorientierter Kommunikation) unterstützt, wenn Chemieunterricht in Anlehnung an die Gestaltungsprinzipien des ***Disaggregate-Instruction-Ansatzes*** konzipiert und realisiert wird?

Die Texte von Schüler*innen der Interventionsgruppe sind im Mittel etwas mehr als 62 Wörtern lang (s. Abschn. 12.2.2). Deskriptivstatistisch zeigt sich hinsichtlich der mittleren Textlänge kein statistisch bedeutsamer Unterschied zwischen den Texten an den Chemielehrer und an die Freundin.

In den Regressionsanalysen zeichnen sich hinsichtlich der Interventionsgruppe die bereits für die Gesamtstichprobe identifizierten Befunde ab: Umgangssprachliche Termini werden pro Text statistisch signifikant häufiger verwendet, wenn der Text an die Freundin adressiert wird als an den Chemielehrer (s. Tabelle 34). Demgegenüber werden neu erarbeitete, fachsprachliche Termini im Durchschnitt statistisch signifikant häufiger verwendet, wenn der Text an den Lehrer gerichtet ist und nicht an die Freundin (s. Tabelle 35).

Schüler*innen, die sich im Rahmen des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* neue Fachkonzepte zunächst anhand bekannter Terminologie erarbeitet und erst im Anschluss mit den neuen Fachtermini vertraut gemacht haben (s. Abschn. 4.2), gelingt es demnach durch die gezielte Wahl des fach- oder umgangssprachlichen Registers, Adressatenorientierung in ihren Texten herzustellen. Die Forschungsfrage 4a kann somit dahingehend beantwortet werden, dass es durch Chemieunterricht unter Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* gelingt, Schüler*innen hinsichtlich ihrer chemiebezogenen, kommunikativen Kompetenzen zu fördern.

Zu erwarten war, dass die Schüler*innen der Interventionsgruppe durch den Unterricht sowohl ein ausgeprägtes Verständnis der neuen Fachkonzepte erwerben als auch in der Lage sind, dieses bedarfsgerecht unter Anwendung umgangs- und fachsprachlicher Terminologie zu kommunizieren (s. Abschn. 4.3). Der verbesserte Erwerb fachlichen Wissens für bestimmte Schüler*innengruppe wurde in Abschnitt 11.6 nachgewiesen. Mit Blick auf Forschungsfrage 4a belegen die Ergebnisse, dass die

Schüler*innen der Interventionsgruppe in der Lage sind, die Anwendung umgangs- und fachsprachlicher Terminologie unter Berücksichtigung der adressierten Person gezielt zu variieren. Allerdings bieten die Ergebnisse der Analysen an dieser Stelle (noch) keine Evidenz dafür, dass die Schüler*innen durch den *Disaggregate-Instruction-Ansatz* naturwissenschaftliche Fachkonzepte in besonders ausgeprägtem Maße adressatenorientiert unter Anwendung geeigneter sprachlicher Register kommunizieren.

14.1.3 Gebrauch verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung in der Kontrollgruppe

In der Teilstichprobe der Schüler*innen der Kontrollgruppe wurden 162 Texte von 81 Schüler*innen untersucht. Mithilfe der Ergebnisse dieser Teilstichprobe soll die Forschungsfrage 4b (s. Abschn. 5.2) bearbeitet werden:

Forschungsfrage 4b

In welchem Maße werden Schüler*innen hinsichtlich bestimmter chemiebezogener, kommunikativer Kompetenzen (insbesondere im Gebrauch fachspezifischer Termini im Rahmen adressatenorientierter Kommunikation) unterstützt, wenn Chemieunterricht ohne Anwendung der Prinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes*, aber unter Berücksichtigung des **Scaffolding-Ansatzes**, stattfindet?

Die Texte der Schüler*innen der Kontrollgruppe umfassen im Mittel 59,8 Wörter (s. Abschn. 12.2.3). Deskriptivstatistisch betrachtet fallen in der Kontrollgruppe die Texte an die Freundin um ca. drei Wörter länger aus als die Texte an den Chemielehrer (s. Abschn. 12.2.3). Dieser Unterschied deutet möglicherweise darauf hin, dass die Schüler*innen in den Texten an die Freundin – wie in Abschnitt 14.1.1 beschrieben – tendenziell mehr Informationen kommunizieren als dies in den Texten an den Lehrer der Fall gewesen ist.

Weiterhin zeigt sich für die Schüler*innen der Kontrollgruppe, dass sie bereits geläufige, umgangssprachliche Termini pro Text statistisch signifikant häufiger verwenden, wenn der Text an die Freundin und nicht an den Chemielehrer gerichtet ist (s. Tabelle 36). Auch für die neu erarbeiteten, fachsprachlichen Termini ist der Unterschied statistisch signifikant: Pro Text an den Lehrer verwenden die Schüler*innen im Mittel zwei fachsprachliche Termini mehr als in den Texten an die Freundin (s. Tabelle 37).

Offensichtlich gelingt es den Schüler*innen der Kontrollgruppe, deren Unterricht lediglich anhand von *Scaffolding*-Prinzipien gestaltet wurde, mit Blick auf die adressierte Person bezüglich der Terminologie entweder stärker auf das umgangssprachliche Register (in den Texten an die Freundin) oder das fachsprachliche Register (in den Texten an den Lehrer) zuzugreifen. Vermutlich bietet der *Scaffolding*-Ansatz den Schüler*innen in einem ähnlichen Maße wie der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* die Gelegenheit, zwischen der Verwendung von umgangs- und fachsprachlichen Termini zu differenzieren, sodass sie diese weitgehend adressatenorientiert anwenden können. Somit kann bezüglich der Forschungsfrage 4b konstatiert werden, dass es den Schüler*innen der Kontrollgruppe nach Teilnahme an der Unterrichtsreihe, die ausschließlich anhand von *Scaffolding*-Prinzipien realisiert wurde, gelingt, Adressatenorientierung über die gezielte Auswahl umgangs- und fachsprachlicher Termini herzustellen.

Nachdem die beiden Interventions- und Kontrollgruppen getrennt voneinander analysiert wurden, folgt im nächsten Schritt die vergleichende Betrachtung der Schüler*innen beider Teilstichproben hinsichtlich ihrer chemiebezogenen, kommunikativen Kompetenzen.

14.1.4 Gebrauch verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung im Vergleich zwischen Interventions- und Kontrollgruppe

Für den Vergleich der Ergebnisse zwischen Schüler*innen der Interventions- und Kontrollgruppe wurden die Mittelwerte für die Kategorien ‚Wortzahl pro Text‘, ‚Anzahl Teilsätze pro Text‘, ‚Anzahl umgangssprachlicher Termini pro Text‘ sowie ‚Anzahl fachsprachlicher Termini pro Text‘ zunächst deskriptivstatistisch gegenübergestellt (s. Tabelle 38). Aus dieser Gegenüberstellung gehen lediglich geringfügige Unterschiede zwischen den beiden Teilstichproben hervor. So weisen die Texte an den Lehrer der Interventionsgruppe im Mittel etwas größere Textlängen auf als in der Kontrollgruppe, wohingegen die Texte an den Lehrer der Kontrollgruppe pro Text eine etwas höhere Anzahl fachsprachlicher Termini beinhalten als in der Interventionsgruppe (s. Tabelle 38).

Um die deskriptivstatistisch ermittelten, größtenteils nur minimalen Unterschiede auf statistische Signifikanz zu prüfen, wurden Regressionsanalysen durchgeführt und t-Tests berechnet (s. Abschn. 12.2.4). Für keines der vier erstellten Regressionsmo-

delle (s. Tabellen 39 bis 42) haben die Berechnungen statistisch signifikante Unterschiede zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe ergeben. Im Folgenden diskutiere ich die Befunde mit Blick auf Forschungsfrage 4c (s. Abschn. 5.2):

Forschungsfrage 4c

In welchem Maße unterscheidet sich die Anwendung dieser **chemiebezogenen, kommunikativen Kompetenzen** zwischen den Schüler*innen der *Disaggregate-Instruction*- und der *Scaffolding*-Gruppe?

Fachsprachliche Termini – Texte an den Chemielehrer

Schüler*innen verwenden fachsprachliche Termini pro Text an den Lehrer etwas seltener, wenn sie am Unterricht unter Berücksichtigung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* teilgenommen haben als in der Kontrollgruppe (s. Tabelle 39). Dieser Unterschied kann aufgrund der Abwesenheit statistischer Signifikanz nicht über die betrachtete Stichprobe hinaus verallgemeinert werden. Somit bieten die Ergebnisse zumindest erste Hinweise darauf, dass die Schüler*innen in der vorliegenden Studie durch den *Disaggregate-Instruction-Ansatz* stärker für die Anforderungen beim Gebrauch fachsprachlicher Terminologie sensibilisiert wurden, als die Schüler*innen der Kontrollgruppe. Somit nehmen sie häufiger die Möglichkeit wahr, neue Fachkonzepte auf umgangssprachliche Weise auszudrücken. Außerdem ließe sich dieser Befund in Anlehnung an Brown et al. (2010, S. 1474 f.) dahingehend interpretieren, dass die Erarbeitung neuer Fachkonzepte mittels bekannter Terminologie die Schüler*innen der Interventionsgruppe dahingehend beeinflusst hat, dass sie in ihren Erklärungen selbst häufiger auf diese umgangssprachliche Terminologie zurückzugreifen.

Umgangssprachliche Termini – Texte an den Chemielehrer

Bezüglich der Verwendung umgangssprachlicher Termini in den Lehrer-Texten lässt sich zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe kein statistisch signifikanter Unterschied identifizieren ($p = 0,999$; s. Tabelle 40). Wie bereits in den vorangegangenen Abschnitten nachgewiesen, werden umgangssprachliche Termini pro Text an den Lehrer deutlich seltener verwendet als fachsprachliche Termini. Durch die beiden sprachsensiblen Unterrichtsansätze werden die Schüler*innen gleichermaßen dazu motiviert, in den Texten an den Lehrer in sehr begrenztem Umfang bereits geläufige, umgangssprachliche Termini zu verwenden. Begründen lässt sich dieser Befund damit, dass womöglich durch beide sprachsensiblen Ansätze bei den Schüler*innen ein ähnliches Bewusstsein für die unterschiedlichen Anforderungen und Wirkungen beim Verwenden verschiedener sprachlicher Register entstanden ist. Wenngleich die strikte Trennung von umgangs- und fachsprachlicher Terminologie das entscheidende Gestaltungsmerkmal des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* ist

(Brown et al., 2010, S. 1474 f.), bildet die Entwicklung der Fachsprache ausgehend vom sprachlichen Stand der Schüler*innen auch ein wichtiges Prinzip sprachsensiblen *Scaffoldings* (Hammond & Gibbons, 2005).

Fachsprachliche Termini – Texte an die Freundin

Die Schüler*innen der Interventionsgruppe verwenden in den Texten an die Freundin eine etwas größere Anzahl fachsprachlicher Termini als die Schüler*innen der Kontrollgruppe (s. Tabelle 41). Wenngleich dieser Unterschied ebenfalls nicht statistisch signifikant ausfällt, lässt sich für die betrachtete Teilstichprobe eine erhöhte Tendenz der Interventionsgruppen-Schüler*innen erkennen, die neuen Fachkonzepte der Freundin auch mithilfe von fachsprachlichen Termini zu erklären. Dieser Befund spricht m.E. dafür, dass es einigen Schüler*innen durch den *Disaggregate-Instruction-Ansatz* besser gelingt, einer Freundin neu erlernte Fachkonzepte mithilfe neu erarbeiteter Fachtermini zu kommunizieren.

Umgangssprachliche Termini – Texte an die Freundin

Die Berechnungen zeigen bezüglich der Texte an die Freundin, dass die Schüler*innen tendenziell – wenngleich nicht in statistisch signifikantem Maße – weniger umgangssprachliche Termini verwenden, wenn sie der Interventionsgruppe angehörten (s. Tabelle 42). Betrachtet man dieses Ergebnis zusammen mit der höheren Anzahl fachsprachlicher Termini (s. Tabelle 41), so lässt sich vermuten, dass die Schüler*innen der Interventionsgruppe durch den *Disaggregate-Instruction-Ansatz* in die Lage versetzt werden konnten, neu erarbeitete Fachkonzepte ihrer Freundin durch eine insgesamt stärker fachsprachlich geprägte Erklärung näherzubringen.

Zwischenfazit

Trotz der diskutierten Unterschiede innerhalb der dieser Studie zugrundeliegenden Stichprobe lässt sich resümieren, dass beide sprachsensiblen Unterrichtsansätze die Schüler*innen in gleichem Maße zur Herstellung von Adressatenorientierung befähigen, indem sie den Gebrauch geeigneter umgangs- und fachsprachlicher Terminologie gezielt variieren. Mit Blick auf Forschungsfrage 4c und die in Abschnitt 5.2 formulierten, korrespondierenden Hypothesen ist festzustellen, dass die Nullhypothese H_{0-4} (s. Abschn. 5.2) anzunehmen ist: Welcher der beiden betrachteten sprachsensiblen Unterrichtsansätze angewendet wurde, übt keinen nachweislichen Einfluss auf die chemiebezogenen, kommunikativen Kompetenzen der Schüler*innen am Ende der Unterrichtsreihe aus. Da im Zuge der Unterrichtsreihe das Formulieren adressatenorientierter Texte nicht explizit geübt wurde und in den beiden offenen Aufgaben im Post-Test auch nicht ausdrücklich verlangt war, könnte dieser Befund potenziell auch auf die fehlende Vertrautheit der Schüler*innen mit dem Aufgabenformat zurückgeführt werden.

In den in Abschnitt 14.1 diskutierten Ergebnissen liegt der Fokus maßgeblich darauf, wie Schüler*innen unterschiedliche sprachliche Register einsetzen, um die beiden Adressat*innen gezielt mit ihrer Erklärung anzusprechen. Im folgenden Kapitel diskutiere ich vier prototypische Texttypen, die im Zuge der Datenanalysen identifiziert wurden. In diesem Zusammenhang fokussiere ich darauf, in welchem Verhältnis umgangs- zu fachsprachliche Termini pro Text verwendet wurden und welche Schlüsse sich daraus für die Fähigkeit zur Adressatenorientierung ableiten lassen.

14.2 Diskussion von ausgewählten Fallbeispielen zur Illustration adressatenorientierter Kommunikation

Aus der graphischen Darstellung des Verhältnisses von umgangssprachlichen Termini pro Text zu fachsprachlichen Termini pro Text (s. Abbildung 26 in Abschn. 12.3) lassen sich vier Texttypen ableiten, die sich durch die verwendete Terminologie charakterisieren lassen. Anhand von Beispieltexten werde ich die in Abschnitt 14.1 diskutierten Erkenntnisse zur adressatenorientierten Kommunikation illustrieren. Dabei werde ich nach Hinweisen suchen, inwiefern die Fähigkeit zur Adressatenorientierung in Abhängigkeit vom fachlichen Lernzuwachs oder dem C-Test-Score variiert.

14.2.1 Texttyp I: Viele umgangssprachliche und viele fachsprachliche Termini

Der erste Beispieltext stammt von der Schülerin bzw. dem Schüler mit dem Code ANSO15 aus der Kontrollgruppe einer gymnasialen Klasse. Die Schülerin bzw. der Schüler weist einen großen Lernzuwachs von acht Punkten zwischen Prä- und Post-Test auf und zählt mit einem C-Test-Score von 91 zu der Gruppe von Schüler*innen mit überdurchschnittlichen Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch. Der an die Freundin gerichtete Text ist mit 105 Wörtern überdurchschnittlich lang und enthält sechs umgangssprachliche sowie sechs fachsprachliche Termini. Damit zählt der Text zu einer relativ kleinen Gruppe von Texten, die sich sowohl durch eine verhältnismäßig hohe Anzahl umgangssprachlicher als auch fachsprachlicher Termini auszeichnen.

Die hohe und vor allem ausgewogene Anzahl der Termini verschiedener Register kommt vor allem dadurch zustande, dass die Schülerin bzw. der Schüler das gleiche Fachkonzept sowohl umgangs- als auch fachsprachlich ausdrückt. So wird zu Beginn der Aufbau von Salzen aus positiv und negativ geladenen Teilchen durch umgangssprachliche Termini beschrieben (s. Tabelle 43; Zeilen 1-2). Direkt im Anschluss führt die Schülerin bzw. der Schüler die Fachtermini *Ionen*, *Kationen* und *Anionen*

ein (s. Tabelle 43; Zeilen 2-3). Als Nächstes wird die Anordnung der Ionen mit dem umgangssprachlichen Terminus *Gitter* verglichen (s. Tabelle 43; Zeile 5), welcher dann ebenfalls durch den Fachterminus *Kristallgitter* (s. Tabelle 43; Zeile 6) ergänzt wird. Auch die fachsprachlichen Termini *Hydrathülle* (s. Tabelle 43; Zeile 11) und *Hydratation* (s. Tabelle 43; Zeile 15) werden zunächst umgangssprachlich eingeführt. Lediglich die umgangssprachliche Beschreibung in Zeile 7 zur Anziehung geladener Teilchen wird nicht durch den zu erwartenden Fachterminus *Ionenbindung* ergänzt. Dieser Terminus nahm in der Unterrichtsreihe eine vergleichsweise weniger prominente Rolle ein und war der Schülerin bzw. dem Schüler an dieser Stelle möglicherweise nicht geläufig. Nichtsdestotrotz lässt die Verknüpfung der umgangssprachlichen Termini mit den neu erarbeiteten Fachtermini einen hohen Grad an Adressatenorientierung erkennen.

Obwohl der Text von einer Schülerin bzw. einem Schüler aus der Kontrollgruppe stammt, lässt sich ein Vorgehen erkennen, das dem des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* ähnelt: Fachkonzepte werden zunächst mithilfe bereits geläufiger Termini eingeführt und anschließend um die neuen Fachtermini ergänzt (Brown et al., 2010). Diese Beobachtung deutet darauf hin, dass der *Scaffolding*-Ansatz Schüler*innen möglicherweise in umfangreichem Maße über die Bedeutung und Verwendung verschiedener sprachlicher Register aufklärt (Hammond & Gibbons, 2005) und der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* diesbezüglich zumindest keinen zusätzlichen Vorteil bietet.

Potenziell lässt sich die adressatenorientierte Erklärung der Fachkonzepte mittels umgangs- und fachsprachlicher Termini auch auf die sehr fortgeschrittenen sprachlichen Kompetenzen und die positive fachwissenschaftliche Kompetenzentwicklung der Schülerin bzw. des Schülers zurückführen. Das Fallbeispiel zeigt, dass bestimmte Schüler*innen chemische Sachverhalte adressatenorientiert erklären können, ohne dass sie vorher an Unterricht nach dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* teilgenommen haben.

14.2.2 Texttyp II: Viele umgangssprachliche und wenige fachsprachliche Termini

Der Text der Schülerin bzw. des Schülers mit dem Code MIL12 aus der Interventionsgruppe eines Gymnasiums weist eine Textlänge von 109 Wörtern auf. Die Schülerin bzw. der Schüler verzeichnet einen hohen Lernzuwachs von zehn Punkten und einen überdurchschnittlichen C-Test-Score von 89. Auffällig und charakteristisch für

diesen Texttyp ist, dass die Schülerin bzw. der Schüler in diesem Text ausschließlich umgangssprachliche und keine fachsprachlichen Termini verwendet hat.

Zu Beginn des Textes erklärt die Schülerin bzw. der Schüler den submikroskopischen Aufbau von Salzen sehr inhaltsdicht und bezieht sich dabei anhand umgangssprachlicher Termini auf die Konzepte: *geladene Teilchen*, *gegenseitige Anziehung der entgegengesetzt geladenen Teilchen* und *Anordnung der Teilchen im Gitter* (s. Tabelle 44; Zeilen 1-3). Im weiteren Verlauf der Erklärung verwendet die Schülerin bzw. der Schüler konsequent den umgangssprachlichen Terminus *geladene Teilchen* und führt keine der neu erarbeiteten Fachtermini ein.

Da der Text auch über diesen Befund hinaus eher alltagssprachlich geprägt ist („stück für stück“ in Zeile 7; „umringt“ in Zeile 12), lässt sich schlussfolgern, dass die Schülerin bzw. der Schüler ganz bewusst an die sprachlichen Voraussetzungen auf Seiten der adressierten Person anknüpfen möchte. Der sehr große Lernzuwachs und die überdurchschnittlichen Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch deuten darauf hin, dass die Schülerin bzw. der Schüler das umgangssprachliche Register sehr bewusst wählt. Da die Schülerin bzw. der Schüler am Unterricht der Interventionsgruppe teilgenommen hat, kann zudem angenommen werden, dass die Erklärung der Fachkonzepte vor allem mittels umgangssprachlicher Termini auch auf die Wirkung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* zurückzuführen ist. Möglicherweise hat die Schülerin bzw. der Schüler erkannt, dass sich unbekannte Fachkonzepte einer anderen Person adäquat und verständlich über ein sprachliches Register kommunizieren lassen, das der Adressatin bzw. dem Adressaten bereits geläufig ist.

14.2.3 Texttyp III: Wenige umgangssprachliche und viele fachsprachliche Termini

Der Text der Schülerin bzw. des Schülers an eine Lehrkraft mit dem Code OVNA26 aus der Interventionsgruppe eines Gymnasiums umfasst 77 Wörter. Die Schülerin bzw. der Schüler erreichte einen Lernzuwachs von drei Punkten, wobei der Wert im Prä-Test mit neun Punkten bereits überdurchschnittlich groß ist. Der C-Test-Score fällt mit einem Wert von 85 überdurchschnittlich aus. Bezogen auf die Wortanzahl verwendet die Schülerin bzw. der Schüler eine hohe Anzahl relevanter Termini: einen umgangssprachlichen Terminus und acht fachsprachliche Termini (s. Tabelle 45).

Dass der Text auf der Wortebene dermaßen fachsprachlich geprägt ist, überrascht nicht, wenn berücksichtigt wird, dass mit der Erklärung der Chemielehrer adressiert wird. Die Schülerin bzw. der Schüler nutzt von Beginn an nahezu ausschließlich

Fachtermini, die im Rahmen der Unterrichtsreihe neu erarbeitet wurden. So wird der submikroskopische Aufbau von Salzen mithilfe der Termini *Ionen* (s. Tabelle 45; Zeile 1), *Anionen*, *Kationen* (s. Tabelle 45; Zeile 2), *Kristallgitter* (s. Tabelle 45; Zeile 3) und *Ionenbindung* (s. Tabelle 45; Zeile 5) sehr kompakt erläutert. Im gesamten Text werden die verschiedenen Teilchensorten durchgehend als *Ionen* und *Moleküle* und nicht umgangssprachlich als (*geladene*) *Teilchen* bezeichnet. Auch dieser Befund deutet darauf hin, dass die Schülerin bzw. der Schüler gezielt den Lehrer adressiert, der über umfangreiches (begriffliches) Wissen hinsichtlich des Themas verfügt. Andererseits werden beispielsweise *Anionen* und *Kationen* an keiner Stelle genauer als *negativ* und *positiv geladene Ionen* oder *Teilchen* charakterisiert, was auch bedeuten könnte, dass die Schülerin bzw. der Schüler durch die Fachtermini unvollständiges Konzeptwissen zu verschleiern versucht (Brown et al., 2010, S. 1483; Ryoo, 2015, S. 38). Der relativ geringe Lernzuwachs könnte ein zusätzliches Indiz für diese Schlussfolgerung sein, wenngleich sich die Scores im Prä- und Post-Test auf einem relativ hohen Niveau bewegen.

Auffällig sind zudem einzelne Segmente, die einen eher alltagssprachlichen Charakter aufweisen, z. B. „Salz hat ganz viele kleine Ionen“ (s. Tabelle 45; Zeile 1), „[w]enn das Natriumchlorid in das Wasser kommt“ (s. Tabelle 45; Zeilen 6-7) oder „Das machen sie so lange“ (s. Tabelle 45; Zeilen 11-12). Aus diesen Passagen wird ersichtlich, dass es der Schülerin bzw. dem Schüler dank der neu erarbeiteten Termini zwar gelingt, auf der Wortebene sehr fachsprachlich zu argumentieren, sie bzw. er auf der Satzebene jedoch in Teilen auf ein alltagssprachliches Register zurückgreift und animistisch argumentiert. Somit lässt sich resümieren, dass es der Schülerin bzw. dem Schüler gelungen ist, einen hinsichtlich der Terminologie sehr adressatenorientierten Text zu verfassen, der auf der Satzebene jedoch weniger adressatenorientiert wirkt. Unter Beachtung dessen, dass der Fokus der Unterrichtsreihe auf der Einführung neu zu erlernender Fachterminologie lag, hat die Schülerin bzw. der Schüler diesem Aspekt in der Formulierung der Erklärung offensichtlich eine besonders hohe Bedeutung beigemessen.

14.2.4 Texttyp IV: Wenige umgangssprachliche und wenige fachsprachliche Termini

Der Text der Schülerin bzw. des Schülers an eine Freundin mit dem Code LUPA28 aus der Interventionsgruppe einer Integrierten Sekundarschulklasse ist mit 52 Wörtern unterdurchschnittlich lang. Der Lernzuwachs der Schülerin bzw. des Schülers lässt sich mit neun Punkten als hoch einschätzen, während der C-Test-Score von 28 weit unter dem Durchschnitt – sowohl bezogen auf die Gesamtstichprobe als auch

auf die Teilstichprobe der ISS-Schüler*innen – liegt. Bezüglich der für die Analysen besonders relevanten Termini (s. Tabelle 3) lässt sich in diesem Text lediglich der umgangssprachliche Terminus *Salz* direkt zu Beginn der Erklärung identifizieren (s. Tabelle 46; Zeile 1).

Insgesamt bleibt die Erklärung in diesem Text sehr vage und schwer verständlich. Die Schülerin bzw. der Schüler beschreibt den submikroskopischen Aufbau von Salzen und dem Stoff Wasser nicht näher. Sie bzw. er benennt jeweils lediglich die beteiligten Teilchen als „Wasser-Moleküle[m]“ [sic] (s. Tabelle 46; Zeile 6) und inkorrekt Weise als „Salz-Moleküle[n]“ (s. Tabelle 46; Zeile 7). Die Schülerin bzw. der Schüler beschreibt den Prozess des Lösens ebenfalls nur sehr knapp und thematisiert vor allem, dass sich die Wassermoleküle um die „salzmoleküle“ [sic] (s. Tabelle 46; Zeilen 8-9) anordnen.

Dieser Text steht als Beispiel stellvertretend für eine Gruppe von Texten, in denen die Schüler*innen nur in sehr geringfügigem Maße auf die während der Unterrichtsreihe erarbeiteten Termini zurückgreifen, und zwar weder auf die umgangssprachlichen noch auf die fachsprachlichen. Die Frage, warum es der Schülerin bzw. dem Schüler nicht gelingt oder sie bzw. er es nicht beabsichtigt, die umgangs- und fachsprachlichen Termini zu verwenden, schließt sich folgerichtig an. Eine naheliegende Erklärung ist, dass die Schülerin bzw. der Schüler die relevanten Fachkonzepte zum Aufbau und Lösen von Salzen nicht in dem Maße verinnerlichen konnte, um sie im Anschluss an die Unterrichtsreihe einer anderen Person zu vermitteln. Für diese Vermutung spricht beispielsweise die fachlich inkorrekte Bezeichnung von Ionen des Salzes als Salzmoleküle (s. Tabelle 46; Zeilen 7 und 9). Gegen diese Annahme spricht in diesem Fall jedoch der überdurchschnittlich große Lernzuwachs.

Eine weitere mögliche Ursache könnte in der Absicht der Schülerin bzw. des Schülers begründet liegen, sich so akribisch wie möglich an die Sprache der Freundin anzupassen. Da die Freundin vor der Unterrichtsreihe noch nicht mit geladenen Teilchen (Ionen) als Teilchensorte vertraut ist, könnte mit dem Terminus des Salzmoleküls das Ziel verfolgt werden, den Verbund einzelner Salzteilchen verständlich auszudrücken. Dass die Schülerin bzw. der Schüler jedoch einen sehr kleinen C-Test-Score aufweist, spricht eher für die These, dass sie bzw. er nicht über die notwendigen sprachlichen Ressourcen verfügt, um eine differenziertere, verständliche Erklärung zu formulieren.

14.3 Zusammenfassung

In Kapitel 14 habe ich die chemiebezogenen kommunikativen Kompetenzen der Schüler*innen detailliert betrachtet und diskutiert. Dabei ging es maßgeblich um die Frage, welche Terminologie die Schüler*innen am Ende der Unterrichtsreihe im Rahmen von zwei offenen Schreibaufgaben für die Erklärung des Lösevorgangs von Salzen in Wasser an unterschiedliche Adressat*innen anwendeten. Anhand qualitativer Inhaltsanalysen und anschließender regressionsanalytischer Auswertung konnte aufgezeigt werden, dass die Schüler*innen in unterschiedlichem Maße auf umgangs- und fachsprachliche Termini zurückgreifen, je nachdem ob sie eine Freundin oder ihren Chemielehrer adressieren (s. Abschn. 14.1.1). Die Fähigkeit, sprachliche Register adressatenorientiert zu variieren, zeigte sich sowohl in den Texten von Schüler*innen der Interventionsgruppe (s. Abschn. 14.1.2) als auch in den Texten von Schüler*innen der Kontrollgruppe (s. Abschn. 14.1.3). Die Erwartung, dass Schüler*innen, die am Unterricht nach dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* teilgenommen, in der Lage sind, das umgangs- und das fachsprachliche Register adressatenorientierter einzusetzen, hat sich nicht erfüllt. Hinsichtlich der Forschungsfrage 4 ist dementsprechend zu konstatieren, dass der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* die Fähigkeit der Schüler*innen zur Adressatenorientierung nicht besser zu fördern vermag als sprachsensibles *Scaffolding* alleine (s. Abschn. 14.1.4).

In Abschnitt 14.2 habe ich basierend auf dem Verhältnis von umgangs- zu fachsprachlichen Termini pro Text vier Texttypen (s. Abschn. 14.2.1 bis 14.2.4) anhand von Fallbeispielen beleuchtet. Die vier Fallbeispiele variieren bezüglich der Herangehensweise zur Herstellung von Adressatenorientierung erkennbar hinsichtlich der verwendeten Terminologie. Die Beispieltexthe illustrieren unterschiedliche Wege, auf denen die Schüler*innen versuchen, der jeweils adressierten Person den Lösevorgang von Salzen in Wasser durch die gezielte Wahl sprachlicher Register auf der Wortebene verständlich zu machen. Die Qualität der Adressatenorientierung hängt dabei augenscheinlich mehr von den sprachlichen Ressourcen der Schüler*innen sowie ihrem Wissensstand ab, als von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes, an dem sie im Vorfeld der Bearbeitung der Aufgaben teilgenommen haben.

15 Methodenkritik und Limitationen der Studie

Im Rahmen der vorliegenden Studie konnten neue Erkenntnisse zur Bedeutung sprachsensiblen Chemieunterrichts für den Erwerb fachwissenschaftlicher und fachbezogener kommunikativer Kompetenzen von Schüler*innen der Sekundarstufe I gewonnen werden. Um belastbare Befunde erhalten zu können, bedurfte es eines theoretisch fundierten, bedarfsgerechten Studiendesigns sowie geeigneter Testinstrumente und Analyseverfahren. Wenngleich die relevanten methodischen Entscheidungen nach sorgsamer Abwägung und mit dem Ziel getroffen wurden, die Forschungsfragen bestmöglich beantworten zu können, ist diese Studie wie jede andere Forschungsarbeit nicht frei von Limitationen und Grenzen. Diese möchte ich im Folgenden benennen und mit Blick auf die Aussagekraft der Ergebnisse diskutieren.

Die Entscheidung, als Untersuchungsleiter den Unterricht selbst durchzuführen, wurde mit Blick auf die potenziell erheblichen unterrichtspraktischen und einstellungsbezogenen Unterschiede zwischen verschiedenen Lehrkräften bewusst getroffen (Bayraktar, 2001; Theyßen, 2014). Besonders mit Blick auf die häufig sehr beständigen unterrichtlichen Überzeugungen von Pädagog*innen und die relativ weit verbreitete Skepsis gegenüber innovativen Unterrichtsansätzen (Kunter et al., 2020) erschien diese Entscheidung weitgehend alternativlos. Wenngleich Kritik dahingehend geäußert werden könnte, dass der Untersuchungsleiter als Lehrkraft den Unterricht zugunsten der Interventionsgruppe beeinflussen könnte, wurden diesbezüglich besondere Vorkehrungen getroffen (s. Kap. 7). Der Unterricht wurde für beide Untersuchungsgruppen in Zusammenarbeit mit erfahrenen Lehrkräften konzipiert. Darüber hinaus wurden die Planungsüberlegungen und getroffenen Entscheidungen im Rahmen der vorliegenden Dissertation transparent und umfangreich entfaltet. Es wurde sichergestellt, dass der Unterricht zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe lediglich mit Blick auf die An- bzw. Abwesenheit des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* variiert und das weitere methodische Vorgehen in beiden Gruppen übereinstimmt. Die nahezu identischen Lernzuwächse beider Teilstichproben (s. Abschn. 11.2.2) lassen darauf schließen, dass der Unterricht tatsächlich sehr ähnlich abgelaufen ist und den Schüler*innen beider Untersuchungsgruppen den Erwerb fachlichen Wissens in gleichem Maße ermöglichte.

Die Entscheidung, eine möglichst heterogene Stichprobe – vor allem mit Blick auf die (bildungs-)sprachlichen Kompetenzen der Lernenden – zu generieren, ermöglichte

differenzierte Analysen anhand eines breiten Spektrums von Scores im C-Test sowie schulformspezifische Betrachtungen (s. Abschn. 11.6). Diese Analysen offenbarten, dass der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* in besonderem Maße für Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen mit niedrigen C-Test-Scores wirksam ist. Da erst durch den Einschluss verschiedener gymnasialer und nicht-gymnasialer Schulklassen solche tiefgehenden Untersuchungen möglich wurden, hat sich das gewählte Verfahren bei der Zusammenstellung der Stichprobe als äußerst gewinnbringend herausgestellt. Nichtsdestotrotz ist der großen leistungs- (s. Abschn. 11.2.3) und sprachbezogenen (s. Abschn. 11.3.3) Diversität der Stichprobe möglicherweise ein nicht unerheblicher Beitrag zum substanziellen Drop-Out (s. Abschn. 10.3) von Teilnehmenden zuzuschreiben. Da die Unterrichtsplanung für alle teilnehmenden Klassen identisch war, könnte der hohe Drop-Out unter den Klassen Integrierter Sekundarschulen in Teilen auf Frustration bzw. fehlende Motivation bei der Bearbeitung des Post-Tests am Ende der Unterrichtsreihe zurückzuführen sein.

Insgesamt lässt sich zur Konzeption der Unterrichtsreihe – sowohl mit als auch ohne Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* – konstatieren, dass ihr von den beteiligten Fachlehrkräften, die den Unterricht in ihren Klassen hospitierten, eine allgemein sehr hohe Qualität zugeschrieben wurde. Vor allem die Verzahnung sprachlichen und fachlichen Lernens, die Aktivierung der Schüler*innen sowie die Vielfalt unterschiedlicher Methoden wurden besonders positiv hervorgehoben. Neben einer zu verbessernden Passung zwischen dem Niveau des Unterrichts und den divergierenden Lernvoraussetzungen auf Seiten der gymnasialen und nicht-gymnasialen Schüler*innen (s. oben) lässt sich auch über wenige weitere Aspekte der Unterrichtsreihe mit Optimierungsbedarf diskutieren. So zeigte sich vor allem in den Texten zum Lösevorgang, dass viele Schüler*innen den Prozess als Aneinanderreihung separater Schritte beschreiben und eher selten als einen konzertierten Ablauf, der der fachwissenschaftlichen Sichtweise besser entsprechen würde (s. Abschn. 7.1.3). Dass viele Schüler*innen den Lösevorgang als aufeinanderfolgende Teilprozesse zu verstehen scheinen, ist vermutlich auf die Filmleiste als zentralem Arbeitsmaterial zur Erarbeitung des Lösevorgangs zurückzuführen (s. Abschn. 7.3.3). Die Darstellung des Lösevorgangs in Form von fünf Teilschritten als Filmleiste ist jedoch als Vorgehen seit langer Zeit etabliert (Freiman & Schlieker, 2001) und bietet den entscheidenden Vorteil, verschiedene Repräsentationsformen (bildliche, symbolische und sprachliche) gewinnbringend miteinander zu verknüpfen (Leisen, 2015). Dass der Verwendung von Filmleisten oder sogenannten Bildfolgen auch aktuell noch eine wichtige Bedeutung beigemessen wird, zeigt beispielsweise eine Lernaufgabe, die zur Illustration der weiterentwickelten Bildungsstandards für das Fach Chemie (KMK, 2024) konzipiert wurde (IQB, o. J., S. 8). In dieser Aufgabe sollen die Schüler*innen

das Lösen von Natriumchlorid in Wasser erklären, dabei geeignete Modellvorstellungen einbringen und ihre Ergebnisse in Form einer Bilderfolge festhalten (IQB, o. J., S. 8). Neben der schrittweisen Darstellung des Lösevorgangs anhand von Abbildungen verdeutlicht die Lernaufgabe außerdem, dass die Erklärung des Lösens von Salzen in Wasser mithilfe von Modellvorstellungen – wie in den offenen Schreibaufgaben (s. Abschn. 8.3) gefordert – als zentrale Kompetenz von Schüler*innen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I betrachtet werden kann.

Der erhebliche Drop-Out von etwa 33 % bezogen auf den Forschungsfokus *Fachwissen* (s. Kap. 11) und sogar von etwa 64 % hinsichtlich des Forschungsfokus *kommunikative Kompetenzen* (s. Kap. 12) lässt sich neben den hohen Anforderungen der Unterrichtsreihe und krankheitsbedingten Ausfällen einzelner Schüler*innen vermutlich auch mit der Beschaffenheit der Testinstrumente und dem Zeitpunkt des Einsatzes begründen (s. Kap. 8). Vor allem die Bearbeitung des Post-Tests, bestehend aus dem Fachwissenstest und den beiden offenen Schreibaufgaben, direkt am Ende der Unterrichtsreihe stellte einige Schüler*innen offensichtlich vor große Herausforderungen. Eine naheliegende Erklärung für den sehr überschaubaren Rücklauf hinsichtlich der beiden offenen Aufgaben bieten Befunde zum Schreiben im Chemieunterricht, welches nachweislich nur selten von Chemielehrkräften eingesetzt wird und mit hohen Anforderungen einhergeht (Beerenwinkel et al., 2016, 2017). Auch die besondere Aufgabenstellung, bei der eine Erklärung zum gleichen Sachverhalt für zwei unterschiedliche Adressat*innen formuliert werden sollte (s. Abschn. 8.3), stieß bei einigen Schüler*innen auf Unverständnis und Verwirrung. Die Fragebögen, bei denen entweder nur einer der beiden Texte verfasst wurde oder bei denen kommentiert wurde, dass der Text für beide Adressat*innen der Gleiche sei, drücken die fehlende Vertrautheit mit dem Aufgabenformat aus. Dass die Förderung der Fähigkeit zur Adressatenorientierung keinen Fokus der Unterrichtsreihe bildete, sondern vorrangig dem Hervorrufen der fach- und umgangssprachlichen Termini diene, könnte sich ebenfalls nachteilig auf den Rücklauf ausgewirkt haben.

Ein weiterer Aspekt zur Erklärung des Drop-Outs steht in Verbindung mit der zeitlichen Organisation der Unterrichtsreihe. Für die Durchführung des Unterrichts waren in Absprache mit den jeweiligen Fachlehrkräften zwei unterschiedliche Varianten vorgesehen (s. Abschn. 10.1). Die Variante B (integriert in die Stundentafel) hatte gegenüber der kompakten Variante A (an zwei aufeinanderfolgenden Tagen) den Nachteil, dass die Daten von Schüler*innen, sobald sie entweder zu einem der Testzeitpunkte oder an einem der Unterrichtstage abwesend waren, aus den Analysen ausgeschlossen wurden. Für zukünftige Untersuchungen sollte folglich die kompakte Variante A bevorzugt angewendet werden.

Die Addition der beschriebenen Einschränkungen führt dazu, dass die erhaltenen Ergebnisse – vor allem mit Blick auf den substanziellen Drop-Out – mit einer gewissen Vorsicht interpretiert werden sollten. Die Studie zeichnet sich vor allem durch ihr solides Studiendesign, eine beachtliche Stichprobengröße sowie differenzierte Analyseverfahren in einem besonderen Maße aus.

16 Ausblick

Die in den Kapiteln 11 bis 14 dargelegten und diskutierten Erkenntnisse der vorliegenden Interventionsstudie bieten vielfältige Möglichkeiten, sowohl weitere Forschungsaktivitäten als auch Bestrebungen zur Implementation in die Schulpraxis zu forcieren. In den folgenden beiden Kapiteln skizziere ich diesbezüglich Vorschläge, auf welche Weise mit den Befunden gewinnbringend weitergearbeitet werden kann.

16.1 Implikationen für weiterführende Forschungstätigkeiten

Neben den in Teilen erwartungskonformen, aber mitunter auch überraschenden Antworten auf die eingangs formulierten Forschungsfragen (s. Abschn. 5.2) ergeben sich aus der vorliegenden Studie selbstverständlich Ideen und Impulse für weitere Forschungstätigkeiten im Feld der Sprachbildung im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Zunächst wäre zu prüfen, ob sich die charakteristischen Effekte des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* auf die Lernzuwächse von Schüler*innen integrierter Sekundarschulen (oder sogar darüber hinaus) auch nachweisen lassen, wenn der Unterricht zu einem anderen inhaltlichen Schwerpunkt als dem Aufbau und Lösen von Salzen konzipiert wird. Die Themenwahl erfolgte mit Blick auf die inhaltlichen und fachsprachlichen Ansprüche und die günstigen Gegebenheiten im erweiterten Chemieanfangsunterricht sehr bewusst (s. Abschn. 6.3). Nichtsdestotrotz könnten sich sowohl die inhaltliche Struktur und die fachsprachlichen Anforderungen des Themenfeldes als auch der konkrete Zeitpunkt in der chemieunterrichtlichen Schulbiographie auf die Effekte auswirken. Um die gewonnenen Erkenntnisse auf eine breitere empirische Basis zu stellen, wären beispielsweise Interventionen im frühen Chemieanfangsunterricht (z. B. im Themenfeld Metalle) oder zum Ende der Sekundarstufe I (z. B. im Themenfeld Kohlenwasserstoffe) wünschenswert. Darüber hinaus sollte in weiteren Studien die zeitliche Dauer der Intervention verstärkt ins Auge gefasst werden. Wenngleich die Länge der Unterrichtsreihe gegenüber den Arbeiten von Brown et al. (2010) verbessert wurde, entfaltet sich eine lernförderlichere Wirkung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* möglicherweise erst bei einer dauerhaften Anwendung.

Bezugnehmend auf die Ausführungen zu den Möglichkeiten des Transfers der Erkenntnisse auf die Unterrichtspraxis wäre in einem nächsten Schritt zu untersuchen, inwieweit die Effekte bestätigt werden können, wenn der Ansatz im Unterricht durch

qualifizierte Lehrkräfte realisiert wird. Prediger (2022) konnte im Rahmen einer Implementationsstudie anhand von Intraklassenkorrelationen beispielsweise zeigen, dass 32 Prozent der Varianz zwischen Schüler*innen durch die Zugehörigkeit zu einer Schulklasse (und damit einer spezifischen Lehrkraft) erklärt werden. Als Reaktion auf diesen Befund wurde eine qualitative Videostudie konzipiert, die Aufschlüsse darüber ermöglichte, welche sprachlichen und inhaltlichen Merkmale der Unterrichtsinteraktion mit verschiedenen Lehrkräften korrespondieren und so die relativ große Intraklassenkorrelation erklären (Prediger, 2022).

Der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* hat sich für Schüler*innen integrierter Sekundarschulen mit unterdurchschnittlichen Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch als wirksamer gegenüber sprachsensiblen *Scaffolding* und damit als besonders lernförderlich erwiesen (s. Abschn. 11.6). Daher bleibt die Frage offen, ob für andere Schüler*innengruppen möglicherweise andere sprachensible Unterrichtskonzeptionen potenziell noch effektivere Unterstützung bieten. Weitere innovative Konzeptionen, wie das *Translanguaging* oder das *Sheltered Instruction and Observation Protocol (SIOP)* (s. Abschn. 3.3), sind zwar bereits ausgearbeitet, jedoch mangelt es bislang an systematisch erhobenen und belastbaren empirischen Befunden zur Wirksamkeit im Rahmen des naturwissenschaftlichen Unterrichts (s. Kap. 3). Mithilfe des in dieser Studie entwickelten Studiendesigns ist es durchaus möglich, andere Ansätze auf die konzipierte Unterrichtsreihe anzuwenden und so zu Ergebnissen zu gelangen, die einen Vergleich der Wirksamkeit des *Scaffoldings* und des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* mit weiteren Ansätzen ermöglichen.

Wenngleich die Erkenntnisse der vorliegenden Studie lediglich einen Baustein zum Verständnis der Wirksamkeit sprachsensiblen naturwissenschaftlichen Unterrichts auf die Lernerfolge sprachlich diverser Schüler*innengruppen ermöglichen, ist die Bedeutung systematischer, empirischer Interventionsstudien nicht zu unterschätzen. Nur wenn mithilfe eines robusten Studiendesigns, geeigneter Stichproben und angemessener Analyseverfahren gesicherte empirische Erkenntnisse gewonnen werden, kann es gelingen, innovative Unterrichtsansätze nachhaltig in die Schul- und Unterrichtspraxis zu transferieren. Besonders im Sinne des Desiderats der Bildungsgerechtigkeit sowie mit Blick auf die fortlaufend sinkenden Leistungen von Schüler*innen mit Zuwanderungshintergründen und/oder unterdurchschnittlichem sozioökonomischem Status (s. Abschn. 2.1) sollte der Evaluation und Implementation lernförderlicher Unterrichtsansätze eine besondere Aufmerksamkeit eingeräumt werden.

16.2 Implikationen für die Schul- und Unterrichtspraxis

Die Implementation innovativer Unterrichtsansätze stellt eine bedeutsame Aufgabe und gleichzeitig eine große Herausforderung sowohl für Bildungsforscher*innen als auch für Unterrichtspraktiker*innen dar (Gogolin & Souvignier, 2021; Hasselhorn et al., 2014). Werden – wie im Fall der vorliegenden Interventionsstudie – neue empirische Erkenntnisse gewonnen, so bedarf es im nächsten Schritt des Transfers der entsprechenden Maßnahmen in die Unterrichtspraxis sowie einer möglichst breit ausgerichteten, nachhaltigen Implementation (Gogolin & Souvignier, 2021, S. 767).

Die Befunde der vorliegenden Arbeit sprechen dafür, dass Unterricht nach dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* gegenüber einem sprachsensiblen Unterricht (gestaltet ausschließlich anhand von *Scaffolding*-Prinzipien) nicht für alle Schüler*innen gleichermaßen wirksamer ist und nicht automatisch zu besseren Lernerfolgen führt (s. Kap. 13 und 14). Für die Gruppe von nicht-gymnasialen Schüler*innen mit unterdurchschnittlichen Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch hat sich der Ansatz jedoch als besonders lernförderlich herausgestellt (s. Abschn. 13.6) und bietet sich für eine Implementation für diese Schülerklientel an.

Gogolin und Souvignier (2021, S. 767) benennen als zentrale Kriterien für einen Transfer von Maßnahmen im Bereich sprachlicher Bildung vor allem die Umsetzbarkeit und Aussicht auf schnell erkennbare Verbesserungen. Mit Blick auf die nicht allzu komplexen Gestaltungsprinzipien (s. Abschn. 4.2) und die nachgewiesenen Effekte am Ende einer acht Unterrichtsstunden umfassenden Intervention scheinen diese beiden Kriterien erreichbar. Es ist folglich durchaus zu erwarten, dass eine langfristige Orientierung eines sprachsensiblen Chemieunterrichts an den Prinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* in Schulklassen, die sich durch verhältnismäßig niedrige Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch auszeichnen, zu einer nachhaltig positiven Entwicklung der fachlichen und fachsprachlichen Kompetenzen der Schüler*innen führt.

Auch über diese Schülerklientel hinaus weisen die Ergebnisse darauf hin, dass sprachsensibler Chemieunterricht – in diesem Fall unabhängig davon, welcher konkrete Ansatz letztendlich praktiziert wird – Schüler*innen hinsichtlich ihrer fachlichen Kompetenzentwicklung besonders fördert (s. Abschn. 13.2). In Anknüpfung an das systematische Literaturreview von Höfler et al. (2023) zur Wirksamkeit sprachsensibler Unterrichtsansätze kann anhand dieser Studie zwar nicht eingeschätzt werden, wie der Lernerfolg von Schüler*innen in einem vergleichbaren, nicht-sprachsensiblen Unterricht ausgefallen wäre; allerdings deuten die großen Lernzuwächse der Schüler*innen sowohl in der Interventions- als auch der Kontrollgruppe auf eine besondere

Unterstützung durch die sprachensible Gestaltung hin. In Anbetracht der erfreulichen Lernzuwächse scheint sich außerdem die Wahl des Themenfelds „Salze – Gegensätze ziehen sich an“ (SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015, S. 36) rentiert zu haben. Trotz der hohen Anforderungen, bedingt beispielsweise durch die Einführung der neuen Teilchenart Ionen und einer Vielzahl neuer Fachkonzepte und -termini (s. Abschn. 6.3), demonstrieren die Schüler*innen nach Abschluss der Unterrichtsreihe ein hohes Maß an fachwissenschaftlichen Kenntnissen und beachtliche Fähigkeiten in der adressatenorientierten Kommunikation der relevanten Fachkonzepte (s. Kap. 13 und 14).

Die vorliegende Studie hat vor allem mit Blick auf die offenen Schreibaufgaben (s. Abschn. 8.3) und den hohen Drop-Out (s. Abschn. 10.3) offenbart, dass das Schreiben über naturwissenschaftliche Sachverhalte für Schüler*innen – vor allem wenn diese eine Integrierte Sekundarschule besuchen – besonders herausfordernd erscheint. Auf welche Art und Weise das Schreiben gewinnbringend in den Chemieunterricht integriert werden kann, ist bislang nur in Teilen untersucht worden (Beerenwinkel et al., 2016, S. 23). Unterrichtsmaterialien und weitere Unterstützungsangebote, um dem epistemischen Schreiben eine größere Bedeutung einzuräumen, sind notwendig und werden von Lehrkräften allgemein positiv aufgenommen (Beerenwinkel et al., 2016, S. 23). Mit den beiden eigens für diese Studie entwickelten, adressatenorientierten Aufgaben konnte gezeigt werden, dass Schüler*innen chemiebezogene Erklärungen mit Blick auf die adressierte Person bewusst variieren (s. Kap. 14). Aus der Schreibforschung ist bekannt, dass sich das Schreiben für eine*n ganz bestimmte*n Adressat*in positiv auf die Textqualität und die Entwicklung von Schreibkompetenzen auswirkt (Leßmann, 2021, S. 4; Schmitt, 2011, S. 49). Mit Blick auf die Befunde aus dieser Studie lässt sich ergänzen, dass für das adressatenorientierte Schreiben im Chemieunterricht jedoch zumindest basale Schreibkompetenzen notwendig sind und die Ausrichtung an einer bestimmten Person nicht zwangsläufig dazu führt, dass Schüler*innen motiviert werden, schriftliche Texte zu verfassen.

17 Fazit

In der vorliegenden empirischen Interventionsstudie konnte erstmalig Evidenz dafür erbracht werden, dass der im deutschsprachigen Raum noch nicht erprobte *Disaggregate-Instruction-Ansatz* (Brown et al., 2010) Schüler*innen mit ungünstigen Lernvoraussetzungen hinsichtlich ihrer Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch beim Erwerb chemiebezogenen Fachwissens in besonderem Maße unterstützt. Um zu dieser und weiteren Erkenntnissen zu gelangen, bedurfte es

- sorgfältiger Vorüberlegungen zur Bedeutung von Sprache und Kommunikation im naturwissenschaftlichen Unterricht (s. Kap. 1 bis 4),
- theoriebasierter forschungsleitender Fragestellungen mit Fokus auf das besondere Erkenntnisinteresse der Studie (s. Kap. 5),
- eines robusten Studiendesigns inklusiver einer bedarfsorientiert konzipierten Intervention in Form einer sprachsensiblen Unterrichtsreihe, geeigneter Testinstrumente sowie brauchbarer Auswertungsverfahren (s. Kap. 6 bis 9),
- differenzierter Datenanalysen zu den Zusammenhängen der betrachteten Variablen (s. Kap. 10 bis 12) sowie
- einer theoretisch fundierten Diskussion und Interpretation der Ergebnisse zur Beantwortung der Forschungsfragen inklusive möglicher Grenzen des Erkenntnisgewinns (s. Kap. 13 bis 15).

Im Zuge der theoretischen Betrachtungen konnte die besondere Bedeutung der sprachlichen Register der Alltags-, Bildungs- und Fachsprache sowohl im schulischen Bildungskontext (s. Kap. 1) als auch im Rahmen fachbezogener Kommunikation im Chemieunterricht herausgearbeitet werden (s. Kap. 2). Unterrichtsansätze, die dem Zusammenspiel der Register und der Verknüpfung von fachlichem und sprachlichem Lernen besondere Aufmerksamkeit widmen wurden in Kapitel 3 charakterisiert und ihre Wirksamkeit anhand exemplarischer empirischer Studien eingeschätzt. Neben prominenten Ansätzen wurde in Kapitel 4 schließlich der im US-amerikanischen Raum entwickelte *Disaggregate-Instruction-Ansatz* vorgestellt, welcher sich anhand einzelner Studien zu Effekten auf den Lernerfolg von Schüler*innen als besonders vielversprechend erwiesen hat. Aus dem theoriegeleiteten Zwischenfazit gingen insgesamt vier übergeordnete Forschungsfragen hervor, anhand derer die Zusammenhänge zwischen der An- bzw. Abwesenheit des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* und den fachlichen Lernzuwächsen sowie fachbezogenen kommunikativen Kompetenzen der Schüler*innen unter Berücksichtigung weiterer Variablen analysiert werden sollten (s. Kap. 5).

Zur Beantwortung der Forschungsfragen bedurfte es eines vergleichend angelegten Interventionsstudiendesigns, das die Untersuchung der Wirksamkeit des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes (*Scaffolding* mit oder ohne Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes*) auf die abhängigen Variablen ‚fachlicher Lernzuwachs‘ (Forschungsfokus *Fachwissen*) und ‚Gebrauch verschiedener Termini zur Herstellung von Adressatenorientierung‘ (Forschungsfokus *kommunikative Kompetenzen*) ermöglichte. Zunächst wurden die für die Studie relevanten Variablen präzisiert, der Bedarf empirischer Testinstrumente abgeleitet und ein Plan für die Durchführung der Untersuchung, Konzeption der Unterrichtsreihe sowie die Gewinnung der Stichprobe entwickelt (s. Kap. 6). In Kapitel 7 lag der Fokus auf der Gestaltung der Unterrichtsreihe mit dem Titel „Das Tote Meer stirbt!“, welche unter Berücksichtigung zentraler lernpsychologischer und chemiedidaktischer Prinzipien eigens für diese Studie entwickelt wurde. Die Verfahren zur Gewinnung der Daten mithilfe ausgewählter Testinstrumente lassen sich in Kapitel 8 nachlesen. Den Abschluss der methodischen Überlegungen bildet die Entfaltung des geplanten Vorgehens bei der Aufbereitung und Auswertung der Daten in Kapitel 9.

Der tatsächliche Ablauf der Untersuchung, die realisierte Stichprobe und das Vorgehen bei der Aufbereitung des Datenmaterials sind in Kapitel 10 beschrieben. Im anschließenden Kapitel 11 sind die Ergebnisse zum Forschungsfokus *Fachwissen*, also mit Blick auf die Daten aus dem Fachwissenstest und dem C-Test dargelegt. Aus den Analysen geht hervor, dass die Schüler*innen durch die Unterrichtsreihe in statistisch signifikantem Maße Fachwissen zum Aufbau von Salzen und dem Lösen in Wasser erwerben (s. Abschn. 11.2.1). Die Schüler*innen der Interventions- und Kontrollgruppe unterscheiden sich hinsichtlich ihrer fachlichen Lernzuwächse nicht statistisch signifikant voneinander (s. Abschn. 11.2.2), genauso wenig wie Schüler*innen des Gymnasiums und Integrierter Sekundarschulen (s. Abschn. 11.2.3). Bezüglich der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch, die anhand eines normierten C-Tests vor der Unterrichtsreihe gemessen wurden, zeigen sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Schüler*innen der Interventions- und Kontrollgruppe (s. Abschn. 11.3.2), aber dafür zwischen den gymnasialen und nicht-gymnasialen Schüler*innen zugunsten der Schüler*innen des Gymnasiums (s. Abschn. 11.3.3). Die Zusammenhangsanalysen mittels Regressionsmodellen offenbaren in Abschnitt 11.4, dass die fachlichen Lernzuwächse der Schüler*innen umso größer ausfallen, je besser sie im C-Test abschneiden. Werden die fachlichen Lernzuwächse der Schüler*innen in Abhängigkeit von der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes unter Berücksichtigung des C-Test-Scores betrachtet, so zeigt sich sowohl für die Interventions- als auch für die Kontrollgruppe, dass der C-Test-Score die Größe des Lernzuwachses vorhersagt (s. Abschn. 11.5). Der positive Zusammenhang zwischen fachlichen Lernzuwächsen der Schüler*innen und den C-

Test-Scores ist für die Interventionsgruppe tendenziell geringer ausgeprägt; allerdings ist der Unterschied zwischen den beiden Teilstichproben statistisch nicht signifikant. Werden die Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen separat analysiert, so ergibt sich für den Zusammenhang zwischen den fachlichen Lernzuwächsen und dem C-Test-Score ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe (s. Abschn. 11.6). Dieser Unterschied verdeutlicht, dass der C-Test-Score für die Schüler*innen der Interventionsgruppe – im Gegensatz zur Kontrollgruppe – nur noch in sehr begrenztem Maße die Vorhersage der fachlichen Lernzuwächse ermöglicht.

Hinsichtlich des Forschungsfokus *kommunikative Kompetenzen* belegen die Ergebnisse, dass die Schüler*innen erkennbar auf verschiedene sprachliche Register zurückgreifen, wenn sie eine Erklärung an ihren Chemielehrer oder an eine Freundin adressieren (s. Abschn. 12.2.1). Es konnte jedoch keine statistische Evidenz dafür gefunden werden, dass die An- oder Abwesenheit des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* den Gebrauch umgangs- oder fachsprachlicher Termini beeinflusst (s. Abschn. 12.2.4). In Abschnitt 12.3 wurden vier Texttypen identifiziert, in denen die Schüler*innen die unterschiedlichen Register auf charakteristische Weise verwenden.

In Abschnitt 13.1 wird den zur Bearbeitung des Forschungsfokus *Fachwissen* eingesetzten Testinstrumenten anhand der gängigen Testgütekriterien die Eignung zum Einsatz im Rahmen dieser Studie nachgewiesen. Hinsichtlich der Gestaltung des Unterrichts und den Effekten auf die fachlichen Lernzuwächse kann dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* kein grundlegender Vorteil gegenüber Unterricht nach den Prinzipien sprachsensiblen *Scaffoldings* zugeschrieben werden (s. Abschn. 13.2.2). Die Ergebnisse zum Kompetenzstand der Lernenden hinsichtlich ihrer Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch belegen, dass die vorliegende Stichprobe im Mittel dem erwartbaren Niveau einer achten Jahrgangsstufe entspricht (s. Abschn. 13.3.1) und dass außerdem eine erhebliche Varianz zwischen gymnasialen und nicht-gymnasialen Schüler*innen besteht (s. Abschn. 13.3.3). Ebenfalls in Übereinstimmung mit Schulleistungsstudien konnte ein positiver Zusammenhang zwischen den fachlichen Lernzuwächsen der Schüler*innen und ihren Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch identifiziert werden (s. Abschn. 13.4). Je fortgeschrittener diese sprachlichen Kompetenzen einer Schülerin bzw. eines Schülers sind, desto größere fachliche Lernzuwächse sind folglich zu erwarten. Aus den weiteren Analysen unter Berücksichtigung der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes lässt sich schlussfolgern, dass die An- bzw. Abwesenheit des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* allgemein keinen nennenswerten Einfluss auf den Zusammen-

hang zwischen den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch und den fachlichen Lernzuwächsen ausübt (s. Abschn. 13.5). Für die Teilstichprobe der Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen (im Gegensatz zu den Schüler*innen des Gymnasiums) konnte jedoch nachgewiesen werden, dass der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* Schüler*innen dabei unterstützt, unabhängig von ihren Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch nahezu identische fachliche Lernzuwächse zu erreichen (s. Abschn. 13.6).

Hinsichtlich des Forschungsfokus *kommunikative Kompetenzen* lässt sich die Abwesenheit von bedeutsamen Unterschieden zwischen Interventions- und Kontrollgruppe in der Verwendung umgangs- und fachsprachlicher Termini womöglich darauf zurückführen, dass sprachsensibler Chemieunterricht per se die Bedingungen dafür schafft, dass Schüler*innen die Terminologie adressatenorientiert variieren (s. Abschn. 14.1). Die Anwesenheit des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* mit seinem besonderen Vorgehen bei der Erarbeitung fachlicher Konzepte und der Einführung neuer Fachtermini bewirkt offensichtlich keine zusätzliche Unterstützung bei der adressatenorientierten Kommunikation chemiebezogener Sachverhalte.

Die Betrachtung spezieller prototypischer Fälle anhand der vier identifizierten Texttypen demonstrierte, dass es den Schüler*innen durchaus auf unterschiedliche Weise gelingt, adressatenorientierte Erklärungen zu produzieren (s. Abschn. 14.2). So zeichnen sich die Texttypen II und III dadurch aus, dass (nahezu) ausschließlich umgangssprachliche Termini in den Texten an die Freundin und (nahezu) ausschließlich fachsprachliche Termini in den Texten an den Chemielehrer verwendet werden. Demgegenüber verwenden einige Schüler*innen in ihren Texten an die Freundin sowohl viele umgangs- als auch fachsprachliche Termini, führen die neuen Fachkonzepte also auf einem ähnlichen Wege ein, wie es der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* vorsieht.

Mit Blick auf die Erkenntnisse, die diese empirische Studie zutage gefördert hat, lässt sich resümieren, dass sprachsensibler Chemieunterricht nachweislich den Erwerb fachlichen Wissens fördert. Auf welche Weise und unter Anwendung welches konkreten Unterrichtsansatzes diese Förderung bestmöglich gelingt, hängt in besonderem Maße mit schülerseitigen Voraussetzungen hinsichtlich der Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch zusammen. Für Schüler*innen Integrierter Sekundarschulen, die durch unterdurchschnittliche bildungssprachliche Kompetenzen in ihrer fachbezogenen Leistungsentwicklung häufig stark eingeschränkt sind, stellte sich der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* als außerordentlich gewinnbringend für den Fachwissenserwerb dar. Bezüglich der chemiebezogenen, kommunikativen Kompetenzen, welche am Ende der Unterrichtsreihe betrachtet wurden, wird kein Einfluss des

Disaggregate-Instruction-Ansatzes deutlich. Die statistisch nachgewiesene Fähigkeit der Schüler*innen, die Erklärung des Lösevorgangs von Salzen in Wasser adressatenorientiert zu gestalten, wird nicht dadurch beeinflusst, ob die Schüler*innen in der Unterrichtsreihe gemäß dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* unterrichtet wurden oder nicht.

LITERATUR

- Adamik, F., Bolte, C., N'Sir, I., & Pastille, R. (2011). Diagnose naturwissenschaftsbezogener sprachlicher Kompetenzen. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie* (S. 143–145). Lit.
- Aebli, H. (1983). *Zwölf Grundformen des Lehrens. Eine Allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage*. Klett-Cotta.
- Agel, C., Beese, M., & Krämer, S. (2012). Naturwissenschaftliche Sprachförderung. Ergebnisse einer empirischen Studie. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 65(1), 36–44.
- Ahrenholz, B. (2017). Sprache in der Wissensvermittlung und Wissensaneignung im schulischen Fachunterricht. In B. Lütke, I. Petersen, & T. Tajmel (Hrsg.), *Fachintegrierte Sprachbildung. Forschung, Theoriebildung und Konzepte für die Unterrichtspraxis*. de Gruyter.
- Anderson, J. R. (2007). *Kognitive Psychologie* (J. Funke, Hrsg.; G. Plata, Übers.). Spektrum.
- Anderson, J. R. (2013). *Kognitive Psychologie* (J. Funke, Hrsg.; G. Plata & K. Neuser-von Oettingen, Übers.). Springer.
- Arkin, Y., & Gilat, A. (2000). Dead Sea sinkholes – An ever-developing hazard. *Environmental Geology*, 39(7), 711–722. <https://doi.org/10.1007/s002540050485>
- Arnold, K., Eberle, A., Hein, A., Kronabel, C., Malz, R., Peters, J., & Rehm, H. (2017). *Fokus Chemie. Berlin/Brandenburg 7/8 [Schülerbuch]* (1. Aufl.). Cornelsen.
- Asmar, B. N. (2003). The Science and Politics of the Dead Sea: Red Sea Canal or Pipeline. *The Journal of Environment & Development*, 12(3), 325–339. <https://doi.org/10.1177/1070496503255576>
- Asmar, B. N., & Ergenzinger, P. (2002). Dynamic simulation of the Dead Sea. *Advances in Water Resources*, 25(3), 263–277. [https://doi.org/10.1016/S0309-1708\(01\)00063-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1708(01)00063-X)
- Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik: Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Springer.
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). *Fitting Linear Mixed-Effects Models using lme4*. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.1406.5823>
- Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Stanat, P., Tillmann, K.-J., & Weiß, M. (Hrsg.). (2001). *PISA 2000*. Leske + Budrich. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-83412-6>
- Baumert, J., Stanat, P., & Watermann, R. (2006). Schulstruktur und die Entstehung differenzieller Lern- und Entwicklungsmilieus. In J. Baumert, P. Stanat, & R. Watermann (Hrsg.), *Herkunftsbedingte Disparitäten im Bildungswesen: Differenzielle Bildungsprozesse und Probleme der Verteilungsgerechtigkeit* (S. 95–188). VS.

- Baur, R., Goggin, M., & Wrede-Jackes, J. (2013). *Der C-Test: Einsatzmöglichkeiten im Bereich DaZ*. http://maledive.ecml.at/Portals/45/c_test_einsatzmoeglichkeiten_daz.pdf
- Bawab, A. A., Bozeya, A., Abu-Mallouh, S., Abu Irmaileh, B., Daqour, I., & Abu-Zurayk, R. A. (2018). The Dead Sea Mud and Salt: A Review of Its Characterization, Contaminants, and Beneficial Effects. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 305. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/305/1/012003>
- Bayraktar, S. (2001). A Meta-analysis of the Effectiveness of Computer-Assisted Instruction in Science Education. *Journal of Research on Technology in Education*, 34(2), 173–188. <https://doi.org/10.1080/15391523.2001.10782344>
- Becker-Mrotzek, M., Grabowski, J., Jost, J., Knopp, M., & Linnemann, M. (2014). Adressatenorientierung und Kohärenzherstellung im Text. Zum Zusammenhang kognitiver und sprachlicher realisierter Teilkompetenzen von Schreibkompetenz. *Didaktik Deutsch: Halbjahresschrift für die Didaktik der deutschen Sprache und Literatur*, 37, 21–43.
- Becker-Mrotzek, M., Hentschel, B., Hippmann, K., & Linnemann, M. (2012). *Sprachförderung in deutschen Schulen – Die Sicht der Lehrerinnen und Lehrer. Ergebnisse einer Umfrage unter Lehrerinnen und Lehrern*. https://www.mercator-institut-sprachfoerderung.de/fileadmin/user_upload/Lehrerumfrage_Langfassung_final_30_05_03.pdf
- Becker-Mrotzek, M., & Woerfel, T. (2020). Sprachsensibler Unterricht und Deutsch als Zweitsprache als Gegenstand der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. In C. Cramer, J. König, M. Rothland, & S. Blömeke (Hrsg.), *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (S. 98–104). UTB. <https://doi.org/10.35468/hblb2020-011>
- Beerenwinkel, A., Hefti, C., Lindauer, T., & Schmellentin, C. (2016). Schreiben im Chemieunterricht. *CHEMKON*, 23(1), 19–24. <https://doi.org/10.1002/ckon.201410257>
- Beerenwinkel, A., Lindauer, T., & Schmellentin, C. (2017). Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis* (S. 432–435). Universität Regensburg.
- Beese, M., Benholz, C., Chlosta, C., Gürsoy, E., Hinrichs, B., Niederhaus, C., & Oleschko, S. (2014). *Sprachbildung in allen Fächern* (1. Aufl.). Klett-Langenscheidt.
- Bernholt, S., Fischer, I., Heuer, S., Taskin, V., Martens, J., & Parchmann, I. (2012). Die chemische Formelsprache – (Un-)vermeidbare Hürden auf dem Weg zu einer Verständnisentwicklung? *CHEMKON*, 19(4), 171–178. <https://doi.org/10.1002/ckon.201210183>
- Bernstein, B. (1974). Soziologie und Soziologie in der Erziehung. In K. Hurrelmann (Hrsg.), *Soziologie der Erziehung* (S. 47–62).

- Bird, E., & Welford, G. (1995). The effect of language on the performance of second-language students in science examinations. *International Journal of Science Education*, 17(3), 389–397. <https://doi.org/10.1080/0950069950170309>
- Bloss, R., Blum, J., Braun, B., Eickhoff, L., Fink, S., Frühauf, D., Graf, E., Gunkel, T., Henze, W., Hietel, J., Himmler, U., Krämer-Brand, F., Kranz, S., Kratz, M., Matthias, E., Meinhold, A., Miersch, I., Mössner, M., Münzinger, W., ... Wirbs, H. (2016). *Blickpunkt Chemie: Ein Lehr- und Arbeitsbuch 7/8 [Schülerband]*. Schroedel.
- Boetius, A., & Joye, S. (2009). Thriving in Salt. *Science*, 324(5934), 1523–1525. <https://doi.org/10.1126/science.1172979>
- Bolte, C. (1996). *Entwicklung und Einsatz von Erhebungsinstrumenten zur Analyse der Schüler-Lehrer-Interaktion im Chemieunterricht – Ergebnisse aus empirischen Studien zum Interaktionsgeschehen und Lernklima im Chemieunterricht*. IPN.
- Bolte, C. (2003a). Chemiebezogene Bildung zwischen Wunsch und Wirklichkeit – Ausgewählte Ergebnisse aus dem zweiten Untersuchungsabschnitt der curricularen Delphi-Studie Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 27–42.
- Bolte, C. (2003b). Konturen wünschenswerter chemiebezogener Bildung im Meinungsbild einer ausgewählten Öffentlichkeit – Methode und Konzeption der curricularen Delphi-Studie Chemie sowie Ergebnisse aus dem ersten Untersuchungsabschnitt. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 7–26.
- Bolte, C. (2004). Motivation und Lernerfolg im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Praxis der Naturwissenschaften/Chemie in der Schule*, 53(2), 2–5.
- Bolte, C., & Pastille, R. (2010). Naturwissenschaften zur Sprache bringen. Strategien und Umsetzung eines sprachaktivierend naturwissenschaftlichen Unterrichts. In G. Fenkart, A. Lembens, & E. Erlacher-Zeitlinger (Hrsg.), *Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften* (S. 26–46). StudienVerlag.
- Bolte, C., & Schulte, T. (2014a). Wünschenswerte naturwissenschaftliche Bildung im Meinungsbild ausgewählter Experten. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 67(6), 370–376.
- Bolte, C., & Schulte, T. (2014b). Stakeholders Involvement and Interaction in PROFILES. In C. Bolte & F. Rauch (Eds.), *Enhancing inquiry-based science education and teachers' continuous professional development in Europe insights and reflections on the PROFILES project and other projects funded by the European commission* (pp. 34–38). Freie Universität Berlin, Alpen-Adria-Universität Klagenfurt.
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (6. Aufl.). Springer.
- Bortz, J., & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation: Für Human- und Sozialwissenschaftler* (4. Aufl.). Springer.

- Brandt, H., Menzel, K. N., Neumann, A., & Weinhold, S. (2024). Gut vorbereitet auf den Umgang mit sprachlicher Diversität im Unterricht? Eine Bestandsaufnahme zu Lehrkraftüberzeugungen, sprachlichem Professionswissen und sprachbezogenen Lerngelegenheiten. *DDS – Die Deutsche Schule*, 116(2), 163–184. <https://doi.org/10.31244/dds.2024.02.05>
- Brennan, R. L., & Prediger, D. J. (1981). Coefficient Kappa: Some Uses, Misuses, and Alternatives. *Educational and Psychological Measurement*, 41(3), 687–699. <https://doi.org/10.1177/001316448104100307>
- Bromme, R., & Rambow, R. (2001). Experten-Laien-Kommunikation als Gegenstand der Expertiseforschung. Für eine Erweiterung des psychologischen Bildes von Experten. In R. K. Silbereisen & M. Reitzle (Hrsg.), *Psychologie 2000. Bericht über den 42. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Jena 2000* (S. 541–550). Pabst Science Publishers.
- Brown, B. A. (2004). Discursive identity: Assimilation into the culture of science and its implications for minority students. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(8), 810–834. <https://doi.org/10.1002/tea.20228>
- Brown, B. A. (2006). “It isn’t no slang that can be said about this stuff”: Language, identity, and appropriating science discourse. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(1), 96–126. <https://doi.org/10.1002/tea.20096>
- Brown, B. A. (2011). Isn’t That Just Good Teaching? Disaggregate Instruction and the Language Identity Dilemma. *Journal of Science Teacher Education*, 22(8), 679–704. <https://doi.org/10.1007/s10972-011-9256-x>
- Brown, B. A., Donovan, B., & Wild, A. (2019). Language and cognitive interference: How using complex scientific language limits cognitive performance. *Science Education*, 103(4), 750–769. <https://doi.org/10.1002/sce.21509>
- Brown, B. A., & Ryoo, K. (2008). Teaching science as a language: A “content-first” approach to science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(5), 529–553. <https://doi.org/10.1002/tea.20255>
- Brown, B. A., Ryoo, K., & Rodriguez, J. (2010). Pathway Towards Fluency: Using ‘disaggregate instruction’ to promote science literacy. *International Journal of Science Education*, 32(11), 1465–1493. <https://doi.org/10.1080/09500690903117921>
- Brown, B. A., & Spang, E. (2008). Double talk: Synthesizing everyday and science language in the classroom. *Science Education*, 92(4), 708–732. <https://doi.org/10.1002/sce.20251>
- Busch-Lauer, I.-A. (2009). Funktionale Varietäten und Stil. In U. Fix, A. Gardt, & J. Knappe (Hrsg.), *Rhetorik und Stilistik / Rhetoric and Stylistics* (Bd. 2, S. 1722–1738). de Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110213713.1.4.1722>
- Charamba, E. (2020). Translanguaging in a multilingual class: A study of the relation between students’ languages and epistemological access in science. *International Journal of Science Education*, 42(11), 1779–1798. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1783019>

- Charamba, E., & Zano, K. (2019). Effects of translanguageing as an intervention strategy in a South African Chemistry classroom. *Bilingual Research Journal*, 42(3), 291–307. <https://doi.org/10.1080/15235882.2019.1631229>
- Círrilo, M., Capasso, G., Leo, V. A. D., & Santo, N. G. D. (1994). A History of Salt. *American Journal of Nephrology*, 14(4–6), 426–431. <https://doi.org/10.1159/000168759>
- Creese, A., & Blackledge, A. (2010). Translanguageing in the Bilingual Classroom: A Pedagogy for Learning and Teaching? *The Modern Language Journal*, 94(1), 103–115. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4781.2009.00986.x>
- Cummins, J. (1979). Cognitive/academic language proficiency, linguistic interdependence, the optimum age question and some other matters. *Working Papers on Bilingualism*, 19, 197–205.
- Cummins, J. (2008). BICS and CALP: Empirical and Theoretical Status of the Distinction. In N. H. Hornberger (Ed.), *Encyclopedia of Language and Education* (pp. 487–499). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-30424-3_36
- Dalton-Puffer, C. (2011). Content-and-Language Integrated Learning: From Practice to Principles? *Annual Review of Applied Linguistics*, 31, 182–204. <https://doi.org/10.1017/S0267190511000092>
- Dietz, D. (2023). *Vernetztes Lernen im fächerdifferenzierten und integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht aufgezeigt am Basiskonzept Energie: Eine Studie zur Analyse der Wirksamkeit der Konzeption und Implementation eines schulinternen Curriculums für das Unterrichtsfach „Integrierte Naturwissenschaften 7/8“*. Logos.
- diSessa, A. A. (2014). A History of Conceptual Change Research: Threads and Fault Lines. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (2nd ed., pp. 88–108). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.007>
- Döring, N., & Bortz, J. (2016). Untersuchungsdesign. In N. Döring & J. Bortz, *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (S. 181–220). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5_7
- Duarte, J. (2019). Translanguageing in mainstream education: A sociocultural approach. *International Journal of Bilingual Education and Bilingualism*, 22(2), 150–164. <https://doi.org/10.1080/13670050.2016.1231774>
- Duarte, J. (2020). Translanguageing in the context of mainstream multilingual education. *International Journal of Multilingualism*, 17(2), 232–247. <https://doi.org/10.1080/14790718.2018.1512607>
- Echevarría, J., Short, D. J., & Powers, K. (2006). School Reform and Standards-Based Education: A Model for English-Language Learners. *The Journal of Educational Research*, 99(4), 195–210. <https://doi.org/10.3200/JOER.99.4.195-211>
- Echevarría, J., Vogt, M. E., & Short, D. J. (2000). *Making content comprehensible for English language learners: The SIOP model*. Allyn & Bacon.

- Eckes, T., & Grotjahn, R. (2006). A closer look at the construct validity of C-tests. *Language Testing*, 23(3), 290–325. <https://doi.org/10.1191/0265532206lt330oa>
- Eisenberg, P. (2013a). *Grundriss der deutschen Grammatik (Band 1): Das Wort*. Metzler.
- Eisenberg, P. (2013b). *Grundriss der deutschen Grammatik (Band 2): Der Satz*. Metzler.
- Feilke, H. (2012). Bildungssprachliche Kompetenzen – Fördern und entwickeln. *Praxis Deutsch*, 233, 4–13.
- Freiman, T., & Schlieker, V. (2001). Filmleiste. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, 64/65, 21–22.
- Gäde, J. C., Schermelleh-Engel, K., & Werner, C. S. (2020). Klassische Methoden der Reliabilitätsschätzung. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 307–334). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61532-4>
- García, O. (2009). Education, Multilingualism and Translanguaging in the 21st Century. In T. Skutnabb-Kangas, R. Phillipson, A. K. Mohanty, & M. Panda (Eds.), *Social Justice through Multilingual Education* (pp. 140–158). Multilingual Matters. <https://doi.org/10.21832/9781847691910-011>
- García, O., & Leiva, C. (2014). Theorizing and Enacting Translanguaging for Social Justice. In A. Blackledge & A. Creese (Eds.), *Heteroglossia as Practice and Pedagogy* (Vol. 20, pp. 199–216). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7856-6_11
- García, O., & Wei, L. (2014). *Translanguaging*. Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1057/9781137385765>
- Gebhard, U., Höttecke, D., & Rehm, M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-19546-9>
- Gerstenmaier, J., & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), 867–888. <https://doi.org/10.25656/01:10534>
- Gibbons, P. (2015). *Scaffolding language, scaffolding learning: Teaching English language learners in the mainstream classroom* (2nd ed.). Heinemann.
- Gilbert, A., & Yerrick, R. (2001). Same school, separate worlds: A sociocultural study of identity, resistance, and negotiation in a rural, lower track science classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(5), 574–598. <https://doi.org/10.1002/tea.1019>
- Gniewosz, B. (2015). Experiment. In H. Reinders, H. Ditton, C. Gräsel, & B. Gniewosz (Hrsg.), *Empirische Bildungsforschung* (S. 83–91). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-531-19992-4_6
- Gogolin, I. (2010). Stichwort: Mehrsprachigkeit. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 13(4), 529–547. <https://doi.org/10.1007/s11618-010-0162-3>

- Gogolin, I. (2020). Durchgängige Sprachbildung. In I. Gogolin, A. Hansen, S. McMonagle, & D. Rauch (Hrsg.), *Handbuch Mehrsprachigkeit und Bildung* (S. 165–173). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-20285-9_24
- Gogolin, I., Dirim, İ., Klinger, T., Lange, I., Lengyel, D., Michel, U., Neumann, U., Reich, H. H., Roth, H.-J., & Schwippert, K. (2011). *Förderung von Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund FörMig: Bilanz und Perspektiven eines Modellprogramms*. Waxmann.
- Gogolin, I., & Duarte, J. (2016). Bildungssprache. In J. Kilian, B. Brouër, & D. Lüttenberg (Hrsg.), *Handbuch Sprache in der Bildung*. de Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110296358-025>
- Gogolin, I., & Lange, I. (2011). Bildungssprache und Durchgängige Sprachbildung. In S. Fürstenau & M. Gomolla (Hrsg.), *Migration und schulischer Wandel: Mehrsprachigkeit* (S. 107–127). VS.
- Gogolin, I., Neumann, U., & Roth, H.-J. (2003). *Förderung von Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund. Gutachten*. BLK. <https://doi.org/10.25656/01:335>
- Gogolin, I., Schnoor, B., & Usanova, I. (2021). Crossing the bridge to literacy in foreign languages: C-test as a measure of language development. *Multilingua*, 40(6), 771–790. <https://doi.org/10.1515/multi-2021-0018>
- Gogolin, I., & Souvignier, E. (2021). Interventions-, Transfer- und Implementationsforschung im Kontext von Mehrsprachigkeit und sprachlicher Bildung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 24(4), 767–773. <https://doi.org/10.1007/s11618-021-01045-0>
- Göpferich, S. (1998). Fachtextsorten der Naturwissenschaften und Technik: Ein Überblick. In L. Hoffmann, H. Kalverkämper, & H. E. Wiegand (Hrsg.), *Fachsprachen / Languages for Special Purposes. 1. Halbband* (Bd. 14.1, S. 545–555). de Gruyter.
- Gräber, W., & Bolte, C. (Hrsg.). (1996). *Fachwissenschaft und Lebenswelt: Chemiedidaktische Forschung und Unterricht*. IPN.
- Gräber, W., & Bolte, C. (Eds.). (1997). *Scientific Literacy. An International Symposium*. IPN.
- Gräber, W., & Nentwig, P. (2002). Scientific Literacy – Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 7–20). Leske + Budrich. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-80863-9>
- Graf, D. (1989). *Begriffslernen im Biologieunterricht der Sekundarstufe I*. Peter Lang.
- Greenberg, J. H. (1963). Some universals of grammar with particular reference to the order of meaningful elements. In J. H. Greenberg (Ed.), *Universals of Language* (pp. 73–113). MIT Press.

- Grohmann, A. N., Jekel, M., Grohmann, A., Szewzyk, U., & Szewzyk, R. (2011). *Wasser: Chemie, Mikrobiologie und nachhaltige Nutzung*. de Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110213096>
- Habermas, J. (1985). *Theorie des kommunikativen Handelns. 1: Handlungsrationa-
lität und gesellschaftliche Rationalisierung* (3. Aufl.). Suhrkamp.
- Hammann, M., & Jördens, J. (2014). Offene Aufgaben codieren. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdi-
daktischen Forschung* (S. 169–178). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_14
- Hammond, J., & Gibbons, P. (2005). Putting scaffolding to work: The contribution of scaffolding in articulating ESL education. *Prospect*, 20(1), 6–30.
- Härtig, H., Bernholt, S., Precht, H., & Retelsdorf, J. (2015). Unterrichtssprache im Fachunterricht – Stand der Forschung und Forschungsperspektiven am Bei-
spiel des Textverständnisses. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1), 55–67. <https://doi.org/10.1007/s40573-015-0027-7>
- Härtig, H., & Kohnen, N. (2017). Die Rolle der Termini beim Physiklernen. In B. Ahrenholz, B. Hövelbrinks, & C. Schmellentin-Britz (Hrsg.), *Fachunterricht und Sprache in schulischen Lehr-/Lernprozessen* (S. 55–72). Narr.
- Hasselhorn, M., Köller, O., Maaz, K., & Zimmer, K. (2014). Implementation wirksamer Handlungskonzepte im Bildungsbereich als Forschungsaufgabe. *Psycholo-
gische Rundschau*, 65(3), 140–149. <https://doi.org/10.1026/0033-3042/a000216>
- Hattie, J., & Yates, G. C. R. (2014). *Visible learning and the science of how we learn*. Routledge.
- Heine, J.-H., Heinle, M., Hahnel, C., Lewalter, D., & Becker-Mrotzek, M. (2023). Le-
sekompetenz in PISA 2022. Ergebnisse, Veränderungen und Perspektiven. In D. Lewalter, J. Diedrich, F. Goldhammer, O. Köller, & K. Reiss (Hrsg.), *PISA 2022: Analyse der Bildungsergebnisse in Deutschland* (S. 139–162). Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830998488>
- Heitmann, P., Hecht, M., Schwanewedel, J., & Schipolowski, S. (2014). Students' Argumentative Writing Skills in Science and First-Language Education: Com-
monalities and differences. *International Journal of Science Education*, 36(18), 3148–3170. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.962644>
- Hoffmann, J. (1986). *Die Welt der Begriffe: Psychologische Untersuchungen zur
Organisation des menschlichen Wissens*. Psychologie-Verlags-Union, Beltz.
- Hoffmann, M. (2007). *Funktionale Varietäten des Deutschen – Kurz gefasst*. Uni-
versitätsverlag Potsdam. [https://publishup.uni-potsdam.de/opus4-ubp/front-
door/deliver/index/docId/1292/file/Funktionale_Varietaeten_des_Deutschen.pdf](https://publishup.uni-potsdam.de/opus4-ubp/front-door/deliver/index/docId/1292/file/Funktionale_Varietaeten_des_Deutschen.pdf)
- Hoffmann, M., & Bolte, C. (2013). C-Tests zur Diagnose fachbezogener sprachli-
cher Kompetenzen. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning – Forschen-
des Lernen* (S. 482–484). IPN.

- Höfler, M., Woerfel, T., Vasylyeva, T., & Twente, L. (2023). Wirkung sprachsensibler Unterrichtsansätze – Ergebnisse eines systematischen Reviews. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 27, 449–495. <https://doi.org/10.1007/s11618-023-01214-3>
- Holleman, A. F., Wiberg, E., & Wiberg, N. (2017). *Anorganische Chemie. Band 1: Grundlagen und Hauptgruppenelemente* (103. Auflage). de Gruyter.
- Holschemacher, S., & Bolte, C. (2021). Subjektive Theorien zum Protokollieren im Chemieunterricht der Sek. I. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?* (S. 549–552). Universität Duisburg-Essen.
- Höttecke, D., Ehmke, T., Krieger, C., & Kulik, M. A. (2017). Vergleichende Messung fachsprachlicher Fähigkeiten in den Domänen Physik und Sport. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 53–69. <https://doi.org/10.1007/s40573-017-0055-6>
- IfBQ [Institut für Bildungsmonitoring und Qualitätsentwicklung] Hamburg. (2008a). *C-Test Klasse 7/8 „Überfall +3“*.
- IfBQ [Institut für Bildungsmonitoring und Qualitätsentwicklung] Hamburg. (2008b). *Vergleichswerte C-Test „Überfall“ für Klasse 7/8*.
- IQB [Institut für Qualitätsentwicklung im Bildungswesen] (Hrsg.). (o. J.). *Weiterentwicklung der Bildungsstandards in der Sekundarstufe I in den Naturwissenschaften. Illustrierende Lernaufgabe für das Fach Chemie*. <https://www.iqb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/getTaskFile?id=p16^Salzgittermodell^f25061>
- Jakobsson, A., Nygård Larsson, P., & Karlsson, A. (Eds.). (2021). *Translanguaging in Science Education* (Vol. 27). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-82973-5>
- Jechle, T. (1992). *Kommunikatives Schreiben. Prozeß und Entwicklung aus der Sicht kognitiver Schreibforschung*. Narr.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75–83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230>.
- Jostes, B. (2017). „Mehrsprachigkeit“, „Deutsch als Zweitsprache“, „Sprachbildung“ und „Sprachförderung“: Begriffliche Klärungen. In *Sprachen – Bilden – Chancen: Sprachbildung in Didaktik und Lehrkräftebildung: Bd. Sprachliche Bildung* (S. 103–126). Waxmann. <https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/fub188/26710/1/Jostes.Mehrsprachigkeit.2017.pdf>
- Jucks, R., Bromme, R., & Runde, A. (2003). Audience Design von Experten in der netzgestützten Kommunikation. *Zeitschrift für Psychologie / Journal of Psychology*, 211(2), 60–74. <https://doi.org/10.1026//0044-3409.211.2.60>

- Karlsson, A., Nygård Larsson, P., & Jakobsson, A. (2019). Multilingual students' use of translanguaging in science classrooms. *International Journal of Science Education*, 41(15), 2049–2069.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1477261>
- Kastorff, T., Rönnebeck, S., Neumann, K., Seßler, S., Diedrich, J., & Schiepe-Tiska, A. (2023). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2022. Entwicklungen und mögliche Herausforderungen. In D. Lewalter, J. Diedrich, F. Goldhammer, O. Köller, & K. Reiss (Hrsg.), *PISA 2022: Analyse der Bildungsergebnisse in Deutschland* (S. 113–138). Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830998488>
- Keel, O., & Küchler, M. (1982). *Orte und Landschaften der Bibel*. Benziger.
- Kelava, A., & Moosbrugger, H. (2020). Deskriptivstatistische Itemanalyse und Testwertbestimmung. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 143–158). Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-61532-4>
- Kelle, U., & Kluge, S. (2010). *Vom Einzelfall zum Typus: Fallvergleich und Fallkontrastierung in der qualitativen Sozialforschung* (2. Aufl.). VS.
- Kempert, S., Edele, A., Rauch, D., Wolf, K. M., Paetsch, J., Darsow, A., Maluch, J., & Stanat, P. (2016). Die Rolle der Sprache für zuwanderungsbezogene Ungleichheiten im Bildungserfolg. In C. Diehl, C. Hunkler, & C. Kristen (Hrsg.), *Ethnische Ungleichheiten im Bildungsverlauf* (S. 157–241). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-658-04322-3_5
- Kempert, S., Schalk, L., & Saalbach, H. (2019). Sprache als Werkzeug des Lernens: Ein Überblick zu den kommunikativen und kognitiven Funktionen der Sprache und deren Bedeutung für den fachlichen Wissenserwerb. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 66, 176–195.
<https://doi.org/10.2378/peu2018.art19d>
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E., & Vollmer, H. J. (2003). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise* (BMBF, Hrsg.).
<https://doi.org/10.25656/01:20901>
- KMK [Kultusministerkonferenz]. (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*. Luchterhand.
- KMK [Kultusministerkonferenz]. (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. Luchterhand.
- KMK [Kultusministerkonferenz]. (2005c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. Luchterhand.
- KMK [Kultusministerkonferenz]. (2024). *Weiterentwickelte Bildungsstandards in den Naturwissenschaften für das Fach Chemie (MSA)*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2024/2024_06_13-WeBiS_Chemie_MSA.pdf
- Kniffka, G. (2010). *Scaffolding*. <https://www.uni-due.de/imperia/md/content/prodaz/scaffolding.pdf>

- Kniffka, G., & Neuer, B. S. (2008). Wo geht's hier nach ALDI? – Fachsprachen lernen im kulturell heterogenen Klassenzimmer. In A. Budke (Hrsg.), *Interkulturelles Lernen im Geographie-Unterricht* (S. 121–135). Universitätsverlag Potsdam. https://publishup.uni-potsdam.de/opus4-ubp/frontdoor/deliver/index/docId/2265/file/PGF_27.pdf
- Koch, P., & Oesterreicher, W. (1985). Sprache der Nähe – Sprache der Distanz. Mündlichkeit und Schriftlichkeit im Spannungsfeld von Sprachtheorie und Sprachgeschichte. *Romanistisches Jahrbuch*, 36(1), 15–43. <https://doi.org/10.1515/9783110244922.15>
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 121–145). Springer.
- Kramer, G. (2009). *Entwicklung und Überprüfung eines Strukturmodells der fachlichen Kommunikationskompetenz im Biologieunterricht* [Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel]. https://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00003105/diss_gkramer.pdf
- Krashen, S. D. (1982). *Principles and practice in second language acquisition* (1st ed.). Pergamon.
- Kuhn, J. (2014). Mehrebenenanalyse am Beispiel der Lernwirkung von Aufgaben. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 297–310). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_24
- Kulgemeyer, C. (2010). *Physikalische Kommunikationskompetenz: Modellierung und Diagnostik*. Logos.
- Kulgemeyer, C., & Schecker, H. (2009). Kommunikationskompetenz in der Physik: Zur Entwicklung eines domänenspezifischen Kommunikationsbegriffs. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 131–153.
- Kulgemeyer, C., & Schecker, H. (2012). Physikalische Kommunikationskompetenz – Empirische Validierung eines normativen Modells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 29–54.
- Kulgemeyer, C., & Staraschek, E. (2014). Analyse der Verständlichkeit naturwissenschaftlicher Fachtexte. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 241–253). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_20
- Kunter, M., Pohlmann, B., & Decker, A.-T. (2020). Lehrkräfte. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 269–288). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61403-7_11
- Küster, F. W., & Thiel, A. (1985). *Rechentafeln für die chemische Analytik* (103. Aufl.). de Gruyter.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159–174. <https://doi.org/10.2307/2529310>

- Lee, O. (2005). Science Education With English Language Learners: Synthesis and Research Agenda. *Review of Educational Research*, 75(4), 491–530.
<https://doi.org/10.3102/00346543075004491>
- Lehner, M. (2020). *Didaktische Reduktion* (2. Aufl.). Haupt.
- Leisen, J. (1994). *Handbuch des deutschsprachigen Fachunterrichts (DFU). Didaktik, Methodik und Unterrichtshilfen für alle Sachfächer im DFU und fachsprachliche Kommunikation in Fächern wie Physik, Mathematik, Chemie, Biologie, Geographie, Wirtschafts-/Sozialkunde*. Varus.
- Leisen, J. (2013). *Handbuch Sprachförderung im Fach: Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis: Grundlagenwissen, Anregungen und Beispiele für die Unterstützung von sprachschwachen Lernern und Lernern mit Zuwanderungsgeschichte beim Sprechen, Lesen, Schreiben und Üben im Fach*. Klett.
- Leisen, J. (2015). Fachlernen und Sprachlernen! - Bringt zusammen, was zusammen gehört! *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 68(3), 132–137.
- Leisen, J. (2018). Von der Alltagssprache über die Unterrichtssprache zur Fachsprache. *Fremdsprache Deutsch*, 58, 5.
<https://doi.org/10.37307/j.2194-1823.2018.58.05>
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. Ablex.
- Lemmi, C., & Pérez, G. (2023). Translanguaging in elementary science. *International Journal of Science Education*, 46(1), 1–27.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2185115>
- Lemmi, C., Pérez, G., & Brown, B. A. (2021). Translanguaging in the Science Classroom: Drawing on Students' Full Linguistic Repertoires in Bi-/Multilingual Settings. In A. Jakobsson, P. Nygård Larsson, & A. Karlsson (Eds.), *Translanguaging in Science Education* (Vol. 27, pp. 87–98). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-82973-5_5
- Lengyel, D. (2010). Bildungssprachförderlicher Unterricht in mehrsprachigen Lernkonstellationen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 13(4), 593–608.
<https://doi.org/10.1007/s11618-010-0164-1>
- Leßmann, B. (2021). „Ich übersetze dann halt, was der Zwerg mir sagt.“ – Praktiken der Adressatenorientierung im Zusammenhang mit dem Schreiben eigener Texte in der Grundschule – eine Fallstudie. *leseforum.ch*, 2, 1–43.
- Lewalter, D., Diedrich, J., Goldhammer, F., Köller, O., & Reiss, K. (Hrsg.). (2023). *PISA 2022: Analyse der Bildungsergebnisse in Deutschland*. Waxmann.
<https://doi.org/10.31244/9783830998488>
- Leyrat, C., Morgan, K. E., Leurent, B., & Kahan, B. C. (2018). Cluster randomized trials with a small number of clusters: Which analyses should be used? *International Journal of Epidemiology*, 47(1), 321–331.
<https://doi.org/10.1093/ije/dyx169>

- Lindauer, T., Schmellentin, C., & Beerenwinkel, A. (2016). Sprachbewusster Naturwissenschaftsunterricht – Werkstattbericht zu einem transdisziplinären Entwicklungsprojekt. In I. Winkler & F. Schmidt (Hrsg.), *Interdisziplinäre Forschung in der Deutschdidaktik. „Fremde Schwestern“ im Dialog* (Bd. 2, S. 225–246). Peter Lang.
- Linnemann, M. (2010). C-Tests in der Ferienschule: Entwicklung, Einsatz, Nutzen und Grenzen. In Stiftung Mercator (Hrsg.), *Der Mercator-Förderunterricht. Sprachförderung für Schüler mit Migrationshintergrund durch Studierende*. Waxmann.
- Linnemann, M. (2014). *Kognitive Prozesse der Adressantenantizipation beim Schreiben* [Dissertation, Universität zu Köln].
- Lipowsky, F. (2020). Unterricht. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 69–118). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61403-7_4
- Mancinelli, R., Botti, A., Bruni, F., Ricci, M. A., & Soper, A. K. (2007). Hydration of Sodium, Potassium, and Chloride Ions in Solution and the Concept of Structure Maker/Breaker. *The Journal of Physical Chemistry B*, 111(48), 13570–13577. <https://doi.org/10.1021/jp075913v>
- Mandl, H. (2006). Wissensaufbau aktiv gestalten. Lernen aus konstruktivistischer Sicht. *Schüler: Wissen für Lehrer*. Friedrich.
- Mannel, S., Hardy, I., Sauer, S., & Saalbach, H. (2016). Sprachliches Scaffolding zur Unterstützung naturwissenschaftlichen Lernens im Kindergartenalter. In E. P. Tschirner, O. Bärenfänger, & J. Möhring (Hrsg.), *Deutsch als fremde Bildungssprache: Das Spannungsfeld von Fachwissen, Sprachlicher Kompetenz, Diagnostik und Didaktik* (S. 97–114). Stauffenburg.
- Mayring, P. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (13. Aufl.). Beltz.
- McDonnell, L., Barker, M. K., & Wieman, C. (2016). Concepts first, jargon second improves student articulation of understanding. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 44(1), 12–19. <https://doi.org/10.1002/bmb.20922>
- McElvany, N., Lorenz, R., Frey, A., Goldhammer, F., Schilcher, A., & Stubbe, T. C. (Hrsg.). (2023). *IGLU 2021. Lesekompetenz von Grundschulkindern im internationalen Vergleich und im Trend über 20 Jahre*. Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830997009>
- Meneses, A., Escobar, J.-P., & Véliz, S. (2018). The effects of multimodal texts on science reading comprehension in Chilean fifth-graders: Text scaffolding and comprehension skills. *International Journal of Science Education*, 40(18), 2226–2244. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1527472>
- Merten, K. (1977). *Kommunikation: Eine Begriffs- und Prozeßanalyse*. Westdeutscher Verlag.
- Merzyn, G. (1994). *Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht: Beiträge auf der Grundlage einer Befragung westdeutscher Physiklehrer*. IPN.

- Moje, E. B., Collazo, T., Carrillo, R., & Marx, R. W. (2001). „Maestro, what is ‚quality‘?“. Language, literacy, and discourse in project-based science. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(4), 469–498.
<https://doi.org/10.1002/tea.1014>
- Moosbrugger, H., & Kelava, A. (2020). Qualitätsanforderungen an Tests und Fragebogen („Gütekriterien“). In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 13–38). Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-61532-4>
- Mortimer, C. E. (1976). *Chemie: Das Basiswissen der Chemie in Schwerpunkten* (2. Aufl.). Georg Thieme.
- Mortimer, C. E., & Müller, U. (2020). *Chemie: Das Basiswissen der Chemie* (13. Aufl.). Georg Thieme.
- Muckenfuß, H. (1995). *Lernen in sinnstiftenden Kontexten. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*. Cornelsen.
- Nakhleh, M. B., & Krajcik, J. S. (1994). Influence of levels of information as presented by different technologies on students' understanding of acid, base, and ph concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(10), 1077–1096.
<https://doi.org/10.1002/tea.3660311004>
- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-53158-7>
- Neumann, K., Fischer, H. E., & Sumfleth, E. (2008). Vertikale Vernetzung und kumulatives Lernen im Chemie- und Physikunterricht. In E.-M. Lankes (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung* (S. 141–151). Waxmann.
- Nissenbaum, A. (1975). The microbiology and biogeochemistry of the Dead Sea. *Microbial Ecology*, 2(2), 139–161. <https://doi.org/10.1007/BF02010435>
- Nitz, S., Nerdel, C., & Prechtel, H. (2012). Entwicklung eines Erhebungsinstruments zur Erfassung der Verwendung von Fachsprache im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 117–139.
- 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>
- OECD [Organisation for Economic Co-operation and Development]. (1999). *Measuring student knowledge and skills: A new framework for assessment*. OECD.
- OECD [Organisation for Economic Co-operation and Development]. (2007a). *PISA 2006 – Schulleistungen im internationalen Vergleich: Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von morgen*. Bertelsmann.
- OECD [Organisation for Economic Co-operation and Development]. (2007b). *PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World: Volume 1: Analysis*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264040014-en>

- OECD [Organisation for Economic Co-operation and Development]. (2019a). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. OECD.
<https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
- OECD [Organisation for Economic Co-operation and Development]. (2019b). *PISA 2018 Results (Volume II): Where All Students Can Succeed*. OECD.
<https://doi.org/10.1787/b5fd1b8f-en>
- OECD [Organisation for Economic Co-operation and Development]. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. OECD. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Ortner, H. (2009). Rhetorisch-stilistische Eigenschaften der Bildungssprache. In U. Fix, A. Gardt, & J. Knappe (Hrsg.), *Rhetorik und Stilistik* (Bd. 31, S. 2227–2240). de Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110213713.1.7.2227>
- Otheguy, R., García, O., & Reid, W. (2015). Clarifying translanguaging and deconstructing named languages: A perspective from linguistics. *Applied Linguistics Review*, 6(3), 281–307. <https://doi.org/10.1515/applirev-2015-0014>
- Parchmann, I., & Kuhn, J. (2018). Lernen im Kontext. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 193–207). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_12
- Pastille, R., & Bolte, C. (2010). Spracharbeit – Die andere Seite des naturwissenschaftlichen Unterrichts. In D. Höttecke (Hrsg.) *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomenen und Systematik* (S. 131–133). Lit.
- Pastille, R., & Mantschew, K. A. (2013). *Die Naturwissenschaften zur Sprache bringen: Erprobte Werkstücke für Unterricht und Forschung; von Vielfalt, Energie, Arbeit und Ordnung*. Schöningh.
- Petersen, I., & Peuschel, K. (2020). „... Ich bin ja keine Sprachstudentin ...“: Wissen über Sprache für den sprachbildenden Fachunterricht. In T. Heinz, B. Brouër, M. Janzen, & J. Kilian (Hrsg.), *Formen der (Re-)Präsentation fachlichen Wissens. Ansätze und Methoden für die Lehrerinnen- und Lehrerbildung in den Fachdidaktiken und den Bildungswissenschaften* (S. 217–240). Waxmann.
- Pineker-Fischer, A. (2017). *Sprach- und Fachlernen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-16353-2>
- Prediger, S. (2013). Darstellungen, Register und mentale Konstruktionen von Bedeutungen und Beziehungen – mathematikspezifische sprachliche Herausforderungen identifizieren und bearbeiten. In M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann, & H. J. Vollmer (Hrsg.), *Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen* (S. 167–183). Waxmann.
- Prediger, S. (2022). Enhancing language for developing conceptual understanding: A research journey connecting different research approaches. *Proceedings of Twelfth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*. CERME, Bozen-Bolzano, Italy. <https://hal.science/hal-03756062/>

- Prediger, S., & Hardy, I. (2023). Fachliches und sprachliches Lernen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. In M. Becker-Mrotzek, I. Gogolin, H.-J. Roth, & P. Stanat (Hrsg.), *Grundlagen der sprachlichen Bildung* (S. 171–184). Waxmann.
- Prediger, S., & Neugebauer, P. (2023). Can students with different language backgrounds profit equally from a language-responsive instructional approach for percentages? Differential effectiveness in a field trial. *Mathematical Thinking and Learning*, 25(1), 2–22. <https://doi.org/10.1080/10986065.2021.1919817>
- Prediger, S., & Wessel, L. (2013). Fostering German-language learners' constructions of meanings for fractions – Design and effects of a language- and mathematics-integrated intervention. *Mathematics Education Research Journal*, 25, 435–456.
- Prediger, S., & Wessel, L. (2018). Brauchen mehrsprachige Jugendliche eine andere fach- und sprachintegrierte Förderung als einsprachige? Differentielle Analysen zur Wirksamkeit zweier Interventionen in Mathematik. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 21(2), 361–382. <https://doi.org/10.1007/s11618-017-0785-8>
- Prenzel, M., Krapp, A., & Schiefele, H. (1986). Grundzüge einer pädagogischen Interessentheorie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 32(2), 163–173 <https://doi.org/10.25656/01:14383>
- 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.
- R Core Team. (2018). *R: A language and environment for statistical computing* [Software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Rädiker, S., & Kuckartz, U. (2019). *Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA: Text, Audio und Video*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-22095-2>
- Reiss, K., Weis, M., Klieme, E., & Köller, O. (Hrsg.). (2019). *PISA 2018*. Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830991007>
- Riebling, L. (2013). *Sprachbildung im naturwissenschaftlichen Unterricht: Eine Studie im Kontext migrationsbedingter sprachlicher Heterogenität*. Waxmann.
- Riebling, L., & Bolte, C. (2008). Sprachliche Heterogenität im Chemieunterricht. In D. Höttecke (Hrsg.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung* (S. 176–178). Lit.
- Riedel, E., & Janiak, C. (2022). *Anorganische Chemie* (10. Aufl.). de Gruyter.
- Riedel, E., & Meyer, H.-J. (2019). *Allgemeine und Anorganische Chemie* (12. Aufl.). de Gruyter.

- Riese, J., & Reinhold, P. (2014). Entwicklung eines Leistungstests für fachdidaktisches Wissen. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 257–267). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_21
- Rincke, K. (2007). *Sprachentwicklung und Fachlernen im Mechanikunterricht* [Dissertation, Universität Kassel].
- Rincke, K. (2010). Alltagssprache, Fachsprache und ihre besonderen Bedeutungen für das Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 235–260.
- Rincke, K., & Markic, S. (2018). Sprache und das Lernen von Naturwissenschaften. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 31–48). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_3
- Roelcke, T. (1999). *Fachsprachen* (1. Aufl.). Erich Schmidt.
- Rost, J. (2004). *Lehrbuch Testtheorie – Testkonstruktion* (2. Aufl.). Huber.
- Röttger, E. (2019). Sprachsensibler Fachunterricht: Versuch einer Standortbestimmung. *Zeitschrift für Interkulturellen Fremdsprachenunterricht*, 24(1), 87–105.
- Ryoo, K. (2015). Teaching Science Through the Language of Students in Technology-Enhanced Instruction. *Journal of Science Education and Technology*, 24(1), 29–42. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9518-4>
- Satterthwaite, F. E. (1946). An Approximate Distribution of Estimates of Variance Components. *Biometrics Bulletin*, 2(6), 110. <https://doi.org/10.2307/3002019>
- Schauer, R., Möller, R., Feser, M. S., Böhmer, J., Brandt, H., Gogolin, I., & Höttecke, D. (2024). Energiewissen durch sprachexpliziten Physikunterricht fördern. In H. van Vorst (Hrsg.), *Frühe naturwissenschaftliche Bildung* (S. 150–153). Universität Duisburg-Essen.
- Scheele, A. (2015, 5. August). *Das Tote Meer stirbt*. W wie Wissen.
<https://www.daserste.de/information/wissen-kultur/w-wie-wissen/sendung/2009/das-tote-meer-stirbt-100.html>
- Schmiemann, P., & Lücken, M. (2014). Validität – Misst mein Test, was er soll? In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 107–118). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_9
- Schmitt, M. (2011). *Perspektivisches Denken als Voraussetzung für adressatenorientiertes Schreiben* [Dissertation, Pädagogische Hochschule Heidelberg].
https://opus.ph-heidelberg.de/frontdoor/deliver/index/docId/35/file/Schmitt_2011_Diss_Perspektivisches_Denken_Fliesstext.pdf
- Schneider, V., Bolte, C., & Krischer, B. (2015). 'Stages of Concerns' gegenüber sprachsensiblen naturwissenschaftlichen Fachunterricht. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 639–641). IPN.

- Schneider, W., Baumert, J., Becker-Mrotzek, M., Hasselhorn, M., Kammermeyer, G., Rauschenbach, T., Roßbach, H.-G., Roth, H.-J., Rothweiler, M., & Stanat, P. (2012). *Expertise „Bildung durch Sprache und Schrift“ (BISS)*.
https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/downloads/files/biss_expertise.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- Schoerning, E. (2014). The Effect of Plain-English Vocabulary on Student Achievement and Classroom Culture in College Science Instruction. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(2), 307–327.
<https://doi.org/10.1007/s10763-013-9398-8>
- Schüler-Meyer, A., Prediger, S., Kuzu, T., Wessel, L., & Redder, A. (2019). Is Formal Language Proficiency in the Home Language Required to Profit from a Bilingual Teaching Intervention in Mathematics? A Mixed Methods Study on Fostering Multilingual Students' Conceptual Understanding. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17, 317–339.
<https://doi.org/10.1007/s10763-017-9857-8>
- Seidel, T., Prenzel, M., Wittwer, J., & Schwindt, K. (2007). Unterricht in den Naturwissenschaften. In M. Prenzel, C. Artelt, J. Baumert, W. Blum, M. Hammann, E. Klieme, & R. Pekrun (Hrsg.), *PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie* (S. 147–179). Waxmann.
- SenBJF [Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie] Berlin. (2021). *Blickpunkt Schule. Tabellen – Allgemeinbildende Schulen 2020/2021*.
https://www.bildungsstatistik-berlin.de/p1/dac/pdf/dac_gesamt/___blickpunkt_tabellen_as_2020_21.pdf
- SenBJF [Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie] Berlin. (2022). *Verwaltungsvorschriften für die Zumessung von Lehrkräften an öffentlichen Berliner Schulen ab Schuljahr 2022/23. Verwaltungsvorschrift Schule Nr. 8 / 2022*.
https://www.bildungsstatistik-berlin.de/p1/pdf/ZRL_LKZumessung_2022_23.pdf
- SenBJF [Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie] Berlin, & MBJS [Ministerium für Bildung, Jugend und Sport] des Landes Brandenburg. (2021). *Rahmenlehrplan für die gymnasiale Oberstufe. Teil C. Chemie*.
https://www.berlin.de/sen/bildung/unterricht/faecher-rahmenlehrplaene/rahmenlehrplaene/rlp_go_teil_c-chemie_2021.pdf?ts=1705017673
- SenBJF [Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie] Berlin, & MBJS [Ministerium für Bildung, Jugend und Sport] des Landes Brandenburg. (2015a). *Rahmenlehrplan für die Jahrgangsstufen 7-10. Biologie*.
https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Biologie_2015_11_10_WEB.pdf

- SenBJF [Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie] Berlin, & MBJS [Ministerium für Bildung, Jugend und Sport] des Landes Brandenburg. (2015b). *Rahmenlehrplan für die Jahrgangsstufen 7-10. Chemie*.
https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Chemie_2015_11_10_WEB.pdf
- Settlage, J., Madsen, A., & Rustad, K. (2005). Inquiry Science, Sheltered Instruction, and English Language Learners: Conflicting Pedagogies in Highly Diverse Classrooms. *Issues in Teacher Education*, 1(14), 39–57.
- Siever, T., & Schlobinski, P. (2007). *Kleines Lexikon zur Linguistik*. Abgerufen am 10.12.2021 von <https://www.mediensprache.net/de/basix/lexikon/index.aspx?abc=e>
- Song, Y., & Carheden, S. (2014). Dual meaning vocabulary (DMV) words in learning chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(2), 128–141.
<https://doi.org/10.1039/C3RP00128H>
- Souvignier, E. (2021). Interventionsforschung im Kontext Schule. In T. Hascher, T.-S. Idel, & W. Helsper (Hrsg.), *Handbuch Schulforschung* (S. 1–17). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-658-24734-8_9-1
- Staff, T. (2021, 17. Juni). *After years of delays, Jordan said to nix Red Sea-Dead Sea canal with Israel, PA*. The Times of Israel. <https://www.timesofisrael.com/after-years-of-delays-jordan-said-to-nix-red-sea-dead-sea-canal-with-israel-pa/>
- Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S., & Henschel, S. (2019). *IQB-Bildungstrend 2018. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich*. Waxmann.
- Stanat, P., Schipolowski, S., Schneider, R., Sachse, K. A., Weirich, S., & Henschel, S. (2022). *Kompetenzen in den Fächern Deutsch und Mathematik am Ende der 4. Jahrgangsstufe: Erste Ergebnisse nach über einem Jahr Schulbetrieb unter Pandemiebedingungen*. IQB [Institut für Qualitätsentwicklung im Bildungswesen] Berlin. <https://www.iqb.hu-berlin.de/bt/BT2021/Bericht/>
- Stanat, P., Schipolowski, S., Schneider, R., Weirich, S., Henschel, S., & Sachse, K. A. (Hrsg.). (2023). *IQB-Bildungstrend 2022. Sprachliche Kompetenzen am Ende der 9. Jahrgangsstufe im dritten Ländervergleich*. Waxmann.
<https://doi.org/10.31244/9783830997771>
- Statistisches Bundesamt (DESTATIS). (2023). *Migrationshintergrund*. Migration und Integration. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Migration-Integration/Glossar/migrationshintergrund.html>
- Stork, H. (1988). *Zum Chemieunterricht in der Sekundarstufe I*. IPN.
- Stork, H. (1993). Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht. In R. Duit & W. Gräber (Hrsg.), *Kognitive Entwicklung und Lernen der Naturwissenschaften* (S. 63–84). IPN.

- Streller, S., Bolte, C., Dietz, D., & Noto La Diega, R. (2019). *Chemiedidaktik an Fallbeispielen: Anregungen für die Unterrichtspraxis*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-58645-7>
- Streller, S., Hoffmann, M., & Bolte, C. (2012). KieWi & Co.: Sprachförderung im Kontext naturwissenschaftlichen Lernens. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht* (S. 572–574). Lit.
- Streller, S., Knoechelmann, A., & Bolte, C. (2024). Glückssache?! Zur Beurteilung von Versuchsprotokollen im Fach Nawi 5/6. In H. van Vorst (Hrsg.), *Frühe naturwissenschaftliche Bildung* (S. 554–557). Universität Duisburg-Essen.
- Sumfleth, E., & Nakoinz, S. (2019). Chemie verstehen – beobachtbare makroskopische Phänomene auf submikroskopischer Ebene modellbasiert interpretieren. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 231–243.
<https://doi.org/10.1007/s40573-019-00101-x>
- Surkes, S. (2019, 7. November). *Sinking Israel-Jordan relations leave Dead Sea, a natural wonder, low and dry*. The Times of Israel. <https://www.timesofisrael.com/sinking-israel-jordan-relations-leave-dead-sea-a-natural-wonder-low-and-dry/>
- Tajmel, T. (2010a). DaZ-Förderung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht. In B. Ahrenholz (Hrsg.), *Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache* (S. 167–184). Narr.
- Tajmel, T. (2010b). Sensitizing Science Teachers to the Needs of Second Language Learners. In C. Benholz, G. Kniffka, & E. Winters-Ohle (Hrsg.), *Fachliche und sprachliche Förderung von Schülern mit Migrationsgeschichte. Beiträge des Mercator-Symposiums im Rahmen des 15. AILA-Weltkongresses „Mehrsprachigkeit: Herausforderungen und Chancen“* (S. 53–74). Waxmann.
- Tajmel, T. (2011). *Sprachliche Lernziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts*. https://www.uni-due.de/imperia/md/content/prodaz/sprachliche_lernziele_tajmel.pdf
- Taskin, V., & Bernholt, S. (2014). Students' Understanding of Chemical Formulae: A review of empirical research. *International Journal of Science Education*, 36(1), 157–185. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.744492>
- Theyßen, H. (2014). Methodik von Vergleichsstudien zur Wirkung von Unterrichtsmedien. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 67–80). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_6
- Van Laere, E., Aesaert, K., & Van Braak, J. (2014). The Role of Students' Home Language in Science Achievement: A multilevel approach. *International Journal of Science Education*, 36(16), 2772–2794.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2014.936327>

- van Vorst, H., Fechner, S., & Sumfleth, E. (2018). Unterscheidung von Kontexten für den Chemieunterricht: Untersuchung des Einflusses möglicher Kontextmerkmale auf das situationale Interesse im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 167–181. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0081-z>
- van Vorst, H., & Meller, L. (2019). Beschreibung fachsprachlicher Elemente in chemischen Schulbuchtexten. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (S. 731–734). Universität Regensburg.
- Wagenschein, M. (1962). *Die pädagogische Dimension der Physik*. Westermann.
- Wagenschein, M. (1968). Die Sprache im Physikunterricht. In O. F. Bollnow (Hrsg.), *Sprache und Erziehung. Bericht über die Arbeitstagung der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft vom 7. bis 10. April 1968 in Göttingen* (S. 125–142). Beltz. <https://doi.org/10.25656/01:23430>
- Wagenschein, M. (1980). *Naturphänomene sehen und verstehen. Genetische Lehrgänge* (H. C. Berg, Hrsg.). Klett.
- Walqui, A. (2006). Scaffolding Instruction for English Language Learners: A Conceptual Framework. *International Journal of Bilingual Education and Bilingualism*, 9(2), 159–180. <https://doi.org/10.1080/13670050608668639>
- Wandruszka, M. (1981). *Die Mehrsprachigkeit des Menschen*. DTB.
- Watzlawick, P., Beavin, J. H., & Jackson, D. D. (2007). *Menschliche Kommunikation: Formen, Störungen, Paradoxien* (11. Aufl.). Huber.
- Wild, J., & Pissarek, M. (o. J.). *Ratte 2.0. Regensburger Analysetool für Texte*. Abgerufen am 10.10.2024 von <https://wild.shinyapps.io/ratte-shiny/>
- Wittgenstein, L. (2001). *Philosophische Untersuchungen: Kritisch-genetische Edition* (J. Schulte, Hrsg.). Suhrkamp.
- Woerfel, T., Höfler, M., Witte, A., Knaus, A., Twente, L., Wanka, R., & Becker-Mrotzek, M. (2020). Systematisches Review zur Wirkung von didaktisch-methodischen Ansätzen des sprachsensiblen Unterrichts. https://kups.ub.uni-koeln.de/12129/7/Woerfel_et_al_2020_Protokoll_SystematischesReview.pdf
- Wygotski, L. S. (1979). *Denken und Sprechen*. S. Fischer.
- Yore, L. D., & Treagust, D. F. (2006). Current Realities and Future Possibilities: Language and science literacy—empowering research and informing instruction. *International Journal of Science Education*, 28(2–3), 291–314. <https://doi.org/10.1080/09500690500336973>
- Zaun, H. (2002, 1. Juni). *Das Tote Meer stirbt*. Frankfurter Allgemeine Zeitung. <https://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/wassermangel-das-tote-meer-stirbt-158743.html>

- Ziepprecht, K., Schwanewedel, J., Heitmann, P., Jansen, M., Fischer, H. E., Kauterz, A., Kobow, I., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2017). Modellierung naturwissenschaftlicher Kommunikationskompetenz – ein fächerübergreifendes Modell zur Evaluation der Bildungsstandards. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 113–125. <https://doi.org/10.1007/s40573-017-0061-8>
- Zweng, M. M., Reagan, J. R., Seidov, D., Boyer, T. P., Locarnini, R. A., Garcia, H. E., Mishonov, A. V., Baranova, O. K., Weathers, K. W., Paver, C. R., & Smolyar, I. V. (2018). *World Ocean Atlas 2018, Volume 2: Salinity*. NOAA Atlas NESDIS 82. Abgerufen am 14.12.2023 von https://www.ncei.noaa.gov/sites/default/files/2022-06/woa18_vol2.pdf

ANHANG

A-1 Unterrichtsmaterialien

A-1a Arbeitsmaterial ‚Aufbau von Salzen‘ – Interventionsgruppe

A-1b Arbeitsmaterial ‚Aufbau von Salzen‘ – Kontrollgruppe

A-1c Arbeitsmaterial ‚Lösevorgang von Salzen‘ (Filmleiste) – Interventionsgruppe

A-1d Arbeitsmaterial ‚Lösevorgang von Salzen‘ (Filmleiste) – Kontrollgruppe

A-1e Arbeitsmaterial ‚Auskristallisieren‘ – Interventions- und Kontrollgruppe

A-2 Testinstrumente

A-2a Fachwissenstest „Salze und der Lösevorgang“ (inklusive korrekter Lösungen)

A-2b C-Test „Überfall+3“ (Quelle: IfBQ Hamburg, 2008)

A-2c Kodiermanual zum C-Test „Überfall+3“ (Quelle: IfBQ Hamburg, 2008)

A-2d Vergleichswerte zum C-Test „Überfall+3“ (Quelle: IfBQ Hamburg, 2008)

A-2e Offene Aufgaben zum Verfassen adressatenorientierter Schüler*innentexte

A-2f Kategoriensystem zur qualitativ-inhaltsanalytischen Auswertung der Adressatenorientierung in Schüler*innentexten

A-1 Unterrichtsmaterialien

A-1a Arbeitsmaterial „Aufbau von Salzen“ – Interventionsgruppe

الميت البحر تحف
Dead Sea
Museum

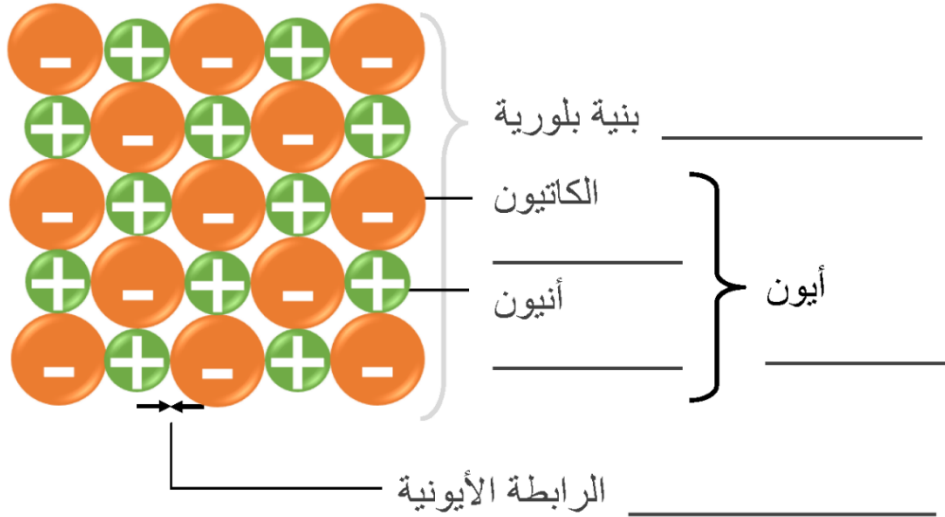




اتصل بنا
مجمع بانوراما البحر الميت
البحر الميت ، الأردن
هاتف: +962 78248 8880
البريد الإلكتروني:
CM@PANORAMADEADSEACOMPLEX.COM

ملح

الصوديوم كلوريد



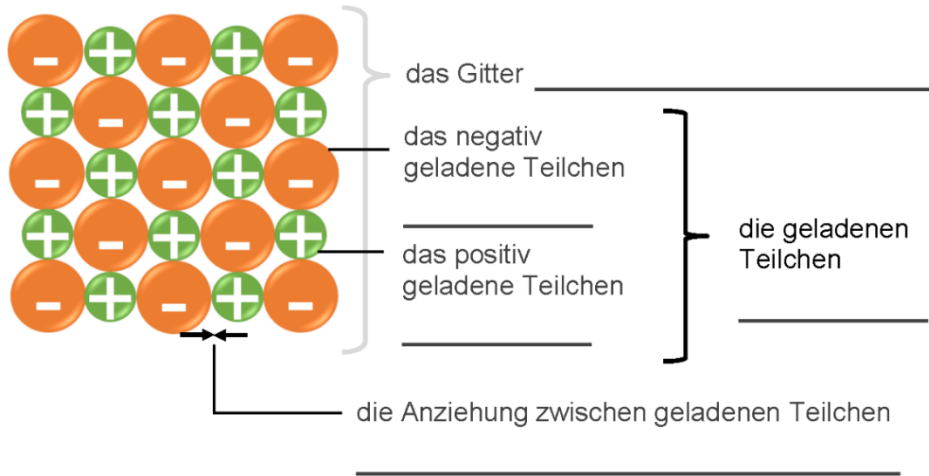
مختلفة نسب على الحيوية الأجسام وسوائل الرقيقة الأنسجة فتحتوي. الأرض كوكب على للحياة مهم الصوديوم كلوريد هذه مثل قمع. الرسائل نقل عملية لتتم تعمل حتى الصوديوم أيونات لقنوات تتطلب العصبية الخلايا أن كما. الأملاح من للوظائف الطلانية الأنسجة تحتاج كما. أخرى أعراض مع المباشر الوظيفي التوقف في يسبب غياب أو المستقبلات الكيميائي التليف مثل اضطرابات تسبب التي لقنوات المناسبة وغير المناسبة

geladene Teilchen, Kochsalz,
positiv geladene Teilchen, giftig,
Salz, negativ geladene Teilchen,
Anziehung zwischen geladenen Teilchen

Aufgabe 1: Ordne die Begriffe von Yukis Liste den entsprechenden Stellen der Abbildung zu.

Aufbau von Salzen _____

am Beispiel von Kochsalz _____



Aufgabe 2: Erkläre nun mithilfe der Fachbegriffe den Aufbau eines Salzes ausführlich. Schreibe einen Text.

الميت البحر تحف
Dead Sea
Museum



اتصل بنا

مجمع بانوراما البحر الميت
البحر الميت ، الأردن

هاتف: +962 78248 8880

البريد الإلكتروني

CM@PANORAMADEADSEACOMPLEX.COM

ملح _____

الصوديوم كلوريد _____

gladene Teilchen, Kochsalz,
positiv geladene Teilchen, Gift,
Salz, negativ geladene Teilchen,
Anziehung zwischen geladenen Teilchen

Ion Natriumchlorid
Anion Ionenbindung
Ionen substanz
Kation Kristallgitter

بنية الكاتيون أنيون

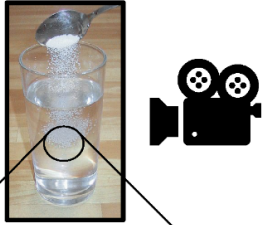
أيون

الرابطة الأيونية

وسوائل الرقيقة الأنسجة فتحتوي .الأرض كوكب على للحياة مهم الصوديوم كلوريد
تتطلب العصبية الخلايا أن كما .الأملاح من مختلفة نسب على الحيوية الأجسام
هذه مثل قمع .الرسائل نقل عملية لتتم تعمل حتى الصوديوم أيونات لقنوات
كما .أخرى أعراض مع المباشر الوظيفي التوقف في يسبب غياب أو المستقبلات
تسبب التي لقنوات المناسبة وغير المناسبة للوظائف الطلائية الأنسجة تحتاج
الكيسي التليف مثل اضطرابات

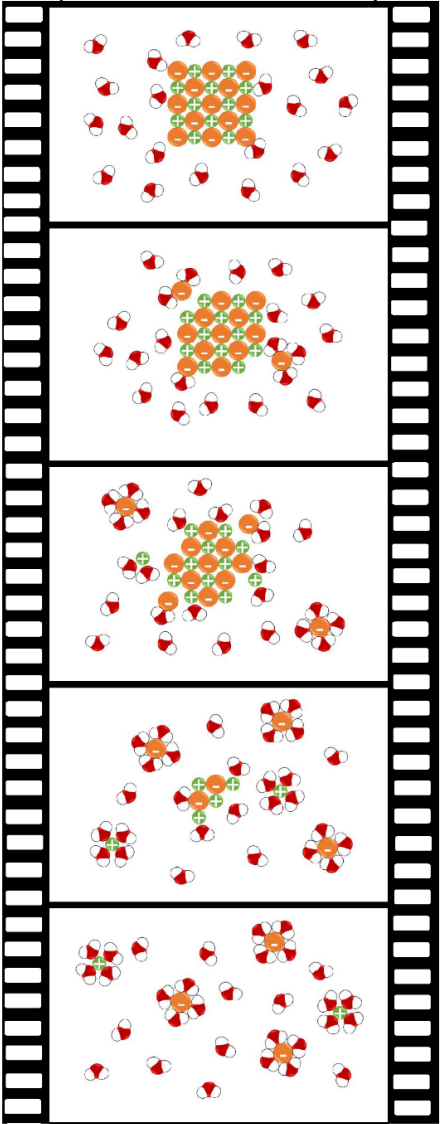
A-1c Arbeitsmaterial ‚Lösevorgang von Salzen‘ (Filmleiste) – Interventionsgruppe

Das Lösen von Salz in Wasser



Stoffebene

Meine Beobachtungen:



Teilchenebene

Salz wird in Wasser gegeben

Ein Salzkristall ist aus positiv geladenen Kationen und negativ geladenen Anionen aufgebaut. Das Kristallgitter wird durch die Anziehungskräfte der entgegengesetzten Ladungen zusammengehalten.

Wasser ist aus Wassermolekülen aufgebaut. Die Wassermoleküle sind frei beweglich und stoßen ab und zu an das Kristallgitter.

Hydratation beginnt

Im Inneren des Kristallgitters ist jedes Ion von sechs anderen umgeben, nicht so an den Ecken und Kanten. Diese Ionen sind daher weniger stark gebunden, als die Ionen im Inneren des Gitters und werden als erste von den Wassermolekülen aus dem Gitter herausgelöst.

Aufgrund der Anziehung zwischen den elektrisch geladenen Ionen und den Teilladungen des Wassermoleküls, ordnen sich Wassermoleküle um jedes Ion.

Hydrathülle um die Anionen

Einige Wassermoleküle richten sich mit ihren Wasserstoff-Atomen zu den Anionen aus, da an den Wasserstoff-Atomen eine positive Teilladung auftritt.

Somit ordnen sich um jedes Anion etwa vier Wassermoleküle.

Hydrathülle um die Kationen

Andere Wassermoleküle richten sich mit ihrem Sauerstoff-Atom zu den Kationen aus, da am Sauerstoff-Atom eine negative Teilladung auftritt.

Somit ordnen sich um jedes Kation ungefähr vier Wassermoleküle.

Hydratation ist abgeschlossen

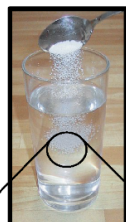
Der Lösevorgang ist abgeschlossen, sobald alle Ionen aus dem Kristallgitter gelöst wurden und jedes Ion von etwa vier Wassermolekülen umgeben ist.

© R. Gieske, Freie Universität Berlin, 2021

Projekt: Das Tote Meer stirbt

A-1d Arbeitsmaterial ‚Lösevorgang von Salzen‘ (Filmleiste) – Kontrollgruppe

Das Lösen von Salz in Wasser



Stoffebene

Meine Beobachtungen:

Teilchenebene

Salz wird in Wasser gegeben

Ein Salzkristall ist aus positiv geladenen Kationen und negativ geladenen Anionen aufgebaut. Das Kristallgitter wird durch die Anziehungskräfte der entgegengesetzten Ladungen zusammengehalten.

Wasser ist aus Wassermolekülen aufgebaut. Die Wassermoleküle sind frei beweglich und stoßen ab und zu an das Kristallgitter.

Hydratation beginnt

Im Inneren des Kristallgitters ist jedes Ion von sechs anderen umgeben, nicht so an den Ecken und Kanten. Diese Ionen sind daher weniger stark gebunden, als die Ionen im Inneren des Gitters und werden als erste von den Wassermolekülen aus dem Gitter herausgelöst.

Aufgrund der Anziehung zwischen den elektrisch geladenen Ionen und den Teilladungen des Wassermoleküls, ordnen sich Wassermoleküle um jedes Ion. Diesen Prozess nennt man Hydratation.

Hydrathülle um die Anionen

Einige Wassermoleküle richten sich mit ihren Wasserstoff-Atomen zu den Anionen aus, da an den Wasserstoff-Atomen eine positive Teilladung auftritt.

Somit ordnen sich um jedes Anion etwa vier Wassermoleküle. Diese Hülle wird als Hydrathülle bezeichnet.

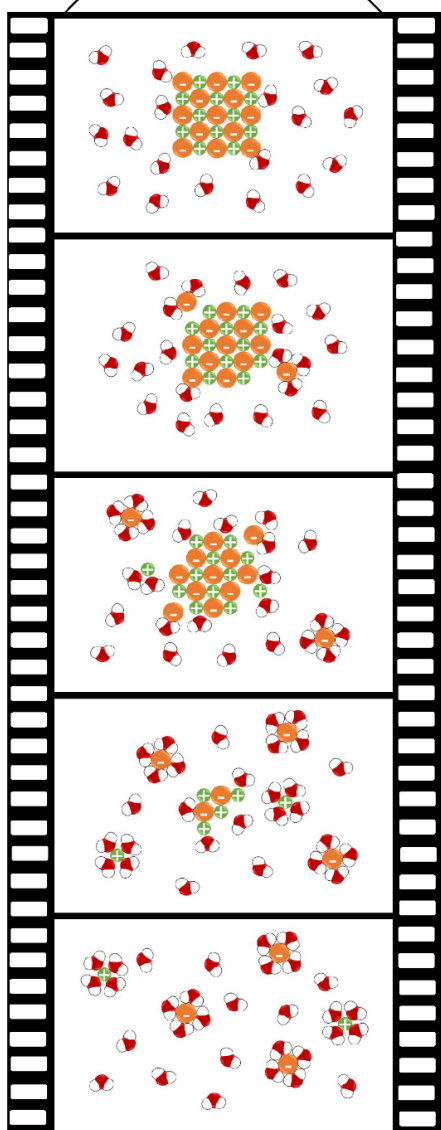
Hydrathülle um die Kationen

Andere Wassermoleküle richten sich mit ihrem Sauerstoff-Atom zu den Kationen aus, da am Sauerstoff-Atom eine negative Teilladung auftritt.

Somit ordnen sich um jedes Kation ungefähr vier Wassermoleküle in einer Hydrathülle.

Hydratation ist abgeschlossen

Der Lösevorgang ist abgeschlossen, sobald alle Ionen aus dem Kristallgitter gelöst wurden und jedes Ion von etwa vier Wassermolekülen umgeben ist.



Schülerversuch:
Dem Salz auf der Spur

Warum gibt es eine
Magnesium-Fabrik
in der Nähe?



Warum gibt es
so viel Salz am
Strand?

Unterschiedliche Salze können ganz unterschiedliche Kristallformen ausbilden. Jedes Salz kristallisiert in einer charakteristischen Form. Natriumchlorid zum Beispiel kristallisiert in Würfeln. Heute wollen wir die Salze, die im Toten Meer gelöst sind, über ihre Kristallformen identifizieren.

Aufgabenstellung:

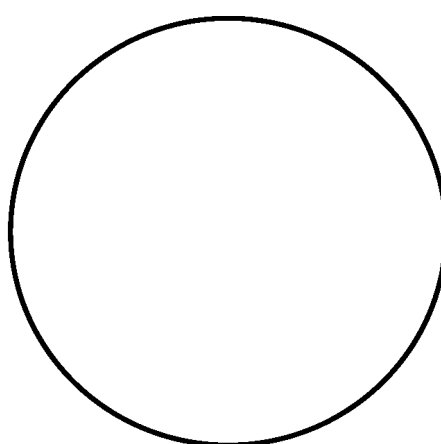
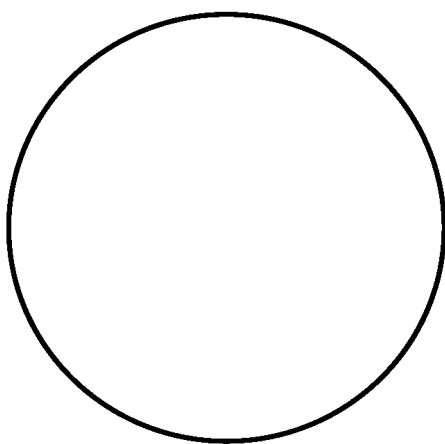
1. Betrachte mit Hilfe des Mikroskops das Auskristallisieren von Salzen a) in einem Tropfen Wasser aus dem Toten Meer und b) in einer unbekannten Salzlösung.
2. Fertige eine Zeichnung der Kristalle an.
3. Identifiziere mithilfe von Bildern von Salzkristallen, welches Salz in deiner Salzlösung vorliegt. Vergleiche mit den Kristallen im Toten-Meer-Wasser!

Geräte/Chemikalien:

Mikroskop, 2 Objektträger, Totes-Meer-Wasser, unbekannte Salzlösung

Durchführung:

Du erhältst jeweils einen Tropfen Totes-Meer-Wasser und Salzlösung direkt auf den Objektträger. Beobachte mit Hilfe des Mikroskops, was in den Tropfen passiert.



A-2 Testinstrumente

A-2a Fachwissenstest „Salze und der Lösevorgang“ (inklusive korrekter Lösungen)

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

mit den folgenden Aufgaben wollen wir herausfinden, was du zum Thema „Salze“, z.B. aus dem Fernsehen oder dem Internet, bereits weißt. Fühle dich nicht entmutigt, wenn du Aufgaben noch nicht lösen kannst. Wir werden in den nächsten Chemiestunden gemeinsam über diese Themen sprechen und du wirst dabei viel über Salze lernen. Versprochen! ☺

Bitte erstelle deinen anonymen Code nach folgendem Muster aus:

- den ersten beiden Buchstaben des Vornamens deines Vaters
- den ersten beiden Buchstaben des Vornamens deiner Mutter
- deinem Geburtstag (Zahl zwischen 01 und 31)
- deinem Geschlecht (männlich = M, weiblich = W, divers = D)

Beispiel:

Dein Vater heißt Paul.

Deine Mutter heißt Aylin.

Du bist am 2.11. geboren und weiblich.

→

P	a	A	y	0	2	w
---	---	---	---	---	---	---

Dein Code lautet:

--	--	--	--	--	--	--

Kreuze nun bei jeder Aufgabe die Antwort an, die du für richtig hältst. Es ist bei jeder Aufgabe **nur eine Antwort richtig**.

Kreuze außerdem an, wie sicher du dir bist, dass du die Aufgabe richtig beantwortet hast.

Beispiel:

0. Der Stoff mit der Formel H₂O heißt:							
a) Sauerstoff		b) Wasser					X
c) Kohlenstoffdioxid		d) Aluminium					
Bei dieser Antwort bin ich mir:							
unsicher		eher unsicher		eher sicher		sicher	X

1. Elektrisch geladene Teilchen bezeichnen Chemiker*innen als:							
a) Ionen		X	b) Atome				
c) Moleküle			d) Dipole				
Bei dieser Antwort bin ich mir:							
unsicher		eher unsicher		eher sicher		sicher	

2. Wie können die Salze des Toten Meeres identifiziert werden?							
a) durch ihre Farbe				b) durch ihre Dichte			
c) durch ihre Kristallstruktur				d) durch ihre elektrische Leitfähigkeit			
				X			
Bei dieser Antwort bin ich mir:							
unsicher		eher unsicher		eher sicher		sicher	

3. Der Stoff Wasser ist aufgebaut aus:							
a) Wasser-Atomen				b) Wasser-Kationen			
c) Wasser-Molekülen				d) Wasser-Elektronen			
				X			
Bei dieser Antwort bin ich mir:							
unsicher		eher unsicher		eher sicher		sicher	

4. Wie sind die Teilchen in einem Salzkristall angeordnet?							
a) einzeln pro Kristall				b) paarweise			
c) in einem Gitter				d) komplett unregelmäßig			
				X			
Bei dieser Antwort bin ich mir:							
unsicher		eher unsicher		eher sicher		sicher	

5. Ein wichtiger Teilschritt beim Lösen eines Salzes in Wasser heißt:							
a) Hydratation				b) Hydrogenierung			
c) Hydrierung				d) Neutralisation			
				X			
Bei dieser Antwort bin ich mir:							
unsicher		eher unsicher		eher sicher		sicher	

6. Negativ geladene Teilchen bezeichnen Chemiker*innen als:							
a) Neutronen				b) Kationen			
c) Protonen				d) Anionen			
				X			
Bei dieser Antwort bin ich mir:							
unsicher		eher unsicher		eher sicher		sicher	

7. Ein Mensch treibt im Toten Meer fast wie ein Korken an der Oberfläche, in der Nordsee aber nicht. Was ist der Grund dafür?

a) unterschiedliche Wassertemperatur		b) unterschiedliche Dichte des Wassers	✗
c) unterschiedliche Wassertiefe		d) unterschiedliche Lufttemperatur	
Bei dieser Antwort bin ich mir:			
unsicher		eher unsicher	
		eher sicher	
		sicher	

8. Ein Beispiel für eine Verbindung, die aus elektrisch geladenen Teilchen besteht, ist:

a) Kohlenstoffdioxid		b) Kerzenwachs	
c) Soda	X	d) Zucker	
Bei dieser Antwort bin ich mir:			
unsicher		eher unsicher	
		eher sicher	
		sicher	

9. Wenn man so viel Salz in Wasser gelöst hat, dass man kein weiteres Salz mehr lösen kann, so spricht man von einer:

a) ungesättigten Lösung		b) untersättigten Lösung	
c) gesättigten Lösung	X	d) übersättigten Lösung	
Bei dieser Antwort bin ich mir:			
unsicher		eher unsicher	
		eher sicher	
		sicher	

10. Wie wird die Art der chemischen Bindung von Salzen bezeichnet?

a) unpolare Elektronenpaarbindung		b) Salzbindung		
c) polare Elektronenpaarbindung		d) Ionenbindung		✗
Bei dieser Antwort bin ich mir:				
unsicher		eher unsicher		eher sicher
				sicher

11. Das aus dem Haushalt bekannte Kochsalz setzt sich zusammen aus:

a) Natrium-Ionen und Chlorid-Ionen	X	b) Natrium-Atomen und Chlor-Atomen	
c) Natrium-Anionen und Chlorid-Kationen		d) Natrium-Kationen und Chlorid-Kationen	
Bei dieser Antwort bin ich mir:			
unsicher		eher unsicher	
		eher sicher	
		sicher	

12. Aus welchen Teilchen besteht eine Hydrathülle:

a) Wasserstoff-Molekülen		b) Wasserstoff-Ionen	
c) Wasser-Molekülen	X	d) Wasser-Ionen	
Bei dieser Antwort bin ich mir:			
unsicher		eher unsicher	eher sicher
			sicher

13. Die starke Bindung in einem Salz entsteht, weil:

a) sich geladene Teilchen anziehen	X	b) frei bewegliche Elektronen vorhanden sind	
c) sich magnetische Teilchen anziehen		d) sich gemeinsame Elektronenpaare ausbilden	
Bei dieser Antwort bin ich mir:			
unsicher		eher unsicher	eher sicher
			sicher

14. Die Gewinnung eines Salzes aus einer Salzlösung nennt man:

a) Austrocknen		b) Auslösen	
c) Auskristallisieren	X	d) Entkristallisieren	
Bei dieser Antwort bin ich mir:			
unsicher		eher unsicher	eher sicher
			sicher

15. Da in einem Wasser-Molekül negative und positive Partialladungen (Teilladungen) vorliegen, spricht man von:

a) einem Atom		b) einem Ion	
c) einem Dipol	X	d) einer Verbindung	
Bei dieser Antwort bin ich mir:			
unsicher		eher unsicher	eher sicher
			sicher

16. Die Hydrathülle beim Lösen eines Salzes in Wasser wird gebildet durch die Wechselwirkung von:

a) Sauerstoff-Atomen des Wassers und Anionen des Salzes		b) Sauerstoff-Atomen des Wassers und Kationen des Salzes	X
c) Wasserstoff-Atomen des Wassers und Molekülen des Salzes		d) Wasserstoff-Atomen des Wassers und Kationen des Salzes	
Bei dieser Antwort bin ich mir:			
unsicher		eher unsicher	eher sicher
			sicher

Vielen Dank für deine Teilnahme! ☺

A-2b C-Test „Überfall+3“ (Quelle: IfBQ Hamburg, 2008)

C-Test Klasse 7/8, „Überfall+3“, 2008



C-Test

Anleitung:

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

hier findest du vier Texte, in denen einige Wörter nicht vollständig sind. Du sollst die Lücken füllen. Damit es dir nicht so schwerfällt, stehen Buchstaben am Anfang des Wortes, das du ergänzen sollst.

Beispiel:

Es war ein____ ein kleines Mäd____. Das ging allein im Wald spazi_____.

Du ergänzt die Wörter:

Es war einmal ein kleines Mädchen. Das ging allein im Wald spaziieren.

Im ersten Wort fehlten drei Buchstaben, im zweiten fehlten vier. Es fehlen also immer etwa so viele Buchstaben, wie vorgegeben sind.

Bei zusammengesetzten Wörtern beachtest du nur das **letzte** Wort. Bei dem Wort *Großmut*____ ergänzt du drei Buchstaben, genauso viele, wie bei *Mutter* fehlten: Großmutter.

Ergänze die Wörter direkt im Text.

Du hast dafür **15 Minuten** Zeit.

Schülercode (wenn vorhanden)							
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--

Datum: _____ **Name:** _____

Ungeklärter Überfall

Er floh, ließ jedoch sein Gewehr am Tatort zurück. Da er sehr unvorsichtig war, hatte er das Gewehr nicht von seinen Fingerabdrücken gereinigt. So wurde er zwei Monate später in London gefasst, als er als dem Wohnort Rhodesien war. In den USA gebräuchlich, rief er einen seiner Anwälte, die Tat zu gestehen, um der Todesstrafe zu entgehen. Am 10. März 1969 - sein Geburtstag - legte er ein Geständnis ab und wurde zu 99 Jahren Haft verurteilt. Drei Tage später bestritt er aber, der Mörder zu sein, und plädierte auf nicht schuldig.

http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=James_Earl_Ray&oldid=26047222 (leicht verändert)

Besondere Delfine

Die Schwarz-Weiß-Delfine (Cephalorhynchus) sind kleine Delfine in den kalten Meeren der Südhälfte; hier befinden sich die kleinsten Wale überhaupt. Allgemein ist das Farbmuster aus schwarz und weißen Partien, das deutlich voneinander abgegrenzt sind. Bei allen Arten sind Kopf, Flossen und Schwanz schwarz und der Bauch weiß gefärbt; an der übrigen Körpermitte variiert die Farbverteilung von Art zu Art. Wie alle Delfine leben Schwarz-Weiß-Delfine in Schulen. Sie halten sich nahe der Küste auf und schwimmen gerne im Gefolge von Booten.

<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Schwarz-Weiß-Delfine&oldid=26046732>

Interessante Performance

De La Guarda ist der Name einer aus Argentinien stammenden Theater-Performance, die seit 1994 an verschiedenen Orten der Welt aufgeführt wird. Es handelt sich um eine Mischung aus Tanz, Akrobatik und Theater, untermauert mit Musik verschiedenster Stilrichtungen zwischen Rock, lateinamerikanischer Folklore und Techno. Die Zuschauer stehen dabei in einem abgedunkelten Raum und die Performance findet hauptsächlich über den Kopf des Publikums statt. Dadurch bekommt es auch die zukünftigen kommenden Elementen Wasser, Dampf, Nebel und Feuer „hautnah“ zu spüren.

http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=De_la_Guarda&oldid=22053994

Eiskalte Sportart

Eishockey ist eine Mannschaftssportart, die mit fünf Feldspielern und einem Torwart auf einer etwa 60m langen und 30m breiten Eisfläche gespielt wird. Ziel des Spiels ist es, das Spielgerät, einen Puck, mit Schlägern in das gegnerische Tor zu befördern. Der Eishockeysport entstand zwischen 1840 und 1875 in Kanada, wobei britische Soldaten das schottische Shinney an Schnee und Eis anpassten. In Deutschland gehört Eishockey - neben Fußball - zu den beliebtesten Mannschaftssportarten und erfreut sich bis in die unteren Ligen an regem Zuschauerinteresse.

<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Eishockey&oldid=26150155>

C-Test Klasse 7/8, „Überfall+3“, 2008



C-Test

Anleitung:

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

hier findest du vier Texte, in denen einige Wörter nicht vollständig sind.
Du sollst die Lücken füllen. Damit es dir nicht so schwerfällt, stehen
Buchstaben am Anfang des Wortes, das du ergänzen sollst.

Beispiel:

Es war ein____ ein kleines Mäd____. Das ging allein im
Wald spazi_____.

Du ergänzt die Wörter:

Es war einmal ein kleines Mädchen. Das ging allein im Wald
spaziieren.

Im ersten Wort fehlten drei Buchstaben, im zweiten fehlten vier. Es
fehlen also immer etwa so viele Buchstaben, wie vorgegeben sind.

Bei zusammengesetzten Wörtern beachtest du nur das **letzte**
Wort. Bei dem Wort *Großmut*____ ergänzt du drei Buchstaben, ge-
nauso viele, wie bei *Mutter* fehlten: Großmutter.

Ergänze die Wörter direkt im Text.

Du hast dafür **15 Minuten** Zeit.

Schülercode (wenn vorhanden)							
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--

Datum: _____ Name: _____

Ungeklärter Überfall

Er floh, ließ jedoch sein Gewehr am Tatort zurück. Da er sehr unvorsichtig war, hatte er das Gewehr nicht von seinen Fingerabdrücken gereinigt. So wurde er zwei Monate später in London gefasst, als er auf dem Weg nach Rhodesien war. In die USA gebracht, riet ihm einer seiner Anwälte, die Tat zuzugestehen, um der Todesstrafe zu entgehen. Am 10. März 1969 - seinem Geburtstag - legte er ein Geständnis ab und wurde zu 99 Jahren Haft verurteilt. Drei Tage später bestritt er aber, der Mörder zu sein, und plädierte auf nicht schuldig.

http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=James_Earl_Ray&oldid=26047222 (leicht verändert)

Besondere Delfine

Die Schwarz-Weiß-Delfine (Cephalorhynchus) sind kleine Delfine in den kalten Meeren der Südhalbkugel; hier befinden sich die kleinsten Wale überhaupt. Allen gemein ist das Farbmuster aus schwarzen und weißen Partien, die deutlich voneinander abgegrenzt sind. Bei allen Arten sind Kopf, Flossen und Schwanz schwarz und der Bauch weiß gefleckt; am übrigen Körper variiert die Farbverteilung von Art zu Art. Wie alle Delfine leben Schwarz-Weiß-Delfine in Schulen. Sie halten sich nahe der Küste auf und schwimmen gerne im Gefolge von Booten.

<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Schwarz-Weiß-Delfine&oldid=26046732>

Interessante Performance

De La Guarda ist der Name einer aus Argentinien stammenden Theater-Performance, die seit 1994 an verschiedenen Orten der Welt aufgeführt wird. Es handelt sich um eine Mischung aus Tanz, Akrobatik und Theater, untermalt mit Musik verschiedenster Stilrichtungen zwischen Rock, lateinamerikanischer Folklore und Techno. Die Zuschauer stehen dabei in einem abgedunkelten Raum und die Performance findet hauptsächlich über den Köpfen des Publikums statt. Dadurch bekommt es auch die zum Einsatz kommenden Elemente Wasser, Dampf, Nebel und Feuer „hautnah“ zu spüren.

http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=De_la_Guarda&oldid=22053994

Eiskalte Sportart

Eishockey ist eine Mannschaftssportart, die mit fünf Feldspielern und einem Torwart auf einer etwa 60m langen und 30m breiten Eisfläche gespielt wird. Ziel des Spiels ist es, das Spielgerät, einen Puck, mit Schlägern in das gegnerische Tor zu befördern. Der Eishockeysport entstand zwischen 1840 und 1875 in Kanada, wo britische Soldaten das schottische Shinney auf Schnee und Eisspielten. In Deutschland gehört Eishockey - nach Fußball - zu den beliebtesten Mannschaftssportarten und erfreut sich bis in die unteren Ligen eines regen Zuschauerinteresses.

<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Eishockey&oldid=26150155>

A-2d Vergleichswerte zum C-Test „Überfall+3“ (Quelle: IfBQ Hamburg, 2008)

C-Test Klasse 7/8, Überfall +3

Test-ID: LIQ-1 0801001

Jahr der Normierung:

Normierungsstichprobe:



ifbq

Institut für Bildungsmonitoring
und Qualitätsentwicklung

Vergleichswerte C-Test „Überfall“ für Klasse 7/8

In der folgenden Tabelle sind die Vergleichswerte für den C-Test „Überfall“, bestehend aus vier Untertests, aufgeführt. Erläuterungen zu den Vergleichswerten für die Interpretation der Testergebnisse finden Sie auf der folgenden Seite.

Punkte	Prozentrang	T-Wert	Referenzniveau
≥ 92	100	71 bis 78	sehr sicher
88 bis 91	99	68 bis 70	sehr sicher
87	98	67	sehr sicher
86	97	66	sehr sicher
85	96	65	sehr sicher
84	95	65	sehr sicher
83	93	64	sehr sicher
82	91	63	sehr sicher
81	90	62	sehr sicher
80	88	61	sicher
79	85	60	sicher
78	83	59	sicher
77	80	59	sicher
76	77	58	sicher
75	74	57	sicher
74	71	56	sicher
73	68	55	sicher
72	64	54	sicher
71	61	54	sicher
70	57	53	sicher
69	54	52	sicher
68	51	51	sicher
67	47	50	sicher
66	44	49	sicher
65	40	48	sicher
64	37	48	sicher
63	34	47	sicher
62	31	46	sicher
61	29	45	sicher
60	27	44	sicher
59	24	43	unsicher
58	22	43	unsicher
57	20	42	unsicher
56	18	41	unsicher
55	16	40	unsicher

Punkte	Prozentrang	T-Wert	Referenzniveau
54	14	39	unsicher
53	13	38	unsicher
52	11	38	sehr unsicher
51	10	37	sehr unsicher
50	9	36	sehr unsicher
49	8	35	sehr unsicher
48	7	34	sehr unsicher
47	6	33	sehr unsicher
45 bis 46	5	32	sehr unsicher
44	4	31	sehr unsicher
41 bis 43	3	28 bis 30	sehr unsicher
38 bis 40	2	26 bis 27	sehr unsicher
31 bis 37	1	20 bis 25	sehr unsicher
≤ 30	0	19 bis -5	sehr unsicher

Erläuterungen:

Prozentrang: Der Prozentrang (PR) ist ein statistischer Wert, der die Position einer individuellen Leistung innerhalb der Verteilung der Vergleichsgruppe kennzeichnet. Er gibt an, wie viel Prozent der Vergleichsgruppe eine bessere, gleich gute oder schwächere Leistung erreichen. Zum Beispiel besagt PR 75, dass von 100 Schülerinnen und Schülern der gleichen Jahrgangsstufe 25 eine bessere und 75 eine gleich gute bzw. schwächere Leistung erzielen. Ein PR unter 10 drückt dagegen aus, dass 90 Prozent der Vergleichsgruppe eine bessere Leistung erzielen.

Für Hamburger Schüler gilt bei PR 10 oder darunter, dass ein additiver Sprachförderbedarf diagnostiziert wurde und demzufolge eine Sprachförderung nach §28a Hamburgisches Schulgesetz (HmbSG) erfolgen muss.

T-Wert: „Die T-Werte stellen eine Umwandlung der Prozentränge in Standardwerte dar, deren Verteilung der Gauß'schen Normalverteilung entspricht“ (May et al 2013, 18)¹. Vorteil der T-Werte ist, dass Unterschiede im gesamten Leistungsspektrum statistisch korrekt abgebildet werden können, wodurch Differenzen und Durchschnittswerte berechnet werden können. Der Mittelwert liegt bei T=50, die Standardabweichung beträgt 10 T-Werte. T-Werte zwischen 40 und 60 liegen demnach im Durchschnittsbereich. Insbesondere bei der Darstellung von Unterschieden zwischen Ergebnissen in verschiedenen Tests ist Nutzung der T-Werte hilfreich.

Referenzniveau: Das Referenzniveau nimmt Bezug auf den Prozentrang und interpretiert diesen vereinfachend, indem die Leistung der Kinder im Vergleich zur Referenzgruppe in fünf Stufen eingeordnet wird.

Ein Referenzniveau auf der Niveaustufe 3 („mittel“) entspricht einer Leistung, die im Durchschnittsbereich (PR 26-75) in der Vergleichsgruppe erbracht wurde. Die Niveaustufen 2 (PR 11-25) und 4 (76-89) weisen auf eine moderate Abweichung des individuellen Leistungsstands vom Durchschnittsniveau der Jahrgangsgruppe hin, dagegen signalisieren die Niveaustufen 1 (PR≤10) und 5 (PR≥90) sehr deutliche Abweichungen vom Durchschnittsniveau².

¹ May et al (2002): KEKS Handbuch – Konzept, theoretische Grundlagen und Normierung; Cornelsen Schulverlage GmbH, Berlin.

² Weitere Informationen zum Referenzniveau finden Sie im KEKS Handbuch (s. Fußnote oben)

A-2e Offene Aufgaben zum Verfassen adressatenorientierter Schüler*innentexte

Dein Code lautet:

--	--	--	--	--	--

Aufgabe:

Erkläre **deinem Chemielehrer**, wie sich Salz in Wasser löst. Nutze für deine Erklärung das Beispiel: Du willst Nudeln kochen und gibst Salz in das Wasser. Berücksichtige für deine Erklärung das Modell, dass Stoffe aus kleinsten Teilchen bestehen.

Antwort:

A-2f Kategoriensystem zur qualitativ-inhaltsanalytischen Auswertung der Adressa-
tenorientierung in Schüler*innentexten

Raster zur Analyse von Adressatenorientierung in Schüler*innentexten im Themenfeld Salze		
Allgemeine Anmerkungen - Ankerbeispiel: fett hervorgehobene Segmente werden kodiert, falls nur ein einziges Wort für die Kodierung gemeint ist. Bei Kodierungen mit mehr als einem fett hervorgehobenen Segment, wird das unterstrichene Segment kodiert. - versehentliche Wortwiederholungen (eigliche zu kodierenden Wörter oder Wortgruppen, die augenscheinlich unbeabsichtigt mehrfach geschrieben wurden): Die erste Nennung wird kodiert, die Doppelung wird ignoriert, z.B. <i>Und wenn man das Salz genug umrührt...</i> (KSS_IG_PASA30_L) - Kriterium Inhalt: nur erstes Auftreten der Begriffe wird kodiert - Kategorien „Fachbegriff“, „erläuterter Fachbegriff“, „umgangssprachlicher Begriff“: Nur das erste Auftreten der Begriffe wird unter ihrer jeweiligen Kategorie kodiert. Wiederholtes Auftreten der Begriffe wird unter der Kategorie „Wortwiederholungen“ kodiert - Im Original durchgestrichene Segmente werden nicht kodiert - Wenn Fachbegriffe und umgangssprachliche Begriffe in Komposita auftreten ... a) werden diese (neben der Kodierung als Kompositum) als Fachbegriffe bzw. umgangssprachliche Begriffe kodiert, wenn das Kompositum keinen weiteren Fachbegriff oder umgangssprachlichen Begriff enthält, z.B. das Salzwasser b) wird das Kompositum (neben der Kodierung als Kompositum) nur unter dem Begriff kodiert, der das Grundwort des Kompositums ist, z.B. Salzgitter wird unter „Gitter“, aber nicht unter „Salz“ als umgangssprachlicher Begriff kodiert.		
Kriterium	Wortebene	Kategoriedefinition + Kodierregeln + Ankerbeispiele
Sprache	Fachbegriffe (Kugelmeyer, 2010, S. 53)	Hierzu zählen Begriffe, die im Rahmen des Unterrichtes zum Themenfeld „Salze“ neu erarbeitet wurden. Sie stammen aus der Liste Fachbegriffe im Themenfeld „Salze – Gegensätze ziehen sich an“ im Berliner Rahmenlehrplan (Seibel, 2015, S. 38) bzw. wurden als direkt verwandte Begriffe ergänzt: Ion, Kation, Anion, Ionensubstanz, Ionenbindung, Ionenbindung, Kristallgitter, Ionengitter, Natriumchlorid, Hydratation, Hydrathülle, gesättigte Lösung Kodierregeln: - Es wird nur das Auftreten des Begriffes kodiert, unabhängig von seiner Verwendung. Die inhaltliche Korrektheit des Begriffes wird unter „Inhalt“ berücksichtigt. Ankerbeispiele: - Die Anionen und Kationen bilden ein Kristallgitter. (SGY_IG_JOCA08_L) - An den Ecken herrscht die schwächste Ionenbindung ... (SGY_IG_HAKA18_L) - Wenn sich nun kein Salz mehr auflöst, dann spricht man von einer gesättigten Lösung. (SGY_IG_MASK08_L) - Durch den Kochvorgang nehmen Nudeln die Salzionen des Salzwassers auf. (Lössevorgang_L_HAHA28W_MAXQDA)
	Erläuterte/ konkrete Fachbegriffe (Kugelmeyer, 2010, S. 53)	Hierzu zählen Begriffe, die im Rahmen des Unterrichtes zum Themenfeld „Salze“ neu erarbeitet (s. Fachbegriffe) wurden und gleichzeitig eine zusätzliche Erklärung, z.B. in Form von Adjektivattributen, Relativsätzen, Appositionen oder Ergänzungen in Klammern enthalten Kodierregeln: - Erläuterte Fachbegriffe werden beim ersten Auftreten im Text in dieser Kategorie erfasst und ab dem zweiten Auftreten als Wortwiederholung kodiert. - Die Erläuterung des Fachbegriffs wird nicht mitkodiert. - Erläuterte Fachbegriffe werden nicht auch als normale Fachbegriffe kodiert (keine Doppelkodierung). - Es wird nur das Auftreten des Begriffes kodiert, unabhängig von seiner Verwendung. Die inhaltliche Korrektheit des Begriffes wird unter „Inhalt“ berücksichtigt.

Stand: 09.10.2024

		Ankerbeispiele: • Salz besteht aus feinen Kristallgittern, welche aus der gleichen Anzahl Kationen (+) und Anionen (-) bestehen. (SGY_IG_MAGE19_L) • ... aus negativ geladenen Anionen und positiv geladenen Kationen (SGY_IG_WAKA08_L) • weil jedes der Salzteilchen (Ionen) von Wassermolekülen vollständig umgeben ist. (SGY_IG_JOSV09_L) • ... Kationen und Anionen, welche positiv und negativ geladen sind (HSG_KG_TK07B_L) Zu den umgangssprachlichen Begriffen zählen folgende Begriffe, die den Schüler*innen aus dem (naturwissenschaftlichen) Unterricht bereits geläufig sind (J.S.v. Vernacular language, S. Brown & Spang, 2008, S. 710) und welche die neu einzuführenden Fachbegriffe umschreiben: geladene Teilchen, positiv geladene Teilchen, negativ geladene Teilchen, Salz (-kristall, -korn...), Anziehung zwischen geladenen Teilchen, Gitter, Kochsalz, Lösevorgang/Umhüllung durch Wassermoleküle, Hülle aus Wassermolekülen, Lösung, die kein weiteres Salz lösen kann Kodierregeln: • Es wird nur das Auftreten des Begriffes kodiert; unabhängig von seiner Verwendung. Die inhaltliche Korrektheit des Begriffes wird unter „Inhalt“ berücksichtigt. • Bei mehrgliedrigen Begriffen wird nur das erste Wort kodiert, z.B. positiv geladene Teilchen oder Hülle aus Wassermolekülen • Werden mehrere mehrgliedrige Begriffe miteinander verbunden, so werden sie als separate Segmente kodiert, z.B. positiv und negativ geladene Teilchen • Nicht kodiert: Salzteilchen, Teilchen des Salzes Ankerbeispiele: • Wenn das mit jedem Ion passiert ist das Kochsalz gelöst. (SGY_IG_MAHF14_L) • Salz besteht aus einem Gitter. (HSG_KG_AY04B_F) • Gibt man Salz jetzt ins Wasser, ziehen sich die elektrisch geladenen Teilchen an. (HSG_IG_T116S_L)
	Umgangssprachliche Begriffe (Kulgemeyer, 2010, S. 53; Becker-Mrotzek et al., 2014, S. 32)	Hier werden jene Begriffe (Kategorien „Fachbegriff“, „erläuterter Fachbegriff“ und „umgangssprachlicher Begriff“) erfasst, die in einem Text mehr als einmal auftreten. Kodierregeln: • Ein Wechsel des Numerus oder Kasus zählt wird nicht beachtet, z.B. ...ein Gitter aus Anionen... jedes Anion • Nicht als Wortwiederholung kodiert werden unterschiedliche Begriffe, auch wenn sie in Teilen übereinstimmen, z.B. Geladene Teilchen bestehen aus positiv und negativ geladenen Teilchen. Ankerbeispiele: • Sie machen es erstmal Stück für Stück und nehmen sich die ersten Anionen und umkreisen die Anionen (KOS_KG_MAMA01_L)
	Komposita (Rinde, 2010, S. 238)	Hierzu zählen Begriffe, die aus mehreren einzelnen Wörtern korrekt zusammengesetzt sind und korrekt verwendet werden (Sleever & Schiebanski, 2007). Kodierregeln: • Kodiert werden nur Komposita, die aus mind. einer substantivischen Komponente bestehen. • Es wird das gesamte Kompositum kodiert, auch wenn dieses fälschlicherweise getrennt geschrieben wurde. Ankerbeispiele: • Wasserstoff-Atome (SGY_IG_ANTA07_L), dreidimensional (SGY_IG_ANUL12_L) • Nudelwasser (SGY_IG_MAAL15_L) • Anziehungskräfte (Lösevorgang_S_HAHA28W_MAXQDA)

		Nominalisierungen (Kubaneier & Sawaschek, 2014, S. 245; Runkle, 2010, S. 238)	Nominalisierungen bezeichnen die Verwendung des reinen Infinitivs (Siever & Schlobinski, 2007) oder eines Adjektivs als Substantiv, wodurch eine Verkürzung des Satzes erreicht wird. Kodierregeln: Kodiert wird nur die Nominalisierung ohne Artikel/Präposition Ankerbeispiele: <i>Dadurch, dass beim Kochen immer wieder Wassermoleküle an das Kristallgitter stoßen, ... (SGY_IG_MAGE19_L)</i>
	Proformen		Proformen bezeichnen Pronomen und Adverbien, die für im Text vorher erwähnte Referenzobjekt stehen (anaphorisch) oder auf ein nachfolgendes (kataphorisch) Referenzobjekt verweisen (Siever & Schlobinski, 2007). Hier werden nur Pronomen und Adverbien gezählt, die selbstständig stehen können (Eisenberg, 2013a, S. 18). Kodierregeln: - Nicht kodiert werden Pronomina, deren Bezugswort erneut aufgenommen wird bzw. die ein neues Bezugswort besitzen, z.B. <i>ein Gitter aus Anionen und Kationen. Diese Ionen...</i> - Nicht kodiert werden es-Konstruktionen bzw. alleinstehende Pronomina, die keinen Rückbezug haben, z.B. <i>Salz löst sich in Wasser. Es handelt sich um eine Hydratation; es stirbt fest, dass...</i> - Nicht kodiert werden lexikalische Proformen (Synonyme, Quasi-Synonyme, Ober- und Unterbegriffe), z.B. <i>Ein Schraubenzieher ist sehr praktisch. Viele Leute benutzen das Werkzeug: John und Sam wollen ins Kino gehen. Die Jungs freuen sich schon.</i> - Nicht kodiert werden Relativpronomina und Reflexivpronomina. Ankerbeispiele: ... die Wassermoleküle werden von den Anion angezogen und es bilden sich Wassermoleküle darum. (SGY_IG_RAS131_L) ... also ist jedes Ion von sechs weiteren umgeben. (SGY_IG_ANUL12_L) ... dabei trübt sich das Wasser kurz Weils. Danach ist es wieder klar (KOS_KG_CHMA21_L)
	Verben	gebeugt / finit	Verben werden als finite Verben bezeichnet, wenn sie nach Person, Numerus, Tempus, Modus oder Genus verbi bestimmt sind (Siever & Schlobinski, 2007). Die Anzahl gebeugter Verben dient als Bezugsgröße, z.B. für die Anzahl verwendeter Nebensatzkonstruktionen. Kodierregeln: - Kodiert wird nur der finite Bestandteil des Verbums ohne Infinitive oder Partizipien, z.B. <i>die Hydratation ist abgeschlossen</i> - Fehlt in einem Haupt- oder Nebensatz ein finites Verb, so wird das letzte Wort des Satzes als finites Verb kodiert, z.B. <i>es bildet sich eine art seheht hülle aus Wass-vier Wassereleff-Molekülen wobei sich das Sauerstoff-Atome zu den negativ geladenen Teilchen (KOS_IG_MIZU18_F)</i> Ankerbeispiele: <i>Nachdem man Salz in das Wasser gibt stoßen die Wassermoleküle immer wieder an das Kristallgitter. (KOS_IG_BEEL24_L)</i> <i>so lange bis das Salz aufgelöst oder das der Wasser übersättigt ist (KOS_IG_CHWED9_L)</i>
		(um) zu + Infinitiv	Hierzu zählen jene Finalsätze, die stat mit „damit“ mit „um zu“ + Infinitiv konstruiert wurden. Kodierregeln: - Kodiert wird nur „zu + Infinitiv“, z.B. <i>um Salz zu lösen</i> Ankerbeispiele: <i>Um Salz zu lösen muss [...] man Salz ins Wasser [...] geben. (HSG_IG_ZH08B_L)</i>

Satzebene	Nebensatzkonstruktionen (Rinke & Markic, 2018, S. 38)	Unter Nebensatzkonstruktionen werden hier alle Nebensätze in Satzgefügen (Sätze mit Nebensätzen in Vor- oder Nachstellung) gezählt, in denen das finite Verb an letzter Stelle steht und die nicht alleine stehen können, d.h. Objekt-, Attribut- und Adverbialsätze (Wild & Pisarek, o.J.; Hörmann, 2014, S. 70; Schäfer, 2015, S. 150). Kodierregeln: - Nur die Subjunktion wird kodiert. - Sind zwei Nebensätze gleicher Art durch ein „und“ oder eine andere Konjunktion verknüpft, wird diese ebenfalls als „Nebensatzkonstruktion“ kodiert, z.B. „... die sich gegenseitig anziehen und ein Gitter bilden.“ - Wenn die einleitende Subjunktion fehlt, wird das nächststehende Wort kodiert, z.B. <i>Gibt man Salz ins Wasser, fängt die Hydratation an.</i> Ankerbeispiele: - Die Ionenbindung sorgt dafür, dass das Salz sich löst. (SGY_IG_TOAN22_L) - Da die Ionen, die am Rand des Salzgitters liegen, nicht so fest verbunden sind, ... (SGY_IG_WAKA08_F) - Da die äußeren Ionen nur von vier anderen Ionen gehalten werden ... (SGY_IG_JOCA08_L)
	Passivkonstruktionen (Kulgenmeier & Storauschek, 2018, S. 245; Rinke & Markic, 2018, S. 38)	Zu Passivkonstruktionen (Vorgangspassiv) zählen alle Konstruktionen, die aus dem Verb „werden“ und dem Partizip II der beschriebenen Handlung bestehen (Eilenberg, 2013b, S. 118). Kodierregeln: - Es wird nur die flektierte Form von „werden“ kodiert, sofern sie kein Futur, sondern ein Teil des Vorgangspassivs ist. Das Partizip wird nicht mitkodiert. Ankerbeispiele: - Das Gitter wird schrittweise von Wassermolekülen aufgelöst. (SGY_IG_EVEL17_L) - Da die äußeren Ionen nur von vier anderen Ionen gehalten werden ... (SGY_IG_JOCA08_L)
	Zustand	Das Zustandspassiv bezeichnet das Ergebnis eines vorausgehenden Vorgangs und wird aus der Kopula „sein“ und dem Partizip II gebildet (Sewer & Schlobinski, 2007). Kodierregeln: - Es wird die flektierte Form von „sein“ kodiert. Das Partizip wird nicht mitkodiert. Fehlt die flektierte Form von „sein“, wird lediglich das Partizip II kodiert, z.B. und jedes einzelne Anionen von 4 Wassermolekülen umgeben (KOS_KG_HAME08_L) Ankerbeispiele: ...dann sinken diese auf den Grund und sind somit nicht gelöst. (HGP_IG_DIIN08_F)
	man-Konstruktionen (Van Vost & Meller, 2019, S. 732)	Als man-Konstruktionen werden Ausdrucksweisen bezeichnet, in denen nicht gesagt wird, wer etwas tut, sondern das anonymisierende „man“ verwendet wird. (Sewer & Schlobinski, 2007) Kodierregeln: - Es wird nur „man“ kodiert. Sind zwei man-Konstruktionen durch eine Konjunktion verbunden und das „man“ fehlt in einem der Sätze, wird das letzte Wort des Satzes kodiert. Ankerbeispiele: - Diesen Vorgang nennt man Hydratation. (SGY_IG_ANUL12_L) - Wenn sich nun kein Salz mehr auflöst, spricht man von einer gesättigten Lösung. (SGY_IG_MASK08_L)

Stand: 09.10.2024

		persönliche Ausdrucksweisen (Jucks, Bromme & Runde, 2003, S. 65) Als persönlich werden alle Ausdrucksweisen bezeichnet, in denen gesagt wird, wer etwas tut (Siewer & Schobinski, 2007). Kodierregeln: - Es werden Personal- und Possessivpronomina der ersten/zweiten Person (Singular/Plural) sowie der Höflichkeitsform kodiert. Ankerbeispiele: - Wenn Sie Salz in das Wasser geben, ... (SGY_IG_AXN13_LJ) ... so entsteht eine Ionenbindung und wir reden von Natriumchlorid. (SGY_IG_MAAL15_L) - Da die herausgetrennten Kationen und Anionen nicht für unser bloßes Auge sichtbar sind, (Lösevorgang_L_MESA04W) - Stellen Sie sich vor, Sie kochen (Lösevorgang_L_JOMA21W)
	erweiterte/mehrgliedrige Nominalphrasen, Attribubierung (Rinke, 2010, S. 238)	Als mehrgliedrig werden jene Nominalphrasen kodiert, die ein Substantiv mit mindestens zwei (unterschiedliche oder auch gleiche) der folgenden Ergänzungen aufweisen: Appositionen, Adjektivphrasen, Genitivphrasen, Präpositional-/Postpositionalphrasen, Relativsätze (Büßmann, 2008). Kodierregeln: Nicht als Ergänzungen zählen Pronomina, Numeralia und Artikel. - Post-/Präpositionalale Ausdrücke ohne Bezugswort gelten nicht als Phrase, z.B. kodiert wird: aufgrund der positiven Teilladung des Wassers; nicht kodiert wird: aufgrund der Teilladung des Wassers - Es wird nur das Bezugswort der Nominalphrase kodiert. - Beide Ergänzungen müssen vom selben Bezugswort abhängig sein, z.B. kodiert wird: das heiße Wasser im Topf enthält Salz, oder: Die geladenen Teilchen, die sich anziehen - nicht kodiert wird: Man sieht das gelöste Salz im Wasser nicht mehr, oder: die vielen Teilchen des Salzes, oder: die Anziehung der Teilchen des Salzes Ankerbeispiele: ... zwei positiv geladenen Wasserstoffmolekülen, die da dranhängen. (SGY_IG_WAKA08_F) ... negativ geladenen Anionen und positiv geladenen Kationen die durch ihre Ladung zusammen gehalten werden. (SGY_IG_ANTA07_L)
Textebene	durchschnittliche Satzlänge (Kudermeyer & Staraschek, 2014, S. 244) Textlänge (Jucks, Bromme & Runde, 2003, S. 65 f.) Type-Token-Index (Schmitt, 2011, S. 46)	Hier wird die durchschnittliche Anzahl an Wörtern pro Satz angegeben (= Gesamtwortzahl geteilt durch Satzanzahl). Hier wird die Gesamtzahl der im Text enthaltenen Wörter angegeben. Anzahl der Typen (= unterschiedliche Wörter) geteilt durch die Anzahl der Tokens (= Gesamtzahl der Wörter im Text) (Wild & Pissarek, o.J.)

Inhalt	Inhaltliche Aspekte des Lösevorgangs (Becker-Motzek et al., 2014, S. 38; Kulte-Becker et al., 2010, S. 59)	Aufbau des Salzes (R1)	Ionen-substanz	Salze bzw. Ionen-substanzen bestehen aus Ionen oder aus geladenen Teilchen. Salze = Ionen, oder Salze = geladene Teilchen Kodierregeln: • Kodiert werden die Begriffe „Ionen-substanz“ bzw. „Salz“
			Ion	Unter Ionen werden geladene Atome (oder Moleküle) verstanden (Arnold et al., 2016). Kodierregeln: • Kodiert werden die Begriffe „Ion“ bzw. „geladen“, „geladen“ wird nur dann kodiert, wenn es attributiv in Verbindung mit dem Begriff <i>Teilchen</i> steht und sich inhaltlich auf die geladenen Teilchen des Salzes bezieht, z.B.: <i>die geladenen Teilchen des Salzes</i> • „geladen“ wird nicht kodiert, wenn es sich auf die Ladung anderer Teilchen bezieht, z.B.: <i>die geladenen Teilchen des Wassers</i> • „geladen“ wird nicht kodiert, wenn die Ionenladung durch die Attribute „negativ“ oder „positiv“ spezifiziert ist, z.B. <i>die negativ und positiv geladenen Teilchen</i> . In diesem Fall greifen die nachfolgenden Kategorien „Kation“ bzw. „Anion“
			Kation	Ein Kation ist ein positiv geladenes Ion (Arnold et al., 2016). Kodierregeln: • Kodiert werden die Begriffe „Kation“ bzw. „positiv“, „positiv“ wird nur dann kodiert, wenn es attributiv in Verbindung mit der Nominalphrase <i>geladene Teilchen</i> oder <i>Ladung der Teilchen</i> steht und sich inhaltlich auf die geladenen Teilchen des Salzes bezieht, z.B.: <i>die positiv geladenen Teilchen des Salzes</i> oder <i>die positive Ladung der Teilchen</i> • „positiv“ wird nicht kodiert, wenn es sich auf die Ladung anderer Teilchen bezieht, z.B.: <i>die partiell positiv geladenen Teilchen des Wassers</i> • „positiv“ wird nicht kodiert, wenn eine Komponente der Nominalphrase „geladene Teilchen“ bzw. „Ladung der Teilchen“ fehlt, z.B.: <i>die positiven Teilchen</i> , oder: <i>die positive Ladung im Salz</i>
			Anion	Ein Anion ist ein negativ geladenes Ion (Arnold et al., 2016). Kodierregeln: • Kodiert werden die Begriffe „Anion“ bzw. „negativ“, „negativ“ wird nur dann kodiert, wenn es attributiv in Verbindung mit der Nominalphrase <i>geladene Teilchen</i> oder „Ladung der Teilchen“ steht und sich inhaltlich auf die geladenen Teilchen des Salzes bezieht, z.B.: <i>die negativ geladenen Teilchen des Salzes</i> , oder: <i>die negative Ladung der Teilchen des Salzes</i> • „negativ“ wird nicht kodiert, wenn es sich auf die Ladung anderer Teilchen bezieht, z.B.: <i>die partiell negativ geladenen Teilchen des Wassers</i> • „negativ“ wird nicht kodiert, wenn eine Komponente der Nominalphrase „geladene Teilchen“ bzw. „Ladung der Teilchen“ fehlt, z.B.: <i>die negativen Teilchen</i> oder <i>die negative Ladung im Salz</i>
			Ionenbindung	Eine Ionenbindung ist eine chemische Bindung zwischen Anionen und Kationen (Arnold et al., 2016). Kodierregeln: • Kodiert werden die Begriffe „Ionenbindung“ bzw. „Anziehungskraft“, „Anziehungskraft“ wird nur dann kodiert, wenn inhaltlich ersichtlich ist, dass die Wechselwirkung zwischen Ionen bzw. den entgegengesetzt geladenen Teilchen des Salzes gemeint ist, z.B.: <i>die Anziehung zwischen den Ionen des Salzes (geladene Teilchen des Salzes)</i> • „Anziehungskraft“ wird nicht kodiert, wenn inhaltlich die Wechselwirkung zwischen den Wassermolekülen und den Ionen gemeint ist, z.B. <i>die Anziehung zwischen dem positiv geladenen Teil des Wassermoleküls und dem negativ geladenen Salzteilchen</i> • Kodiert werden Ausdrücke, die über Umschreibungen die Bedeutung der Ionenbindung erfassen, also die Wechselwirkung zwischen Ionen bzw. den entgegengesetzt geladenen Teilchen des Salzes beschreiben, dazu zählen folgende Ausdrücke (der Bezug zu den Ionen muss deutlich sein): <i>(sich) anziehen, (sich) verbinden, (Ver)bindung</i>

Stand: 09.10.2024

		Kristallgitter	Ein Kristallgitter beschreibt die sich abwechselnde Anordnung von Anionen und Kationen im festen Zustand (Arnold et al., 2016). Kodierregeln: Kodiert werden die Begriffe „Kristallgitter“ bzw. „Gitter“, „Ionenlitter“
Aufbau des Wassermoleküls		Wasserstoffatome	Wasserstoff ist ein chemisches Element mit dem Symbol H. Im Wassermolekül sind zwei Wasserstoffatome vorhanden (Arnold et al., 2016). Kodierregeln: Kodiert werden der Begriff „Wasserstoffatom“ und seine Komposita
		Sauerstoffatome	Sauerstoff ist ein chemisches Element mit dem Symbol O. Im Wassermolekül ist ein Sauerstoffatom vorhanden (Arnold et al., 2016). Kodierregeln: Kodiert werden der Begriff „Sauerstoffatom“ und seine Komposita
		Elektronen negativität	Die Elektronegativität kennzeichnet die Fähigkeit eines Atoms, die Bindungselektronen zu sich zu ziehen (Arnold et al., 2016). Kodierregeln: Kodiert werden der Begriff „Elektronegativität“ und seine Komposita
		Dipolcharakter	Ein Dipol ist ein Molekül, in dem getrennte Ladungsschwerpunkte für die positive und die negative elektrische Teilladung existieren. Voraussetzung ist das Vorliegen einer polaren Elektronenpaarbindung (Arnold et al., 2016). Kodierregeln: - Kodiert werden der Begriff „Dipol“ und seine Komposita - Nicht kodiert wird „Dipol“, wenn der Begriff nicht auf eine Partialladung bezogen ist und z.B. fälschlicherweise zur Beschreibung ionischer Strukturen verwendet wird
		Teilladung/Partialladung	Eine Teilladung ist ein Ladungsschwerpunkt eines Dipols (Arnold et al., 2016). Kodierregeln: - Kodiert werden der Begriff „Teilladung“ und seine Komposita - Nicht kodiert wird „Teilladung“, wenn es durch die Attribute „positiv“ und „negativ“ erweitert ist. Dann greifen die Kategorien „positive Teilladung“ bzw. „negative Teilladung“ - Nicht kodiert wird „Teilladung“, wenn der Begriff nicht auf die Partialladung des Wassers bezogen ist und z.B. fälschlicherweise zur Beschreibung ionischer Wechselwirkungen verwendet wird
		Positive Teilladung	Eine positive Teilladung ist ein positiv geladener Ladungsschwerpunkt eines Dipols (Arnold et al., 2016). Kodierregeln: Kodiert wird das Attribut „positiv“ in der Verwendung der Nominalphrase „positive Teilladung“
		Negative Teilladung	Eine negative Teilladung ist ein negativ geladener Ladungsschwerpunkt eines Dipols (Arnold et al., 2016). Kodierregeln: Kodiert wird das Attribut „negativ“ in der Verwendung der Nominalphrase „negative Teilladung“

			Die Wassermoleküle richten sich so aus, dass sich positive Teiladungen zu den Anionen ausrichten und negative Teiladungen zu den Kationen (Arnold et al., 2016). Kodierregeln: - Nur bedeutungstragendes Verb wird kodiert, z.B. (auch mediale Ergänzungen möglich) (an)ordnen, (aus)richten, (hin)zeigen, (hin)drehen, (hin)drehen, (hin)wenden, (hin)orientieren Durch Anziehungskräfte zwischen den Teiladungen der Wassermoleküle und den Ionen lagern sich Wassermoleküle um die Ionen. Kodierregeln: - Nur bedeutungstragendes Verb wird kodiert, z.B. (auch mediale Ergänzungen möglich): (auf)nehmen, (ver)binden, (zsm)kommen, (ein)fangen, (an)ziehen, (zsm)finden, (ran)hängen, anlagern, kleben, andocken, hängen, (an)nähern, anheften, aufeinander zubewegenzugehen, (an-)gegenstoßen Die Ionen werden zunächst von den Ecken und Kanten aus nach und nach aus dem Gitter gelöst (Arnold et al., 2016). Kodierregeln: - Nur bedeutungstragendes Verb wird kodiert, z.B. (auch mediale Ergänzungen möglich): (heraus)lösen, abspalten, freigeben, (auf)trennen, zersetzen, zerlegen, (ab)brechen, klauen, schnappen, (heraus)reißen, (ab)tragen, (heraus)picken, (zer)streuen, holen, trennen, nehmen, abbauen Jeweils 4 bis 5 Wassermoleküle umhüllen jedes aus dem Gitter gelöste Ion (Arnold et al., 2016). Kodierregeln: - Nur bedeutungstragendes Verb wird kodiert, z.B. (auch mediale Ergänzungen möglich): umhüllen, umzingeln, umgeben, umgürten, umschließen, einschließen, umrunden, umlagern, umkreisen, umschwirren, umringen, bilden (eine Hülle), umsammeln, umordnen, herumkommen, unkleben, darum sein/haben Eine Lösung ist dann gesättigt, wenn kein weiteres Salz mehr in Wasser gelöst werden kann, da für die Bildung von Hydrathüllen keine Wassermoleküle mehr zur Verfügung stehen (Arnold et al., 2016). Kodierregeln: - Kodiert werden das Wort „Sättigung“, eine Variation dessen bzw. einige folgend aufgeführte Umschreibungen, sofern sie sich inhaltlich auf die Sättigung der Lösung beziehen: gesättigt, satt, übersättigt, alle Wassermoleküle sind aufgebraucht Ein Salz ist vollständig gelöst, wenn alle Ionen aus dem Kristallgitter gelöst und von Hydrathüllen umgeben sind. Kodierregeln: - Kodiert werden die folgend aufgeführten Ausdrücke, sofern sie sich auf die vollständige Hydratation des Salzes beziehen, z.B. (aufgelöst, aufgebraucht, nicht mehr davorhanden, homogen)
--	--	--	---

Sachge- rechte Beschreib- ung (Kulgemeyer, 2010, S. 30)	Implizit korrekte Aussage	Eine Aussage wird als implizit korrekt betrachtet, wenn sie fachlich fehlerbehaftet bzw. unzureichend eindeutig ist. Kodierregeln: - Es wird der gesamte (Teil-)Satz kodiert, der die falsche Aussage beinhaltet. Ankerbeispiele: - die Positiv geladenen Teilchen verbinden sich mit je 4 Wassermolekülen (KSS_KG_ULHI29_F) - Man gibt Salz in das Wasser. Es bildet sich ein Kristallgitter, ... (SGY_IG_EVEL17_L) - Das Ionen-gitter ist von Wasser umgeben. (SGY_IG_JOSV09_L) - Erst bildet sich eine Hydrathülle um die Anionen, dann um die Kationen. (SGY_IG_MIBA02_L) - Wenn du Salz ins Wasser gibst dann beginnt eine Reaktion ... (SGY_IG_HONA06_L) - Wenn man Salz in Wasser gibt, ist es erstmal ein Gitter. (SGY_IG_TOVI02_L) - Das Salz (Ionenbindung) ist in einem Gitter aufgebaut. (HSG_KG_MB12B_L)
	Nicht korrekte Aussage	Eine Aussage wird als nicht korrekt betrachtet, wenn sie fachlich falsch ist. Kodierregeln: - Es wird der gesamte (Teil-)Satz kodiert, der die falsche Aussage beinhaltet. Ankerbeispiele: - Die Anion ziehen das Sauerstoffatom an und die Kation die Wasserstoffatomen (SGY_IG_HAKA18_L) - Die Ionenbindung sorgt dafür, dass das Salz sich löst. (SGY_IG_TOAN22_L) - die Hydrantenhülle ist eine hülle (KSS_IG_RAD114_F) - Gesättigte Lösung nennt man es, wenn das Wasser Salz sich im Wasser völlig auflöst und zum Boden sinkt (HSG_KG_MB12B_F, Pos. 1) - Jedes Atom aus dem Gitter verbindet sich mit vier Wassermolekülen (HSG_KG_AY04B_L) ... Kationen und Anionen, welche positiv und negativ geladen sind, sie halten sich zusammen, durch eine Anziehung, dies nennt man auch Dipol (HSG_KG_TK07B_L) - Salz ist Natriumchlorid (HSG_IG_UG06B_L)
Inhaltliche Gliederung	Eröffnung der Erklärung (Becker-Mrozek et al., 2014, S. 33)	Als Eröffnung gelten alle Elemente, die als Startpunkt der Erklärung dienen. Kodierregeln: - Es wird der gesamte Satz kodiert. Der Satz muss den Text einleiten und an erster Stelle stehen. Ankerbeispiel: - Wenn man Salz in das Heiße Wasser gibt wird sich Das Salz langsam auflösen (KSS_IG_PEMA11_L)
	Schlusspunkt (Becker-Mrozek et al., 2014, S. 33)	Als Schlusspunkt gelten alle Elemente, die die Erklärung abschließen. Kodierregeln: - Es wird der gesamte Satz kodiert. Der Satz muss den Text abschließen und an letzter Stelle stehen. Ankerbeispiel: - Der Lösungsvorgang ist dann erst beendet wenn alle geladene Teilchen 4 M Wassermoleküle hat (KOS_IG_KAOR28_L)

		Einhaltung der Reihenfolge	Folgt der Text dem Ablauf des Lösevorgangs? Erst wenn inhaltliche Aspekte (nahezu) vollständig aufgeführt, dann Betrachtung der Reihenfolge: (R1) Aufbau Wasser und Salz (R2) Wassermoleküle richten sich entsprechend der Teilladungen zu Anionen und Kationen aus (R3) Wassermoleküle lagern sich an Ionen an. (R4) Herauslösen der Ionen aus dem Gitter (R5) Hydrathüllen aus 4 bis 5 Wassermolekülen entstehen (R6) Es entsteht entweder eine gesättigte Lösung oder das Kristallgitter ist komplett aufgelöst.
Kontext	Vorhandensein von Lebensweltbezügen (Kulgenmeyer, 2010, S. 31 f.)		Darunter zählen alle im Text verwendeten Kontexte, die den Interessen oder dem Vorwissen der*des Rezipient*in entgegen kommen (Kulgenmeyer, 2010, S. 51) Kodierregeln: • Kodiert werden alle Begriffe, die den Lebensweltbezug ausdrücken, z.B.: Nudelwasser, Kochen, (Koch-)Topf, kochendes Wasser • Wenn man Nudeln kocht gibt Man ja Salz in das Wasser Um es etwas zu würzen (KSS_IG_PASA30_L) Ankerbeispiel: Darunter zählen alle Elemente, die keine Antwort zur Aufgabenstellung darstellen, sondern diese kommentieren.
	Feedback und Kommentare zur Aufgabenstellung		

Bisher erschienene Bände der Reihe
Studien zum Physik- und Chemielernen

ISSN 1614-8967

Vollständige Übersicht auf unserer Website



<https://www.logos-verlag.de/spcl>

Aktuelle Bände

- 310 Wolfgang Becker (2021): Auswirkungen unterschiedlicher experimenteller Repräsentationen auf den Kenntnisstand bei Grundschulkindern
ISBN 978-3-8325-5255-8 50.00 EUR
- 311 Marvin Rost (2021): Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Entwicklung und quantitative Dimensionalitätsanalyse eines Testinstruments aus epistemologischer Perspektive
ISBN 978-3-8325-5256-5 44.00 EUR (open access)
- 312 Christina Kobl (2021): Förderung und Erfassung der Reflexionskompetenz im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-5259-6 41.00 EUR (open access)
- 313 Ann-Kathrin Beretz (2021): Diagnostische Prozesse von Studierenden des Lehramts. eine Videostudie in den Fächern Physik und Mathematik
ISBN 978-3-8325-5288-6 45.00 EUR (open access)
- 314 Judith Breuer (2021): Implementierung fachdidaktischer Innovationen durch das Angebot materialgestützter Unterrichtskonzeptionen. Fallanalysen zum Nutzungsverhalten von Lehrkräften am Beispiel des Münchener Lehrgangs zur Quantenmechanik
ISBN 978-3-8325-5293-0 50.50 EUR (open access)
- 315 Michaela Oettle (2021): Modellierung des Fachwissens von Lehrkräften in der Teilchenphysik. Eine Delphi-Studie
ISBN 978-3-8325-5305-0 57.50 EUR (open access)
- 316 Volker Brüggemann (2021): Entwicklung und Pilotierung eines adaptiven Multistage-Tests zur Kompetenzerfassung im Bereich naturwissenschaftlichen Denkens
ISBN 978-3-8325-5331-9 40.00 EUR (open access)
- 317 Stefan Müller (2021): Die Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Kritische Reflexion, empirische Befunde und fachdidaktische Konsequenzen für die Chemielehrer*innenbildung
ISBN 978-3-8325-5343-2 63.00 EUR

- 318 Laurence Müller (2021): Alltagsentscheidungen für den Chemieunterricht erkennen und Entscheidungsprozesse explorativ begleiten
ISBN 978-3-8325-5379-1 59.00 EUR
- 319 Lars Ehlert (2021): Entwicklung und Evaluation einer Lehrkräftefortbildung zur Planung von selbstgesteuerten Experimenten
ISBN 978-3-8325-5393-7 41.50 EUR (open access)
- 320 Florian Seiler (2021): Entwicklung und Evaluation eines Seminarkonzepts zur Förderung der experimentellen Planungskompetenz von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-5397-5 47.50 EUR (open access)
- 321 Nadine Boele (2021): Entwicklung eines Messinstruments zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung von (angehenden) Chemielehrkräften hinsichtlich der Lernunterstützung
ISBN 978-3-8325-5402-6 46.50 EUR
- 322 Franziska Zimmermann (2022): Entwicklung und Evaluation digitalisierungsbezogener Kompetenzen von angehenden Chemielehrkräften
ISBN 978-3-8325-5410-1 49.50 EUR
- 323 Lars-Frederik Weiß (2021): Der Flipped Classroom in der Physik-Lehre. Empirische Untersuchungen in Schule und Hochschule
ISBN 978-3-8325-5418-7 51.00 EUR
- 324 Tilmann Steinmetz (2021): Kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium Physik. Theorie und Evaluation eines Lehrkonzepts
ISBN 978-3-8325-5421-7 51.50 EUR
- 325 Kübra Nur Celik (2022): Entwicklung von chemischem Fachwissen in der Sekundarstufe I. Validierung einer Learning Progression für die Basiskonzepte „Struktur der Materie“, „Chemische Reaktion“ und „Energie“ im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“
ISBN 978-3-8325-5431-6 55.00 EUR
- 326 Matthias Ungermann (2022): Förderung des Verständnisses von Nature of Science und der experimentellen Kompetenz im Schüler*innen-Labor Physik in Abgrenzung zum Regelunterricht
ISBN 978-3-8325-5442-2 55.50 EUR
- 327 Christoph Hoyer (2022): Multimedial unterstütztes Experimentieren im webbasierten Labor zur Messung, Visualisierung und Analyse des Feldes eines Permanentmagneten
ISBN 978-3-8325-5453-8 45.00 EUR
- 328 Tobias Schüttler (2022): Schülerlabore als interessefördernde authentische Lernorte für den naturwissenschaftlichen Unterricht nutzen
ISBN 978-3-8325-5454-5 50.50 EUR
- 329 Christopher Kurth (2022): Die Kompetenz von Studierenden, Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren
ISBN 978-3-8325-5457-6 58.50 EUR

- 330 Dagmar Michna (2022): Inklusiver Anfangsunterricht Chemie. Entwicklung und Evaluation einer Unterrichtseinheit zur Einführung der chemischen Reaktion
ISBN 978-3-8325-5463-7 49.50 EUR
- 331 Marco Seiter (2022): Die Bedeutung der Elementarisierung für den Erfolg von Mechanikunterricht in der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-5471-2 66.00 EUR
- 332 Jörn Hägele (2022): Kompetenzaufbau zum experimentbezogenen Denken und Arbeiten. Videobasierte Analysen zu Aktivitäten und Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern der gymnasialen Oberstufe bei der Bearbeitung von fachmethodischer Instruktion
ISBN 978-3-8325-5476-7 56.50 EUR (open access)
- 333 Erik Heine (2022): Wissenschaftliche Kontroversen im Physikunterricht. Explorationsstudie zum Umgang von Physiklehrkräften und Physiklehramtsstudierenden mit einer wissenschaftlichen Kontroverse am Beispiel der Masse in der Speziellen Relativitätstheorie
ISBN 978-3-8325-5478-1 48.50 EUR (open access)
- 334 Simon Goertz (2022): Module und Lernzirkel der Plattform FLexKom zur Förderung experimenteller Kompetenzen in der Schulpraxis. Verlauf und Ergebnisse einer Design-Based Research Studie
ISBN 978-3-8325-5494-1 66.50 EUR
- 335 Christina Toschka (2022): Lernen mit Modellexperimenten. Empirische Untersuchung der Wahrnehmung und des Denkens in Analogien beim Umgang mit Modellexperimenten
ISBN 978-3-8325-5495-8 50.00 EUR (open access)
- 336 Alina Behrendt (2022): Chemiebezogene Kompetenzen in der Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht der Primarstufe und dem Chemieunterricht der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-5498-9 40.50 EUR (open access)
- 337 Manuel Daiber (2022): Entwicklung eines Lehrkonzepts für eine elementare Quantenmechanik. Formuliert mit In-Out Symbolen
ISBN 978-3-8325-5507-8 48.50 EUR
- 338 Felix Pawlak (2022): Das Gemeinsame Experimentieren (an-)leiten. Eine qualitative Studie zum chemiespezifischen Classroom-Management
ISBN 978-3-8325-5508-5 46.50 EUR
- 339 Liza Dopatka (2022): Konzeption und Evaluation eines kontextstrukturierten Unterrichtskonzeptes für den Anfangs-Elektrizitätslehreunterricht
ISBN 978-3-8325-5514-6 69.50 EUR
- 340 Arne Bewersdorff (2022): Untersuchung der Effektivität zweier Fortbildungsformate zum Experimentieren mit dem Fokus auf das Unterrichtshandeln
ISBN 978-3-8325-5522-1 39.00 EUR (open access)

- 341 Thomas Christoph Münster (2022): Wie diagnostizieren Studierende des Lehramtes physikbezogene Lernprozesse von Schüler*innen?. Eine Videostudie zur Mechanik
ISBN 978-3-8325-5534-4 44.50 EUR (open access)
- 342 Ines Komor (2022): Förderung des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses in der Physikalischen Chemie
ISBN 978-3-8325-5546-7 46.50 EUR
- 343 Verena Petermann (2022): Überzeugungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Fachinhalten und Fachmethoden und deren Beziehung zu unterrichtsnahem Handeln
ISBN 978-3-8325-5545-0 47.00 EUR (open access)
- 344 Jana Heinze (2022): Einfluss der sprachlichen Konzeption auf die Einschätzung der Qualität instruktionaler Unterrichtserklärungen im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-5553-5 42.00 EUR (open access)
- 345 Jannis Weber (2022): Mathematische Modellbildung und Videoanalyse zum Lernen der Newtonschen Dynamik im Vergleich
ISBN 978-3-8325-5566-5 68.00 EUR (open access)
- 346 Fabian Sterzing (2022): Zur Lernwirksamkeit von Erklärvideos in der Physik. Eine Untersuchung in Abhängigkeit von ihrer fachdidaktischen Qualität und ihrem Einbettungsformat
ISBN 978-3-8325-5576-4 52.00 EUR (open access)
- 347 Lars Greitemann (2022): Wirkung des Tablet-Einsatzes im Chemieunterricht der Sekundarstufe I unter besonderer Berücksichtigung von Wissensvermittlung und Wissenssicherung
ISBN 978-3-8325-5580-1 50.00 EUR
- 348 Fabian Poensgen (2022): Diagnose experimenteller Kompetenzen in der laborpraktischen Chemielehrer*innenbildung
ISBN 978-3-8325-5587-0 48.00 EUR
- 349 William Lindlahr (2023): Virtual-Reality-Experimente. Entwicklung und Evaluation eines Konzepts für den forschend-entwickelnden Physikunterricht mit digitalen Medien
ISBN 978-3-8325-5595-5 49.00 EUR
- 350 Bert Schlüter (2023): Teilnahmemotivation und situationales Interesse von Kindern und Eltern im experimentellen Lernsetting KEMIE
ISBN 978-3-8325-5598-6 43.00 EUR
- 351 Katharina Nave (2023): Charakterisierung situativer mentaler Modellkomponenten in der Chemie und die Bildung von Hypothesen. Eine qualitative Studie zur Operationalisierung mentaler Modellkomponenten für den Fachbereich Chemie
ISBN 978-3-8325-5599-3 43.00 EUR
- 352 Anna B. Bauer (2023): Experimentelle Kompetenz Physikstudierender. Entwicklung und erste Erprobung eines performanzorientierten Kompetenzstrukturmodells unter Nutzung qualitativer Methoden
ISBN 978-3-8325-5625-9 47.00 EUR (open access)

- 353 Jan Schröder (2023): Entwicklung eines Performanztests zur Messung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung bei Lehramtsstudierenden im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-5655-6 46.50 EUR
- 354 Susanne Gerlach (2023): Aspekte einer Fachdidaktik Körperpflege. Ein Beitrag zur Standardentwicklung
ISBN 978-3-8325-5659-4 45.00 EUR
- 355 Livia Murer (2023): Diagnose experimenteller Kompetenzen beim praktisch-naturwissenschaftlichen Arbeiten. Vergleich verschiedener Methoden und kognitive Validierung eines Testverfahrens
ISBN 978-3-8325-5657-0 41.50 EUR (open access)
- 356 Andrea Maria Schmid (2023): Authentische Kontexte für MINT-Lernumgebungen. Eine zweiteilige Interventionsstudie in den Fachdidaktiken Physik und Technik
ISBN 978-3-8325-5605-1 57.00 EUR (open access)
- 357 Julia Ortmann (2023): Bedeutung und Förderung von Kompetenzen zum naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten in universitären Praktika
ISBN 978-3-8325-5670-9 37.00 EUR (open access)
- 358 Axel-Thilo Prokop (2023): Entwicklung eines Lehr-Lern-Labors zum Thema Radioaktivität. Eine didaktische Rekonstruktion
ISBN 978-3-8325-5671-6 49.50 EUR
- 359 Timo Hackemann (2023): Textverständlichkeit sprachlich variiert physikbezogener Sachtexte
ISBN 978-3-8325-5675-4 41.50 EUR (open access)
- 360 Dennis Dietz (2023): Vernetztes Lernen im fächerdifferenzierten und integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht aufgezeigt am Basiskonzept Energie. Eine Studie zur Analyse der Wirksamkeit der Konzeption und Implementation eines schulinternen Curriculums für das Unterrichtsfach „Integrierte Naturwissenschaften 7/8“
ISBN 978-3-8325-5676-1 49.50 EUR
- 361 Ann-Katrin Krebs (2023): Vielfalt im Physikunterricht. Zur Wirkung von Lehrkräftefortbildungen unter Diversitätsaspekten
ISBN 978-3-8325-5672-3 65.50 EUR (open access)
- 362 Simon Kaulhausen (2023): Strukturelle Ursachen für Klausurmisserfolg in Allgemeiner Chemie an der Universität
ISBN 978-3-8325-5699-0 37.50 EUR (open access)
- 363 Julia Eckoldt (2023): Den (Sach-)Unterricht öffnen. Selbstkompetenzen und motivationale Orientierungen von Lehrkräften bei der Implementation einer Innovation untersucht am Beispiel des Freien Explorierens und Experimentierens
ISBN 978-3-8325-5663-1 48.50 EUR (open access)

- 364 Albert Teichrow (2023): Physikalische Modellbildung mit dynamischen Modellen
ISBN 978-3-8325-5710-2 58.50 EUR (open access)
- 365 Sascha Neff (2023): Transfer digitaler Innovationen in die Schulpraxis. Eine explorative Untersuchung zur Förderung der Implementation
ISBN 978-3-8325-5687-7 59.00 EUR (open access)
- 366 Rahel Schmid (2023): Verständnis von Nature of Science-Aspekten und Umgang mit Fehlern von Schüler*innen der Sekundarstufe I. Am Beispiel von digital-basierten Lernprozessen im informellen Lernsetting Smartfeld
ISBN 978-3-8325-5722-5 53.50 EUR (open access)
- 367 Dennis Kirstein (2023): Individuelle Bedingungs- und Risikofaktoren für erfolgreiche Lernprozesse mit kooperativen Experimentieraufgaben im Chemieunterricht. Eine Untersuchung zum Zusammenhang von Lernvoraussetzungen, Lerntätigkeiten, Schwierigkeiten und Lernerfolg beim Experimentieren in Kleingruppen der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-5729-4 50.50 EUR (open access)
- 368 Frauke Düwel (2024): Argumentationslinien in Lehr-Lernkontexten. Potenziale englischer Fachtexte zur Chromatografie und deren hochschuldidaktische Einbindung
ISBN 978-3-8325-5731-7 63.00 EUR (open access)
- 369 Fabien Güth (2023): Interessenbasierte Differenzierung mithilfe systematisch variierten Kontextaufgaben im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-5737-9 48.00 EUR (open access)
- 370 Oliver Grewe (2023): Förderung der professionellen Unterrichtswahrnehmung und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen hinsichtlich sprachsensibler Maßnahmen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Konzeption und Evaluation einer video- und praxisbasierten Lehrveranstaltung im Masterstudium
ISBN 978-3-8325-5738-6 44.50 EUR (open access)
- 371 Anna Nowak (2023): Untersuchung der Qualität von Selbstreflexionstexten zum Physikunterricht. Entwicklung des Reflexionsmodells REIZ
ISBN 978-3-8325-5739-3 59.00 EUR (open access)
- 372 Dominique Angela Holland (2023): Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) kooperativ gestalten. Vergleich monodisziplinärer und interdisziplinärer Kooperation von Lehramtsstudierenden bei der Planung, Durchführung und Reflexion von Online-BNE-Unterricht
ISBN 978-3-8325-5760-7 47.00 EUR (open access)
- 373 Renan Marcello Vairo Nunes (2024): MINT-Personal an Schulen. Eine Untersuchung der Arbeitssituation und professionellen Kompetenzen von MINT-Lehrkräften verschiedener Ausbildungswege
ISBN 978-3-8325-5778-2 51.00 EUR (open access)
- 374 Mats Kieserling (2024): Digitalisierung im Chemieunterricht. Entwicklung und Evaluation einer experimentellen digitalen Lernumgebung mit universeller Zugänglichkeit
ISBN 978-3-8325-5786-7 45.50 EUR

- 375 Cem Aydin Salim (2024): Die Untersuchung adaptiver Lernsettings im Themenbereich „Schwimmen und Sinken“ im naturwissenschaftlichen Unterricht
ISBN 978-3-8325-5787-4 49.00 EUR (open access)
- 376 Novid Ghassemi (2024): Evaluation eines Lehramtsmasterstudiengangs mit dem Profil Quereinstieg im Fach Physik. Erkenntnisse zu Eingangsbedingungen, professionellen Kompetenzen und Aspekten individueller Angebotsnutzung
ISBN 978-3-8325-5789-8 41.50 EUR (open access)
- 377 Martina Flurina Cavelti (2024): Entwicklung und Validierung eines Messinstruments zur Erfassung der Schülerkompetenzen im Bereich des wissenschaftlichen Skizzierens im Fach Chemie in der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-5829-1 45.00 EUR (open access)
- 378 Tom Bleckmann (2024): Formatives Assessment auf Basis von maschinellem Lernen. Eine Studie über automatisiertes Feedback zu Concept Maps aus dem Bereich Mechanik
ISBN 978-3-8325-5842-0 46.50 EUR (open access)
- 379 Jana Marlies Rehberg (2024): Das physikspezifische Mindset zum Studienbeginn. Fragebogenentwicklung und Aufbau einer Online-Intervention
ISBN 978-3-8325-5850-5 59.50 EUR (open access)
- 380 Florian Trauten (2024): Entwicklung und Evaluation von automatisierten Feedbackschleifen in Online-Aufgaben im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-5859-8 46.00 EUR (open access)
- 381 Johanna Dejanovikj (2024): Reflexion als Lerngegenstand im Unterricht zur Förderung von Bewertungskompetenz
ISBN 978-3-8325-5860-4 41.00 EUR (open access)
- 382 Katharina Flieser (2024): Verständlichkeit physikalischer Sachtexte. Untersuchungen zum Wirkungsgefüge zwischen sprachlicher Textgestaltung und der Behaltensleistung sowie der Textwahrnehmung im Schulfach Physik
ISBN 978-3-8325-5858-1 44.00 EUR (open access)
- 383 Stephanie Neppl (2024): Perspektivenübernahme im Physikunterricht. Explorative Interviewstudie zu einer Seminarkonzeption mit dem Schwerpunkt Perspektivenübernahme bei der Planung von Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-5865-9 48.00 EUR (open access)
- 384 Katja Plicht (2024): Ein Physikübungskonzept zur Förderung der Problemlösekompetenz. Entwicklung und empirische Evaluation eines Strategietrainings auf der Basis von Expertisemerkmalen
ISBN 978-3-8325-5875-8 45.00 EUR (open access)
- 385 Svenja Boegel (2024): Feedback beim Experimentieren: Zur Rolle von Cognitive Load und Motivation
ISBN 978-3-8325-5911-3 45.50 EUR (open access)

- 386 Laura Pannullo (2025): Wahlmöglichkeiten beim Experimentieren: Entwicklung und Erprobung eines Konzeptes für Experimente in inklusiven Lerngruppen im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-5916-8 46.50 EUR (open access)
- 387 Matthias Schweinberger (2025): „Stumme Videos“. Aufmerksamkeitslenkende Moderation von Demonstrationsexperimenten
ISBN 978-3-8325-5930-4 50.50 EUR
- 388 Rike Große-Heilmann (2025): Entwicklung fachdidaktischen Wissens zum Einsatz digitaler Medien im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-5943-4 51.00 EUR (open access)
- 389 Lion Cornelius Glatz (2025): Eine vergleichende Betrachtung der Überzeugungskraft von Experimenten zum Teilchenmodell
ISBN 978-3-8325-5954-0 42.00 EUR (open access)
- 390 Rasmus Viefers (2025): Förderung der Variablenkontrollstrategie im Sachunterricht
ISBN 978-3-8325-5968-7 44.50 EUR (open access)
- 391 Luc Broder Albrecht (2025): Kritisches Denken in der Chemielehrer*innenbildung. Eine konzeptionell-empirische Studie zur Integration und Operationalisierung
ISBN 978-3-8325-5970-0 57.00 EUR (open access)
- 392 Anna Weißbach (2025): Reflexion von Physikunterricht. Entwicklung und Validierung eines Testinstruments mit Assessment-Feedback zur Reflexionsfähigkeit Physik-Lehramtsstudierender
ISBN 978-3-8325-5977-9 51.50 EUR (open access)
- 393 Robert Gieske (2025): Förderung fachwissenschaftlicher und kommunikativer Kompetenzen von Schüler*innen durch Disaggregate Instruction im Fach Chemie. Konzeption und Durchführung einer vergleichenden Interventionsstudie zur Analyse der Wirksamkeit sprachsensibler Unterrichtsansätze in der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-5984-7 51.00 EUR (open access)
- 394 Thomas Sean Weatherby (2025): Talking Circuits. The Development and Assessment of a Digitally-Scaffolded, Collaborative Method for Teaching and Learning Electrical Circuits in Early Secondary Schools
ISBN 978-3-8325-6008-9 57.00 EUR (open access)

Vollständige Übersicht unter: <https://www.logos-verlag.de/spcl>

Alle erschienenen Bücher können unter der angegebenen ISBN direkt online (<http://www.logos-verlag.de>) oder telefonisch (030 - 42 85 10 90) beim Logos Verlag Berlin bestellt werden.

Studien zum Physik- und Chemielernen

Herausgegeben von Martin Hopf und Mathias Ropohl

Die Reihe umfasst inzwischen eine große Zahl von wissenschaftlichen Arbeiten aus vielen Arbeitsgruppen der Physik- und Chemiedidaktik und zeichnet damit ein gültiges Bild der empirischen physik- und chemiedidaktischen Forschung im deutschsprachigen Raum.

Die Herausgeber laden daher Interessenten zu neuen Beiträgen ein und bitten sie, sich im Bedarfsfall an den Logos-Verlag oder an ein Mitglied des Herausgeberteams zu wenden.

Kontaktadressen:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf
Universität Wien,
Österreichisches Kompetenzzentrum
für Didaktik der Physik,
Porzellangasse 4, Stiege 2,
1090 Wien, Österreich,
Tel. +43-1-4277-60330,
e-mail: martin.hopf@univie.ac.at

Prof. Dr. Mathias Ropohl
Didaktik der Chemie,
Fakultät für Chemie,
Universität Duisburg-Essen,
Schützenbahn 70, 45127 Essen,
Tel. 0201-183 2704,
e-mail: mathias.ropohl@uni-due.de

Dass Lernenden im Chemieunterricht häufig die sprachlichen Mittel fehlen, um komplexe Inhalte zu erfassen und wiederzugeben, stellt eine Herausforderung heutiger Schulbildung dar. In der vorliegenden Arbeit wird der Disaggregate-Instruction-Ansatz empirisch untersucht. Ziel des Ansatzes ist es, fachbezogene Kompetenzen von Schüler:innen dadurch zu fördern, dass Fachinhalte und Fachsprache zunächst getrennt voneinander vermittelt werden.

In einer vergleichenden Interventionsstudie wurde anhand einer exemplarisch konzipierten Unterrichtsreihe mit $N = 464$ Lernenden aus 20 Klassen der Sekundarstufe I untersucht, wie sich der Disaggregate-Instruction-Ansatz auf den Erwerb von fachlichen und kommunikativen Kompetenzen auswirkt. Besondere Aufmerksamkeit galt dabei Schüler:innen, deren bildungssprachliche Kompetenzen verhältnismäßig niedrig sind.

Die Ergebnisse zeigen, dass Lernende durch eine entkoppelte Vermittlung von Fachinhalten und korrespondierender Fachterminologie neue Konzepte vor allem dann besser erwerben, wenn sie über geringe bildungssprachliche Kompetenzen verfügen. Damit liefert die Dissertation Impulse für eine gerechtere und lernförderliche Gestaltung von Chemieunterricht in zunehmend heterogenen Klassenzimmern. So kann es in sprachlich schwächeren Lerngruppen sinnvoll sein, bei der Einführung naturwissenschaftlicher Konzepte neue Fachtermini zunächst auszuklammern.

Logos Verlag Berlin

ISBN 978-3-8325-5984-7