

Hackemann, Timo

Textverständlichkeit sprachlich variiertener physikbezogener Sachtexte

Berlin : Logos Verlag 2023, 454 S. - (Studien zum Physik- und Chemielernen; 359) - (Dissertation, Universität Hamburg, 2023)



Quellenangabe/ Reference:

Hackemann, Timo: Textverständlichkeit sprachlich variiertener physikbezogener Sachtexte. Berlin : Logos Verlag 2023, 454 S. - (Studien zum Physik- und Chemielernen; 359) - (Dissertation, Universität Hamburg, 2023) - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-334524 - DOI: 10.25656/01:33452; 10.30819/5675

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-334524>

<https://doi.org/10.25656/01:33452>

in Kooperation mit / in cooperation with:



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

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen sowie Abwandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen, solange sie den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen und die daraufhin neu entstandenen Werke bzw. Inhalte nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergeben, die mit denen dieses Lizenzvertrags identisch, vergleichbar oder kompatibel sind. Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

This document is published under following Creative Commons-License: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and transmit, adapt or exhibit the work or its contents in public and alter, transform, or change this work as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor. New resulting works or contents must be distributed pursuant to this license or an identical or comparable license.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Timo Hackemann

Textverständlichkeit sprachlich variiert physikbezogener Sachtexte



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 359

Timo Hackemann

Textverständlichkeit sprachlich variierter physikbezogener Sachtexte

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.

Gutachter:innen:

Prof. Dr. Dietmar Höttecke

Prof. Dr. Lene Heine

Prof. Dr. Jan Retelsdorf



Dieses Werk ist lizenziert unter einer CC BY-NC-ND Lizenz (Creative Commons Namensnennung – nicht kommerziell – keine Bearbeitung 3.0 Deutschland).

Die Anhänge sind in der Open-Access-Veröffentlichung unter folgendem Link abrufbar: <https://www.logos-verlag.de/ebooks/OA/978-3-8325-5675-4.pdf>

© Copyright Logos Verlag Berlin GmbH 2023

Alle Rechte vorbehalten.

ISBN 978-3-8325-5675-4

ISSN 1614-8967

DOI 10.30819/5675

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>

Danksagung

Ich bin dankbar, in den letzten fünf Jahren einen tiefen Einblick in die Fachdidaktik der Physik und in die Wissenschaft erhalten zu haben. Diese Erfahrungen und das dadurch entstandene Wissen helfen mir, eigenes Handeln zu reflektieren und gesellschaftliches Handeln besser zu verstehen.

Ich bedanke mich bei meinem Betreuer Dietmar Höttecke für die wertschätzende, unterstützende und immer konstruktive Betreuung, die vor allem durch Vertrauen ineinander, ausreichenden Freiraum und immer einem offenen Ohr gekennzeichnet war.

Ich bedanke mich bei meinem Mann Nils, der mich ermutigte eine Promotion anzustreben, kontinuierlich methodisch beriet und in diversen Situationen mit einem offenen Ohr und Rat bereitstand.

Ich bedanke mich bei meiner Arbeitsgruppe, Markus Sebastian Feser, Carina von der Geest, Nele Kroll, Johanna Ratzek, Nadja Strunk und Carina Wöhlke für die kollegiale Unterstützung und das Miteinander am Arbeitsplatz. Zudem bedanke ich mich bei Lena Heine und der ihr zugehörigen Arbeitsgruppe für die Unterstützung und konstruktive Zusammenarbeit bei der Entwicklung meines Instruments aus linguistischer Perspektive.

Zudem bedanke ich mich bei Jonas Bienzeisler, Lasse Bienzeisler und vor allem Renate Bienzeisler, die einen Beitrag zur Verständlichkeit dieser Dissertation beigetragen haben. Abschließend sei allen beteiligten Personen und Institutionen, die ich nicht namentlich genannt habe, gedankt.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	IX
1. Einleitung	1
2. Ziele und Aufbau der Studie	5
3. Theoretische Grundlagen	9
3.1. Sprache und Lernen	9
3.1.1. Zusammenhang von Sprache und Denken	10
3.1.2. Lesekompetenz und fachliche Leistung	15
3.2. Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht	22
3.2.1. Sachtexte im Physikunterricht	24
3.2.2. Forschungsstand zur Textverständlichkeit von Sachtexten	32
3.3. Schulspezifische sprachliche Anforderungen	42
3.3.1. Elaborierter und restringierter Code nach Bernstein	43
3.3.2. BICS und CALP nach Cummins	43
3.3.3. Language of Schooling nach Schleppegrell	46
3.3.4. Bildungssprache	50
3.3.5. Modell des sprachlichen Anforderungsniveaus	56
3.4. Textverstehen	61
3.4.1. Kognitionspsychologische Ansätze	63
3.4.2. Differenziell-psychologische Ansätze zur Lesekompetenz	78
3.4.3. Instruktionspsychologische Ansätze	85
3.4.4. Karlsruher Verständlichkeitskonzept nach Göpferich	89
3.4.5. Zusammenfassung: Textverstehen	95
3.5. Zusammenfassung	96

4. Forschungsfrage und Hypothesen	97
I. Entwicklung physikbezogener Sachtexte	100
5. Verfassen der Texte	101
5.1. Textentwurf	105
5.2. Umsetzung der Textverständlichkeitsdimensionen	105
5.3. Entwicklung der Texte mithilfe von Expertendiskussionen	109
5.4. Finale Textgrundlage für den Prä-Pilot der Sachtexte	110
6. Qualitative Methoden zur Validierung der Textverständlichkeit	111
6.1. Fokussiertes Interview	111
6.2. Qualitative Inhaltsanalyse	113
7. Validierung der Verständlichkeit der physikbezogenen Sachtexte (Prä-Pilot der Sachtexte)	116
7.1. Erläuterung des Leitfadens des fokussierten Interviews	117
7.2. Erwartete Wirkungen (Hypothese) durch Inhaltsanalyse der Sachtexte	117
7.3. Auswertung und Ergebnisse	120
7.3.1. Entwicklung des Kategoriensystems	121
7.3.2. Ergebnisse des Prä-Pilots der Sachtexte	123
7.4. Vernetzungsgrad der finalen Texte	129
7.5. Zusammenfassung Ergebnisse	131
II. Entwicklung des fachlichen Textverstehenstests	133
8. Grundlagen der Testentwicklung und Methodentheorie	134
8.1. Grundlagen der Testtheorie – Klassische und probabilistische Testtheorie	134
8.2. Rasch-Modell	136
8.2.1. Modellannahmen	137
8.2.2. Bestimmung der Modellparameter	139
8.2.3. Prüfung der Modellanpassung	140
8.3. Übernommener quantitativer Vorwissenstest zur Wärmelehre	141
8.3.1. Auswahl der Items für den Vorwissenstest zur Wärmelehre . .	141

8.4. Stimulated Recall – Qualitative Methode zur Untersuchung der Items des fachlichen Textverständnistests	143
9. Itementwurf	145
9.1. Anforderungsprofil aller Erhebungs-Instrumente	145
9.2. Entwicklung der vorläufigen Version des schriftlichen Instruments . .	147
9.2.1. Gewinnung der Items	147
9.2.2. Validierung der Items	149
9.2.3. Einstufung der Items	149
9.2.4. Resultierende Itemauswahl für den Prä-Pilot der Items	151
10. Validierung der Verständlichkeit der Items des fachlichen Textverstehenstests (Prä-Pilot der Items)	153
10.1. Durchführung des Prä-Pilots der Items	153
10.2. Auswertung und Ergebnisse der stimulated recall-Interviews	154
10.2.1. Items ohne Verbesserungspotential nach dem Prä-Pilot der Items	156
10.2.2. Items mit Verbesserungspotential nach dem Prä-Pilot der Items	159
11. Raschkonformitätsprüfung des fachlichen Textverstehenstests (Pilot)	166
11.1. Durchführung des Pilots	166
11.2. Auswertung und Ergebnisse des Pilots	167
11.2.1. Raschskalierung und Überarbeitung des Instruments	168
11.2.2. Ergebnisse des Vorwissenstests der Wärmelehre	170
11.2.3. Ergebnisse des fachlichen Textverstehenstests	172
11.3. Überarbeitung der Items mit Verbesserungspotential	177
11.4. Finale Itemauswahl für die Hauptstudie	180
 III. Einfluss des sprachlichen Anforderungsniveaus auf das fachliche Textverständnis	 186
12. Validierung des sprachlichen Anforderungsniveaus	187
12.1. Umsetzung der Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus . . .	187
12.2. Quantifizierung der Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus .	191
12.2.1. Modellinterne Validierung der sprachlichen Anforderung . . .	192
12.2.2. Modellexterne Validierung der sprachlichen Anforderung . . .	196

13. Hauptstudie	200
13.1. Durchführung	200
13.1.1. Erhebungsmaterial	202
13.1.2. Stichprobe	203
13.2. Deskriptive Ergebnisse und Validierung des Instruments	205
13.2.1. Allgemeiner Textverstehenstest	205
13.2.2. Vorwissenstest	206
13.2.3. Fachlicher Textverstehenstest	207
13.2.4. Empfundene Textverständlichkeit	216
13.3. Ergebnisse und Hypothesentestung	217
13.3.1. Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf das Text- verständnis	217
13.3.2. Einfluss des sprachlichen Anforderungsniveaus auf die emp- fundene Textverständlichkeit	222
14. Zusammenfassung und Diskussion	223
14.1. Zusammenfassung und Validität der Ergebnisse	223
14.2. Diskussion	225
14.2.1. Adaptieren Lernende den Textverstehensprozess an wahrge- nommene höhere sprachliche Anforderung?	228
14.2.2. Wird der Einfluss der sprachlichen Anforderung aktuell über- schätzt?	229
14.3. Limitationen	230
14.4. Ausblick	232
Literaturverzeichnis	235
A. Erhebungs- und Auswertungsmaterial der Vorstudien	255
A.1. Entwicklung physikbezogener Sachtexte	255
A.1.1. Erläuterung der Fragen des Leitfadens	258
A.1.2. Transkripte der Interviews des Prä-Pilots der Sachtexte	267
A.1.3. Concept-Maps – Vernetzungsgrad	341
A.2. Entwicklung des Tests zum Messen des fachlichen Textverständnisses	345
A.2.1. Überarbeitung der Items mit Verbesserungspotential nach dem Prä-Pilot der Items	371
A.2.2. Itemauswahl fachlicher Textverstehenstest (Pilot)	378

B. Erhebungs- und Auswertungsmaterial der Hauptstudie	401
B.1. Anwendung des Sprachmodells	401
B.2. Quantifizierung der Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus .	422
B.3. Erhebungsmaterial der Hauptstudie	430
B.4. Auswertung der Hauptstudie	450
C. Liste der aus der Dissertation hervorgegangenen Publikationen	455

Abbildungsverzeichnis

2.1. Struktur der Studie	8
3.1. Textlichen Kohärenzbildungshilfen Kohärenz und Kohäsion.	30
3.2. DIME-Modell für physikbezogene Sachtexte in Deutsch.	41
3.3. Vierfelderschema nach Cummins (2000: 68)	44
3.4. Textverstehen, Textverständlichkeit nach Göpferich (2019) und Text- verständnis schematisch dargestellt.	62
3.5. Mikrostruktur im Rahmen der lokalen Kohärenzbildung am Beispiel des Textes <i>Teilchenmodell und Aggregatzustände</i>	67
3.6. Makrostrukturausschnitt im Rahmen der globalen Kohärenzbildung am Beispiel des Textes <i>Teilchenmodell und Aggregatzustände</i>	69
3.7. Zusammenhänge zwischen den Repräsentationsebenen, sprachlichen sowie kognitiven Fähigkeiten und dem Vorwissen.	76
3.8. Modell der Leseprozesse in PISA 2018 ergänzt durch die Benennung der Leseprozesse aus PISA 2015.	81
3.9. Darstellung des Prozesses Textverstehen des Karlsruher Verständlich- keitskonzepts nach Göpferich (2019)	91
5.1. Arbeitsschritte zum Verfassen der Sachtexte dieser Studie nach den Textverständlichkeitsdimensionen und dem Sprachmodell.	103
7.1. Concept-Map am Beispiel des Textes <i>Thermisches Verhalten</i>	131
8.1. Item Characteristic Curve (ICC) des Items A.8 im Pilot	137
11.1. Wright-Map: Itemschwierigkeiten des Vorwissenstest.	172
11.2. Wright-Map: Itemschwierigkeiten des fachlichen Textverstehenstest. .	185
11.3. Korrelation: Fachliches Textverständnis und Vorwissen.	185
13.1. Ablauf der Hauptstudie.	202

13.2. Boxplot: Schulsozialindex der Hauptstudie	204
13.3. Histogramme: Leistungen aller Teilnehmenden im LGVT normiert auf Prozentränge von 1% bis 100%.	206
13.4. Wright-Map: Itemschwierigkeiten des Vorwissenstest.	208
13.5. Wright-Map: Itemschwierigkeiten des fachlichen Textverstehenstest. .	211
13.6. Boxplot: Itemschwierigkeiten.	212
13.7. Korrelationen: Fachliches Textverständnis mit Vorwissen und Text- verstehen.	213
13.8. Boxplot: Fachlichen Textverständnis differenziert nach Alter.	215
13.9. Boxplot: Itemschwierigkeiten differenziert nach den sprachlichen An- forderungsniveaus.	218
13.10. Wrightmap: Itemschwierigkeiten des fachlichen Textverstehenstest. . .	219
14.1. Ablauf der verschiedenen Validitätsprüfungen im zeitlichen Verlauf der Studie.	226
A.1. Leitfaden: Fokussiertes Interview.	256
A.2. Transkriptionsmanual: Prä-Pilote der Sachtexte und der Items.	262
A.3. Kodiermanual des Prä-Pilots der Sachtexte	263
A.4. Reduktionstabelle des Prä-Pilots der Sachtexte	265
A.5. Concept-Map: Text <i>Teilchenmodell und Aggregatzustände</i>	342
A.6. Concept-Map: Text <i>Thermisches Verhalten</i>	343
A.7. Concept-Map: Text <i>Wärmeempfinden</i>	344
A.8. Leitfaden: Stimulated-recall Interview.	346
A.9. Erhebungsmaterial Pilot: Informationsheft	347
A.10. Erhebungsmaterial Pilot: Antwortheft	354
B.1. Textgrundlagen für die sprachliche Variation.	402
B.2. Propositionale Auflistung: Textgrundlagen.	405
B.3. Formulierungsleitfaden: Präzisierung der Operationalisierung des sprachlichen Anforderungsniveaus nach Heine et al. (2018).	420
B.4. Kodiermanual: Modellinterne Quantifizierung der sprachlichen Ober- flächenmerkmale.	423
B.5. Erhebungsmanual: Hauptstudie.	431
B.6. Sachtext <i>Teilchenmodell und Aggregatzustände</i> des niedrigen sprach- lichen Anforderungsniveaus A	435
B.7. Sachtext <i>Teilchenmodell und Aggregatzustände</i> des mittleren sprach- lichen Anforderungsniveaus B	436

B.8. Sachtext <i>Teilchenmodell und Aggregatzustände</i> des hohen sprachlichen Anforderungsniveaus C	437
B.9. Sachtext <i>Thermisches Verhalten</i> des niedrigen sprachlichen Anforderungsniveaus A	438
B.10. Sachtext <i>Thermisches Verhalten</i> des mittleren sprachlichen Anforderungsniveaus B	439
B.11. Sachtext <i>Thermisches Verhalten</i> des hohen sprachlichen Anforderungsniveaus C	440
B.12. Sachtext <i>Wärmeempfinden</i> des niedrigen sprachlichen Anforderungsniveaus A	441
B.13. Sachtext <i>Wärmeempfinden</i> des mittleren sprachlichen Anforderungsniveaus B	442
B.14. Sachtext <i>Wärmeempfinden</i> des hohen sprachlichen Anforderungsniveaus C	443
B.15. Items des fachlichen Textverstehenstests.	444

Tabellenverzeichnis

3.1. Potentiell schwierigkeiterzeugende linguistische Merkmale physikbezogener Sachtexten	34
3.2. Linguistische Merkmale der <i>language of schooling</i>	48
3.3. Linguistische Merkmale der Bildungssprache.	54
3.4. Operationalisierung des Sprachmodells (Heine et al. 2018)	59
3.5. Prädikat-Argument-Struktur am Beispiel des Texts <i>Teilchenmodell und Aggregatzustände</i>	65
3.6. Kognitive Prozesse des Lesens in der PISA- und IGLU-Studie (Hußmann et al. 2017: 82-84; Reiss et al. 2016: 254-257).	84
5.1. Rotationsdesign der Hauptstudie.	101
7.1. Bewertung der Sachtexte im Prä-Pilot der Sachtexte.	128
8.1. Items des Vorwissenstest: Sprachliche Überarbeitung.	143
9.1. Operationalisierung der kognitiven Prozesse des Lesens der IGLU-Studie (Hußmann et al. 2017: 82-85)	150
9.2. Items: Einstufung der fachlichen Textverständnisitems nach kognitiven Prozessen des Lesens.	152
10.1. Items: Verbesserungspotential der fachlichen Textverständnisitems aufgrund des Prä-Pilots.	156
11.1. Stichprobe: Pilot.	167
11.2. Raschmodell: Vorwissenstest im Pilot mit In- und Outfit Statistiken. .	171
11.3. Mantel-Haenszel-Methode: Test auf Differential Item Functioning der Vorwissensitems im Pilot.	171
11.4. DETECT-Verfahren: Test auf Eindimensionalität des fachlichen Textverstehenstest im Pilot.	173

11.5. Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems im Pilot mit In- und Outfit Statistiken.	175
11.6. Items: Verbesserungspotential der fachlichen Textverständnisitems aufgrund des Pilots.	176
11.7. Deskriptive Statistik Item W.4.	176
11.8. Deskriptive Statistik Item A.2.	178
11.9. Deskriptive Statistik Item A.3a.	180
11.10. Itemauswahl: Kognitive Prozesse des Lesens und mittlere Itemschwierigkeit der fachlichen Textverständnisitems.	181
11.11. Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems der finalen Itemauswahl im Pilot mit In- und Outfit Statistiken.	182
12.1. Sprachliche Komplexitätsniveaus am Beispiel des Textes <i>Teilchenmodell und Aggregatzustände</i>	190
12.2. Linguistische Oberflächenmerkmale: Mittlere Häufigkeiten, sprachliche Anforderungsniveaus und Ziele des Modells.	194
12.3. Modelleexterne Analyse der sprachlichen Anforderungsniveaus: Maßzahlen und Orientierungswerte.	197
12.4. Modelleexternen Analyse des sprachlichen Anforderungsniveaus: Mittelwerte für jedes sprachliche Anforderungsniveau.	199
13.1. Stichprobe: Hauptstudie	203
13.2. Raschmodell: Vorwissenstest der Haupterhebung mit In- und Outfit Statistiken.	206
13.3. Mantel-Haenszel-Methode: Test auf Differential Item Functioning der Vorwissensitems in der Haupterhebung.	207
13.4. Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems der Haupterhebung mit In- und Outfit Statistiken.	209
13.5. DETECT-Verfahren: Test auf Eindimensionalität des fachlichen Textverstehenstest in der Hauptstudie.	210
13.6. Korrelationen: Fachliches Textverständnis mit relevanten Personendaten.	214
13.7. Lineare Regression: Fachlichen Textverständnis mit demografischen Daten und robusten Standardfehlern (HC4).	216
13.8. Lineare Regression: Fachlichen Textverständnis mit demografischen Daten, weiteren Konstrukten und robusten Standardfehlern (HC4).	216

13.9. Empfundene Textverständlichkeit der sprachlichen Anforderungsniveaus.	217
13.10.Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf die mittlere Itemschwierigkeit bezogen auf separate Textinhalte.	220
13.11.Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf die mittlere Lösungshäufigkeit in verschiedenen leistungsrelevanten Subgruppen. . .	221
A.1. Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems im Pilot mit In- und Outfit Statistiken (Trennschärfeparameter sind 1), $n=131$	379
A.2. Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems im Pilot mit In- und Outfit Statistiken (Trennschärfeparameter sind 1), $n=131$, Item W.14 aufgrund von Infit-Werten entfernt.	380
A.3. Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems im Pilot mit In- und Outfit Statistiken (Trennschärfeparameter sind 1), $n=131$, Items W.7 und W.14 aufgrund von Infit-Werten entfernt.	381
A.4. Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems im Pilot mit In- und Outfit Statistiken (Trennschärfeparameter sind 1), $n=131$, Items A.1, W.7 und W.14 aufgrund von Infit-Werten entfernt.	382
A.5. Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems im Pilot mit In- und Outfit Statistiken (Trennschärfeparameter sind 1), $n=131$, Items A.1, W.7, W.14 aufgrund von Infit-Werten sowie T.18 aufgrund von Outfit-Werten entfernt.	383
A.6. Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems im Pilot mit In- und Outfit Statistiken (Trennschärfeparameter sind 1), $n=131$, Items A.1, W.14 und W.7 aufgrund von Infit-Werten sowie A.10 und T.18 aufgrund von Outfit-Werten entfernt.	384
A.7. Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems im Pilot mit In- und Outfit Statistiken (Trennschärfeparameter sind 1), $n=131$, Items A.1, W.14 und W.7 aufgrund von Infit-Werten sowie A.10, T.16 und T.18 aufgrund von Outfit-Werten entfernt.	385
A.8. Mantel-Haenszel-Methode: Test auf Differential Item Functioning der fachlichen Textverständnisitems im Pilot (ohne Items A.1, A.10, T.16, T.18, W.7, W.14) mit dem Splitkriterium Geschlecht und Zufall. . . .	386
A.9. Deskriptive Statistik der fachlichen Textverständnisitems im Pilot basierend auf dem Text <i>Teilchenmodell und Aggregatzustände</i>	387
A.10.Deskriptive Statistik der fachlichen Textverständnisitems im Pilot basierend auf dem Text <i>Thermisches Verhalten</i>	389

A.11.Deskriptive Statistik der fachlichen Textverständnisitems im Pilot basierend auf dem Text <i>Wärmeempfinden</i>	390
A.12.Überarbeitung der Items mit Verbesserungspotentials aufgrund des Pilots.	392
A.13.Itemauswahl: Itemkriterien Inhalt, kognitiver Prozess des Lesens und Itemschwierigkeit.	398
B.1. Linguistische Oberflächenmerkmale: Mittlere Häufigkeiten, sprachliche Anforderungsniveaus und Ziele des Modells jedes Sachtexts. . . .	432
B.2. Modellexterne Analyse der sprachlichen Anforderungsniveaus: Bestimmte Maßzahlen für jeden Text.	433
B.3. Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems der Haupterhebung mit In- und Outfit Statistiken.	451
B.4. Mantel-Haenszel-Methode: Test auf Differential Item Functioning der fachlichen Textverständnisitems der Haupterhebung mit dem Splitkriterium Geschlecht und Zufall.	453

1. Einleitung

In der Wissenschaft besteht weitgehender Konsens darüber, dass für das Verstehen und Anwenden von naturwissenschaftlichem Wissen bildungssprachliche und fachsprachliche Fähigkeiten zur Kommunikation und Verarbeitung fundamental sind (z. B. Gogolin 2008: 26; Schleppegrell 2004: 44; Snow 2010: 449). Die Betrachtung von Sprache in der Physikdidaktik beruht also auf der Erkenntnis, dass Wissen und Handeln im Allgemeinen und in den Naturwissenschaften durch Sprache konstituiert, verändert und vermittelt werden (Kalverkämper 1998: 11). Einerseits ermöglichen die besonderen linguistischen Merkmale der Bildungs- und Fachsprache eine präzise und verdichtete Kommunikation, die naturwissenschaftliches Lernen und Denken fördert und ggf. erst ermöglicht (z. B. Gogolin 2008: 26; Schleppegrell 2004: 44). Andererseits unterscheiden sich diese Eigenschaften von den alltäglichen Sprachrepertoires Lernender, was besonders Lernende bildungsferner Herkunft benachteiligen könnte (B. A. Brown et al. 2019: 751). Im naturwissenschaftlichen Unterricht ist Sprache deshalb immer als Lernmedium und als Lerngegenstand anzusehen (Schmölzer-Eibinger 2013: 25; Härtig & Neumann 2014: 56). Im bisherigen Forschungsstand wird daher oftmals vermutet, dass die im Vergleich zu anderen Disziplinen erhöhte Anzahl an Fachwörtern, fachlichen Kollokationen und zugehörigen Erklärungen in den Naturwissenschaften zur Minderung des Verständnisses und schlussendlich der fachlichen Leistung führt (z. B. Schiemann 2011; Drumm 2013; Prenzel et al. 2002).

Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht induziert demnach für den Lernerfolg relevante Anforderungen. Sprachlich schwache Lernende stehen vor der kognitiv anspruchsvollen Herausforderung, sich sprachliche und fachliche Kompetenzen des naturwissenschaftlichen Unterrichts simultan anzueignen (B. A. Brown et al. 2019: 751). Bildungssprache fungiert dabei – stark vereinfacht formuliert – als ein Bindeglied zwischen Alltags- und Fachsprache. Daher ist anzunehmen, dass bildungssprachliche Fähigkeiten eine entscheidende Rolle im naturwissenschaftlichen Unterricht spielen, indem sie Lernen und Verstehen entweder unterstützen

oder behindern. Dadurch entstehen – in Abhängigkeit des alltäglichen Sprachrepertoires und der sprachlichen Fähigkeiten – ungleiche Chancen auf Bildungserfolg. Und tatsächlich belegt aktuelle Forschung den Einfluss von Lesekompetenz und bildungssprachlichen Kompetenzen auf die Leistung in mathematischen und naturwissenschaftlichen Tests (z. B. Cooper et al. 2014: 10; Härtig, Heitmann & Retelsdorf 2015: 775; Prediger et al. 2015: 99). Groß angelegte Schulleistungsstudien zeigen außerdem moderate bis starke Korrelationen zwischen sprachlichen Fähigkeiten (meist durch Textverstehen operationalisiert) und fachlichen Leistungen auf (Cromley 2009; Korpershoek et al. 2015; O'Reilly & McNamara 2007a; Yore et al. 2004). Im fachdidaktischen Diskurs der Naturwissenschaften wird deshalb mehrfach gefordert, die sprachliche Weiterentwicklung Lernender explizit mitzudenken und sprachliche Lernhürden zu reduzieren (z. B. Leisen 2008: 42; Lumer et al. 2018: 45; Kareva & Echevarria 2013: 241; Pohl 2016: 73). Ein *sprachexpliziter Unterricht* berücksichtigt Sprache als Lerngegenstand, indem sprachliche Lernziele bei der Unterrichtsplanung und -durchführung mitgedacht werden. Sprachliche Herausforderungen und Hürden werden so berücksichtigt und transparent gemacht.

Der Zusammenhang zwischen sprachlicher und fachlicher Leistung in Schulleistungsstudien kann jedoch nicht durch die sprachlichen Anforderungen erklärt werden, die durch die Testinstrumente selbst induziert werden. Die in naturwissenschaftlichen Tests eingesetzten kompetenzorientierten Items sind stark in schriftlich vermittelte Kontexte eingebettet, die zunächst verstanden werden müssen (z. B. Gailberger & Willenberg 2008; Hußmann et al. 2017; Reiss et al. 2019). Diese Items messen neben der fachlichen Kompetenz gleichzeitig Textverständnis. Allerdings zeigen Studien zur Untersuchung der Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus naturwissenschaftlicher und mathematischer Items auf fachliche Fähigkeiten nur geringe oder nicht konsistente Effekte bzw. sogar Umkehreffekte (z. B. Kieffer et al. 2012: 15; Haag et al. 2015: 48-49; Höttecke et al. 2018: 4). Darüber hinaus können diese Ergebnisse nicht allein auf das Textverständnis zurückgeführt werden, da die eingesetzten Items fachspezifische prozedurale Fähigkeiten und Textverständnis simultan messen. Eine systematische Trennung fachlicher und sprachlicher Faktoren erfolgt in diesen Studien nicht. Auf Grundlage dieser Ergebnisse ist die Varianz in der Testleistung der Lernenden in Schulleistungsstudien vor allem auf fachspezifische prozedurale und nicht auf die sprachliche Kompetenzen zurückzuführen. Die Kausalität der moderaten bis starken Korrelation sprachlicher und fachlicher Leistungen in Schulleistungsstudien ist demnach anderweitig zu finden – wohl möglich im zeitlich vorgelagerten Lernprozess.

Der Forschungsstand zur Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf das Textverständnis in mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern ist inkonsistent. Die Variation der semantischen Ebene – häufig durch Kohärenzbildungshilfen operationalisiert – führte in vorherigen Studien zu starken (Schmitz 2015: 179), zu keinen (Härtig et al. 2019: 279) oder sogar gegenläufigen Effekten für Lernende mit viel Vorwissen (z. B. Linderholm et al. 2000: 537-538; McNamara et al. 1996: 266). Für die Wirkung von syntaktischen Merkmalen auf das Textverständnis liegen dagegen wenige empirische Erkenntnisse vor (Deppner 1989: 194). Insgesamt deuten die vorhandenen empirischen Studien auf kleine Effekte des sprachlichen Anforderungsniveaus auf das fachliche Textverständnis und die fachliche Leistung hin. Im Zuge eines sprachexpliziten Unterrichts wird dennoch mehrfach gefordert, Sachtexte in den Naturwissenschaften zur Steigerung der Verständlichkeit (insbesondere für sprachlich schwache Lernende) zu vereinfachen (z. B. Lumer et al. 2018: 45; Leisen 2008: 42; Kareva & Echevarria 2013: 241). Obwohl hierfür bis dato keine eindeutigen empirischen Belege für die Wirkung sprachlicher Vereinfachung bzw. des sprachlichen Anforderungsniveaus bekannt sind (Pohl 2016: 73). Was sich allerdings sehr wohl zeigt ist, dass naturwissenschaftsbezogene Schulbücher nicht ausreichend an die Sprachkenntnisse der Lernenden angepasst sind, um als sprachliche Lerngelegenheit zu dienen (Berendes et al. 2017: 11; Bryant et al. 2017: 303; Greasser et al. 2011: 231).

In dieser Studie wird deshalb die Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf das Textverständnis isoliert von fachspezifischen prozeduralen Kompetenzen in einem experimentellen Rahmen untersucht. Hierfür wird angenommen, dass die Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf isoliertes Textverständnis während des Lernprozess stärker ist als z. B. bei der Beantwortung fachlicher Items in Schulleistungsstudien. Die sprachlichen Kompetenzen der Lernenden werden dazu nicht in einer Testsituation, sondern in einem zeitlich vorgelagerten Lernprozess – beim Lesen naturwissenschaftsbezogener Sachtexte, die für diese Studie verfasst werden – untersucht. Das sprachliche Anforderungsniveau der Sachtexte wird dabei systematisch mittels eines theoretisch und empirisch entwickelten Modells und anhand einer Vielzahl linguistischer Oberflächenmerkmalen variiert (Heine et al. 2018). Zur systematischen Untersuchung der Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus dieser Sachtexte (unabhängige Variable) auf das fachliche Textverständnis und die empfundene Textverständlichkeit (abhängige Variablen) wird in mehreren Schritten ein Instrument entwickelt. Die Items dieses fachlichen Textverstehenstests werden vergleichbar zu Schulleistungsstudien entlang gängigen kognitiven Prozessen des Le-

sens erstellt (Reiss et al. 2016 z. B. Gailberger & Willenberg 2008; Hußmann et al. 2017).

Neben der sprachlichen Anforderung beeinflusst die empfundene Textverständlichkeit das Textverständnis Lernender. Studien zeigen eine positive Korrelation von empfundener Textverständlichkeit und tatsächlichem Textverständnis (Apolin 2014: 16; Tolochko et al. 2019: 14-15). In einigen Studien wird daher nur die empfundene Textkomplexität erhoben (Starauschek 2003: 143; Starauschek 2006: 136). Im aktuellen Forschungsstand wird das Zusammenspiel von empfundener Textverständlichkeit und tatsächlichem Textverständnis allerdings wenig berücksichtigt und selten gleichzeitig erhoben. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit neben dem Textverstehen auch die empfundene Textverständlichkeit in Abhängigkeit zum sprachlichen Anforderungsniveaus untersucht.

Im nachfolgenden Kapitel werden einzelne Teile dieser Arbeit samt zugehöriger Teilziele und Validierungsschritten dargelegt.

2. Ziele und Aufbau der Studie

Die vorliegende Arbeit untersucht, wie sich unterschiedliche sprachliche Anforderungsniveaus auf das fachliche Textverständnis sowie die empfundene Textverständlichkeit Lernender der Mittelstufe auswirken. Dazu werden Sachtexte erstellt (Teil I dieser Arbeit) und mithilfe eines Modells auf drei sprachliche Anforderungsniveaus variiert. Zur Erhebung des Textverständnisses wird ein fachlicher Textverstehentest entwickelt (Teil II dieser Arbeit) und in einer experimentellen Studie eingesetzt (Teil III dieser Arbeit). Im Folgenden wird beschrieben, welche Ziele dabei verfolgt werden und wie die Studie strukturiert ist.

Die Entwicklung des fachlichen Textverstehenstests bedarf der ausführlichen Beschreibung der dem Instrument zugrundeliegenden Konstrukte. In Kapitel 3 wird deshalb zunächst der Zusammenhang von Sprache und Lernen im Allgemeinen (Kapitel 3.1) und im naturwissenschaftlichen Unterricht im Speziellen (Kapitel 3.2) erläutert. Daran anknüpfend wird in Kapitel 3.1.2 tiefer auf den Zusammenhang von Lesekompetenz und fachlicher Leistungen eingegangen. Hierzu werden Schulleistungsstudien und Studien, die die Wirkung linguistischer Merkmale auf die Lösungshäufigkeit von Items untersuchen, herangezogen.

In Kapitel 3.2.2 wird tiefer auf den Forschungsstand zur Wirkung linguistischer Merkmale auf das Textverständnis eingegangen. Hierzu werden die zuvor präsentierten Erkenntnisse zur Wirkung linguistischer Merkmale auf die fachliche Leistung aufgegriffen und um Erkenntnisse zur Wirkung solcher Merkmale auf das Textverstehen ergänzt. Da diese Studie die Wirkung linguistischer Merkmale im schulischen Kontext untersucht, werden in Kapitel 3.3 verschiedene Konzepte schulspezifischer sprachlicher Anforderungen präsentiert. Darauf aufbauend wird das in dieser Studie verwendete Modell zur systematischen Variation der sprachlichen Anforderung eingeordnet und begründet. Anschließend wird der Prozess des Textverstehens aus verschiedenen psychologischen Perspektiven präsentiert und diskutiert (Kapitel 3.4). In Kapitel 3.4.4 wird das *Karlsruher Modell der Textverständlichkeit* nach Göpferich

(2019) skizziert. Dieses Modell dient zur Erstellung der Sachtexte und zur Isolierung des Effekts der sprachlichen Anforderung auf das Textverständnis in der experimentellen Hauptstudie. Auf Grundlage der aufgeführten Erkenntnisse aus theoretischen Arbeiten und empirischen Untersuchungen werden anschließend die in dieser Arbeit bearbeiteten Forschungsfragen hergeleitet und Hypothesen aufgestellt (Kapitel 4).

Der empirische Teil der Studie ist in drei Abschnitte gegliedert. Studienaufbau und Ziele sind in Abbildung 2.1 schematisch dargestellt. Die Abbildung verdeutlicht zudem, welche theoretischen Konstrukte in den einzelnen Abschnitten der Studie relevant sind.

I. Entwicklung physikbezogener Sachtexte Im ersten Teil wird das Verfassen der Sachtexte dieser Studie nach aktuellen Qualitätsmaßstäben der Textverständlichkeit als Grundlage zum Messen des fachlichen Textverständnisses beschrieben (Kapitel 5). Textverständlichkeit und physikalischer Inhalt der Sachtexte werden anschließend in Gruppen von Expert:innen der Linguistik und Fachdidaktik überarbeitet und anschließend hinsichtlich der Textverständlichkeit in der Zielgruppe untersucht und validiert (Kapitel 7 zum Prä-Pilot der Sachtexte). Ziel ist physikbezogene Sachtexte als Grundlage des fachlichen Textverstehenstests zu verfassen, die für Lernende der Mittelstufe eine vergleichbare und hohe Textverständlichkeit aufweisen.

II. Entwicklung des fachlichen Textverstehenstests Zur Erhebung des fachlichen Textverständnisses im experimentellen Design der Hauptstudie wird ein quantitativer, raschkonformer Multiple-Choice-Test benötigt. Im zweiten Teil wird deshalb beschrieben, wie die Items für den fachlichen Textverstehenstests erstellt sowie durch Expert:innen eingestuft und validiert werden (Kapitel 9). Ziel ist die valide Erhebung des Textverständnisses Lernender der Mittelstufe. Dazu wird die Verständlichkeit aller Items des fachlichen Textverstehenstests samt derer Antwortoptionen in einer qualitativen Vorstudie (Prä-Pilot der Items) in der Zielgruppe untersucht und anschließend überarbeitet (Kapitel 10). In Kapitel 11 wird der quantitative Pilot des gesamten Instruments dargelegt, der die Itementwicklung abschließt. Ziel ist die Sicherstellung der Raschkonformität und statistischen Güte des fachlichen Textverstehenstests.

III. Einfluss des sprachlichen Anforderungsniveaus auf das fachliche Textverständnis

Im dritten Abschnitt der Arbeit wird die experimentelle Hauptstudie beschrieben, in der die sprachliche Variation der Texte Einzug erhält. Zunächst wird die Umsetzung und Validierung der sprachlichen Variation mittels modellinterner und -externer Quantifizierung der linguistischen Merkmale erläutert (Kapitel 12.1). Daran anknüpfend wird die Durchführung und Auswertung der Hauptstudie beschrieben, um die Wirkung der sprachlichen Anforderung auf Textverständnis und empfundene Textverständlichkeit zu bestimmen (Kapitel 13). Abschließend werden die Ergebnisse, die Validität der Studie und mögliche Erklärungen für die vorliegenden Ergebnisse diskutiert (Kapitel 14). Außerdem werden Limitationen der Studie aufgeführt (Kapitel 14.3) und ein Ausblick präsentiert (Kapitel 14.4).

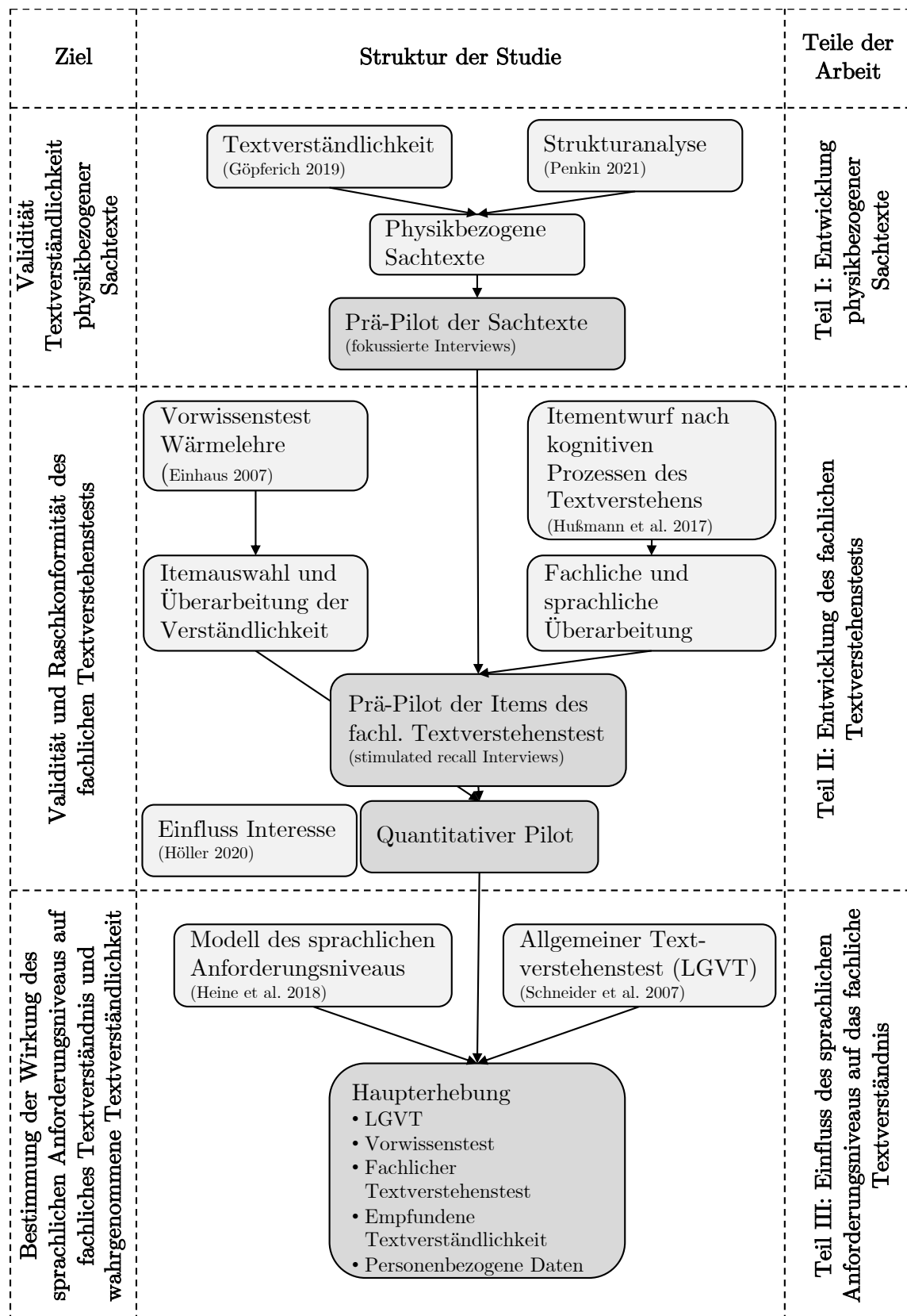


Abbildung 2.1.: Struktur der Studie

3. Theoretische Grundlagen

3.1. Sprache und Lernen

Sprache ist ein komplexes System zur verbalen und schriftlichen Kommunikation. Somit ist Sprache das zentrale Medium, mit dem Wissen und Gedanken geformt, mitgeteilt und aufgenommen werden. Sprachliche Fähigkeiten sind deshalb relevant für das Abrufen von Gelerntem sowie für das Verständnis von Texten. Damit stellen sie eine notwendige Bedingung für schulische Entwicklung dar. Gleichzeitig binden sprachliche Anforderungen kognitive Ressourcen. Für den Unterricht ist die Betrachtung des Verhältnisses von Sprache und Kognition relevant, da die sprachliche sowie kognitive Entwicklung Lernender in der Schule nicht abgeschlossen ist. Sprachliche Fähigkeiten interagieren fortlaufend mit kognitiven Prozessen bei der Wissensaneignung.

Sprache im schulischen Kontext weist einige Besonderheiten auf. Lernende mit geringen bildungssprachlichen Fähigkeiten stehen vor der Herausforderung, sich fachliche und sprachliche Inhalte gleichzeitig aneignen zu müssen. Mithilfe der Annahmen der *Cognitive Load Theory* nach Sweller et al. (2011) lässt sich klären, warum sprachlich schwachen Lernenden durch die stärkere Belastung des Arbeitsgedächtnis weniger Ressourcen zum Erlernen des fachlichen Inhalts bereitstehen und warum sie damit eine geringere Chance auf Lernerfolg haben. Grundlegend für diese Theorie ist, dass Lernenden ein individuelles Maß an kognitiven Kapazitäten zur Verfügung steht. Die *kognitive Belastung* dieser Kapazitäten ergibt sich aus drei sich summierenden Komponenten:

- Die *intrinsic Belastung* wird durch die inhaltliche Komplexität des Lerngegenstands evoziert und variiert in Abhängigkeit des Vorwissens der Lernenden und des fachlichen Inhalts.

- *Extrinsische Belastung* meint die durch die Präsentation der Lerninhalte erzeugte kognitive Belastung (Schriftart, Layout, Sprache, Verweise etc.).
- Die *lernbezogene Belastung* beschreibt die zum Verarbeiten der Inhalte nötigen kognitiven Ressourcen. (Paas et al. 2003: 2)

Alle drei Belastungen konkurrieren dabei um die zur Verfügung stehenden kognitiven Ressourcen. Im Unterricht sind die Belastungen abseits der lernbezogenen Belastung möglichst zu minimieren. Die intrinsische Belastung kann durch Aufteilung der Inhalte sowie durch didaktische Reduktionen angepasst werden. Die extrinsische Belastung (hierzu zählt u. a. das sprachliche Anforderungsniveau) kann bspw. durch Anpassung der sprachlichen Anforderung reduziert werden, damit mehr kognitive Ressourcen zur Verarbeitung der Inhalte bereitstehen. B. A. Brown et al. (2019) bestätigen diese Annahme in einer experimentellen Studie, in der gezeigt wird, dass sprachlich hohe Anforderungen kognitive Kapazitäten binden. Sprachliche Defizite wirken hierbei sogar doppelt: (1.) Während (bildungs-)sprachliche Anforderungen Ressourcen im Arbeitsgedächtnis binden, können nicht alle Ressourcen zum fachlichen Lernen genutzt werden. Außerdem werden (2.) Fachwörter aufgrund von fehlenden (bildungssprachlichen) Analogien und Ableitungen langsamer erlernt (Kempert et al. 2019: 183).

Zusammenfassend erzeugen extrinsische Belastungen wie Sprache und intrinsische Belastungen wie motivationale Faktoren kognitive Belastungen, die nicht für die Aneignung von neuen fachlichen Inhalten zur Verfügung stehen. Schulspezifische sprachliche Anforderungen sind deshalb wahrscheinlich mitverantwortlich dafür, dass Lernenden schulrelevantes Wissen eröffnet wird oder verschlossen bleibt (Gogolin & Duarte 2016: 479).

3.1.1. Zusammenhang von Sprache und Denken

Das Zusammenspiel aus Sprache und Denken wird auch aus psychologischer Perspektive beschrieben. Im Folgenden werden deshalb grundlegende Zusammenhänge von Sprache und Kognition sowie der Entwicklungsprozess von sprachlichen und kognitiven Fähigkeiten dargelegt.

In der Kognitionpsychologie und Psycholinguistik bestehen verschiedene Diskurse über den Zusammenhang von Sprache und Kognition¹. In diesem Abschnitt wird die *Modularitätshypothese* beschrieben, da hierzu Studienergebnisse aus der Naturwissenschaftsdidaktik vorliegen (z. B. Härtig et al. 2012: 387; Höttecke et al. 2017: 64).

In der *Modularitätshypothese* werden Sprache und Denken als unabhängige, sich wechselseitig beeinflussende Module angesehen. Sprachfähigkeiten operieren unabhängig von kognitiven, können aber mit diesen in Wechselwirkung treten. Sowohl sprachliche als auch kognitive Fähigkeiten können dabei unterschiedlich stark ausgeprägt sein (Anderson 2007: 434-435). Als Beleg wird z. B. die Beobachtung angeführt, dass es Menschen mit schweren sprachlichen, aber ohne kognitive Defizite (und umgekehrt) gibt. Aber Denkprozesse und Kommunikation können durch Sprache auf lexikalischer, grammatikalischer sowie tonaler Ebene beeinflusst werden. Zudem gelten kognitive Prozesse als Voraussetzung für Spracherwerb und -nutzung. Die sprachliche Formulierung beeinflusst bspw. die kognitive Verarbeitung und Nutzbarkeit von Informationen (z. B. in Sachtexten oder Aufgaben) (Kempert et al. 2019: 177). Um den Zusammenhang von Sprache und Denken besser zu verstehen, werden Erkenntnisse aus der Spracherwerbsforschung zur sprachlichen und kognitiven Entwicklung hinzugezogen.

Beim Erlernen der (Erst-)Sprache besteht diese zunächst nur aus Lauten, die als Worte erkannt werden müssen, um wahrgenommen, enkodiert, analysiert, kategorisiert und gespeichert zu werden. Gerade zu Beginn des Spracherwerbs binden unbekannte Laute kognitive Ressourcen, weil keine klanglichen oder bedeutungsbezogenen Ähnlichkeiten ausgemacht werden können (Kempert et al. 2019: 178). Wenn mehr phonologisch-lexikalisches Wissen im Langzeitgedächtnis vorhanden ist, dreht sich die Wirkrichtung um und das Sprachwissen erleichtert das Enkodieren von Lauten. Mit steigendem Sprachwissen bleiben mehr kognitive Ressourcen im Arbeitsgedächtnis für inhaltliche Prozesse verfügbar.

Als Beleg für die wechselseitige Beziehung von Sprache und Denken werden Experimentalstudien angeführt. Die Erinnerung an einen nicht-sprachlichen Stimulus (z. B. Bild) wird durch dessen sprachliche Benennung gesteigert und weiter erhöht, wenn der Sachverhalt zusätzlich sprachlich elaboriert wird (z. B. eine Erklärung in eigenen Worten) (Renkl 2009: 7). Wird beim Erlernen eines neuen Begriffes eine

¹Für eine detaillierte Beschreibung der verschiedenen Strömungen sei auf Anderson (2007) und Langenmayr (1997) verwiesen.

zugehörige Kategorie genannt (bspw. der Tiger ist ein Tier), dann fällt sowohl das Bilden von Kategorien als auch das Zuordnen kategorialer Eigenschaften zu einem Begriff leichter (Kempert et al. 2019: 178). Daraus folgt, dass ein fachlicher Inhalt, für den noch keine sprachliche Repräsentation aufgebaut ist, schwerer zu erlernen ist (Kempert et al. 2019: 178). Grundsätzlich erleichtert der Erwerb sprachlicher Fähigkeiten das Erlernen fachlicher Inhalte, da das Enkodieren unbekannter Laute sowie Informationen routiniert abläuft (Kempert et al. 2019: 179). Sprache nimmt somit eine kognitive Funktion ein; Sprachwissen reduziert kognitive Belastung im Arbeitsgedächtnis, setzt Kapazitäten für das inhaltliche Lernen frei und unterstützt das Denken.

Auch in höheren kognitiven Prozessen als einfachen Zuordnungen ist eine wechselseitige Beziehung zwischen fachlichen und sprachlichen Fähigkeiten festzustellen. Die Art und Weise, wie Informationen sprachlich formuliert und dargeboten werden, haben dabei direkten Einfluss darauf, ob z. B. Transferaufgaben erfolgreich bearbeitet werden können. Bei hinreichender struktureller und konzeptueller Ähnlichkeit einer Aussage werden Eigenschaften und Informationen transferiert und ggf. für thematisch-zugehörige Kategorie verallgemeinert (Schalk et al. 2016). Die Fähigkeit, durch Vergleiche von sprachlichen Formulierungen Gemeinsamkeiten und Unterschiede festzustellen, wird als *analoges Schließen* bezeichnet und kann induktiv oder deduktiv erfolgen (Kempert et al. 2019: 179). Sind z. B. Protonen und deren Eigenschaften bekannt und Neutronen werden als Bestandteil eines Atomkerns sprachlich eingeführt, dann werden dadurch weitere Informationen (deduktiv) transferiert: Neutronen sind wie Protonen von geringer Größe. Gegebenenfalls kann sogar für die Kategorie der Nukleonen (induktiv) verallgemeinert werden, dass Neutronen und Protonen als Bestandteil aller Materie gelten.

Werden Begriffe sprachlich eindeutig einer Kategorie zugeordnet, werden deren Eigenschaften automatisch übertragen. Gleiches gilt für sprachlich relationale Bezüge: So erleichtert das sprachliche Benennen der Größe von Objekten (z. B. winzig, klein, mittel, groß) das Sortieren realer Objekte der Größe nach (Loewenstein & Gentner 1998). Die Wirkung der sprachlichen Beschreibung der Relationen ist zeitlich stabil und führt somit zum nachhaltigen Lernen. Dies bleibt sogar erhalten, wenn später relationale oder verbindende sprachliche Bezeichnungen weggelassen werden (Loewenstein & Gentner 1998; Gentner 2010). Sprachwissen beeinflusst also höhere kognitive Prozesse konstruktiv, indem das induktive, deduktive und analoge Schließen und Kategorisieren gestärkt wird.

Die hier beschriebenen Erkenntnisse zur Interaktion von Sprache und (grundlegenden oder höheren) kognitiven Prozessen beruhen auf Experimentalstudien, die nur einzelne Prozesse betrachten. Die Übertragung der beschriebenen Wechselwirkung von Sprache und Denken auf fachliches Lernen liegt nahe, da fachliches Lernen aus mehreren, teils komplexen Lernprozessen besteht (Kempert et al. 2019: 182).

Sprache und naturwissenschaftliches Lernen

Vygotsky (1986) postuliert in *Thought and Language*, wie kognitive Prozesse, Sprache und naturwissenschaftliches Wissen miteinander interagieren: Das Aneignen von naturwissenschaftlichem Wissen sei nicht vergleichbar mit dem alltäglichen Lernen oder dem Erstspracherwerb, sondern entspräche eher dem Erlernen einer Fremdsprache. Fremdsprachenlernen unterscheide sich vom Erstsprachenlernen, da die Erstsprache als eine Art Mediator zwischen der realen Welt und der neuen Sprache dient (Vygotsky 1986: 161). Laut Vygotsky gilt Sprache daher als Medium zwischen Erfahrungen und neuen Erkenntnissen wie naturwissenschaftlichen Inhalten. Während beim Lernen von Alltagsbegriffen in einer Erstsprache von Objekten zu Begriffen übergegangen wird, erfolgt das Lernen von naturwissenschaftlichen Begriffen oftmals umgekehrt: Einem neuen Begriff wird eine Bedeutung, ein Konzept oder ein Objekt zugeordnet (Vygotsky 1979: 257).

Dieser Idee folgend kommt es zu einem Problem, wenn neue naturwissenschaftliche Inhalte in einer komplexen Sprache vermittelt werden, die nicht vertraut ist. Grammatikalisch komplexe Strukturen binden kognitive Ressourcen im Arbeitsgedächtnis und führen dazu, dass relevante Inhalte aufgrund der höheren Belastung des Arbeitsgedächtnis nicht ins Langzeitgedächtnis überführt werden (B. A. Brown et al. 2019: 754). Dabei wird mitunter die *Zone der nächsten Entwicklung* nach Vygotsky (1986) übergangen. Mit *Zone der nächsten Entwicklung* ist der Abstand zwischen einem erreichten Lernniveau und dem nächst höher gelegenen Niveau gemeint, das Lernende mit wenig Unterstützung erreichen können. Das Erlernen neuer physikalischer Inhalte oder Begriffe in einer unbekannten, komplexen Sprache ist nicht deckungsgleich mit der *Zone der nächsten Entwicklung*, weil der präsentierte Lernanreiz in diesem Fall nicht geeignet ist, um den nächsten Schritt der Entwicklung zu erreichen. Der durch komplexe naturwissenschaftliche Sprache erzeugte Lernreiz erfordere vielmehr, dass solche Zonen der Entwicklung übersprungen werden.

Eine lernförderliche Umgebung ermöglicht durch geeignete (sprachliche) Einführung neuer naturwissenschaftlicher Begriffe den Transfer zu einer nächsthöher gelegenen Zone der Entwicklung. Die sprachlichen Anforderungen beim Lernen sollten deshalb nur knapp über den Sprachfähigkeiten liegen (Rincke & Leisen 2015: 653). Dafür sollten Lehrkräfte Lernangebote machen, die neue naturwissenschaftliche Inhalte und Begriffe in einer verständlichen, für die Lernenden vertrauten Sprache vermitteln. So entsteht die Möglichkeit, dass die vermittelnde Sprache als Medium zwischen der Naturwissenschaft (Sprache oder Inhalt) und den Lernenden fungiert (B. A. Brown et al. 2019: 754-755).

Ein weiterer Beleg dafür, dass sprachliche und fachliche Fähigkeiten zu unterschiedlichen kognitiven Belastungen im Arbeitsgedächtnis führen, liefern Härtig et al. (2012: 387): Ihre Studie zeigt, dass physikbezogenes Fachwissen und Begriffsverständnis (als Aspekt fachsprachlicher Fähigkeiten) als separate Fähigkeiten aufzufassen sind, die moderat ($r = 0.41$) miteinander korrelieren². Ergänzend zeigen Höttecke et al. (2017: 64), dass sich allgemeinsprachliche und fachsprachliche Fähigkeiten in Physik sowie in Sport voneinander unterscheiden und auf mittlerem Niveau miteinander korrelieren³ ($.50 < r < .60$). Die Ergebnisse beider Studien zeigen, dass komplexe naturwissenschaftliche Sprache eine andere Fähigkeit fordert als allgemeinsprachliche oder rein fachliche Fähigkeiten. Demnach stellt naturwissenschaftliche Sprache als selbstständige Fähigkeit eine potentielle Hürde dar, die z. B. Lernende mit guten fachlichen Kompetenzen aber defizitären sprachlichen Fähigkeiten in ihrer Leistungsentfaltung behindert⁴.

Zusammenfassend sind Sprache und Kognition als getrennte, aber in wechselseitiger Beziehung zueinander stehende Module zu verstehen. Im Erstspracherwerb ermöglichen sprachliche Fähigkeiten kognitive Entlastung. Beim fachlichen Lernen – dem Zweitspracherwerb ähnelnd – ist die Sprache dagegen ein Medium, durch das Informationen vermittelt, aufgenommen und verstanden werden. Voraussetzung hierfür ist, dass die zur Kommunikation verwendete Sprache bekannt und vertraut

²Härtig et al. (2012) nutzen einen standardisierten Lesegeschwindigkeits- und Verständnistest (LGVT) zur Bestimmung des allgemeinen Leseverständnisses und der Lesegeschwindigkeit, einen physikbezogenen Lesegeschwindigkeits- und Verständnistest (PLGVT) zur Bestimmung des physikbezogenen Leseverständnisses und der physikbezogenen Lesegeschwindigkeit und einen physikbezogenen Wissenstest zur Bestimmung des physikbezogenen Fachwissens.

³Höttecke et al. (2017) verwenden zur Bestimmung der allgemein-sprachlichen und fachsprachlichen Fähigkeiten in Physik sowie in Sport drei verschiedene C-Tests.

⁴Weitere empirische Belege für den Zusammenhang von sprachlicher und fachlicher Leistung bzw. dem schulischen Erfolg sind in Kapitel 3.1.2 zu finden.

ist. Sprache stellt in diesem Fall ein Werkzeug dar, das – richtig angewendet – Denken unterstützt und erleichtert. Bindet die Sprache jedoch selbst kognitive Ressourcen aufgrund von unbekannten, komplexen und fachsprachlichen Merkmalen, dann entsteht ein gegenteiliger Effekt: Sprache wird zu einer Hürde, die sprachlich defizitäre Lernende behindert. Die besonderen Eigenschaften der Sprache der Naturwissenschaften bzw. schulspezifische sprachliche Anforderungen im Allgemeinen induzieren potentiell solche Hürden (vgl. Kapitel 3.3).

Im folgenden Kapitel wird der Zusammenhang von sprachlichen Fähigkeiten und fachlicher Leistung beschrieben. Dabei wird insbesondere auf die Vermutung eingegangen, dass bestimmte Personengruppen mit geringen sprachlichen Fähigkeiten geringe fachliche Leistungen erzielen.

3.1.2. Lesekompetenz und fachliche Leistung

Die im vorherigen Kapitel beschriebene Theorie zur Trennung von Sprache und Denken sowie deren starke gegenseitige Beeinflussung wurde in zahlreichen Studien empirisch nachgewiesen (z. B. Cromley 2009; Reiss et al. 2019; Yore et al. 2004). Häufig werden hierbei sprachliche Fähigkeiten als Textverstehen bzw. Lesekompetenz⁵ erhoben, da diese in den meisten großangelegten Schulleistungsstudien als Operationalisierung für die Sprachfähigkeit angesehen werden. Grundsätzlich gilt Lesekompetenz als Schlüsselqualifikation für Lernerfolg, für das Erlangen von Informationen im Alltag und für die gesellschaftliche Teilhabe (Schnotz 1994: 1; Yore et al. 2004: 351).

Schulleistungsstudien zeigen eine moderate bis starke Korrelation ($.58 < r < .90$) zwischen Lesekompetenz und fachlichen Leistungen in den Naturwissenschaften und der Mathematik auf (z. B. Cromley 2009; O'Reilly & McNamara 2007a). Dies kann als Hinweis gesehen werden, dass sprachliche Fähigkeiten als Grundvoraussetzung für fachliches Lernen und fachliche Leistungen gelten können. In weiteren Studien zeigt sich ein Einfluss der Lesekompetenz bzw. der Kompetenz in der Unterrichtssprache auf die fachliche Leistung: Die sprachliche Kompetenz ist ein konsistenter Prädiktor für den Erfolg in mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern (z. B. Härtig, Bernholt et al. 2015: 64; Härtig, Heitmann & Retelsdorf 2015: 775; Paetsch

⁵Lesekompetenz und Textverstehen können an dieser Stelle synonym verwendet werden. In Kapitel 3.4 erfolgt eine Beschreibung der Differenzen. Zudem wird in Kapitel 3.4.2 Lesekompetenz detailliert beschrieben.

et al. 2015: 35-39; Prediger et al. 2015: 99). Savolainen et al. (2008) zeigen bspw. in einer Studie mit $N = 1700$ Lernenden der 9. Klasse in Finnland, dass Sprachfähigkeit⁶ ein Prädiktor für den allgemeinen Schulerfolg und die Wahl des weiteren Bildungswegs ist. Mädchen erzielen in allen in der Studie durchgeführten Tests insgesamt bessere Schulleistungen, während der sozioökonomische Status, elterliche Erwerbstätigkeit oder sozialpädagogischer Förderbedarf nur geringe bis keine Wirkung ausüben (Savolainen et al. 2008: 205).

Basierend auf Daten der Längsschnittstudie *Early Childhood Longitudinal Study* (ECLS) in den USA zeigen Cooper et al. (2014: 10), dass Lesekompetenz und soziale Fähigkeiten im Kindergarten Prädiktoren für fachliche Leistung in Mathe und Lesen in der 5. Klasse sind – und das konsistent bei Kontrolle von weiteren Variablen (Geschlecht, Ethnizität, Haushaltseinkommen, Sozialkompetenz in der 5. Klasse). Lernende mit niedriger oder mittlerer Lesefähigkeit, aber hohen sozialen Fähigkeiten im Kindergarten erzielen in Klasse 5 deutlich stärkere fachliche Leistungen in Mathematik und Lesen als Lernende mit gleicher Lesefähigkeit, aber schwachen sozialen Kompetenzen (Cooper et al. 2014: 1). Kontrastierend beeinflussen soziale Fähigkeiten bei Lernenden mit starken Lesefähigkeiten im Kindergarten nicht die fachlichen Leistungen in Klasse 5.

Zusammenfassend wird in unterschiedlichen deutschsprachigen und internationalen Studien ein starker Zusammenhang von Lesekompetenz und fachlicher Leistung sichtbar. Gleichzeitig ist absehbar, dass weitere Variablen als mögliche Moderatoren bzw. Mediatoren für diesen Zusammenhang auszumachen und deshalb genauer zu betrachten sind.

Familiäre und institutionelle Einflüsse

Häufig wurde in der Vergangenheit vermutet, dass fachliche Leistungsnachteile von Lernenden mit Migrationshintergrund mit der in der Familie oder in der Freizeit gesprochenen Fremdsprache zu begründen sind. Auch in Schulleistungsstudien wie PISA und TIMSS ist dieser Zusammenhang zu finden: In PISA hängen schlechtere Leistungsergebnisse mit Migrationshintergrund und sozialer Herkunft (formaler Bildungsstand der Eltern und sozioökonomischer Status) zusammen (z. B. Weis et al. 2019: 129). In TIMSS (2007, 2011, 2015 und 2019) zeigt sich, dass Lernende,

⁶Savolainen et al. (2008) operationalisieren Sprachfähigkeit durch Lese- und Buchstabierfähigkeit, gemessen mithilfe von Lesetests auf Wortebene, Buchstabiertests und Textverständnistests

deren Eltern beide in Deutschland geboren wurden, im Mittel die höchsten Leistungen in allen Bereichen hervorbringen (Wendt et al. 2016: 329; Wendt et al. 2020: 301-303). Für Lernende mit nur einem in Deutschland geborenen Elternteil ergeben sich im Vergleich dazu Leistungsrückstände. Lernende, deren Eltern beide nicht in Deutschland geboren wurden, erzielen im Mittel die niedrigsten Leistungen – sowohl im Bereich mathematischer als auch naturwissenschaftlicher Kompetenzen (Wendt et al. 2016: 329; Wendt et al. 2020: 301-303).

Allerdings ist die Vermutung zurückzuweisen, dass fachliche Leistungsdefizite Lernender mit Migrationshintergrund auf die in der Familie oder der Freizeit gesprochene Sprache zurückzuführen sind. Zum einen erzielen Lernende mit Migrationshintergrund, die alltäglich überwiegend deutsch sprechen, ebenfalls Leistungen unterhalb des durchschnittlichen Kompetenzniveaus in Mathematik und im Bereich der allgemeinen Lesefähigkeit (Gogolin & Roth 2007: 32). Zum anderen zeigt bspw. Eckhardt (2008: 153), dass Lernende mit Migrationshintergrund in der Klasse 9 bei der Rezeption von bildungssprachlichen Strukturen und der mündlichen Produktion schulbezogener Inhalte – bei Kontrolle des sozioökonomischen Status – kein Leistungsdefizit vorweisen. Auch Moser et al. (2011: 29) weisen nach, dass unterschiedliche Lern- und Entwicklungsstände in Lesen, Wortschatz und Mathematik von Lernenden der Primarstufe nicht auf den Migrationshintergrund, sondern auf die soziale Herkunft (gemessen am Bildungsstand der Eltern und der Bücheranzahl zuhause) zurückzuführen sind. Demnach lassen sich fachliche Leistungsnachteile von Lernenden mit Migrationshintergrund vor allem durch allgemeine Sprachkompetenz und soziale Herkunft erklären.

Weiter belegen Prediger et al. (2015: 89) in einer Untersuchung der zentralen Prüfungen der Klasse 10, dass soziale Faktoren (sozioökonomischer Status, Migrationshintergrund, Zeitpunkt des Deutscherwerbs) die Varianz der Mathematikleistung nur im Bereich von 1 bis 3 % aufklären, während die Sprachkompetenz bis zu 14 % zur Varianzaufklärung beiträgt. Insbesondere zeigt sich, dass der sozioökonomische Status bei Kontrolle der Sprachkompetenz nicht zur Aufklärung der Varianz der Mathematikleistung beiträgt (Prediger et al. 2015: 90). Dagegen übt der Zeitpunkt des Deutscherwerbs auch bei Kontrolle der Sprachkompetenz einen relevanten Einfluss auf die Mathematikleistung aus. Eine mögliche Erklärung ist, dass Lernende mit gleicher Sprachkompetenz zum Zeitpunkt der Testung, aber späterem Erwerb der deutschen Sprache, in zurückliegenden Schuljahren im Mathematikunterricht benachteiligt waren (Prediger et al. 2015: 90).

Zudem zeigt sich, dass Migrationshintergrund nicht als konsistenter Prädiktor für sprachliche Fähigkeiten gelten kann. Berendes et al. (2013: 29) weisen nach, dass Lernende der Grundschule mit Migrationshintergrund bei Kontrolle des sozioökonomischen Status einen Nachteil in den grundlegenden rezeptiven Wortschatz- und Grammatikfähigkeiten aufweisen. Die Differenzen der sprachlichen Fähigkeiten der Lernenden mit und ohne Migrationshintergrund verringern sich jedoch schon in der zweiten Klasse, sodass bei leichten Aufgaben nur ein geringer Unterschied bestehen bleibt, der nicht als Ursache für schlechtere fachliche Leistungen herangezogen werden kann (Berendes et al. 2013: 37).

Zusammenfassend belegen die angeführten Ergebnisse, dass sprachlich schwache Lernende geringere fachliche Leistungsergebnisse erzielen. Im dargestellten Diskurs werden drei damit zusammenhängende Aspekte deutlich: (1.) Die Herausforderung des Erwerbs bildungssprachlicher Fähigkeiten und das Erzielen von guten fachlichen Leistungen werden meist als unabhängig von Herkunftssprache und Migrationshintergrund interpretiert. (2.) Soziale Herkunft und familiärer Bildungsstand sind als Grund der Varianz der fachlichen Leistungen auszumachen. (3.) Es ist zu vermuten, dass sprachliche Fähigkeiten sowie Lesekompetenz als Grundvoraussetzung für fachliches Lernen und für das Erbringen von fachlichen Leistung anzusehen sind. Aus diesem Grund erzielen Lernende mit hoher Lesekompetenz meist auch hohe fachliche Leistungen. Analog könnte gelten, dass andere Lernende vor allem aufgrund ihrer schwachen Lesekompetenz geringere fachliche Leistungen erzielen. Dies würde bedeuten, dass sprachlich schwache Lernende in Leistungstests einen Nachteil erfahren, da sie ihre fachlichen Fähigkeiten aufgrund von sprachlichen Hürden nicht abrufen können.

Insbesondere in Anbetracht der beschriebenen Trennung von Sprache und Kognition ergibt sich daraus die Frage, warum sprachliche Fähigkeiten mit mathematisch-naturwissenschaftlichen Leistungen bspw. in Schulleistungsstudien zusammenhängen. Eine Möglichkeit ist, dass die sprachliche Ausgestaltung der in Leistungsstudien eingesetzten Items zum Messen der fachlichen Leistung von sprachlich schwachen Lernenden nicht verstanden werden. Aus diesem Grund werden im Folgenden Studien zur Wirkung der sprachlichen Ausgestaltung von leistungsbezogenen Items dargelegt.

Wird das Item sprachlich richtig verstanden?

Insbesondere kompetenzorientierte Items großangelegter Schulleistungsstudien sind häufig sprachlich in Kontexte eingebettet und somit möglicherweise in ihrer Schwierigkeit sprachkompetenzabhängig (z. B. Gailberger & Willenberg 2008; Hußmann et al. 2017; Reiss et al. 2019). Wissen könnte aufgrund sprachlicher Barrieren beim Rezipieren oder Artikulieren in der Testsituation nicht abgerufen werden. Studien messen somit grundsätzlich auch sprachliche Kompetenzen, die wiederum nicht bei allen Lernenden gleichermaßen vorhanden sind. Ob ein Item bzw. generell ein Text verstanden wird, hängt neben Personeneigenschaften (u. a. Sprachfähigkeit, Wortschatz, Vorwissen, Interesse) auch von (linguistischen) Merkmalen des Items bzw. des Textes ab (detailliert in Kapitel 3.4). Hieraus resultiert möglicherweise eine Verzerrung der fachlichen Leistung. Studien, die den Einfluss von linguistischen Merkmalen auf die Lösungshäufigkeit von Items und die fachliche Leistung untersuchen, lassen sich in zwei Lager aufteilen: (1.) Studien, die diesen Effekt durch Variation der linguistischen Eigenschaften untersuchen und (2.) Re-Analysen von Items bestehender Studien.

Untersuchungen der isolierten Variation verschiedener linguistischer Merkmale zeigen ein gemischtes Bild. Eine hohe Anzahl von Fachbegriffen führt bei allen Lernenden zu niedrigerer fachlicher Leistung (z. B. Cassels 1980: 226; Prenzel et al. 2002: 132; Schiemann 2011: 129; Snow 2010: 449; Stiller et al. 2016: 7) ebenso wie Verneinungen (z. B. Cassels 1980: 226; Tamir 1993: 319). Nominalisierungen wirken in mehreren Studien die fachliche Leistung reduzierend (z. B. Daroczy et al. 2022: 118; Nippold & Sun 2008: 367), aber es zeigen sich gegenteilige Effekte bspw. in Re-Analysen von standardisierten Leistungsitems (s. u.). Dasselbe gilt für mehrdeutige Wörter (z. B. Cervetti et al. 2015: 176-177; Walkington et al. 2015: 1062). Der Effekt von Passiv-Konstruktionen in Items auf die fachliche Leistung ist ebenso ambivalent. Einige Studien belegen die Reduzierung der fachlichen Leistung durch Passiv-Konstruktion (z. B. Berndt et al. 2004: 236; Cornelis 1996: 262; Bransford & Johnson 2014: 11), während in anderen Studien keine Beeinflussung der fachlichen Leistung festgestellt wird (z. B. Banks et al. 2016: 15; Cassels 1980: 227). Pöhler et al. (2017: 14-17) zeigen sogar, dass die Darstellungsform eines Items (mathematisch-formell als Gleichung, sprachlich kontextualisiert in einem Text oder eine rein visuelle Darstellung) keinen Einfluss auf die Lösungshäufigkeit eines Mathematik-Items hat. Dies gilt als Hinweis darauf, dass konzeptuell-fachliche Komplexität einen höheren Effekt ausübt als sprachliche Komplexität (Pöhler et al. 2017: 17).

Insgesamt zeigt sich ein inkonsistenter Forschungsstand, den auch Meta-Studien und Studien, die mehrere linguistische Merkmale gleichzeitig variieren, belegen. So werden geringe Effekte (Kettler et al. 2012: 101; Kieffer et al. 2012: 15; 245-247 Plath & Leiss 2017: 11; Prophet & Badede 2009), nicht konsistente Effekte (Höttecke et al. 2018: 4) oder teilweise sogar gegenläufige Effekte (z. B. Leiss et al. 2017: 99; Rivera & Stansfield 2004: 101) sprachlicher Anforderung von Items auf fachliche Leistung aufgezeigt. Haag et al. (2015: 48-49) zeigen, dass linguistische Vereinfachungen von Items keinen Haupteffekt hervorbringen und nur für Lernende mittlerer Sprachkompetenz einen geringen Vorteil bergen. Diebold & Waldron (1988: 33) weisen dagegen nach, dass sprachliche Vereinfachungen und beschriftete Darstellungen im Vergleich zu einem Standardtext bei allen Lernenden zu fachlichen Leistungszuwächsen führen. Bird & Welford (1995: 396) stellen fest, dass die Lösungshäufigkeit von naturwissenschaftlichen Items durch Verkürzung der Aufgabenstellung, Austauschen von fachsprachlichen Begriffen und Auslassen von zusätzlichen Informationen um einstellige Prozentwerte gesteigert werden können. Hierbei handelt es sich jedoch nicht nur um linguistische Vereinfachung, sondern auch um strukturell-inhaltliche Vereinfachung, die besonders für Lernende, die Deutsch als erste Zweitsprache erlernen, zu stärkeren Unterschieden in der Lösungshäufigkeit führen.

Die im Folgenden präsentierten Ergebnisse von Re-Analysen durchgeführter Leistungstests deuten darauf hin, dass verschiedene linguistische Merkmale einen Einfluss auf die Lösungshäufigkeiten von fachlichen Leistungsitems haben. Re-Analysen sind allerdings dadurch limitiert, dass linguistische Merkmale eingesetzter Items nachträglich bestimmt und nicht systematisch variiert worden sind. Somit ist in diesen Forschungsdesigns nicht eindeutig auszumachen, welche isolierten linguistischen Merkmale für bestimmte Lösungshäufigkeiten ursächlich sind. So zeigen Heppt et al. (2015: 70), dass bildungssprachliche Wörter, Wörter mit drei oder mehr Silben und Komposita schwierigkeiterzeugend sind. Kachchaf et al. (2016: 161-163) weisen ebenso eine negative Wirkung der Anzahl seltener, unbekannter Wörter – gemessen an der Frequenz – auf die fachliche Leistung nach. Allerdings zeigt sich in deren Analyse keine Wirkung längerer nominaler Phrasen auf die fachliche Leistung. Eine Re-Analyse mathematischer Items einer Schulleistungsstudie in Berlin zeigt, dass die Wortanzahl allgemein, die Anzahl seltener Wörter sowie nominaler und präpositionaler Phrasen eine negative Wirkung auf die fachliche Leistung hat, während die Satzstruktur keine Varianz aufklärt (Haag et al. 2013: 28-30). Dempster & Reddy (2007: 920) zeigen, dass vor allem komplexe Satzstrukturen und unbekannte Wörter Schwierigkeit generieren und dass Items mit einem höheren Anteil an präpo-

sitionalen und nominalen Phrasen sowie Passiv-Konstruktionen und mehrdeutigen Wörtern tendenziell schwieriger sind. Die Re-Analyse mathematischer Items einer kanadischen Schulleistungsstudie des Education Quality and Accountability Office (EQAO) von Buono & Jang (2021: 137) zeigt dagegen, dass die Anzahl von Nominalisierungen und ein komplexer Satzbau keinen Effekt und Passiv-Konstruktionen einen Effekt auf die fachliche Leistung haben. Die Anzahl seltener Wörter erzeugt somit relativ eindeutig Schwierigkeiten beim Beantworten von fachlichen Items, während für nominale und präpositionale Phrasen, Passiv-Konstruktionen, die Satzstruktur und Nominalisierungen keine eindeutige Wirkung belegt wird.

Bezüglich der Wortanzahl eines Items ist ebenso ein inkonsistenter Forschungsstand zu verzeichnen, da bspw. Stiller et al. (2016: 7) negative Effekte für eine hohe Wortanzahl nachweisen, während andere Studien keinen Effekt zeigen (Heppt et al. 2015: 70; Prenzel et al. 2002: 132). Die Studie von Cruz Neri et al. (2019: 10) gibt einen tieferen Einblick zur Wirkung der Wortanzahl eines Items, indem gezeigt wird, dass eine höhere Wortanzahl für Lernende mit hoher Lesefähigkeit einen positiven Effekt auf die fachliche Leistung hat, während für Lernende mit schwacher Lesefähigkeit kein solcher Interaktionseffekt zu finden ist. Dies ist ein weiterer Hinweis darauf, dass linguistische Merkmale die Lösungshäufigkeit von Items nur für Lernende mit bestimmten Eigenschaften – hier hohe Lesefähigkeit – beeinflussen.

Prediger et al. (2015: 17) zeigen in Videoanalysen der Bearbeitung von Mathematik-Items der zentralen Überprüfung in Klassenstufe 10 und anhand von Interviews, dass die sprachliche Ausgestaltung von Items grundsätzlich einen Einfluss auf die Lösungshäufigkeit ausübt. Jedoch erzeugen in dieser Studie unbekannte Worte keine bis wenig Probleme, während komplexe Satzstrukturen – insbesondere stark verdichtete Präpositionalphrasen – schwierigkeiterzeugend für sprachlich schwache Lernende wirken. Grundsätzlich fallen Unterschiede zwischen sprachlich schwachen und starken Lernenden bei fachlich schwierigeren Aufgaben im Vergleich zu fachlich leichteren Aufgaben größer aus (z. B. Berendes et al. 2013: 33-34; Prediger et al. 2015: 15). Aus diesem Grund ergibt sich die Vermutung, dass der Einfluss der sprachlichen Anforderung vor allem bei Items mit hohem fachlichen Anforderungsniveau sichtbar wird.

Zusammenfassend weist die Studienlage zur Rolle linguistischer Merkmale von Items in Leistungsstudien auf nicht eindeutige und kleine Effekte hin. Zu vielen linguistischen Merkmalen liegen kontroverse Studienergebnisse vor (bspw. Wortanzahl, Passiv-Konstruktionen, unbekannte Wörter, Nominalisierungen, sowie komple-

xe und lange Satzstrukturen). Allerdings zeigt der Forschungsstand, dass eine höhere Anzahl an Fachvokabular und Verneinungen in fachlichen Leistungstests eindeutig schwierigkeiterzeugend wirken. Der hier präsentierte Überblick über die ambivalente Wirkung linguistischer Merkmale von Items auf die fachliche Leistung wird durch eine systematische Literaturrecherche von Cruz Neri & Retelsdorf (2022: 5-6) bestätigt.

Die naheliegende Antwort, dass sprachlich schwache Lernende bei der Bearbeitung von Items aus Schulleistungstudien aufgrund sprachlicher Verständnisprobleme schlechter abschneiden, kann durch die aktuelle Forschungslage nicht bestätigt werden. Der Grad des sprachlichen Anforderungsniveaus eines Items scheint insgesamt wenig zu dessen Schwierigkeit beizutragen, obwohl das Bearbeiten schriftlicher Leistungsaufgaben kognitiv-fachliche und sprachliche Fähigkeiten erfordert. Eine Erklärung für das Erzielen von schlechteren fachlichen Leistungen der sprachlich schwachen Lernenden in Schulleistungstudien können die Forschungsergebnisse zum Einfluss des sprachlichen Anforderungsniveaus eines Items nicht liefern.

Eine weitere Vermutung, die die starken bis moderaten Korrelationen von sprachlichen und fachlichen Leistungen in vorherigen Studien erklären könnten, lautet: Sprachlich schwache Lernende sind schon in der zeitlich vorgelagerten Lernsituation im Unterricht – z. B. beim Lesen eines Sachtextes – benachteiligt, da sie aufgrund sprachlicher Hürden weniger fachbezogenes Wissen aufbauen können. Dieses fachliche Lerndefizit wird in der Testsituation sichtbar. An dieser Stelle setzt die vorliegende Arbeit später an.

3.2. Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht

In diesem Kapitel wird zunächst auf die Rolle der Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht eingegangen und exemplarisch das Lesen von Sachtexten betrachtet. Abschließend wird der Forschungsstand zur Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf das Textverständnis beschrieben.

Im naturwissenschaftlichen Unterricht wird in vielfältigen Situationen Sprache genutzt: Lernende interagieren miteinander. Sie beschaffen sich Informationen und verstehen sowie verarbeiten diese. Sie reflektieren, strukturieren und erweitern das eigene Wissen. Sie machen und beschreiben Beobachtungen und Vorhersagen, stel-

len Vermutungen oder Hypothesen auf, ziehen Schlussfolgerungen, präsentieren und diskutieren Ergebnisse sowie Erfahrungen. Sie reflektieren eigene Aktivitäten und Vorgehensweisen, lesen und verstehen Fach- und Sachtexte, bearbeiten und lösen Lern- oder Leistungsaufgaben. Kurz gesagt, Sprache dient der Kommunikation, Kognition, aber auch der Sozialisation⁷ im Unterricht und darüber hinaus. Weiter wird in den Beispielen deutlich, dass die Wissensvermittlung in der Schule sprachlich erfolgt, Sprache aber ebenso der Kognition dient und damit im übertragenen Sinne als Denkwerkzeug fungiert⁸.

Aus diesen Gründen ist die fachlich-inhaltliche Weiterentwicklung Lernender mit sprachlicher Weiterentwicklung verknüpft. Die Verwendung von Nominalisierungen in akademischen Texten wird z. B. als Möglichkeit angesehen, um komprimiert auf abstrakte Ideen zu verweisen oder um auf zentrale Konzepte zu fokussieren (Riebling 2013: 148). Sprachliche Fähigkeiten, die über die Alltagssprache hinausgehen, sind deshalb auch für den eher sprach-armen naturwissenschaftlichen Unterricht unabdingbar. Allerdings stellen sich besondere Hürden im naturwissenschaftlichen Unterricht. Im Deutschunterricht – wo Lesen erlernt wird – steht bspw. das Lesen von literarischen Texten im Fokus, wohingegen das Aufbauen von Lesestrategien und Lesekompetenz anhand von Sachtexten nur in geringem Maße stattfindet (Fenkart 2010: 199; Baurmann 2006: 240).

Sprachliche Anforderungen des naturwissenschaftlichen Unterrichts rufen spezielle Lernhindernisse hervor, wie B. A. Brown et al. (2019) feststellen. In einem Experiment zeigen sie, dass eine komplexe naturwissenschaftliche Sprache eines Lernvideos stärker kognitive Ressourcen bindet als einfache Sprache. Sprache reduziert final die kognitive Kapazitäten, die für andere Prozesse zur Verfügung stehen. Durch das Erlernen neuer Begriffe, fachlicher Kollokationen (z. B. Kraft ausüben) oder den Konzeptwechsel bekannter alltäglicher Wörter beim fachlichen Lernen (z. B. Arbeit und Kraft) werden kognitive Ressourcen für die Sprache im Arbeitsgedächtnis gebunden, die dann für schlussfolgerndes Denken, Problemlösen oder zur Elaboration des eigentlichen Lerngegenstands nicht vorhanden sind.

⁷Mit Sozialisation durch Sprache ist im schulischen Kontext u. a. gemeint, dass Lernende sich durch Jugendsprache (im Unterricht z. B. während einer Gruppenarbeit), die sich ebenso wie bildungsbezogene Sprache (im Unterricht z. B. im Lehrervortrag) von Alltagssprache unterscheidet, abgrenzen wollen.

⁸Die metaphorische Beschreibung als Denkwerkzeug wird insbesondere in Bezug zur Bildungssprache deutlich, dessen Beschreibung in Kapitel 3.3.4 zu finden ist.

Fachliches Lernen ist somit eng mit sprachlichem Lernen verknüpft und Sprachbildung ist als Aufgabe aller Fächer anzusehen. Diese Erkenntnis ist in den Bildungsplänen verankert (Freie und Hansestadt Hamburg 2018: 8). Ziel aller Fächer ist die explizite Förderung von sprachlichen Kompetenzen (Wodzinski & Heinicke 2018: 5). Der Grundgedanke des sprachexpliziten Fachunterrichts berücksichtigt dieses Ziel, indem die sprachlichen Voraussetzungen Lernender sowie sprachliche Herausforderungen und Lernziele des Unterrichtsgegenstandes ebenso bedacht werden wie fachliche Voraussetzungen, Ziele und Lernhürden. Das Hinführen und Erlernen der physikalischen Fachsprache zählt seit geraumer Zeit zu den Lernzielen von Unterricht. Neu für die Fachdidaktik ist die Annahme, dass Lernende neben der Alltagssprache noch über weitere verschiedene Formen von Sprache in unterschiedlichem Maße verfügen, die häufig als Sprachregister bezeichnet und z. B. in Bildungs- und Fachsprache getrennt werden (vgl. Kapitel 3.3). Bildungssprachliche Fähigkeiten stellen dabei ein Bindeglied zwischen Alltags- und Fachsprache dar. Lehrende sollten sich dessen bewusst sein, gezielt sprachliche Lernangebote schaffen und diese mit fachlichen Lernangeboten verknüpfen. Aufgrund der benannten Erkenntnisse zu den familiären und institutionellen Einflüssen auf die fachliche Leistung ist dabei nicht der Migrationshintergrund der Lernenden, sondern sind vor allem deren soziale Herkunft und der familiäre Bildungsstand zu berücksichtigen (vgl. Kapitel 3.1.2).

Zusammenfassend kommt Sprache im naturwissenschaftlichen Fachunterricht eine den Lernerfolg bestimmende Rolle zu. Sprache erfüllt verschiedene Aufgaben. Fachliches Lernen ist eng mit sprachlicher Weiterentwicklung verknüpft. Sprachliche Fähigkeiten sind für tiefes fachliches Verstehen und Austauschen vorauszusetzen und ermöglichen erst eigenständiges Lernen sowie Textverstehen. Ein sprachexpliziter Fachunterricht versucht sprachliche Schwierigkeiten, die z. B. aufgrund von Disparitäten sprachlicher Anforderungen und Fähigkeit auftreten, zu berücksichtigen.

3.2.1. Sachtexte im Physikunterricht

Die im vorherigen Kapitel benannten sprachlichen Hürden treten vermutlich auch bei der Arbeit mit Sachtexten im naturwissenschaftlichen Unterricht auf. Sachtexte in Schulbüchern weisen zudem besondere sprachliche Eigenschaften auf. Deshalb wird in diesem Kapitel aufgeführt, welche Rolle Sachtexte im naturwissenschaftlichen Unterricht einnehmen, wie Sachtexte zu definieren sind und wie der Forschungsstand zur Verständlichkeit von solchen Sachtexten in den Naturwissenschaften bestellt ist.

Sachtexte halten im Unterricht auf Arbeitsblättern, als Erklärungen an der Tafel oder in Schulbüchern Einzug. Sachtexte aus Schulbüchern nehmen im Unterricht in allen Fächern eine bedeutende Rolle ein, da sie für das Lernen im Fach konzipiert sind, Inhalte organisiert präsentieren und vermitteln sowie Fachwissen aktualisieren. Sie liefern außerdem methodische Anregungen, Aufgaben, Übungen, Grafiken und Bilder für den Unterricht (Leisen 2010: 21). Hacker (1980: 15-24) unterscheidet folgende Funktionen von Sachtexten in Schulbüchern:

- *Strukturierungsfunktion:* Mithilfe von Sachtexten kann der fachliche Lerninhalt eines Faches oder einer Unterrichtseinheit sinnvoll geteilt und geordnet werden. Die durch Sachtexte und Schulbücher vorgegebene Struktur hilft Lernenden, neues Wissen zu ordnen, während Lehrende von der vorgegebenen Struktur bei der Unterrichtsplanung profitieren.
- *Repräsentationsfunktion:* Sachtexte ermöglichen durch alltägliche Beispiele, Abbildungen und sprachliche Umschreibungen realitätsnahe Darstellungen fachlicher Inhalte. Die Einbindung von Beispielen oder Alltagsvorstellungen kann Lehrende bei der didaktischen Gestaltung des Unterrichts leiten und entlasten.
- *Steuerungsfunktion:* Sachtexte können im Unterricht so eingesetzt werden, dass sie Impulse, Fragen, Anforderungen oder Aufgabenstellungen an Lernende stellen.
- *Motivierungsfunktion:* Eine ansprechende Gestaltung von Sachtexten kann Lernende motivieren, am Unterricht teilzunehmen.
- *Differenzierungsfunktion:* Lernende mit unterschiedlichen fachlichen Leistungsständen und Lesekompetenzen können durch den Einsatz von Sachtexten mit unterschiedlichen sprachlichen und fachlichen Anforderungsniveaus gezielt gefördert und gefordert werden.
- *Übungs- und Kontrollfunktion:* Sachtexte in Schulbücher sind häufig durch Aufgaben ergänzt, die gezielt zur Übung und eigenständigen Anwendung des Gelesenen anregen. Zudem bieten Aufgaben mit Lösungen Lernenden die Möglichkeit, ihren eigenen Lernfortschritt selbstständig zu kontrollieren.

Sachtexte im naturwissenschaftlichem zählen zu den zentralen Unterrichtsmaterialien und beeinflussen das Unterrichtsgeschehen sowie Lernen durch deren Rezeption (Ebner & Schön 2012: 2). Darüber hinaus können sie von Lernenden zur individuellen Nachbereitung zu Hause genutzt werden. Ob das Schulbuch tatsächlich zur selbstständigen Nacharbeitung genutzt wird oder gar für diese vielfältigen Aufgaben

geeignet ist, bleibt allerdings fragwürdig. Bevor Eigenschaften und Besonderheiten von Sachtexten im Physikunterricht anhand von Schulbuchanalysen und Befragungen diskutiert werden, erfolgt eine Definition des Begriffs Sachtext.

Definition Sachtext

Der Begriff *Sachtext* ist nicht einheitlich definiert (Baurmann 2006: 240). Aus diesem Grund werden Sachtexte im Rahmen dieser Arbeit durch folgende Eigenschaften definiert: In Abgrenzung zu literarischen Texten weisen Sachtexte keinen imaginären oder emotionalen Stil und keine Diskrepanzen zwischen sprachlicher Darstellung und beschriebenem Sachverhalt auf. Sie umfassen wenige Sätze bis hin zu ganzen Sachbüchern (Baurmann 2006: 240). Unter den Begriff Sachtext fallen sachorientierte Texte, Gebrauchstexte, instruktive Texte, Informationstexte, Rechtstexte, Fachtexte, Lexika, Biographien und Lehrtexte in Schulbüchern (Fenkart 2010: 197; Leisen 2010: 21). Die sprachliche Ausgestaltung von Sachtexten ist (meist) durch fachsprachliche Elemente, geringe Redundanz, Nominalisierungen, Anonymisierung, konzeptuelle Schriftlichkeit, Objektivierung und elliptischen, verschachtelten Satzbau mit Passiv- und Reflexivkonstruktionen geprägt (Baurmann 2006: 240; Härtig, Bernholt et al. 2015: 58). Sachtexte intendieren Fakten und Erkenntnisse zu vermitteln, um das Wissen der Lesenden auszubauen (Baurmann 2006: 240). Im Unterricht können Sachtexte neben der Wissensaneignung zur Verbesserung der Lesekompetenz, Vermittlung der Schreibkompetenz und Schulung der Analysekompetenz eingesetzt werden (Becker-Mrotzek et al. 2013: 6). Der Einsatz von Sachtexten im Schulunterricht hat darüber hinaus Alltagsrelevanz:

Das angemessene Verstehen von Sachtexten ist nicht nur für das schulische Lernen von immenser Bedeutung. Im Alltag begegnen den Schülerinnen und Schülern zahlreiche Situationen, in denen sie mit dieser Textsorte konfrontiert sind. Deshalb sollten im Unterricht vielfältige Möglichkeiten eingeräumt werden, sich sowohl mit kontinuierlichen als auch mit diskontinuierlichen Sachtexten auseinanderzusetzen. (Pfeiffer 2008: 39)

Ergänzend birgt die Rezeption von Sachtexten Vorteile für die kognitive und soziale Entwicklung. Sachtexte helfen dabei, Wissen zu vermitteln, Ansichten zu ordnen, Vorstellungen zu entfalten und Einstellungen zu verändern, Handlungen in Gang zu setzen und die Welterfahrung der Lernenden zu erweitern (Klute 2006: 95).

Christmann & Groeben (2002: 150) unterscheiden Sachtexte bezüglich ihrer zentralen Funktion in Instruktions-, Persuations- und Lehrtexte. Die einzelnen Textsorten können zwar isoliert beschrieben werden, treten jedoch eher als Mischformen bzw. in Kombinationen auf:

- *Instruktionstexte* dienen der Vermittlung von prozeduralem Wissen und zielen darauf ab, Lesenden Wissen zu vermitteln, das eine Handlung instruiert. Prozedurale Strukturen im Gedächtnis dienen dabei als Anleitung, um einen im Text beschriebenen Prozess oder Ablauf durchzuführen (Schnotz 1994: 36). Als Beispiele gelten Kochbücher, Gebrauchsanweisungen, Manuale oder Verordnungen.
- *Persuationstexte* vermitteln Wissen erörternd bzw. argumentierend, indem sie eine bestimmte Haltung bei den Lesenden hervorrufen. Diese Texte zielen darauf ab, neben kognitiven Strukturen auch motivationale und emotionale Strukturen bei den Lesenden zu aktivieren und deren subjektive Haltung zu verändern (Christmann & Groeben 2002: 150). Politische Texte, Rezensionen und Werbetexte sind Persuationstexte.
- *Lehrtexte* präsentieren deklaratives Wissen, das aus Fakten, Methoden und Prozessen besteht und von prozeduralem Wissen abzugrenzen ist (Schnotz 1994: 36). Schulbuchtexte sind prototypische Lehrtexte, da sie Informationen zu einem Wissensbereich darlegen und eingesetzt werden, um Wissen zu vermitteln.

Schulbücher der Physik enthalten nicht nur Lehrtexte, sondern auch Anleitungen für Experimente und sind damit auch Instruktionstexte. Gleichzeitig wird ein Sachtext, der gängige Schülervorstellungen berücksichtigt, den Konzeptwechsel anleitet und Phänomene erörternd erklärt, möglicherweise Charakteristika eines Persuationstextes aufweisen. Schlussendlich gelten Schulbücher somit als Paradebeispiel eines Lehrtextes, enthalten allerdings zusätzlich Charakteristika der Textsorten Persuations- und Instruktionstext.

Eigenschaften von Sachtexten für den naturwissenschaftlichen Unterricht

Die Vermittlung von Wissen durch einen Sachtext ist daran geknüpft, dass der Text adressatengerecht ausgerichtet ist. Eine zentrale Voraussetzung dafür ist, dass die Lernenden über nötige Vorwissensstrukturen verfügen, in die neue Informationen sinnhaft integriert werden können (vgl. Kapitel 3.4.1). Sachtexte sollten relevantes

Vorwissen aktivieren und – im Sinne der Differenzierung – Anknüpfungspunkte auf verschiedenen Vorwissensebenen bieten. Gleichzeitig können sprachliche Merkmale eines Sachtextes das Verstehen des Inhalts behindern. Normativ betrachtet sollten Sachtexte – ebenso wie der Physikunterricht – deshalb an die fachlichen und sprachlichen Fähigkeiten der Lernenden angepasst sein (Baurmann 2006: 240).

Eine Reihe von Forschungsarbeiten widerlegt allerdings diese Idealvorstellung. Als einer der ersten Wissenschaftler untersuchte McClusky (1934) die sprachlichen Eigenschaften verschiedener Textarten. Seine quantitative Analyse zeigt, dass die sprachlichen Anforderungen von fiktionalen, sozialwissenschaftlichen bis hin zu psychologischen und physikalischen Sachtexten ansteigt (McClusky 1934: 281-282). Analysen von Physikschulbüchern weisen nach, dass Fachinhalte behutsam gesteigert werden, während die sprachliche Anforderung durchgängig auf einem hohen Niveau liegen. Sachtexte in Schulbüchern sind dementsprechend durch einen hohen fachsprachlichen Anteil und konzeptuelle Schriftlichkeit gekennzeichnet (Kohnen, Härtig et al. 2017: 337). Schulbücher verfehlen dadurch nicht prinzipiell die Verwendung von adressatengerechter Sprache, denn sie richten sich sowohl an Lehrkräfte als auch an Lernende. Eine Anpassung des sprachlichen Anforderungsniveaus an die sprachlichen Fähigkeiten der Lernenden und einer stufenweiser Steigerung bleibt so jedoch aus.

Ein Beleg hierfür ist der hohe Anteil an Fachwörtern in Physikschulbüchern. Fachwörter wurden in zahlreichen Studien, die die sprachliche Ausgestaltung von Testitems aus Schulleistungstudien untersuchen, als schwierigkeitserzeugende sprachliche Merkmale bestimmt (vgl. Kapitel 3.1.2). Deshalb ist davon auszugehen, dass Fachwörter in Sachtexten ebenso schwierigkeitserzeugend wirken (Härtig & Kohnen 2017: 60). Aus Schulbuchanalysen (Härtig & Neumann 2014: 12; Merzyn 1994: 155-156) geht hervor, dass in einer durchschnittlichen Physikstunde ca. neun Fachbegriffe eingeführt werden. In Physikschulbüchern werden ca. 1500 verschiedene Fachbegriffe genutzt (von denen die Hälfte nur einmal vorkommt) und jedes sechste Wort ist ein Fachwort. Ergänzend zu der hohen Anzahl an Fachbegriffen wird in Schulbuchanalysen ein hoher Anteil an bildungs- und fachsprachlichen Merkmalen (vgl. Kapitel 3.3) in Sachtexten nachgewiesen: Fraas (1998: 434) belegt die frequente Nutzung von Nominalisierungen, Nominalphrasen, Komposita und Abkürzungen. Hoffmann (1998: 418, 422, 423) weist ergänzend eine häufige Nutzung von hypotaktischen Satzstrukturen mit Attribut- und Adverbialsätzen sowie Passivkonstruktionen in naturwissenschaftlichen Sachtexten nach.

Sachtexte im naturwissenschaftlichen Unterricht stellen deshalb nicht nur Lernmedium, sondern auch einen Lerngegenstand dar. Die sprachliche Ausgestaltung fordert sprachliche Kompetenzen fernab alltäglicher Sprachrepertoires. Grundsätzlich bietet sich eine Adaption des Textes an Lesende an, wenn die Wissensaneignung im Vordergrund steht. Jedoch ist bei einem solchen Ansatz zu berücksichtigen, dass die Textvereinfachung in der Regel zu einer Entfernung von der Fachsprache führt. So können neue Textschwierigkeiten induziert und der Textumfang erhöht werden (Leisen 2008: 41).

Bezüglich vieler linguistischer Merkmale, die das sprachliche Anforderungsniveau eines Textes bestimmen, ist bislang nicht abschließend geklärt, inwiefern sich deren Anzahl in Schulbüchern im Verlauf der Schulzeit verändert. Berendes et al. (2017: 11) zeigen, dass das sprachliche Anforderungsniveau in Schulbüchern vor allem zwischen den Jahrgängen 5/6 und 9/10 steigt. Anhand der Analyse von 165 linguistischen Merkmalen wird deutlich, dass diese Steigerung weder systematisch noch an die Entwicklung der Lernenden angepasst ist. Darüberhinaus zeigt die Schulbuchanalyse von Bryant et al. (2017: 303), dass keine eindeutige sprachliche Progression über die Jahrgangsstufen hinweg erfolgt und damit auch keine Anpassung an den Entwicklungsstand der Lernenden anzunehmen ist. Insbesondere die Anzahl linguistischer Merkmale, die konsensuell als schwierigkeiterzeugend gelten, stagniere über die Jahrgangsstufen. Zudem wird gezeigt, dass das sprachliche Anforderungsniveau eines Hauptschulbuches das sprachliche Anforderungsniveau von Gymnasialbüchern anderer Verlage übersteigt (Bryant et al. 2017: 303). Einen weiteren Beleg dafür, dass das sprachliche Anforderungsniveau nicht systematisch beim Verfassen der Texte berücksichtigt wird, liefern Greasser et al. (2011: 231). Ihre Analysen zeigen eine Progression des sprachlichen Anforderungsniveaus im Bereich der Syntax sowie der Abstraktheit. Die Kohäsion (Erläuterung siehe Exkurs) der Texte stagniert dagegen nahezu. Der Anteil an differenzierten, eindeutigen und konkreten Aussagen in den mittleren Jahrgangsstufen steigt erst an und nimmt dann in hohen Jahrgängen wieder ab (Greasser et al. 2011: 231).

Exkurs: Kohärenz und Kohäsion Um einen Text zu verstehen, müssen Lesende Wissen verarbeiten, das Verfassende verschriftlicht haben. Ausgangspunkt für das Textverstehen ist die Wissensstruktur der Verfassenden, die diese im Text möglichst verständlich darlegen. Der Text dient den Lesenden dann dazu, diese Inhalte – unter Einfluss von Vorwissen und weiteren Faktoren – zu verarbeiten. In diesem Zusammenhang spielen die Begriffe Kohärenz und Kohäsion eine Rolle.

Ein Text ist aus linguistischer Perspektive durch die (inhaltliche) Tiefenstruktur – die *Kohärenz* – sowie in die (sprachliche) Oberflächenstruktur – die *Kohäsion* – gekennzeichnet. *Kohärenz* fokussiert die semantische Ebene eines Textes, während die *Kohäsion* die syntaktische Struktur beschreibt (Schmitz 2015: 66-77). Die *Kohärenz* ist ein Maß für den semantisch-inhaltlichen Zusammenhang eines Textes, der durch Explikation von inhaltlichen Verknüpfungen und Zusammenhängen auf *lokaler* und *globaler Ebene* gesteigert werden kann. Ein hoher Grad an *lokaler Kohärenz* wird durch strikte Einhaltung der Thema-Rhema-Reihenfolge, Argumentwiederholung und Argumenteinbettung erzielt. *Globale Kohärenz* zeichnet sich dadurch aus, dass die Inhalte eines Textes durch Makrostrukturen subsumiert werden können.

Kohäsion beschreibt den Grad des syntaktisch-sprachlichen Zusammenhangs eines Textes und fungiert im Verstehensprozess als sprachliche Kohärenzbildungshilfe. Unter *lokaler Kohäsion* sind lexikalische und grammatikalische Mittel zu verstehen, durch die Inhalte eines Textes in Relation gesetzt werden. Durch Verknüpfung adjazenter Sätze mittels Konnektoren werden pronominalen und nominalen Referenzmittel erzeugt. *Globale Kohäsion* meint satzübergreifende syntaktische Strukturen, die durch Überschriften, Trennung von Sinneinheiten mittels Absätzen entstehen. Die Rekurrenz durch Wiederholung von Substantiven in benachbarten Sätzen stellt bspw. einen höheren Grad an Kohäsion dar, als die Verwendung von Synonymen oder Pronomen. Die mentale Kohärenzbildung der Lesenden wird also durch textseitig realisierte Kohärenzbildungshilfen unterstützt (vgl. textliche Kohärenzbildungshilfen in der Abbildung unten). In der folgenden Abbildung sind die Zusammenhänge schematisch dargestellt:



Abbildung 3.1.: Textlichen Kohärenzbildungshilfen Kohärenz und Kohäsion.

Empfundene Textverständlichkeit von Sachtexten

Befragungen Lernender und Lehrender deuten darauf hin, dass physikbezogene Sachtexte aus Schulbüchern als sprachlich zu komplex, unverständlich und unbrauchbar bewertet werden (Merzyn 1994: 236; Leisen 2010: 21). Das mag ein Grund sein dafür, warum Schulbücher hauptsächlich Lehrenden zur Unterrichtsvorbereitung die-

nen und nicht von Lernenden zur Vor- und Nachbereitung genutzt werden (Härtig & Neumann 2014: 14; Merzyn 1994: 237). Das Buch des Karlsruher Physikkurses stellt – laut Befragungen – eine Ausnahme dar. Es wird im Vergleich zu traditionellen Büchern von Lernenden als verständlicher bewertet (Starauschek 2003: 138-139). Als Begründung wird angeführt, dass „das Sprachniveau des Buches zum Karlsruher Physikkurs [...] dem Sprachniveau der Schüler der Sekundarstufe I angepasst“ sei (Starauschek 2003: 143) und, dass dessen Sprache sowie Struktur die Lernenden durch Kohärenzbildungshilfen unterstütze (Starauschek 2003: 144). Tatsächlich ist die Kohäsion in Sachtexten traditioneller Schulbücher der Naturwissenschaften nicht ausreichend ausgeprägt, um als Kohärenzbildungshilfe für Lernende zu gelten (Drumm 2013: 403).

In einem experimentellen Design ($N = 200$) zeigt Starauschek (2006: 140-141) allerdings, dass nur kohärente gegenständliche Bilder zu einer höheren empfundenen Textverständlichkeit führen. Texte mit hoher/niedriger lokaler substantivischer Kohäsion führen dagegen zu keiner unterschiedlichen Einschätzung der Textverständlichkeit (Starauschek 2006: 147-148). Die lokal substantivische Kohäsion gilt dabei als Schätzer für die lokale Kohäsion und ist durch den Anteil der durch Substantive verbundenen benachbarten Sätze an der gesamten Satzanzahl des Textes bestimmt (Starauschek 2006: 136).

Bei diesen Untersuchungen wird jedoch ausschließlich die empfundenen Komplexität von Sachtexten und nicht das tatsächliche Textverständnis erhoben. Erste Studien weisen allerdings auf einen Zusammenhang von empfundener Komplexität und dem tatsächlichen Textverständnis hin. In einer quantitativen Studie mit $N = 54$ Lernenden der 8. Klasse zeigt Apolin (2014: 16), dass die Optimierung von Sachtexten mithilfe aller vier Dimensionen des Hamburger Verständlichkeitsmodells⁹ sowohl das Verständnis als auch die wahrgenommene Textverständlichkeit fördert. Davon abweichend wird in einer Studie von Tolochko et al. (2019: 12) gezeigt, dass die empfundene Komplexität eines Textes nur von dessen semantischer Komplexität abhängt, während die syntaktische Komplexität auf die empfundene Komplexität keinen Einfluss hat. Unter semantischer Komplexität fällt laut Tolochko et al. (2019: 8) u. a. die Verwendung von Synonymen, mehrdeutigen Wörtern und eine abstrakte Schreibweise. Mehrdeutige Wörter und verschiedene Synonyme beeinflussen die Kohäsion eines Textes und erzeugen möglicherweise Kohärenzlücken (Heinicke et al.

⁹Das *Hamburger Textverständlichkeitsmodell* gilt als Vorläufer des in dieser Studie eingesetzten *Karlsruher Textverständlichkeitsmodells* und wird in Kapitel 3.4.3 detailliert beschrieben.

2018: 38). Begründet werden solche Ergebnisse damit, dass das Erkennen und Benennen von syntaktischen Strukturen für Laien ohne Training eine nicht triviale Aufgabe darstellt (Funke et al. 2013: 20) und somit nicht die empfundene Komplexität beeinflusst. Ob die Ergebnisse von Befragungen wirklich eine aussagekräftige Bewertung der sprachlichen Komplexität von Sachtexten offenbaren, ist deshalb unklar.

Insgesamt ist das sprachliche Anforderungsniveau von Sachtexten in Schulbuchtexten nicht adressatengerecht für Lernende und wird nicht systematisch von Autor:innen und Verlagen berücksichtigt. Bezüglich der Variation der Kohäsion ergibt sich ein gemischtes Bild in der bisherigen Forschung, da Lernende die Variation nur teilweise als lernförderlich bewerten (Starauschek 2006: 147; Tolochko et al. 2019: 12). Sowohl die Analysen von Schulbüchern als auch die Befragungen ermöglichen damit keine Aussagen über die tatsächliche Wirkung auf das Textverständnis bei den Lesenden, können aber als Hinweise auf mögliche Schwierigkeiten beim Lernen angesehen werden, die weiter zu untersuchen sind.

Zusammenfassend wird deutlich, dass der Umgang mit Sprache – in diesem Fall beim Lesen von Sachtexten – als Lerngegenstand aller Fächer aufzufassen ist. Lernende weisen unterschiedliche sprachliche Fähigkeiten auf und kommen nicht als ausgebildete, perfekte Lesende in den Fachunterricht (Fenkart 2010: 200). Das sprachliche Anforderungsniveau naturwissenschaftlicher Schulbücher ist jedoch selten an den Entwicklungsstand der Lernenden angepasst. Ebenso wenig wird das sprachliche Anforderungsniveau von Schulbüchern systematisch über die Jahrgangsstufen gesteigert. Insbesondere die Sprache im Fachunterricht und in naturwissenschaftlichen Sachtexten birgt dabei Schwierigkeiten, da diese vom alltäglichen Sprachgebrauch divergiert (Fenkart 2010: 200; Gogolin & Lange 2011: 109). Final ergibt die Betrachtung der Ergebnisse von Befragungen und Schulbuchanalysen, dass eine Verbesserung der sprachlichen Gestaltung von physikalischen Sachtexten für den Unterricht notwendig ist.

3.2.2. Forschungsstand zur Textverständlichkeit von Sachtexten

Das Verständnis von naturwissenschaftlichen Sachtexten wird potentiell durch deren sprachliche Eigenschaften und Besonderheiten beeinflusst. Ergänzend weisen die Ergebnisse internationaler Schulleistungstudien darauf hin, dass die Kenntnis der

Unterrichtssprache – häufig gemessen als Lesefähigkeit – relevant für schulische Leistungsfähigkeit ist (Reiss et al. 2016 z. B. Gailberger & Willenberg 2008; Hußmann et al. 2017). Allerdings wird in diesen Studien nicht deutlich, welche linguistischen Merkmale oder welche Eigenschaften der Lernenden dafür ursächlich sind. In Bezug auf Schaffung von Bildungsgerechtigkeit ergibt sich die Frage, welchen Einfluss das sprachliche Anforderungsniveau des Lernmaterials, insbesondere von Sachtexten, auf den fachlichen Lernerfolg von Lernenden mit unterschiedlichen sprachlichen Fähigkeiten hat. Um diese Schwierigkeiten im Umgang mit Sachtexten zu minimieren, kann zum einen der Text verändert und zum anderen die Kompetenzen der Lernenden gesteigert werden (vgl. Kapitel 3.4). Diese Studie beschäftigt sich mit einer textseitigen Auseinandersetzung, indem die sprachliche Anforderung von physikbezogenen Sachtexten systematisch untersucht wird¹⁰.

Mögliche sprachliche Hürden naturwissenschaftlicher Sachtexte

Die didaktische Forschung schlägt sprachliche Vereinfachungen von Lehrtexten bzw. die Sensibilisierung Lehrender auf sprachliche Hürden von Lehrtexten vor. Ziel dabei ist es, sprachlich evozierte Lernschwierigkeiten zu verringern (z. B. Lumer et al. 2018: 45; Leisen 2008: 42; Kareva & Echevarria 2013: 241). In Tabelle 3.1 sind linguistische Merkmale dargestellt, die in der Naturwissenschaftsdidaktik als schwierigkeitsgenerierend aufgefasst werden¹¹.

Die meisten in der Tabelle benannten linguistischen Merkmale beschreiben die Syntax eines Textes. Für diese Merkmale liegen im aktuellen Forschungsstand keine eindeutigen empirischen Belege für deren Wirkung auf das Textverständnis von Sachtexten oder die Lösungshäufigkeit fachlicher Leistungssitems vor. Einzig für die Anzahl von Fachvokabular (z. B. Cassels 1980: 226; Prenzel et al. 2002: 132; Schiemann 2011: 129; Snow 2010: 449; Stiller et al. 2016: 7) und Verneinungen (z. B. Cassels 1980: 226; Tamir 1993: 319) belegen eindeutige Ergebnisse deren schwierigkeitszeugende Wirkung auf Leistungssitems. Die Kohärenz und Struktur von Sachtexten sowie die Mehrdeutigkeit und die Verwendung von Fachbegriffen betreffen dage-

¹⁰Da Sachtexte neben sprachlichen auch grafische bzw. bildliche Hürden aufweisen, diese aber nicht im Fokus der Studie stehen, sei für einen Überblick über solche Lernhindernisse auf Heinen & Heinicke (2018) verwiesen.

¹¹Durch den Vergleich dieser Tabelle mit den Oberflächenmerkmalen des in dieser Studie angewandten Modells der sprachlichen Anforderung (vgl. Tabelle 3.4) wird aufgezeigt, dass das Modell linguistische Merkmale variiert, die auch in der Naturwissenschaftsdidaktik als schwierigkeitsgenerierend aufgefasst werden.

gen die semantische Ebene eines Textes. Folgend werden Studien zum Einfluss von linguistischen Merkmalen auf das Textverständnis getrennt nach semantischer und syntaktischer Ebene dargelegt.

Tabelle 3.1.: Potentiell schwierigkeiterzeugende linguistische Merkmale physikbezogener Sachtexten. Zusammengefasst nach Heinicke et al. (2018: 34-38) und Leisen (2010: 21-22).

Ebene	Beschreibung	Linguistisches Merkmal
Wortebene	Unbekannter Wortschatz	Fachbegriffe, unbekannte Wörter, fachbezogene Adjektive, seltene Komposita, viele substantivierte Infinitive
	Mehrdeutigkeit	mehrdeutige Wörter, Verwendungen von Synonymen, ungünstig Trennung durch Zeilenumbrüche, viele Verben mit Vorsilben (Präfixen)
Satzebene	Satzinvertierung	Nominalisierungen und Nominalphrasen, Verklammern, Satzinvertierungen durch präpositionale Phrasen
	Variantenreiche Fachsprache	lange und verschachtelte Satzstruktur (Konditional-, Final-, Konsekutivesätze), (verkürzte) Nebensätze mit und ohne Konjunktionen, komplexe Attribute ersetzen Attributsätze
	Unpersönliche Formulierungen	abstrakte Ausdrucksweise und Passivkonstruktionen
Textebene	Kohärenz und Struktur	Intransparente Kohäsion, Kohärenzlücken, wenig Strukturierungshilfen (globale Kohärenzbildungshilfen)
	Verweise	Überschriften, Text-Bild-Bezüge und Verweise nicht lernförderlich eingesetzt

Wirkung der semantischen Ebene auf das fachliche Textverständnis

Für die Kohäsion und andere Kohärenzbildungshilfen sind empirische Belege für deren lernförderliche Wirkung auf das Textverständnis zu finden. Hsu & Yang (2007: 652) zeigen in einer mixed-methods Studie (experimentelle Präe-post-Testung von $N = 132$ Lernenden ergänzt durch 16 qualitative Interviews), dass Modifikationen auf der Text- und Wortebene eines naturwissenschaftlichen Textes zu einer positiven Einschätzung durch die Lesenden und zu einem höheren Textverständnis führen. Die textliche Modifikation weist neben der Variation von Oberflächenmerkmalen (Reduzierung von mehrdeutigen Wörtern und Phrasen) Verbesserungen der Struktur und Gliederung auf (Hsu & Yang 2007: 647-648). In der verbesserten Textversi-

on wird die Thema-Rhema-Reihenfolge¹² strikt eingehalten und Fachbegriffe sowie Konzepte werden durch textliche Erklärungen systematisch eingeführt. Aus einer tabellarischen Auflistung ohne Erklärung im Originaltext wird in der verbesserten Textversion eine Erklärung im Fließtext, in der Beziehungen und Zusammenhänge kohärent dargelegt werden. Es ist allerdings fragwürdig, ob durch diese zusätzliche textliche Erklärung der Inhalt beider Versionen – wie gefordert (Hsu & Yang 2007: 650) – als äquivalent zu bewerten ist. Ein isolierter Einfluss des sprachlichen Anforderungsniveaus auf das Textverständnis kann deshalb aus dieser Studie nicht abgeleitet werden, da in der verbesserten Textversion linguistische Merkmale, bildliche Darstellung sowie Text-Bild-Beziehung gleichzeitig variiert werden (Hsu & Yang 2007: 646) und wahrscheinlich der Inhalt durch die angesprochene Erklärung ergänzt wird.

Tolochko et al. (2019) untersuchen in einem Online-Experiment ($N = 833$), wie die Variation der semantischen sowie syntaktischen Komplexität von Sachtexten auf Textverständnis und empfundene Textverständlichkeit wirken. Die empfundene Textverständlichkeit und das Textverständnis werden mittels geschlossener Items aufgenommen. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die semantische Struktur insgesamt einen größeren Einfluss als die syntaktische Struktur auf das Textverständnis aufweist:

Overall, only semantic complexity had an effect on one's perceived complexity, which in turn negatively affected factual and structural knowledge. Syntactic complexity directly lowered one's factual knowledge, while there was neither a direct effect nor an indirect effect of syntactic complexity on structural knowledge. (Tolochko et al. 2019: 14-15)

In dieser Studie bezüglich der Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf das politische Wissen von Erwachsenen ist mit *factual knowledge* das Wiedergeben von Faktenwissen gemeint, vergleichbar der Reproduktion von Fachwissen. Wohingegen *structural knowledge* die kognitiv anfordernde Verarbeitung sowie Verknüpfung von Textinformationen bis hin zum Transfer auf unbekannte Anwendungsbereiche beschreibt (Tolochko et al. 2019: 4). Diese Studie belegt die Wirkung der Struktur und der Kohärenz auf einfache Reproduktions- sowie komplexe Transferleistungen. Wohingegen die syntaktische Komplexität – generiert durch einen umfangreichen

¹² *Thema-Rhema-Reihenfolge* meint in der Linguistik die Reihung von Äußerungen in schon Bekanntes (*Thema*) und neue Informationen (*Rhema*). Bei Einhaltung der Thema-Rhema-Reihenfolge werden in einem Satz zuerst schon aufgetretene, bekannte bzw. schon erwähnte Inhalte (*Thema*) genannt und dann durch neue Inhalte (*Rhema*) ergänzt.

Wortschatz, verschiedene und komplexe Satzstrukturen, verbale und nominale Phrasen sowie komplexen Attributen – nur eine oberflächliche Wirkung auf die Reproduktionsleistung hat (Tolochko et al. 2019: 8).

Im deutschsprachigen Raum liegen Untersuchungen zur Wirkung von Vereinfachung der sprachstrukturell-semanticen Ebene auf das Textverständnis vor. Diese Vereinfachung wird zumeist durch Variation der Textkohäsion sowie weiterer lokaler und globaler Kohärenzbildungshilfen operationalisiert. Rabe & Mikelskis (2007: 45) zeigen in einem Experiment ($N = 80$), dass gesteigerte Kohärenzbildungshilfen einer Text-Bild-Kombination – hier operationalisiert durch Wiederaufnahme von Subjekten – durch Verweise und Bildbeschriftungen zu keiner Steigerung des Textverständnisses bei den Lernenden führen.

Kohnen, Härtig et al. (2017: 339) zeigen in einer drei Textvarianten vergleichenden experimentellen Studie ($N = 200$), dass die Variation von Kohärenzbildungshilfen keinen Einfluss auf das Textverständnis hat. Die Studie vergleicht Texte in *leichter Sprache*, in *einfacher Sprache* mit gesteigerten Kohärenzbildungshilfen und in *einfacher Sprache* mit verringerten Kohärenzbildungshilfen. Inhaltliche Komplexität, thematischer Aufbau sowie die Verwendung von Termini werden dabei konstant gehalten (Kohnen, Härtig et al. 2017: 339).

Die Idee hinter der Studie von Härtig et al. (2019) ist, dass Texte in *leichter* und *einfacher Sprache* Lernenden ermöglichen, mangelnde Sprachkompetenz auszugleichen. Die Texte in *leichter Sprache* werden nach den Grundsätzen zur Vereinfachung nach Maaß (2015) verfasst. *Einfache Sprache* stellt in der Studie einen Zwischenschritt zwischen *leichter Sprache* und dem Standardschulbuchtext dar. In einer weiteren nur die Konzepte *einfache* und *leichte Sprache* vergleichenden Studie ist ebenso keine Wirkung auf das Textverständnis durch die beiden Sprachvarianten festzustellen (Kohnen, Bernholt et al. 2017: 438). Diese Studienreihe abschließend belegen Härtig et al. (2019: 279), dass sich keine Unterschiede zwischen Texten mit vereinfachter Sprache und Schulbuchtexte nachweisen lassen. Weiter zeigen sich außerdem keine Interaktionseffekte zwischen der sprachlichen Gestaltung bzw. dem Vorwissen und dem Textverständnis (Härtig et al. 2019: 278).

Während diese Studien keinen Effekt der Kohärenzbildungshilfen oder der Konzepte *einfache* bzw. *leichte Sprache* nachweisen, zeigt Schmitz (2015: 179), dass die globale Textkohäsion als eine textseitig realisierte mentale Kohärenzbildungshilfe das Textverständnis Lernender positiv (mit einem starken Haupteffekt von $d = .64$) be-

einflusst. Von der gesteigerten globalen Textkohäsion profitieren in dieser Studie alle Lernenden (viel/wenig Vorwissen, hohe/geringe Fähigkeit zum sinnentnehmenden Lesen) in Hinblick auf das Textverständnis annähernd im gleichen Ausmaß (Schmitz 2015: 180). Schmitz verweist zudem darauf, dass „das thematische Vorwissen und die Fähigkeiten zum sinnentnehmenden Lesen auf der Satz- und Textebene Prädiktoren für das Textverständnis darstellen – unabhängig von der globalen Kohäsion.“ (Schmitz 2015: 192).

Bei differenzieller Betrachtung der Wirkung von Kohärenzbildungshilfen verdeutlicht sich ein kontroverser Forschungsstand für verschiedene Personengruppen. In mehreren Studien zeigt sich der *Expertise Reversal Effekt*. Dieser besagt, dass Lesende mit hohem Vorwissen von inkohäsiven Texten und Lesende mit geringem Vorwissen von kohäsiven Texten profitieren (Kamalski et al. 2008: 337; Linderholm et al. 2000: 537-538). Ergänzend weisen McNamara & Kintsch (1996: 267) in einer Experimentalstudie zwar einen Haupteffekt der Textkohäsion auf das Textverständnis nach, allerdings zeigt sich auch hier, dass Lesende mit viel Vorwissen von einem wenig kohäsiven Text profitieren. In einem weiteren Experiment erzeugt die gesteigerte lokale und globale Textkohäsion ebenso einen Haupteffekt auf die freie Textwiedergabe, was als höheres Textverständnis interpretiert wird (McNamara et al. 1996: 12). Wiederum profitieren Lernende mit mehr thematischem Vorwissen stärker von der inkohäsiven Textversion (McNamara et al. 1996: 31). Linderholm et al. (2000: 537-538) belegen ebenso, dass sowohl Lesende mit hoher als auch Lesende mit geringer Lesefähigkeit Texte mit höherer Kohäsion (reduzierter Anzahl von Kohäsionslücken, expliziter Zielformulierung) besser verstehen. Während Kröger-Bidlo & Rupp (2013: 95) zeigen, dass nur schwache Lesende von lokal und global kohäsiven Texten profitieren.

Werden Vorwissen und die sprachlichen Fähigkeiten bzw. die Lesefähigkeit gleichzeitig berücksichtigt, wird in einigen Studien ein Interaktionseffekt zwischen Vorwissen und der Textkohäsion sichtbar, der den *Expertise Reversal Effekt* widerlegt:

- Lesende mit viel Vorwissen und hoher Lesefähigkeit profitieren von einem kohäsiven Text (entgegengesetzt zum *Expertise Reversal Effekt*) (O'Reilly & McNamara 2007b: 134; Ozuru et al. 2009: 235).
- Lesende mit wenig Vorwissen und hoher Lesefähigkeit profitieren in einer Studie von einem kohäsiven Text (einhergehend mit dem *Expertise Reversal Effekt*) (O'Reilly & McNamara 2007b: 134). Während Lesende mit den gleichen Eigenschaften (wenig Vorwissen und hoher Lesefähigkeit) in einer anderen Stu-

die nicht von einem kohäsiven Text profitieren (entgegengesetzt zum *Expertise Reversal Effekt*) (Ozuru et al. 2009: 235).

- Lesende mit viel Vorwissen und geringer Lesefähigkeit profitieren nicht von einem kohäsiven Text (einhergehend mit dem *Expertise Reversal Effekt*) (O'Reilly & McNamara 2007b: 136; Ozuru et al. 2009: 235).
- Lesende mit wenig Vorwissen und geringer Lesefähigkeit profitieren nicht von einem kohäsiven Text (entgegengesetzt zum *Expertise Reversal Effekt*) (O'Reilly & McNamara 2007b: 135; Ozuru et al. 2009: 235).

Ursächlich für diesen *Expertise Reversal Effekt* könnte sein, dass das Lesen kohäsiver Texte eine kognitive Unterforderung und schlussendlich nur eine oberflächliche Textrezeption bei Lernenden mit ausgeprägtem Vorwissen auslöst. Kurz gesagt: Die Wirkung von Kohäsionsmitteln auf das Textverständnis könnte über die Aufmerksamkeit und das Interesse mediiert werden.

Zum Ersten kann der Umstand, dass ein Text schwer verständlich ist, gerade zu seiner Wirksamkeit beitragen. Einesteils, weil ihn die Dunkelheit selbst mit einer reizvollen Aura umgibt, andernteils, weil wir gezwungen sind, über das Behandelte ernsthafter und länger nachzudenken, als wenn es uns sofort zugänglich wäre. Dass wir etwas leichter verstehen, heißt nicht, dass wir es richtiger oder gar tiefer verstehen. (Klein 1984: 9)

Insgesamt lässt sich keine eindeutige Wirkung der Textkohäsion auf das Textverständnis belegen. Eine gesteigerte Textkohäsion geht in den meisten Studien mit höherem Textverständnis – zumindest für Teilgruppen – einher. Gleichzeitig wird der *Expertise Reversal Effekt* mehrmals nachgewiesen (Kamalski et al. 2008: 337; Linderholm et al. 2000: 537-538; McNamara & Kintsch 1996: 267; McNamara et al. 1996: 31) und teilweise auch widerlegt (O'Reilly & McNamara 2007b: 134; Ozuru et al. 2009: 235). Bei Berücksichtigung der Lesefähigkeit bleibt unklar, unter welchen Voraussetzungen die Textkohäsion allgemein oder differenziell auf das Textverständnis wirkt (O'Reilly & McNamara 2007b: 135; Ozuru et al. 2009: 235; Schmitz 2015: 179).

Wirkung der syntaktisch-lexikalischen Ebene auf das fachliche Textverständnis

Was die syntaktische Ebene eines Textes anbelangt, liegen wenig Belege für deren Einfluss auf das Textverständnis vor. Deppner (1989: 136-139) vereinfacht bspw. chemiebezogene Sachtexte, indem sie einen höher frequentierten Wortschatz ein-

setzt, Redundanzen und Schachtelsätze vermeidet und allgemein die Komplexität der Satzstruktur verringert. Die Vereinfachung des chemiebezogenen Sachtextes mittels oberflächlicher syntaktischer Merkmale führt durchschnittlich zu einer höheren Lösungshäufigkeit von Verständnisaufgaben (Deppner 1989: 194). Allerdings besteht nur für eines der sechs eingesetzten Verständnisitems ein signifikanter Unterschied in der Lösungshäufigkeiten in Abhängigkeit zur sprachlichen Gestaltung (Deppner 1989: 194). Somit kann die Wirkung der vordergründig syntaktischen Vereinfachung nicht als empirisch belegt angesehen werden, sondern ist maximal als Hinweis zu verstehen.

Arya et al. (2011: 117-118) weisen ebenso keinen Effekt der syntaktischen Komplexität auf das Textverständnis nach. Allerdings weisen sie auf der lexikalischen Ebene eine Reduzierung des Textverständnisses durch seltene, unbekannte Wörter – gemessen an der Frequenz – nach. Bezüglich der Satzlänge zeigt eine Studie von Mikk (2008: 124), dass sehr lange Sätze zur Bindung von mehr kognitiven Ressourcen führt. Allerdings wird ebenso gezeigt, dass zu kurze Sätze zu einer kognitiven Unterforderung und damit zu weniger Verständnis führen (Mikk 2008: 125).

Fachbegriffe gelten beim Beantworten von textlichen Leistungsitems als schwierigkeitsgenerierend (z. B. Cassels 1980: 226; Prenzel et al. 2002: 132; Schiemann 2011: 129; Snow 2010: 449; Stiller et al. 2016: 7). Der Übertrag dieser Ergebnisse auf Sachtexte ist naheliegend, denn der fachbezogene Kompetenzerwerb ist – zumindest auf der Wortebene und insbesondere bezogen auf den Fachwortschatz – nicht vom Spracherwerb trennbar (Härtig, Bernholt et al. 2015: 60). In der Schülervorstellungs- bzw. Konzeptwechselforschung wird vielfach nachgewiesen, dass der Erwerb des Fachwortschatzes, insbesondere von Nomen, deren alltägliche Bedeutung von der fachlichen divergiert, mit Schwierigkeiten behaftet ist (Schecker & Duit 2018: 13). Als Begründung wird angeführt, dass solche Nomen im alltäglichen Gebrauch nicht präzise definiert sind und dies zu Ungenauigkeiten in der Kommunikation führt. Zudem zeigt sich, dass bei Lernenden – zumindest zeitweise – Alltagssprachliche und fachsprachliche Bedeutungen für Fachbegriffe parallel vorhanden sind. Diese Mehrdeutigkeit von Fachbegriffen erklärt teilweise diese Verständnisprobleme. Eine hohe Anzahl von Fachbegriffen in einem Sachtext erzeugt also potentiell Schwierigkeiten.

Weitere Einflussfaktoren auf das fachliche Textverständnis

In Kapitel 3.2.2 zum Einfluss der Textkohäsion wird deutlich, dass Vorwissen und allgemeine Lesefähigkeit das Textverständnis beeinflussen. Weitere Studien belegen einen Zusammenhang von Vorwissen und allgemeiner Lesefähigkeit auf das Textverständnis (Cromley et al. 2010: 687; Schaffner & Schiefele 2008: 50). Im *Direct and Inferential Mediation Model* (DIME-Modell) stellen Cromley & Azevedo (2007: 313) direkte sowie medierende Effekte verschiedener Personenfähigkeiten auf das Textverständnis narrativer Texte in englisch dar. Das DIME-Modell wurde aus bestehender Literatur abgeleitet und an $N = 175$ Neuntklässlern (mittleres Alter 14.2 Jahre) getestet und validiert. Das Modell klärt dabei über 66 % der Varianz des Textverständnisses auf. Cromley et al. (2010: 696) bestätigen in einer größer angelegten Studie ($N = 737$), dass das DIME-Modell auf naturwissenschaftsbezogene Texte in englisch übertragbar ist. Im Vergleich der Ergebnissen wird deutlich, dass das Vorwissen bei naturwissenschaftsbezogenem Textverständnis mehr und Worterkennung, Schlussfolgern sowie Wortschatz weniger Einfluss aufweist als bei narrativen Texten (Cromley et al. 2010: 695). Allerdings weisen Härtig et al. (2022: 7) daraufhin, dass direkte Vergleiche der Ergebnisse und Korrelationen zwischen diesen Studien aufgrund des Einsatzes modifizierter Instrumente nicht möglich sei. Darauf aufbauend erweitern Ahmed et al. (2016) die Gültigkeit des DIME-Modells durch die Ergebnisse einer Studie mit $N = 1196$ Schüler:innen, indem sie das DIME-Modell für eine heterogene Gruppen von Schüler:innen der Klassen 7 bis 12 belegen.

Härtig et al. (2022: 13) zeigen in einer experimentellen Studie ($N = 704$), dass das DIME-Modell allgemein auf die deutsche Sprache und Schüler:innen der Mittelstufe zu übertragen ist. Weiter zeigen sie, dass das DIME-Modell auf fachliches Textverstehen im Deutschen anzuwenden ist, indem sie das DIME-Modell zur Aufklärung des Textverständnisses eines physikbezogenen Sachtexts in deutsch mithilfe der Daten von $N = 261$ Schüler:innen anwenden (Härtig et al. 2022: 17). Das zugehörige Modell ist in Abbildung 3.2 zu finden. Es zeigt sich erneut, dass Vorwissen der größte Prädiktor ist. Zudem sind Wortschatz und Schlussfolgern die zweit und dritt stärksten Prädiktoren. Wortschatz und Schlussfolgern bzw. Inferenzbildung gilt in psychologischen Ansätzen als Grundlage für Textverständnis (Kapitel 3.4).

Insgesamt zeigt sich, dass das DIME-Modell sowohl für naturwissenschaftsbezogene als auch für narrative Texte Prädiktoren mit hoher Güte angibt. Es wird deutlich, dass Vorwissen für fachliches Textverstehen in Physik und auf Deutsch der größte

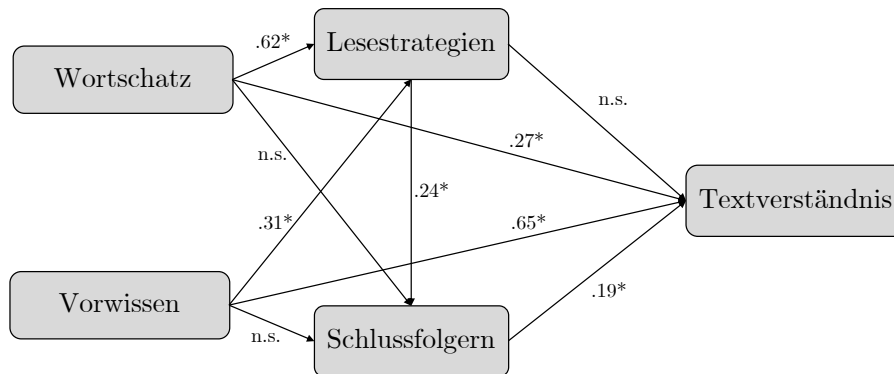


Abbildung 3.2.: DIME-Modell für physikbezogene Sachtexte in Deutsch. Übersetzt nach Härtig et al. (2022: 13). * $p < 0.05$.

Prädiktor ist. Zudem ist allgemeine Lesefähigkeit (u. a. gemessen durch Wortschatz und Schlussfolgern) als weiterer Prädiktor des fachlichen Textverständnis anzusehen.

Zusammenfassend weisen Studien einzig für die Kohäsion eines naturwissenschaftlichen Textes einen Einfluss auf das Textverständnis nach. Selbst Studien, die für bestimmte Gruppen von Lesenden negative Wirkungen der Textkohäsion auf das Textverständnis nachweisen, finden häufig einen Haupteffekt der Textkohäsion. Allerdings wird deutlich, dass diese Wirkung nicht für alle Lernende nachzuweisen ist, da in einigen Studien Lernende mit viel Vorwissen von inkohäsiven Texten profitieren.

Grundsätzlich bleibt also zu klären, ob die von Lernenden empfundene Komplexität von Sachtexten das Textverständnis beeinflusst. Möglicherweise glauben Lernende, einen kohäsiven Text besser zu verstehen und lesen weniger genau, wenn sie mehr Vorwissen zum Thema aufweisen oder die Komplexität als geringer bewerten. In diesem Fall wirkt das wahrgenommene niedrige sprachliche Anforderungsniveau eines Textes negativ auf das Textverständnis. Weiter hat sich gezeigt, dass bei Kontrolle der allgemeinen Lesefähigkeit die Belege für den Einfluss der Textkohäsion inkonsistent sind. Für Lesende mit geringer Lesefähigkeit scheint die Textkohäsion ihre positive Wirkung unabhängig vom Vorwissen zu verlieren.

Die Ergebnisse der Studien zur Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf die Schwierigkeit von fachlichen Leistungsitems weisen darauf hin, dass Fachvokabular immer, Verneinungen, Passiv-Konstruktionen sowie komplexe und lange Satzstrukturen meistens schwierigkeitsgenerierend wirken. Da für das Beantworten der Items ein Verständnis des Itemtexts vorauszusetzen ist und die Items sprachlich in

Kontexte eingeflochten sind, ist zu vermuten, dass diese linguistischen Merkmale auch beim Rezipieren von Sachtexten schwierigkeitsgenerierend wirken.

Neben der Kohäsion sind alle weiteren in Tabelle 3.1 aufgeführten linguistischen Merkmale empirisch auf ihre schwierigkeits erzeugende Wirkung auf das Textverständnis zu überprüfen. Aus diesem Grund wird in Kapitel 3.3 das in dieser Studie angewandte Modell der sprachlichen Anforderung beschrieben. Zur Begründung und Einordnung der im Modell berücksichtigten Oberflächenmerkmale erfolgt als nächstes eine Beschreibung verschiedener Konzepte zu schulspezifischen sprachlichen Anforderungen.

3.3. Schulspezifische sprachliche Anforderungen

In diesem Kapitel werden vier Konzepte zu schulspezifischen sprachlichen Anforderungen mit dem Ziel beschrieben, die jeweiligen Konzepte sowie zugehörige, häufig nicht präzise ausformulierte linguistische Merkmale zu vergleichen. Darauf aufbauend wird das in dieser Studie angewandte Modell der sprachlichen Anforderung der Arbeitsgruppe Fach und Sprache (AG FuS) nach Heine et al. (2018) eingeordnet und dargelegt.

Ob Lernende stark oder weniger stark ausgeprägte schulspezifische sprachliche Fähigkeiten aufweisen, hängt von verschiedenen Faktoren ab: Lernende aus Familien mit Migrationshintergrund, niedrigem sozioökonomischen Status oder geringer Bildungsnähe haben eine niedrigere Wahrscheinlichkeit, Erfahrungen im Umgang mit schulspezifischen sprachlichen Fähigkeiten im Alltag zu machen als andere Lernende (Gogolin & Duarte 2016: 479). Daraus resultiert, dass Lernende – je nach sprachlicher Vorbildung – unterschiedlich hohe sprachliche Hürden überwinden müssen, um die schulspezifischen sprachlichen Anforderungen zu erfüllen. Der Fokus der Beschreibung der Konzepte liegt an dieser Stelle auf der *Bildungssprache* (Kapitel 3.3.4), da sich das Sprachmodell diesem im deutschsprachigen Raum etablierten Konzept zuordnet. Zudem wird das Konzept *language of schooling* (Kapitel 3.3.3) aufgrund der Fokussierung auf den Schulkontext ausführlich beschrieben.

3.3.1. Elaborierter und restringierter Code nach Bernstein

Der Soziologe Bernstein (1974: 139) untersucht in experimentellen Studien, die als Pionierarbeiten gelten, den Sprachgebrauch von Jugendlichen verschiedener sozio-ökonomischer Gruppen und von Lehrkräften. Er unterscheidet Sprache hauptsächlich nach sozial-strukturellen Aspekten in verschiedene Codes.

Basierend auf seinen Studien teilt er Sprache bezüglich des sprachlichen Anforderungsniveaus zunächst in *formal* und *public* und später in *elaborierten*, *restringierten* und *pädagogischen Codes* ein. Zudem betrachtet er den Zusammenhang von Sprachgebrauch und Bildungserfolg¹³. Bernstein betont in seinen Untersuchungen, dass bürgerliche, bildungsorientierte Familien einen höheren Anteil an schulisch relevantem Sprachgebrauch (*elaborierten* und *pädagogischen code*) im Alltag aufweisen und deren Kinder deshalb bessere Chancen auf Bildungserfolg haben. Das Nicht-Beherrschen der schulischen sprachlichen Anforderungen von Arbeiterkindern wird dagegen mit nachteiligen Folgen kognitiver und affektiver Art assoziiert. Dadurch manifestiere und reproduziere sich Chancenungleichheit im Bildungssystem (Bernstein 1974: 139).

Auch wenn Bernsteins Aussagen häufig als defizitorientiert kritisiert werden, finden neben sprachlichen auch sozial-strukturelle Aspekte in der heutigen Forschung zur Sprachaneignung und zum schulspezifischen Sprachgebrauch Berücksichtigung. Insbesondere im aktuellen Diskurs zur Bildungssprache wird die Bildungsbenachteiligung von Lernenden aus Elternhäusern mit niedrigem sozioökonomischen Status oder mit Migrationshintergrund diskutiert (Kleinschmidt-Schinke 2018: 21).

3.3.2. BICS und CALP nach Cummins

Cummins (1979a: 198) unterscheidet – aus der Zweitspracherwerbsforschung kommend – Sprache in *basic interpersonal communicative skills* (BICS) und *cognitive/academic language proficiency* (CALP). Mithilfe der Trennung in BICS und CALP teilt er die sprachliche Anforderung bezüglich unterschiedlicher pragmatischer Handlungskontexte auf (Cummins 1979a: 201). BICS bezeichnen kontextgebundene, persönliche, dialoghafte, umgangssprachliche Kompetenzen und CALP dekontextua-

¹³Für eine Zusammenfassung der Arbeiten Bernsteins sei auf die Dissertation *Die an die Schüler/-innen gerichtete Sprache (SgS): Studien zur Veränderung der Lehrer/-innensprache von der Grundschule bis zur Oberstufe* von Kleinschmidt-Schinke (2018) verwiesen.

lisierte, unpersönliche, distanzierte, elaborierte Sprachkompetenzen. BICS meinen Fähigkeiten zur Teilnahme an der alltäglichen Kommunikation, während CALP eher für schriftsprachliche Fähigkeiten zur Interaktion fernab des Alltags sowie zur kognitiven Erschließung von komplexen Sachverhalten stehen (Cummins 1979a: 198). Cummins (1979a: 198) betont, dass CALP in starkem Zusammenhang zu den allgemeinen kognitiven und akademischen Fähigkeiten stehen. Wobei mit *academic* vor allem schul- und bildungsbezogene sprachliche Fähigkeiten gemeint sind (Cummins 2008: 72). Cummins expliziert, dass es sich um konzeptionell schriftsprachliche Fähigkeiten handelt, die sowohl zur Rezeption als auch zur Produktion mündlicher sowie schriftlicher Beiträge benötigt werden, die für den individuellen Bildungserfolg relevant sind (Cummins 2008: 71). Die Trennung der Sprache in BICS und CALP verläuft somit hauptsächlich entlang der Pole kognitiv anspruchsvoll/ wenig anspruchsvoll und wird durch die Dimension der Unterrichtssituation bzw. der kontextuellen Einbettung zu dem Vierfelderschema in Abbildung 3.3 ergänzt.

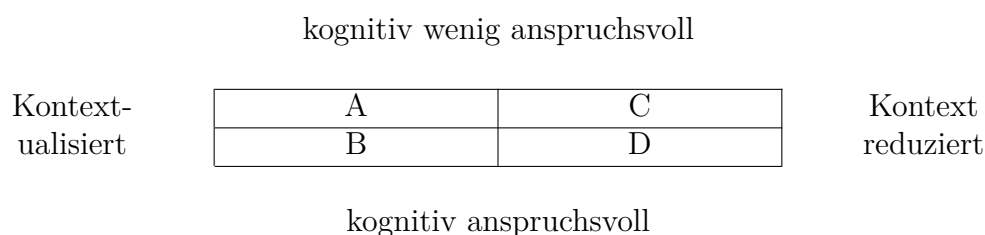


Abbildung 3.3.: Vierfelderschema nach Cummins (2000: 68)

Es entsteht ein Kontinuum zwischen den Polen kognitiv anspruchsvoll/ wenig anspruchsvoll und ein weiteres Kontinuum zwischen den Polen kontextualisiert/ kontextreduziert. Wobei D für die stärkste CALP-Ausprägung steht und A typische BICS-Fähigkeiten repräsentiert. Die Kontextualisierung bezieht sich dabei nur auf sprachliche Mittel sowie Kontexte zur Verdeutlichung der Bedeutung und nicht auf andere situative, parasprachliche oder nichtsprachliche-kommunikative Kontexte (Cummins 2000: 68-69). Zur besseren Verständlichkeit dienen folgende vier Beispiele für die jeweiligen Quadranten:

- A: Alltägliche Unterhaltung zwischen zwei Lernenden
- B: Diskussion zwischen Lernende über einen Lerngegenstand während eines Experiments/einer Partnerarbeit
- C: Abschreiben der Ergebnisse einer Stunde von der Tafel
- D: Verfassen eines Laborberichts/Versuchsprotokolls

Obwohl die Beispiele für die Quadranten A und B mündliche Sprache und die Beispiele für die Quadranten C und D schriftliche Sprache beinhalten, sind die jeweiligen Quadranten nicht an geschriebene oder gesprochene Sprache gebunden. So wäre ein mündliches Gespräch zwischen zwei Forschenden auf einer Tagung über einen fachspezifischen Forschungsgegenstand ebenso ein Beispiel für Quadrant D. Durch die Ergänzung des zweiten Kontinuums der Kontextualität wird deutlich, dass die einzelnen Quadranten und somit auch die BICS und CALP durch keine klaren Grenzen abtrennbar sind.

Die zunächst im Spracherwerb angeeigneten BICS stellen die Grundlage dafür dar, weitere sprachliche Fähigkeiten zu erwerben. So sollen die BICS in der Schule genutzt werden, um darauf aufbauend CALP zu entwickeln, dessen Denk- und Sprechweisen es ermöglichen, Gegenstände und Sachverhalte losgelöst vom Alltag und von der eigenen Erfahrung zu beschreiben (Kontext reduziert bzw. Dekontextualisierung) (Lengyl 2010: 596). Die sprachlichen Anforderungen an Lernende während der Schulbildung steigern sich von den BICS ausgehend bis hin zu den CALP in der stärksten Ausprägung am Ende der Schullaufbahn. Studien zeigen, dass die Erwerbsdauer der BICS in einer Zweitsprache für Kinder und Jugendliche ca. sechs Monate bis zwei Jahre und für CALP fünf bis acht Jahre beträgt (z. B. Gogolin & Lange 2011: 110). Dies erklärt, warum sich Jugendliche mit Migrationshintergrund bzw. Jugendliche aus bildungsfernen Haushalten in Alltagssituationen fließend verständigen können, aber ihre sprachlichen Fähigkeiten den Anforderungen des Unterrichts oftmals nicht genügen. Welche linguistischen Merkmale unter BICS oder CALP fallen, lässt Cummins (2008: 78-79) offen.

Zusammenfassend spannt das spracherwerbsfokussierte Konstrukt von BICS und CALP ein Kontinuum zwischen umgangssprachlichen alltäglichen und kognitiv konzeptionell schriftlichen sprachlichen Anforderungen auf. Eine explizite Beschreibung der sprachlichen Merkmale fehlt. Allerdings wird deutlich, dass die CALP für Bildungserfolg relevant und durch konzeptuelle Schriftlichkeit, Dekontextualisierung sowie hohe kognitive Anforderungen geprägt sind.

3.3.3. Language of Schooling nach Schleppegrell

Das angelsächsische Konzept *language of schooling*¹⁴ nach Schleppegrell (2004) beruht auf der Annahme, dass die in der Schule geforderte und angewandte (englische) Sprache von der alltäglichen Sprache, die Lernende für die soziale Kommunikation außerhalb der Schule nutzen, differiert:

The language of schooling, whether spoken or written, is typically organized in patterns that are different from the organization and structure of informal spoken language. Students are sometimes told, “if you can talk, you can write,” and are urged to draw on their oral language competence for school tasks. Although this may be an appropriate initial strategy, in the long run, students need to develop new ways of structuring language for academic tasks. The grammatical choices that are functional for engaging in informal interaction are not effective in accomplishing many school-based tasks. (Schleppegrell 2004: 44)

Somit teilt Schleppegrell Sprache, vergleichbar zum Konzept der BICS und CALP nach Cummins (2000), in zwei sprachliche Register. In einer Studie bestätigt Schleppegrell (2001) die Annahme der sich unterscheidenden sprachlichen Anforderungen, indem sie zeigt, dass *language of schooling* Zweit- und Fremdsprachen Lernende sowie Lernende mit wenig Kontakt zur schulspezifischen Sprache bzw. allgemein zu Bildung vor Herausforderungen in der Kommunikation stellt. Das Konzept *language of schooling* betrachtet, wie im Schulkontext mithilfe der *language of schooling* Wissen konstruiert wird (Schleppegrell 2004: 1).

Exkurs: Register In diesem Exkurs werden die in Wechselbeziehung zueinander stehenden Begriffe *Register* und *Kontext* nach Halliday & Hassan (1989) am Beispiel der *language of schooling* beschrieben. Die Begriffe ermöglichen es zu beantworten, wie und warum alltägliche Sprache und *language of schooling* aufgrund ihrer Verwendung in verschiedenen Personengruppen und Kontexten differieren. Schleppegrell (2004: 18) ordnet *language of schooling* dem *Register* zu und definiert dieses wie folgt:

A register is the constellation of lexical and grammatical features that realizes a particular situational context [...], so registers vary because what we do through

¹⁴Schleppegrell verwendet die Begriffe *language of schooling*, *register of schooling* und *genres of schooling* in verschiedenen Arbeiten synonym zu den deutschsprachigen Begriffen Unterrichtssprache bzw. Schulsprache (Schleppegrell 2001; Schleppegrell 2004; Schleppegrell 2010). Der in den Arbeiten vorkommende Begriff *academic language* ist am ehesten mit Bildungssprache zu übersetzen. Zur besseren Verständlichkeit und zur Abgrenzung zu den Begriffen Unterrichtssprache und Bildungssprache wird in dieser Arbeit für das Konzept nach Schleppegrell nur der Begriff *language of schooling* verwandt.

language varies from context to context. A register emerges from the social context of a text's production and at the same time realizes that social context through the text (a text can be spoken or written). (Schleppegrell 2004: 18)

Demnach steht auf der einen Seite das durch lexikalische und grammatikalische Merkmale definierte *Register language of schooling* und auf der anderen Seite der *Kontext*, der ein spezifisches *Register* fordert, aber wiederum selbst durch das *Register* konstituiert wird. Ein *Register* umfasst die Sprachgebrauchsformen eines bestimmten sozial-funktionalen Kommunikationsfelds – in diesem Fall Bildung und Schule (Feilke 2012a: 6). Eine eindeutige Trennung verschiedener *Register* ist nicht möglich, da diese sich häufig überschneiden.

Bei der Beschreibung der sprachlichen Anforderung mithilfe des Registers *language of schooling* geht Schleppegrell (2004) über rein lexikalische und syntaktische Merkmale hinaus und nennt auch strukturelle Eigenschaften wie z. B. die Gliederung oder die Struktur eines Textes. Schleppegrell (2004: 50-76) beschreibt den Zusammenhang der kontextuellen Merkmale eines Textes mithilfe der Kontexte *field* – dem Inhalt, der Protagonisten –, *tenor* – der Wertung, dem Schreibstil, aber auch der Modalität – und *mode* – der Struktur. Die grammatikalisch-lexikalischen Unterschiede des alltäglichen Sprachgebrauchs und des Registers *language of schooling* werden entlang dieser Merkmale in Tabelle 3.2 zusammengefasst dargelegt und anschließend anhand von Beispielen erläutert.

Field: Der Tabelle 3.2 ist zu entnehmen, dass alltägliche Sprache durch individuelle Handlungen und Interaktionen sowie persönliche Sichtweisen geprägt ist, während *language of schooling* distanziert und abstrakt Realität und Konzepte ohne persönliche Wertung beschreibt (Schleppegrell 2004: 53). Insbesondere naturwissenschaftliche Texte der *language of schooling* nutzen fachspezifische Begriffe und wenig frequente Konjunktionen, um allgemeine Aussagen präzise und losgelöst von Beispielen zu formulieren. Interaktionale, alltägliche Sprache verwendet im Vergleich zur *language of schooling* eine höhere Anzahl, aber geringere Varietät an Konjunktionen (Schleppegrell 2004: 55-56). Lazaraton (1992) zeigt z. B., dass in geschriebener englischer Sprache fünfmal häufiger die Konjunktion *and* vorhanden ist als in gesprochener Sprache. *And* liefere allerdings keine Information über logische oder semantische Beziehungen. *Language of schooling* nutze dagegen niederfrequente Konjunktionen, die logische und semantische Beziehungen verdeutlichten. Die Anzahl an Konjunktionen ist in Schulbüchern meist geringer, da logische Beziehungen durch den breiteren Wortschatz an Nomen, Verben und Nominalisierungen verdeutlicht werden (Schleppegrell 2004: 58).

Tabelle 3.2.: Linguistische Merkmale der *language of schooling* sortiert nach kontextuellen Merkmalen nach Schlepppegrell (2004).

Kontextuelle Merkmale	Linguistische Erkennungsmerkmale	
	Language of schooling	Alltägliche Sprache
Field (Inhalt)	- Eindeutige und zweifelsfreie Präsentation von Wissen - Abstrakt, technisch und distanziert - Materielle und relationale Prozesse - Konjunktionen: geringe Dichte, hohe Varietät, Vermittlung von semantischen und logischen Beziehungen	- Präsentation von Handlungen und Interaktionen - Individuell, subjektiv und kontextualisiert - Materielle, behaviouristische, mentale, verbale, interaktionale Prozesse - Konjunktionen: hohe Dichte, geringe Varietät, ohne Informationen zu semantischen und logischen Beziehungen
Tenor (Wertung und Schreibstil)	- Meinung, Wertung und Evaluation - Implizit durch Modalität und Orthografie (Hervorhebungen)	- Meinung, Wertung und Evaluation - Meist explizit im Indikativ
Mode (Struktur)	- Inhaltlich dicht gepackte Sätze - Hierarchisch, verschachtelte Satzstruktur - Struktur mit eindeutigem roten Faden und kohäsionsteigernden Mitteln - Eindeutige Vermittlung logischer und semantischer Beziehungen implizit über Verben und Nomen - Komplexe Struktur: Rhema weitergeführt über mehrere Sätze	- Reihung der Inhalte in Hauptsätzen - Einfacher Satzbau verbunden durch Konjunktionen - Interaktive Struktur geprägt durch Co-Konstruktion, Nachfragen und Meinungsaustausch - Verdeutlichung von logischen und semantischen Beziehungen explizit über einfache Konjunktionen (und, aber, weil etc.) und Nachfragen - Klare Thema-Rhema Ordnung

Tenor: *Language of schooling* unterscheidet sich in der Präsentation durch nicht interaktive, distanzierte Beziehungen zwischen Lesenden und Verfassenden. Meinungen, Evaluationen und Wertungen der Verfassenden über Inhalte und Aussagen eines Textes bleiben verdeckt, da *language of schooling* durch einen höheren Grad an Distanz und eine autoritäre Schreibweise ohne subjektive Wertung gekennzeichnet ist (Schlepppegrell 2004: 58). Allerdings können Verfassende Aussagen implizit durch grammatikalisch-lexikalische und orthografische Realisierungen bewerten, mit Meinung belegen sowie die Lesenden auf bestimmte Inhalte hinweisen (Schlepppegrell 2004: 62). Mithilfe des Modus eines Verbs (Indikativ, Imperativ und Konjunktiv) und mithilfe von Modalverben können Aussagen eines Textes Eintretenswahrscheinlichkeiten, Bedürfnisse und Notwendigkeiten zugeordnet werden (Schlepppegrell 2004: 59). Ähnlichen Nutzen haben die Verwendung von Passiv und Konjunktiv in der *language of schooling* (Schlepppegrell 2004: 59). Zusätzlich bieten orthografische Mittel

geschriebener Sprache die Möglichkeit, Meinungen, Wertungen und Hervorhebungen indirekt über Fettdruck, Kursivdruck und Anführungszeichen zu verdeutlichen (Schleppegrell 2004: 62).

Mode: Ziel der erfolgreichen Umsetzung von *mode* ist, Informationen sinnvoll zu reihen, hervorzuheben, nötige Neben- und Vorabinformationen bereitzustellen und Wiederholungen sowie Zusammenfassungen an geeigneten Stellen einzubauen (Schleppegrell 2004: 63). Die Struktur alltäglicher Interaktion ist darauf ausgelegt, Gesprächspartner in Co-Konstruktionen einzubinden, wodurch Gedankensprünge sowie Wiederholungen entstehen können. Texte der *language of schooling* folgen dagegen grammatikalisch und strukturell einer logischen Reihung (Schleppegrell 2004: 63). Ein Mittel zur Steigerung der Struktur und Kohäsion sind Koreferenzen – realisiert durch Pronomen und deiktische Mittel, wie *dieses* oder *jenes*, die der *language of schooling* zur Verbindung zwischen Abschnitten und Sätzen innerhalb eines Textes dienen (Schleppegrell 2004: 64). In Interaktionen beziehen sich Koreferenzen meist auf eindeutig bestimmbare Gegenstände oder Inhalte, die während der Unterhaltung präsent sind und nicht in Verbindung zum Text stehen: „Kannst du mir *dieses* Buch geben?“ Ein weiteres Mittel zur Steigerung der Kohäsion sind Konjunktionen, die in alltäglichen Interaktionen allerdings nur zum Verbinden von Inhalten sowie zum Anfügen von additiven Informationen oder motivationalen Elementen während des Sprechens dienen (Schleppegrell 2004: 66). Dadurch entstehen Aneinanderreihungen von Hauptsätzen mit klarer Thema-Rhema Ordnung, die weniger kognitive Verarbeitungskosten beanspruchen als in der *language of schooling* (vgl. Kapitel 3.1). *Language of schooling* weist dagegen eine hierarchisch verschachtelte Struktur auf, in der Inhalte durch Einschübe und Nebensätze komprimiert und kognitiv anspruchsvoll in einem Satz dargestellt werden (Schleppegrell 2004: 66). Nominale Phrasen und Nominalisierungen ermöglichen eine wissenschaftlich kompakte Schreibweise, die durch logische Verknüpfungen von Aussagen ohne Konjunktionen geprägt ist, für die in alltäglicher Sprache mehrere Sätze nötig wären (Schleppegrell 2004: 73). Semantische und logische Beziehungen werden in der *language of schooling* durch deren Struktur implizit durch Verben und Nomen kognitiv anspruchsvoll verdeutlicht (Schleppegrell 2004: 65). Informationen eines Rhemas werden dabei im Thema des nächsten Satzes erneut aufgegriffen und weitergeführt (Schleppegrell 2004: 71-72).

Das deutschsprachige Pendant zu *language of schooling* stellt der von Cathomas (2007) geprägte und von Feilke (2012b) geschärfte Begriff *Schulsprache* dar, der

ebenso das Lernen sowie Lehren fokussiert und mit didaktischer Intention gemachte Sprachgebrauchsformen sowie sprachliche Anforderungen umfasst (Feilke 2012a: 5). Erörterungen sind bspw. Teil des Deutschunterrichts und üben den Gebrauch der Schulsprache, sind jedoch im Alltag eher selten. Schulsprache wird ebenso konzeptuell schriftlich verortet, was z. B. an der für Schule typischen Forderung, in ganzen Sätzen zu sprechen oder zu schreiben, deutlich wird (Feilke 2012b: 160; Cathomas 2007: 182). Aus diesen Gründen können die aufgeführten Merkmale und Eigenschaften der *language of schooling* ins Deutsche übertragen werden.

Zusammenfassend wird im Konzept *language of schooling* Sprache als Ganzes betrachtet. Die Unterschiede der *language of schooling* im Vergleich zum alltäglichen Sprachgebrauch werden mithilfe der drei kontextuellen Merkmale *field*, *tenor* und *mode* beschrieben. Bei der Beschreibung lexikalischer und syntaktischer Oberflächenmerkmale geht Schleppegrell deutlich über die zuvor benannten Konzepte hinaus. *Language of schooling* zeichnet sich durch autoritäre, nur implizit wertende und stark komprimierte Präsentation von Wissen mittels abstraktem Vokabular, Nominalisierungen, stark strukturierten und verschachtelten Sätzen aus (Schleppegrell 2004: 76). Die in Tabelle 3.2 dargelegten sprachlichen Eigenschaften des Registers *language of schooling* sind vergleichbar mit den im physikdidaktischen Diskurs benannten potentiell schwierigkeiterzeugenden linguistischen Merkmalen (Tabelle 3.1).

3.3.4. Bildungssprache

Im aktuellen Forschungsdiskurs wird Sprache im Wesentlichen durch die Register *Alltagssprache*, *Bildungssprache* und *Fachsprache* erfasst (Cummins 2008; Gogolin & Lange 2011; Gogolin & Duarte 2016; Lengyl 2010; Morek & Heller 2012). *Alltagssprache* dient der Verständigung über die Organisation des Alltags und zur persönlichen Kommunikation zwischen Individuen. *Bildungssprache* dient zur Darstellung komplexer Sachverhalte in allgemeiner Form sowie zum Beschreiben, Vergleichen, Erklären, Analysieren und Erörtern im schulischen und akademischen Bereich (Schnack 2017: 6; Feilke 2012a: 5). *Fachsprache* stellt eine mehr oder weniger explizite Übereinkunft von Expert:innen in einer jeweiligen Disziplin dar und dient einem effizienten, kontextunabhängigen und intersubjektiven Austausch von Informationen. Fachsprache weist mit *Bildungssprache* identische lexikalisch-grammatikalische und textliche Merkmale auf (qualitativ), verwendet diese jedoch in erhöhter An-

zahl bzw. Dichte (quantitativ) (Riebling 2013: 128-129; Kleinschmidt-Schinke 2018: 59). Auf der lexikalischen Ebene sind vereinzelt fachspezifische Satzmuster, Symbole (Formeln, Zeichen, Abkürzungen) und ein fachspezifischer Wortschatz aufzufinden (Kleinschmidt-Schinke 2018: 59)¹⁵. Der Sprachgebrauch der Fachsprache ist domänenspezifisch, während *Bildungssprache* domänenübergreifend verwandt wird. Um ein möglichst präzises Verständnis von *Bildungssprache* zu erlangen, erfolgt ein historischer Überblick über dessen Begriffsdefinitionen.

Ähnlich wie Bernstein (1974) definiert Bourdieu (2005) *Bildungssprache* durch den Zusammenhang zwischen schulspezifischen Sprachregistern und verschiedenen sozialen Gruppen, die durch ihre gesellschaftliche Stellung mehr oder weniger Kontakt zu Bildung haben. Er greift dabei auf den durch ihn geprägten Begriff des Kapitals zurück. Schulisch relevante Sprachkompetenz ist eine Form des kulturellen Kapitals und vom Bildungsniveau – gemessen an Bildungstiteln und Lebenslauf – abhängig (Bourdieu 2005: 69). Das Anwenden der *Bildungssprache* wird durch den Habitus der Sprechenden beeinflusst:

In der Distanz zwischen der Muttersprache und der durch die Schule geforderten Sprache und gleichzeitig in den sozialen Bedingungen der (mehr oder weniger vollständigen) Erwerb dieser Sprache liegt also die Wurzel für die unterschiedlichen Einstellungen zur Bildungssprache, die ehrfürchtig oder frei, verkrampft oder lässig, unbeholfen oder familiär, emphatisch oder beherrscht, angeberisch oder reserviert sein können. (Bourdieu & Passeron 1971: 112)

Für Bourdieu und Passeron ist der Habitus, der sich aus der Position eines Sprechenden im sozialen Raum und dem zugehörige kulturellen Kapital ergibt, ausschlaggebend für die Bildungsteilnahme mittels zugehöriger sprachlicher Kompetenzen.

Während Bourdieu die Verbindung von *Bildungssprache* und Position der Sprechenden im sozialen Raum untersucht, fokussiert Habermas die Funktion der *Bildungssprache* in Abgrenzung zur Umgangs- und Wissenschaftssprache:

Die Bildungssprache ist die Sprache, die überwiegend in den Massenmedien, in Fernsehen, Rundfunk, Tages- und Wochenzeitungen benutzt wird. Sie unterscheidet sich von der Umgangssprache durch die Disziplin des schriftlichen Ausdrucks und durch einen differenzierteren, Fachliches einbeziehenden Wortschatz; andererseits unterscheidet sie sich von Fachsprachen dadurch, daß sie grundsätzlich für alle offensteht, die sich mit den Mitteln der allgemeinen Schulbildung ein Orientierungswissen verschaffen können. (Habermas 1978: 330)

¹⁵Für einen Überblick der sprachlichen Eigenschaften von Fachsprache sei auf die Zusammenfassung von Härtig, Bernholt et al. (2015: 59) nach Roelcke (2010: 85, 89, 111) verwiesen.

Eine der Hauptaufgaben der *Bildungssprache* ist, zwischen Wissenschaft bzw. speziellen Fachdisziplinen und dem Alltag zu vermitteln. Für Lernende bedeutet dies, dass sie sich eigenständig mithilfe der durch Schulbildung erlangten bildungssprachlichen Kompetenzen Wissen aneignen können.

Gogolin & Lange (2011) greifen zur Beschreibung der *Bildungssprache* auf die konzeptionelle Trennung schulbezogener sprachlicher Anforderungen von alltäglicher Sprache, vergleichbar zu den BICS für den alltäglichen Sprachgebrauch und CALP für schulbezogenen Sprachgebrauch nach Cummins (1979b) und der *language of schooling* nach Schlepppegrell (2004), zurück:

Gemeint ist das einen schulischen Bildungsgang durchdringende formelle Sprachregister, das vor allem der Übermittlung von hoch verdichteten, kognitiv anspruchsvollen Informationen in kontextarmen Konstellationen dient. [...] Bildungssprache ist dasjenige Register, dessen Beherrschung den ‚erfolgreichen Schüler‘ auszeichnet. Es unterscheidet sich von der ‚Umgangssprache‘ durch die Verwendung fachlicher Terminologie und die Orientierung an syntaktischen Strukturen, Argumentations- und Textkompositionsregeln, wie sie für schriftlichen Sprachgebrauch gelten. (Gogolin 2008: 26)

Besonderes Gewicht besitzt das Register im Bildungskontext: Es wird bei Lernaufgaben, in Lehrwerken und anderem Unterrichtsmaterial verwendet; es wird in Prüfungen und vielen Unterrichtsgesprächen eingesetzt. Je weiter eine Bildungsbiographie fortschreitet, je weiter sich der Unterricht in Fächer bzw. Fächergruppen ausdifferenziert, umso mehr wird das Register Bildungssprache verwendet und gefordert. (Gogolin & Lange 2011: 111)

Folglich wird normativ das Beherrschen der *Bildungssprache* von Lernenden in der Schule erwartet und der Anspruch an deren bildungssprachlichen Fähigkeit wächst im Laufe der Schullaufbahn sowie im Zuge der Ausdifferenzierung von Fachdisziplinen (Gogolin & Lange 2011: 111). Bildungssprachliche Fähigkeiten und deren Steigerung sind also für Schulerfolg relevant. Gogolin (2008) kennzeichnet – wie auch Habermas – *Bildungssprache* als konzeptuell schriftlich nach Koch & Oesterreicher (1985). Sie sieht *Bildungssprache* dabei als kontextreduzierte und kognitiv anspruchsvolle Sprache an und verortet deren Anwendung in der Bildung und im Unterricht.

Der Überblick zeigt, dass das Register *Bildungssprache* schon seit mehreren Jahrzehnten genutzt und geprägt wird. Auch aktuelle Definitionen der *Bildungssprache* greifen den Zusammenhang zur sozialen sowie gesellschaftlichen Stellung auf und betonen gleichzeitig die Funktionalität des Sprachregisters sowie dessen Bedeutung

für den Bildungserfolg. Zudem sehen linguistisch Forschende und Zweitsprachenforschende *Bildungssprache* als sprachliche Norm der Schule an, die Sprachhandlungsformen annehme, die nicht zwingend für das schulische Umfeld vorgesehen seien, aber die in der Schule epistemisch genutzt werden (Feilke 2012a: 5). Dabei wird deutlich, dass *Bildungssprache* in schulischen Kontexten drei Funktionen erfüllt: *Bildungssprache* stellt zum einen das

- *Medium des Wissenstransfers* dar, ist andererseits
- *Werkzeug des Denkens* und schließlich auch
- *Eintritts- bzw. Visitenkarte der Bildung* (Morek & Heller 2012: 70; Gogolin & Duarte 2016: 483).

Die kommunikative Funktion des Wissenstransfers wird besonders in den Zitaten Habermas und Gogolins deutlich. Damit gemeint ist, dass *Bildungssprache* als Transfermedium für Wissen im Bildungskontext sowohl angemessen als auch funktional ist (Gogolin & Duarte 2016: 480).

Bildungssprachliche Kompetenzen dienen zudem u. a. der kognitiven Entlastung des Arbeitsgedächtnis. Durch die erhöhte Denkanforderung beim Nutzen der *Bildungssprache* besteht ein enger Zusammenhang von Sprachhandlung und Denkprozess (Cummins 2000: 69). Bildungssprachliche Kompetenzen ermöglichen gedanklich komplexe Operationen wie Abstrahieren, Konkludieren oder Generalisieren bei der Textproduktion (Morek & Heller 2012: 75).

Die Rolle von *Bildungssprache* als Eintritts- bzw. Visitenkarte ist vergleichbar mit der von Bourdieu & Passeron (1971) angesprochenen sozialen Bedingtheit der *Bildungssprache* vom Habitus einer Person. *Bildungssprache* dient so im sozialen Raum auch als Mittel zur Selbst- und Fremddarstellung bzw. zur Distinktion. Diese Funktion wird auch von Bernstein in seiner Trennung in elabotierten und restringierten Code benannt. Die Verwendung der *Bildungssprache* als „Sprache der Gebildeten“ lässt den Sprechenden oder Schreibenden als gebildet und Teil der akademischen Gemeinschaft erscheinen (Gogolin & Lange 2011: 107). Wird dabei berücksichtigt, dass bildungssprachliche Fähigkeiten in der Schule lange Zeit nicht explizit gefördert, sondern nur implizit vorausgesetzt wurden, stellt *Bildungssprache* eine „[u]ngleichheitsreproduzierende Funktion“ (Morek & Heller 2012: 77) und Eintrittskarte (nicht nur im Schulkontext) dar (vgl. auch Bourdieu 2005; Bernstein 1974).

Tabelle 3.3.: Linguistische Merkmale der Bildungssprache.

Ebene	Beschreibung	Linguistisches Merkmal
Lexikalisch	- großer, abstrakter Wortschatz - explizite Konnektoren - komplexe, niederfrequente Verben	- niederfrequente mehrsilbige Wörter, Komposita, Wortabkürzungen, Reflexivpronomen, Fachwörter - vielfältige, niederfrequente, komplexe Konjunktionen und Präpositionen - Adverbien zur temporalen, lokalen, konditionalen und kausalen Einordnung - Nominalisierungen, Präfix- und Partikelverben, Modalverben, reflexive Verben
Morpho-syntaktisch	- Verdeutlichung der Modalität - Ausblendung des Handlungsträgers - komplexe Nebensätze - Verdichtung und Komprimierung	- Konjunktiv und Modalverben - Passivkonstruktionen und verallgemeinernde Sätze in der 3. Person - konditionale, kausale und relationale Sätze, satzwertige Infinitive, Präpositionalphrasen, Partizipialkonstruktionen - Nominal- und Verbalphrasen, Präpositionaladverbiale, erweiterte Attribute (Partizipialattribute, Präpositionalattribute, Genitivattribute)
Textlich	- hohe Kohärenz und Struktur - unpersönlich und verallgemeinert - abstrakt und sachlich	- Zusammenfassungen, Zwischenüberschriften, Tabellen, Stichpunkte, Lese- und Gesprächsführung, keine Gedankensprünge - Passivkonstruktionen, generisches Präsens und Passiv - keine (subjektive) Wertung, Kontext reduziert

Zusammengefasst nach Becker-Mrotzek et al. (2013: 22-23), Berendes et al. (2013: 26), Feilke (2012a: 8-9), Gogolin & Lange (2011: 114-115), Hövelbrinks (2004: 104-109) & Riebling (2013: 133-148).

Bezüglich lexikalischer, morphosyntaktischer und textlicher Merkmale unterscheidet sich das Register *Bildungssprache* von der *Alltagssprache*, da es komplexe Sachverhalte in allgemeiner Form personenunabhängig, objektiv, distanziert, abstrakt, vom Kontext gelöst und an Schriftsprache orientiert darstellt (Feilke 2012a: 6). Die in Tabelle 3.3 dargelegten Merkmale der *Bildungssprache* sind vergleichbar zu denen der *language of schooling* (vgl. Tabelle 3.2) und gehen ebenso mit den als potentiell schwierigkeiterzeugend geltenden Merkmalen des physikdidaktischen Diskurses einher (vgl. Tabelle 3.1). Allerdings ist die Beschreibung der sprachlichen Oberflächenmerkmale von *Bildungssprache* detaillierter und benennt eindeutig lexikalische, morphosyntaktische und textliche Merkmale¹⁶.

Zusammenfassend ist *Bildungssprache* im schulischen Kontext als Medium des Wissenstransfers, Werkzeug des Denkens und als Eintritts- und Visitenkarte zu verstehen. Das Beherrschen der *Bildungssprache* wird von Lernenden normativ und implizit erwartet, sodass sie auch einen Lerngegenstand darstellt. Lernende stehen somit vor der Herausforderung, Inhalt und *Bildungssprache* gleichzeitig zu lernen. In welchem Maße und für welche Gruppe von Lernenden *Bildungssprache* tatsächlich als Hürde wirkt, ist aktuell noch wenig erforscht (Pohl 2016: 73).

Mit dem Register *Bildungssprache* sind letztlich sprachliche Fähigkeiten gemeint, die für Bildungserfolg benötigt werden. Als formelles Sprachregister ist *Bildungssprache* durch hoch verdichtete, kognitiv anspruchsvolle und kontextarme Präsentation geprägt. Die in Tabelle 3.3 darstellten Erkennungsmerkmale der *Bildungssprache* sind ausgeschärfter als die Merkmale der *language of schooling*. Sie ermöglichen dennoch keine eindeutige Beschreibung der Qualität und Quantität der Oberflächenmerkmale schulspezifischer sprachlicher Anforderungen. Häufig wird daher angemerkt, dass die Definition der Bildungssprache noch weiterer empirischer Fundierung und theoretischer Reflexion bedarf (Morek & Heller 2012: 69). Der Diskurs zur *Bildungssprache* kann allerdings auch appellativ verstanden werden, Unterricht sprachexplizit zu gestalten und darf deshalb – z. B. bei der Bestimmung von sprachlichen Oberflächenmerkmalen – unscharf bleiben. Für diese Studie sind allerdings eindeutig zu bestimmende linguistische Oberflächenmerkmale schulspezifischer Sprache wesentlich, um einen Sachtext auf unterschiedliche sprachliche Anforderungsniveaus zu

¹⁶Die in der Literatur zu findenden Beschreibungen der *Bildungssprache* weisen unterschiedliche linguistische Merkmale mit unterschiedlichen Fokussen, aber großen inhaltlichen Konsens auf (Becker-Mrotzek et al. 2013: 22-23; Berendes et al. 2013: 26; Feilke 2012a: 8-9; Gogolin & Lange 2011: 114-115; Hövelbrinks 2004: 104-109; Riebling 2013: 133-148). Für einen Vergleich der Beschreibungen der Oberflächenmerkmale sei auf Kleinschmidt-Schinke (2018: 39-45) verwiesen.

verfassen. Deshalb wird abschließend das Modell der sprachlichen Anforderungsniveaus der AG Fach und Sprache (AG FuS) dargelegt, das eindeutige sprachliche Oberflächenmerkmale festlegt.

3.3.5. Modell des sprachlichen Anforderungsniveaus der Arbeitsgruppe Fach und Sprache

Im Rahmen dieser Studie werden physikalische Sachtexte auf drei unterschiedlichen sprachlichen Anforderungsniveaus verfasst. Die Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus basiert auf dem von Heine et al. (2018) beschriebenen Sprachmodell der Arbeitsgruppe Fach und Sprache (AG FuS). Das Modell fußt auf der Annahme, dass bestimmte Oberflächenmerkmale von *Bildungssprache* bzw. typische schulbezogene Sprachkompetenzen zu Schwierigkeiten beim Rezipieren von Texten führen können. Damit sortiert sich das Modell eindeutig dem Schulkontext zu und orientiert sich an den zugehörigen Anforderungen und Normen. Hierzu greift das Modell auf den aktuellen Forschungsstand zu schulspezifischen sprachlichen Anforderungen sowie auf fundierte Theorien und Studien zur sprachlichen Komplexität zurück. Da der Forschungsstand zur Wirkung von bildungssprachlichen Oberflächenmerkmalen nicht eindeutig ist, werden in diesem Modell nur solche berücksichtigt, für die „tatsächlich Hinweise für ihren schwierigkeitsgenerierenden Charakter vorliegen“ (Heine et al. 2018: 73). Als Maßstab für den schwierigkeitsgenerierenden Charakter gelten zum einen Merkmale, die höhere kognitive Belastungen in Eye-tracking-, Lesezeit- und EEG-Studien hervorgerufen haben. Und zum anderen Merkmale, die in Studien von Muttersprachler:innen als typisch schwierig bewertet werden oder weitreichendes linguistisches Wissen bedürfen. Die Variation der bildungssprachlichen Oberflächenmerkmale erfolgt dabei entlang dreier Prinzipien linguistischer Beschreibungsebenen und ermöglicht so eine Differenzierung zwischen verschiedenen Anforderungsbereichen: *Strukturelle Komplexität (Verarbeitungskosten)*, *Transparenz* bzw. *Eindeutigkeit von Form-Bedeutung-Beziehungen* und *Frequenz*. Die Prinzipien werden hier kurz und von Heine et al. (2018) detailliert beschrieben.

Strukturelle Komplexität – Verarbeitungskosten: Ein Maß für die sprachliche Komplexität stellt die Höhe der *kognitiven Verarbeitungskosten* dar. Diese ist einerseits durch begrenzte kognitive Ressourcen, die zur Verarbeitung zur Verfügung stehen, bestimmt und andererseits durch die Menge und Qualität der beim Lesen

ablaufenden Prozesse (Heine et al. 2018: 75). Belastung tritt auf, wenn bereits aufgebaute Strukturen aktiv gehalten (Speicherkosten) oder neue Elemente eingebettet werden müssen (Integrationskosten). Das ist z. B. der Fall, wenn ein Subjekt und ein zugehöriges Pronomen oder ein zugehöriger Relativsatz weit voneinander entfernt stehen (z. B. Gabler 2013: 13; Levy et al. 2012: 29; Konieczny 2000: 639) oder Partizipialverben genutzt werden (z. B. Levy & Keller 2013: 213). In ähnlicher Weise steigern Passiv-Konstruktionen (z. B. Berndt et al. 2004: 242; Bransford & Johnson 2014: 14), Nominalisierungen und nominative Phraseologismen¹⁷ (z. B. Fang et al. 2006: 268) sowie die grundsätzliche Erhöhung der strukturellen Komplexität (Levy & Keller 2004: 276-277; Solomyak & Marantz 2010: 2050-2051) die kognitive Belastung. Allgemein gilt, je länger eine Struktur aktiv gehalten werden muss, um einen Sachverhalt abschließen zu können, desto größer ist die Belastung. Einfach sind dagegen Hauptsätze in der Reihenfolge Subjekt-Prädikat-Objekt.

Transparenz: Hiermit gemeint ist die *Eindeutigkeit der Form-Bedeutungs-Beziehung* und damit die logische Folge von Inhalten sowie deren semantische Vorhersagbarkeit (Heine et al. 2018: 77). *Transparenz* bezieht sich sowohl auf die semantische als auch die strukturelle Ebene und erhöht durch eine höhere Komplexität den Verarbeitungsaufwand (Stekauer 2005; Fuste-Hermann 2008). Besonders lexikalisch mehrdeutige Begriffe und Präfixverben erzeugen Intransparenz (Köhnen et al. 2015: 77). Präfixverben kommen häufig in der *Bildungssprache* vor und rufen Verständnisprobleme hervor, da ihre Bedeutung vom Stammverb abweicht. Auch idiomatische Ausdrücke (Irujo 1993: 215) und Fachbegriffe (z. B. Cassels 1980: 226; Prenzel et al. 2002: 132; Schiemann 2011: 129; Snow 2010: 449; Stiller et al. 2016: 7) erhöhen den Verarbeitungsaufwand und reduzieren oder verlangsamen den Verstehensprozess durch Abweichung von ihrer wortwörtlichen Bedeutung.

Frequenz: Mit *Frequenz* ist nicht nur die Vorkommenshäufigkeit von Wörtern, sondern auch von Sätzen und grammatischen Strukturen gemeint. Wörter geringerer Frequenz verringern das Textverständnis (Arya et al. 2011: 117-118). Hochfrequente Strukturen und Wörter sind durch automatisiertes Sprachwissen mit weniger Verarbeitungsleistung verbunden (Ellis & Shintani 2014). Dasselbe gilt für geläufige Konjunkturen und Subjunkturen wie „weil“, „dass“, „deshalb“ und „aber“. Wohin-

¹⁷Ein Beispiel für einen nominativen Phraseologismus ist *das Schwarze Brett* – eine Tafel, an der wichtige und aktuelle Informationen angebracht sind und eine sprachliche Konstruktion vergleichbar zu einem idiomatischen Ausdruck.

gegen elliptische Satzstrukturen und Phraseologismen sowie Passivkonstruktionen im Vergleich zu Aktivkonstruktionen aufgrund ihrer geringeren Frequenz im Alltag mit mehr Verarbeitungsaufwand verbunden sind (Heine et al. 2018: 78).

Die benannten Prinzipien zur Bestimmung des sprachlichen Anforderungsniveaus eines Textes lassen sich mit folgenden Kernaussagen zusammenfassen (Heine et al. 2018: 80-81):

- Die Menge und Qualität an Informationen, die aktiv gehalten und integriert werden muss, bestimmt die sprachlichen *Verarbeitungskosten* im Arbeitsgedächtnis.
- Die Möglichkeit, automatisiertes Wissen bei der kognitiven Verarbeitung einzusetzen, verringert die sprachlichen *Verarbeitungskosten*.
- Seltene Wörter und grammatikalische Strukturen geringer *Frequenz* können aufgrund von fehlendem automatisierten Wissen langsamer und ggf. schlechter verstanden werden.
- Die *Transparenz* von Ausdrücken im Text ist bei der Sprachverarbeitung zu berücksichtigen.

Die Operationalisierung der beschriebenen Prinzipien auf drei Anforderungsniveaus erfolgt anhand der Qualität und Quantität benannter schwierigkeitsgenerierender sprachlicher Mittel. Hierzu werden die sprachlichen Anforderungsniveaus A, B und C mit steigender antizipierter Komplexität von Heine et al. (2018) erstellt. Das niedrige Niveau A des Sprachanforderungsmodells zeichnet sich (soweit fachlich möglich) durch hochfrequenten und stark kollokierenden¹⁸ Alltagswortschatz, kanonische Satzstrukturen und möglichst explizite Bezüge aus. In mittleren Niveau B werden typische bildungssprachliche Wendungen verwendet, die vergleichsweise wenig Verarbeitung benötigen und durch häufig auftretende, kanonische Strukturen geprägt sind. Das höchste Niveau C ist durch hohe Informationsdichte in lexikalischen und syntaktischen Strukturen geprägt, fordert hohe Inferenzleistungen, verwendet seltene und schlecht antizipierbare Strukturen und nutzt so einen breiten Wortschatz, um die Verarbeitungslast zu erhöhen (Heine et al. 2018: 84).

Die Formulierung von drei sprachlichen Anforderungsniveaus und deren cut-off-points sind dabei normative Setzungen, die auch anders erfolgen könnten. Mithilfe von Hinweisen aus vorangegangenen Studien ähnlichen Designs (Höttecke et al.

¹⁸Kollokation beschreibt in der Linguistik häufig zusammen auftretende Worte wie z. B. *einen Flug buchen* oder *ein Feld bestellen*.

Tabelle 3.4.: Operationalisierung des Sprachmodells (Heine et al. 2018)

	Kriterien	Niveau A	Niveau B	Niveau C
Verben	Frequenz	hochfrequente (haben, sein, machen, ...)	mittelfrequent (verursachen, verbleiben, ...)	wenig frequent (erstehen, illus- trieren, ...)
	Semantik	semantisch trans- parente Ausdrücke (tragen, halten, kaufen, ...)	mehrdeutige bzw. semantisch intransparente Ausdrücke (an- halten, einhalten, anfallen, ...)	idiomatische Aus- drücke (mit sei- nem Latein zu En- de sein, zu Buche schlagen, ...)
	Morphologie	Simplex	Präfix und Parti- kel	Präfix, Partikel, Nominalisierung
	Flexion	Indikativ	Konjunktiv	Passiv, dreiteilige verbale Ausdrücke (z. B. gemacht ha- ben wollen)
Nomen	Frequenz	hochfrequent (Haus, Baum, Fußball, ...)	mittelfrequent (Gehäuse, Materi- al, ...)	wenigfrequent (Gebälk, Verzehr, ...)
	Morphologie	Komposita mög- lichst vermeiden (bis auf hochfre- quente)	transparente Komposita (z. B. Nom+Nom wie Herbsttag, Wohn- ort, Arbeitgeber, Derivate mit -keit, -heit, etc.)	semantisch und grammatikalisch komplexe Kom- posita (z. B. Neuanschaffungs- kosten)
	Kasus	im Nominativ und Akkusativ	im Dativ	im Genitiv
Adjektive	Frequenz	hochfrequent (gut, lang, wenig, ...)	mittelfrequent (wertvoll, gering, ...)	wenig frequent (existentiell, an- sässig, kostspielig, betagt, ...)
	Semantik	semantisch trans- parente Ausdrücke (groß, breit, teuer, ...)	mehrdeutige bzw. intransparente Ausdrücke (kostbar, ...)	semantisch in- transparente und idiomatische Ausdrücke (er- schwinglich, in die Jahre gekommen, ...)
Pronomen	Kasus	im Nominativ und Akkusativ	im Dativ	im Genitiv
	Unpersönliche Ausdrücke	keine	jemand, man & Aktiv	man & Passiv

3. Theoretische Grundlagen

	Kriterien	Niveau A	Niveau B	Niveau C
Syntax	Fragen	nur direkte Fragen	auch indirekte Fragen	auch indirekte Fragen
	Satzgefüge	hauptsächlich Hauptsätze mit kanonischer Wortstellung und Koordination, Nebensätzen mit weil, dass, deshalb	Hauptsätze und Nebensätze auch mit allen übrigen Konnektoren mit kanonischer Wortstellung	hauptsächlich Nebensätze, auch mit Topikalisierungen etc.
	Einschübe in Satzklammer	vermeiden/nur möglichst kurze	Satzglieder	Sätze
Textebene	Kohäsion	v. a. explizite Wiederaufnahme, implizite Wiederaufnahme, implizite Wiederaufnahme durch Pronomen, wenn das Bezugsnomen eindeutig und nah ist	implizite Wiederaufnahme durch Pronomen, wenn Bezugsnomen weiter entfernt steht, Wiederaufnahme durch Synonyme	Ellipsen

2018; Leiss et al. 2017) ist das Spektrum der drei sprachlichen Anforderungsniveaus möglichst breit und hat trotz dieser Künstlichkeit das Ziel, authentischer Sprachverwendung zu entsprechen (Heine et al. 2018: 81-82). In Tabelle 3.4 ist die Operationalisierung des Modells in konkreten Kriterien nach Heine et al. (2018) zu finden. Die Operationalisierung des Modells gilt als für nicht-linguistisch Forschende anwendbar und berücksichtigt die beschriebenen Oberflächenmerkmale des bildungssprachlichen Registers und Erkenntnisse zur Wirkung von schulspezifischen sprachlichen Anforderungen. In Kapitel 12.1 wird anhand eines Textauszugs exemplarisch die Anwendung des Modells beschrieben. Anschließend wird die modellkonforme Anwendung des Modells durch Quantifizierung der variierten linguistischen Merkmale validiert (Kapitel 12.2).

Zusammenfassend stellt das Modell der sprachlichen Anforderung nach Heine et al. (2018) auch für nicht-linguistisch Forschende Prinzipien zur Variation der sprachlichen Anforderung mittels sprachlicher Oberflächenmerkmale bereit. Das Modell berücksichtigt dabei aktuelle Forschungsergebnisse zur Wirkung isolierter linguistischer Merkmale auf die kognitive Belastung und Textverständlichkeit. Zentral für das Modell ist die Annahme, dass der globale Prozess des Textverstehens potentiell durch Variation einzelner sprachlicher Oberflächenmerkmale beeinflusst wird (vgl.

Ausführungen oben und Kapitel 3.4). Die Grundannahme des Modells ist, dass die Variation vieler unterschiedlicher schwierigkeitsgenerierender sprachlicher Merkmale an mehreren Stellen im Text zur Erhöhung des sprachlichen Anforderungsniveaus und zur Reduzierung des Textverständnisses führt. Eine detaillierte Beschreibung der Modellanwendung in dieser Studie ist in Kapitel 12.1 zu finden. Um die Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf das Textverständnis isoliert zu untersuchen, müssen andere Textqualitätsmerkmale und der Inhalt konstant gehalten werden. So werden im folgenden Kapitel mehrere psychologische Ansätze zum Textverstehen beleuchtet und hinsichtlich des Nutzens für diese Studie bewertet.

3.4. Textverstehen

Dieses Kapitel widmet sich verschiedenen psychologischen Ansätzen des Textverstehens und stellt die theoretische Grundlage für das Lesen von Sachtexten im Unterricht vor. Zunächst werden die im Alltag meist deckungsgleich verwendeten Begriffe *Textverstehen*, *Textverständlichkeit* und *Textverständnis* voneinander abgegrenzt.

Lesen wird als komplexer Prozess betrachtet, der von Eigenschaften des Textes und der Lesenden abhängig ist (Meutsch 1984: 87). Die Rezeption von Texten basiert einerseits auf Textdaten geleiteter bottom-up Prozessen sowie kognitiv geleiteter top-down Prozessen bei den Lesenden. *Textverstehen* wird begriffen als Wechselwirkung zwischen Informationen eines Textes und bestehenden Wissensstrukturen, Kompetenzen und Fähigkeiten der Lesenden. Erst durch kognitive top-down Prozesse wird ein Text erfasst (Göpferich 2019: 282). Die Textverstehensforschung betrachtet deshalb sowohl die Lesenden und deren Eigenschaften als auch Aspekte des Textes, die über Wort- und Satzlänge hinausgehen.

In Abbildung 3.4 wird der Zusammenhang der drei Begriffe *Textverstehen*, *Textverständlichkeit* und *Textverständnis* schematisch dargestellt. *Textverstehen* bezeichnet den Prozess des Lesens unter Einfluss von Personen- und Textmerkmalen. Das *Textverständnis* stellt das entstandene Produkt am Ende eines Leseprozesses bei den Lesenden unter Einfluss von Personenmerkmalen wie Vorwissen, Lesefähigkeit und Verstehenskompetenz dar. Das *Textverständnis* ist z. B. durch Textverständnisitems abprüfbar und wird neben Personenmerkmalen auch von Textmerkmalen beeinflusst. Die *Textverständlichkeit* stellt die Summe der für das Lesen relevanten Textmerkmale dar und misst, wie gut oder schlecht ein Text zu lesen und zu

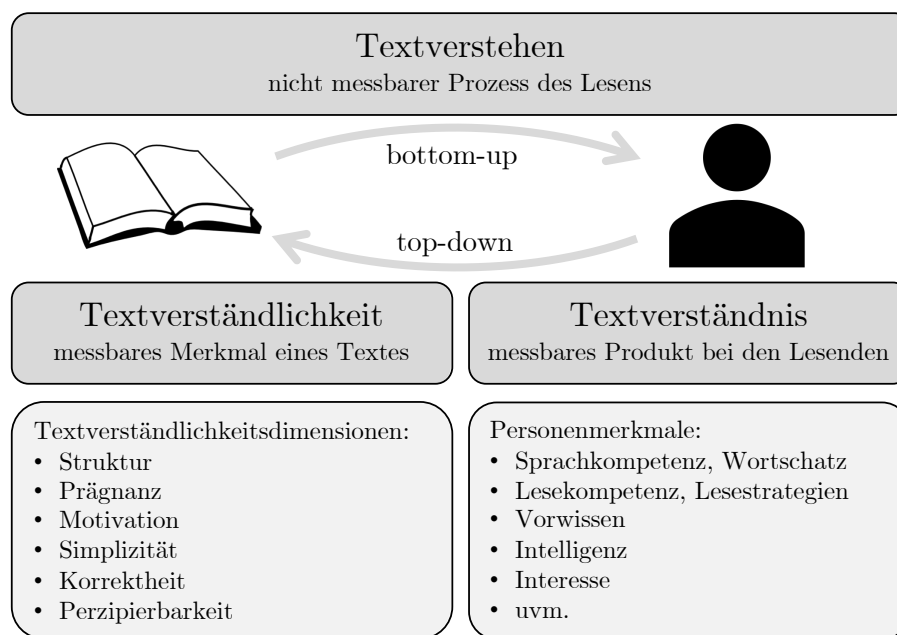


Abbildung 3.4.: Textverstehen, Textverständlichkeit nach Göpferich (2019) und Textverständnis schematisch dargestellt.

verstehen ist. Ein Text mit hoher Textverständlichkeit ermöglicht die leichtere Rezeption des Textes und die Bildung eines besseren Textverständnisses bei den Lesenden (Göpferich 2019: 281). Die Textverständlichkeit geht dabei über die formalstilistische Beschreibung der Textstruktur hinaus und ermöglicht das Bewerten und Verbessern von Texten, z. B. mithilfe von verständlichkeitsrelevanten Dimensionen. Die Textverständlichkeit beeinflusst potentiell den Prozess des Textverstehens und schließlich auch das Textverständnis der Lesenden. Die für Lesende optimale Textverständlichkeit eines Textes ist individuell unterschiedlich. Somit wirkt sich eine maximale Textverständlichkeit nicht zwingend positiv auf das Textverständnis aus (vgl. Kapitel 3.4.3). Ein Maß zur Bestimmung der Textverständlichkeit stellen die Verständlichkeitsdimensionen von Göpferich (2019) dar, die in Kapitel 3.4.4 dargestellt und als Grundlage zum Verfassen der Texte dieser Studie genutzt werden. Das Textverstehen – als latente Variable – setzt sich aus den Konstrukten Textverständnis und Textverständlichkeit zusammen (vgl. Abbildung 3.4) und ist als Prozess die nicht direkt messbare Synthese der beiden Konstrukte (Pause 1984: 38-39).

Die folgend beschriebenen kognitionspsychologischen Ansätze zum Textverstehen fokussieren eher den Prozess Textverstehen und beschreiben diesen als kognitiven Prozess in unterschiedlichen Abstufungen. Wohingegen die differenziell-psychologischen Ansätze zur Lesekompetenz aufgrund der diagnostischen Ausrichtung vordergrün-

dig das Textverständnis am Ende des Leseprozesses beschreiben (vgl. Kapitel 3.4.2). Der Begriff Lesekompetenz umfasst im Vergleich zum Textverstehen weiterführende intentionale, motivationale und affektive Aspekte, die über das reine Verstehen der Textinhalte hinausgehen. Damit ist gemeint, dass durch kritisches Bewerten und Reflektieren der Textinhalte, z. B. die Teilhabe am gesellschaftlichen Leben, ermöglicht wird. Die instruktionspsychologischen Ansätze berücksichtigen ebenfalls motivationale Aspekte, jedoch als Teil der Textverständlichkeit eines Textes, da diese vordergründig die Auswirkungen von Texteigenschaften auf das Textverstehen untersuchen (vgl. Kapitel 3.4.3). Aus diesem Grund werden instruktionspsychologische Ansätze sowie das Karlsruher Verständlichkeitskonzept (Göpferich 2019) häufig für das Verfassen und Verbessern von Texten eingesetzt (Kapitel 3.4.4).

3.4.1. Kognitionspsychologische Ansätze

Kognitionspsychologische Ansätze untersuchen Textverstehen als mentalen Repräsentationsprozess auf verschiedenen Ebenen. In diesem Kapitel werden chronologisch verschiedene Ansätze aufgeführt, da die hier beschriebenen Theorien zum Aufbau eines mentalen Modells für alle weiteren psychologischen Ansätze des Textverstehens und auch für das oben beschriebene Modell der sprachlichen Anforderung (Kapitel 3.3.5) als Grundlage dienen.

Die kognitionspsychologischen Theorien des Textverstehens fassen Lesen als Prozess auf, in dem Aussagen und Sätze durch übergeordnete Strukturen und Vorwissen zu einem zusammenhängenden *mental*en Modell aus kohärenten mentalen Repräsentationen (des Textes) zusammengefügt werden (Schnotz 1994: 227). Die Bedeutung eines Textes wird beim Textverstehen durch aktive Rekonstruktion mental repräsentiert (Hörmann 1980: 27). Diese mentale Repräsentation des Textinhalts kann aufgrund von individuellen Erfahrungen und anderen Personenmerkmalen der Lesenden partiell und subjektiv von dem von Verfassenden intendierten mentalen Modellen abweichen (Hall 1997: 17). Nach Kintsch (1974) kann das Textverständnis ein und desselben Textes für verschiedene Personen aufgrund individueller Erfahrungen und Vorwissen differieren und so zu verschiedenen mentalen Modellen führen. Sprachliche Zeichen erfahren erst durch Berücksichtigung mentaler Konstrukte und individueller Interpretationsleistung Bedeutung (Hall 1997: 17). Nach den kognitionspsychologischen Ansätzen führt ein gelungener Verstehensprozess zu *mentaler Kohärenz*: Gelesenes wird kognitiv miteinander sinnvoll verknüpft und so verstanden. Dabei wird

zwischen der *lokalen Kohärenzbildung* – Relationen und Zusammenhänge zwischen benachbarten Sätzen – und der *globalen Kohärenzbildung* – größere Zusammenhänge eines Textes über Abschnitte hinweg – unterschieden. Sachverhalte können in Texten unterschiedlich kohärent dargestellt sein und so kann es neben dem Verstehen zu einem Missverstehen oder Nicht-Verstehen der intendierten Botschaft kommen (Schnotz 1994: 33).

Im Folgenden werden drei Ansätze der Kognitionspsychologie zum Textverstehen beschrieben. Für den *additiv-elementaristischen Ansatz* des Textverstehens sind semantische Texteigenschaften zentral für die mentale Kohärenzbildung, während der *holistische Ansatz* leserseitiges Wissen als zentrale Bedingung für Textverstehen ansieht. Der *integrative Ansatz* verbindet die beide vorherigen Ansätze zu einer Theorie der interaktiven mentalen Kohärenzbildung.

Additiv-elementarische Ansatz

Der *additiv-elementaristische Ansatz* stellt die semantischen Texteigenschaften für die mentale Kohärenzbildung in Form der Addition von propositionalen Repräsentationen beim Textverstehen ins Zentrum (Kintsch 1974: 13-14). *Propositionale Repräsentationen* sind einzelne durch den Text initiierte mentale Abbildungen, Strukturen oder Zusammenhänge, die Lesende aus dem Inhalt des Textes konstruieren (Kintsch 1974: 13-14). Der Zusammenschluss aller dieser Propositionen stellt Sachverhalte, Ereignisse und Handlungen – also den Inhalt des Textes – dar (Göpferich 2019: 284). Der Text bildet dabei die externalisierte Wissensstruktur der Autor:in ab, die durch möglichst kohäsive Präsentation der Textoberflächenmerkmale und möglichst kohärente Darlegung des Inhalts für die Lesenden erkenntlich wird. Inhalte werden während des Lesens durch Propositionen mental gebildet und verknüpft (Kintsch 1974: 3). Für die systematische Zerlegung von Texten in ihre propositionale Struktur entwarf Kintsch (1974) Notationsregeln – die Prädikat-Argument-Struktur. Diese Zerlegungen der Äußerungen (Propositionen) der Autor:in des Textes orientieren sich an den Prädikaten eines Satzes, an die alle zugehörigen Argumente sukzessive anschließen (Schnotz 1994: 150-151).

Diese *Prädikat-Argument-Struktur* repräsentiert allgemeine semantische Konzepte und keine Merkmale der Textoberfläche. In Tabelle 3.5 ist ein Beispiel für diese Struktur dargestellt. Die Nummerierung der einzelnen Präpositionen unter der Spalte Prädikat-Argument-Struktur erfolgt fortlaufend für einen Text. Um Bezüge zwi-

Tabelle 3.5.: Prädikat-Argument-Struktur am Beispiel des Texts *Teilchenmodell und Aggregatzustände*.

Textbasis	Prädikat-Argument-Struktur
Flüssiges Wasser kann auch aus gasförmigem Wasserdampf entstehen, beispielsweise, wenn sich an kalten Getränkeflaschen von außen flüssige Wassertropfen bilden.	129. (können, Wasser, 131) 130. (flüssig, Wasser) 131. (129, entstehen aus, Wasserdampf) 132. (gasförmig, Wasserdampf) 133. (Konditional, 129, 134) 134. (sich bilden, Wassertropfen) 135. (129, außen an Getränkeflasche) 136. (kalt, Getränkeflasche) 137. (flüssige, Wassertropfen)
Dieses Wasser stammt aus dem gasförmigen Wasserdampf aus der Luft.	138. (stammen aus, Wasser, Wasserdampf aus der Luft) 139. (gasförmig, Wasserdampf)
Diesen Übergang vom gasförmigen zum flüssigen Aggregatzustand bezeichnet man als Kondensieren.	140. (bezeichnen, man, Übergang, Kondensieren) 141. (Übergang, Aggregatzustände) 142. (von gasförmig, Aggregatzustand) 143. (zum flüssig, Aggregatzustand)

Die fortlaufende Nummerierung zählt die Propositionen des Textes und ermöglicht es, Zusammenhänge zwischen Präpositionen darzustellen.

schen einzelnen Propositionen deutlich zu machen, werden die fortlaufenden Nummern in späteren Propositionen wieder aufgegriffen. Da nur Prädikate und daran anknüpfende Argumente aufgelistet werden, fehlen die genauen Bezüge der Aussagen und Argumente in der Zerlegung, während die inhaltliche Gliederung des Textes erhalten bleibt. Die Prädikat-Argument-Struktur ermöglicht durch die Auflistung der einzelnen Propositionen eines Textes, dass z.B. bei einer systematischen Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus der Inhalt gleich bleibt (vgl. Kapitel 3.3.5).

Folgend wird erklärt, wie einzelne Propositionen eines Textes sukzessive von den Lesenden beim Lesen extrahiert, zu propositionalen Mikrostrukturen geformt und anschließend zu Makrostrukturen verbunden werden. Die Konstruktion einer propositionalen *Mikrostruktur* erfolgt durch lokale Kohärenzbildungsprozesse, bei denen Rezipient:innen benachbarte Textsegmente miteinander verknüpfen und anschließend hierarchisieren. Das Bilden der Mikrostruktur zum Beispieltext aus Tabelle 3.5 könnte bspw. daraus bestehen, dass Wassertropfen zu flüssigem Wasser zählen und sich dieses im flüssigen Aggregatzustand befindet. Diese Zusammenhänge werden zusätzlich an Anschauungsbeispiele angehängt (Getränkeflaschen). So entsteht keine reine Auflistung von propositionalen Inhalten in Prädikat-Argument-Struktur,

wie in Abbildung 3.5, sondern es entstehen lokale Zusammenhänge zwischen benachbarten Propositionen und Sätzen (Schnotz 1994: 150-152). Beim Aufbau von *Makrostrukturen* im Sinne von Kintsch & van Dijk (1978) werden Inhalte der Mikrostruktur generalisiert, konstruiert, ausgelassen oder selektiert. Lesende wenden dabei individuell eine oder mehrere dieser vier Komprimierungen an, indem sie Inhalte individuell als zentral oder peripher bewerten. Eine mögliche Makrostruktur für das Beispiel der Tabelle 3.5 wird in Abbildung 3.6 gezeigt. Durch Auslassen und Generalisieren sind Anschauungsbeispiele sowie Erklärungen der Mikrostruktur nicht mehr vorhanden. Da Inhalte eines Textes in Abhängigkeit von Personenmerkmalen der Lesenden unterschiedlich (re)produziert werden, sind Mikro- sowie Makrostrukturen individuelle Abbildungen des textlichen Inhalts. Die konstruierten Makrostrukturen abstrahieren von den Mikrostrukturen und repräsentieren den Inhalt mit geringerer Auflösung. Lesende komprimieren Makrostrukturen nicht allein aufgrund der propositionalen Textbasis, sondern indem sie auf Vorwissen zurückgreifen. Diese komprimierte Darstellung des textlichen Inhalts erleichtert das Memorieren der für relevant bewerteten Inhalte. Die im Zuge dieser Prozesse aus propositionalen Inhalten gebildeten Mikro- und Makrostrukturen werden mithilfe von lokalen und globalen Kohärenzen generiert, die im Folgenden erklärt werden.

Lokale Kohärenz wird durch das Verknüpfen und Hierarchisieren von Propositionen benachbarter Satzsegmente erzeugt. Die Summe dieser lokalen Kohärenzen stellt dann die Mikrostruktur dar. Die lokale Kohärenzbildung erleichternd wirken Referenzen im Text, die Beziehungen und Verbindungen der einzelnen Propositionen verdeutlichen. Dies kann durch Wiederholung und explizite Wiederaufnahme von Argumenten und Verknüpfung von Propositionen und Argumenten erzielt werden (Kintsch & van Dijk 1978: 367). Diese *referenziellen Koreferenzen* werden durch Argumentüberlappung, -wiederholung oder -einbettung realisiert. Eine höhere Anzahl dieser *Koreferenzbeziehungen* im Text erleichtert das Verknüpfen und Hierarchisieren der einzelnen Propositionen und damit die lokale Kohärenzbildung (Schnotz 1994: 152).

Beim Lesen wird also nur eine begrenzte Anzahl von Propositionen extrahiert, gruppiert, im Arbeitsgedächtnis hierarchisiert und dann teilweise im Kurzzeitgedächtnis schematisch gespeichert. Die Auswahl der zu speichernden Propositionen erfolgt hierarchisch und zudem werden Propositionen bevorzugt, die unmittelbar zu verknüpfen sind (Christmann 1989: 62).

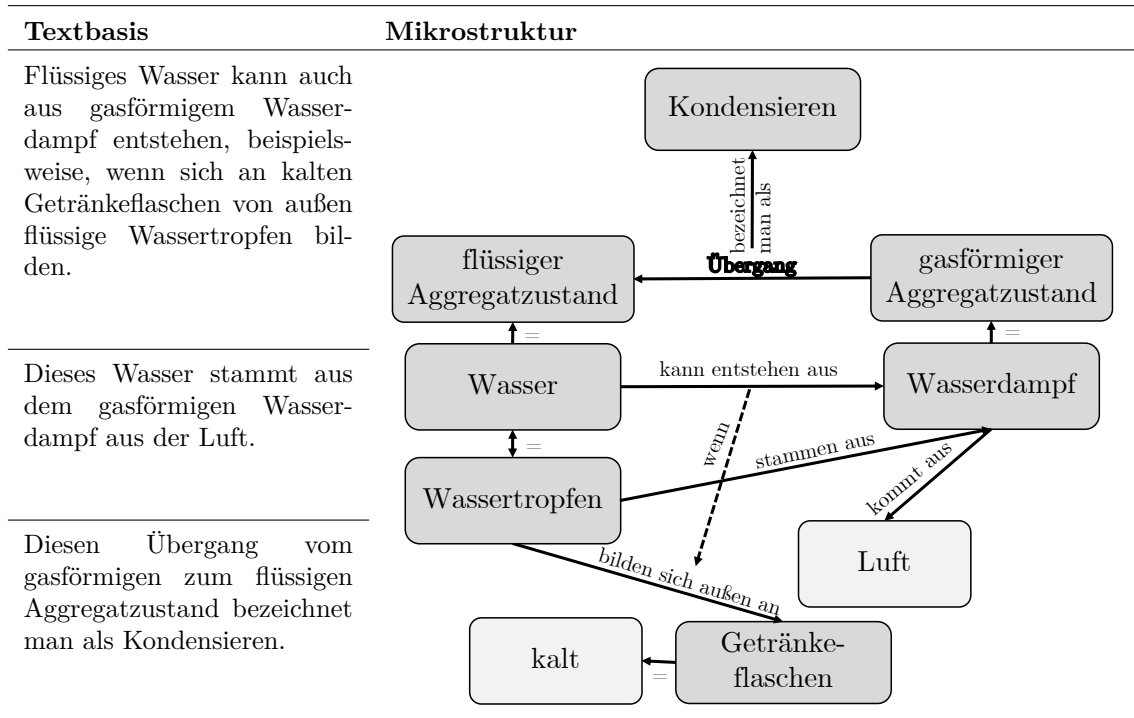


Abbildung 3.5.: Mikrostruktur im Rahmen der lokalen Kohärenzbildung am Beispiel des Textes *Teilchenmodell und Aggregatzustände*.

Im oben aufgeführten Beispiel wird der zweite Satz durch „Dieses Wasser“ mit dem ersten Satz explizit verbunden und es wird deutlich, dass es sich dabei um die Wassertropfen handelt, die im ersten Satz bereits angesprochen worden sind. Durch diese und weitere Verknüpfungen ergibt sich die in Abbildung 3.5 gezeigte Mikrostruktur der drei Sätze. Der Anschluss des dritten Satzes und damit die Verbindung des flüssigen Aggregatzustandes mit dem flüssigen Wasser und den Wassertropfen kann über die lokale Kohärenzbildung nur bedingt erfolgen. Für diese Verknüpfung fehlen relevante Referenzen zwischen diesen Sätzen, da diese erst durch die Bildung von globalen Kohärenzen oder unter Einbezug von Vorwissen für die Lesenden sichtbar werden.

In Abbildung 3.5 wird eine mögliche analytische Mikrostruktur der drei Sätze aufgezeigt. Es können Verknüpfungen zwischen den Sätzen erstellt werden, da das nötige Wissen hierzu im Text vorher genannt wird und somit bei gelungenem Textverstehen auch für diese Mikrostrukturbildung aktiviert werden kann. Wenn diese Verknüpfungen nicht im Text explizit sind, werden anzuknüpfende Propositionen nicht direkt im Arbeitsgedächtnis verarbeitet, sondern im Langzeitgedächtnis ohne Verknüpfungen

abgelegt. Im weiteren Verlauf des Textverstehens können diese abgelegten Präpositionen erneut aktiviert und final mit aktuellen Propositionen verarbeitet werden (Schnotz 1994: 171). Dieser Prozess ist jedoch mit hohem kognitivem Aufwand verbunden.

Bleiben beim Lesen Propositionen ohne jegliche Verknüpfungen im Langzeitgedächtnis, entstehen Kohärenzlücken, die durch Wissen geleitete Inferenzen¹⁹ geschlossen werden können. Das Vorwissen der Lesenden dient somit der Bildung von Inferenzen bei Kohärenzlücken. Ist die Bildung von Inferenzen erfolglos, folgt eine *Wiedereinsetzung*, bei der das Langzeitgedächtnis nach passenden Propositionen durchsucht wird, um diese mit der unverbundenen Proposition des Textes zu verbinden. Sind Inferenzbildung und Wiedereinsetzung erfolglos, so bleibt die mentale Repräsentation des Textes inkohärent. Zudem zeigen Studien, dass Texte ohne propositionale Kohärenzlücken besser zu verstehen und schneller zu lesen sind (Keenan & Kintsch 1974: 160; McKoon & Kintsch 1974: 170). Zu begründen ist dies durch eine geringere kognitive Belastung, wenn Propositionen des Textes schrittweise und lückenlos aneinander anknüpfen und so keine Inferenzen gebildet werden müssen.

Die *globale Kohärenzbildung* meint mentale Prozeduren zur Erschließung des Gesamtzusammenhangs eines Textes. Lokale Kohärenzen werden bei der globalen Kohärenzbildung zu zusammenhängenden propositionalen Makrostrukturen verbunden (van Dijk 1977: 10-12). Lesende erstellen dazu nicht nur Relationen zwischen benachbarten Sätzen lokal, sondern auch global zwischen Zusammenhängen des gesamten Textes.

Das bestehende Vorwissen wird für den globalen Verdichtungsprozess genutzt, da dieser nicht willkürlich, sondern aufgrund plausibler, regelgeleiteter Annahmen vollzogen werden muss (Kintsch & van Dijk 1978: 366). Propositionale Repräsentationen werden dazu generalisiert, ausgelassen, integriert oder neu konstruiert (van Dijk 1977: 10-14). Lesende extrahieren sukzessiv propositionale Strukturen, verdichten diese zu Makrostrukturen und repräsentieren den Text nach dem Prinzip der kognitiven Ökonomie zunächst durch lokale und abschließend durch globale Kohärenzen (Schnotz 1994: 178)²⁰. Durch diesen Prozess entstehen komprimierte und verknüpf-

¹⁹Inferenzen umfassen in der Linguistik Schlussfolgerungen, die im Text nicht explizit ausgeführt sind oder implizit bleiben.

²⁰Diese Annahme basiert auf der Schema-Theorie, die die Verknüpfung von Welt- und Vorwissen mit dem Text erläutert (Göpferich 2019: 283-284). Allerdings bleibt die Wechselwirkung von Textinformationen und Schemata in diesem Ansatz noch unberücksichtigt und wird in dem holistischen Ansatz weiter ausgeführt (Christmann 1989: 75; Johnson-Laird 1983: 379).

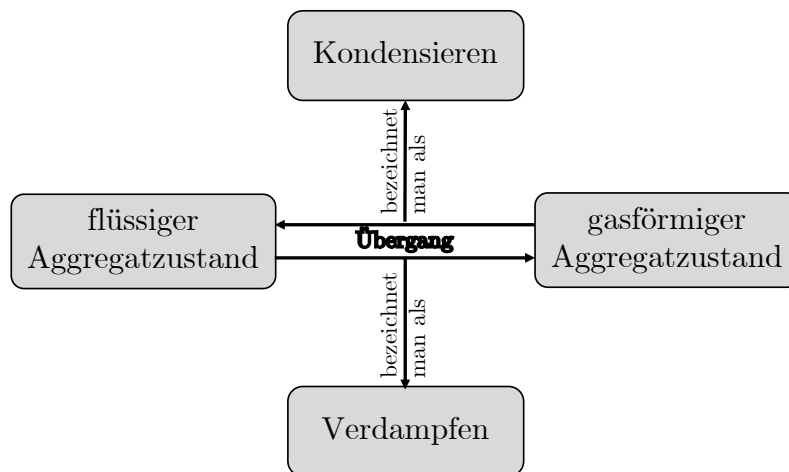


Abbildung 3.6.: Makrostrukturausschnitt im Rahmen der globalen Kohärenzbildung am Beispiel des Textes *Teilchenmodell und Aggregatzustände*.

te globale Informationen, die vor allem das Lesen und Interpretieren von langen Texten durch Entlastung des Arbeitsgedächtnis erleichtern (Schnotz 1994: 175). So könnte die in Tabelle 3.5 gezeigte Mikrostruktur u. a. mit folgenden zwei Sätzen des Textes verknüpft werden: *Ab einer Temperatur von 100 °C kommt kein flüssiges Wasser mehr vor, denn das gesamte flüssige Wasser ist in den gasförmigen Aggregatzustand übergegangen. Dieser Übergang heißt Verdampfen.* Mithilfe von Vorwissen könnten Lesende bspw. plausibilisieren, dass es sich bei den Wassertropfen an der kalten Getränkeflasche um ein für den Gesamtzusammenhang nicht relevantes Anführungsbeispiel handelt. Der Titel des Textes *Aggregatzustände und Teilchenmodell* signalisiert den Lesenden außerdem, dass ein Fokus auf die Aggregatzustände zu legen ist. Eine mögliche komprimierte Makrostruktur dieser Sätze stellt die Abbildung 3.6 dar. Die dargestellte Makrostruktur stellt nur einen möglichen Ausschnitt unter vielen anderen möglichen dar.

Die Information, dass Wasser dem flüssigen und Wasserdampf dem gasförmigen Aggregatzustand zugeordnet ist, wird in diesem Ausschnitt nicht aufgeführt, sollte aber in der gesamten Makrostruktur des Textes an einer anderen Stelle vorkommen. Ob die in dieser Makrostruktur im Vergleich zur Mikrostruktur ausgelassenen Informationen generalisiert, integriert, neu konstruiert oder eben ausgelassen werden, hängt individuell von den Lesenden ab.

Zusammenfassend haben Kintsch (1974) und Kintsch & van Dijk (1978) mit dem additiv-elementarischen Ansatz mentale Textverstehensprozesse beschrieben, die

heute grundlegend für das Verständnis von Textverstehen und den Aufbau von mentalen Modellen sind. Aus diesen theoretischen Maximen lassen sich so verschiedene Merkmale ableiten, die das Textverstehen beeinflussen. Insbesondere eine stringent verbundene propositionale Struktur und darin eingeschlossene referenzielle Koreferenzbeziehungen gelten als unterstützend für das Textverstehen. Wissensbasierte Inferenzen werden nur bei fehlenden Koreferenzbeziehungen oder Kohärenzlücken benötigt. Idealerweise ist der Einbezug von leserseitigem Wissen bei der lokalen Kohärenzbildung nicht notwendig (Christmann 1989: 63) – für die sinnhafte Komprimierung bei der Makrostrukturbildung dagegen schon. Insgesamt ist der additiv-elementarische Ansatz recht mechanisch (Schnotz 1994), da der Einbezug von Vorwissen minimal ist und sich nur auf das stringente Verknüpfen von Argumenten fokussiert wird. Kausale, temporale und räumliche Relationen erhalten bspw. keinerlei Beachtung bei den referenziellen Koreferenzbeziehungen. Im holistischen Ansatz kommt dem leserseitigen Wissen deutlich mehr Bedeutung zu. Dazu wird im Folgenden expliziert, wie mit den konsistent aufgebauten und verknüpften Propositionen weiter verfahren wird.

Holistischer Ansatz

Beim *holistischen Ansatz* wird das Vorwissen auf Seiten der Lesenden als Anknüpfungspunkt für Inhalte des Texts und als zentrale Bedingung zum Aufbau eines mentalen Modells angesehen (Schnotz 1994: 178). Das *mentale Modell* ist eine vollständige, teils bildhafte Repräsentation der Textinhalte unter Einbezug des Vorwissens bei den Lesenden. Der Ansatz wurde von Johnson-Laird (1983) geprägt. Mentale Modelle stellen keine prototypischen Bilder dar, da in mentalen Modellen nicht nur Sachverhalte dargestellt, sondern auch geschaffen oder auf diese rückgeschlossen wird (Johnson-Laird 1983: 148). Das Vorwissen wird in den verschiedenen holistischen Ansätzen, die auf das mentale Modell Bezug nehmen, unterschiedlich einbezogen. Nachfolgend werden Szenario-Repräsentation, Schema-Theorie, internes Textmodell und Situationsmodell aufgeführt.

Bei der *Szenario-Repräsentation* von Sanford & Garrod (1981) gilt das Vorwissen als vorgegebene Struktur – *Szenario* genannt – die beim Lesen aktiviert wird. Passen die Informationen eines Textes stereotypisch in ein Szenario, wird der Text ohne Komplikationen verstanden. Ist kein zu den Textinformationen passendes Szenario aktiv, werden die Informationen kognitiv aufwändig in ein weniger passendes aktives

Szenario integriert oder ein neues, passenderes Szenario aus dem Langzeitgedächtnis aktiviert. Die Szenario-Repräsentation greift auf die Grundsätze der *Schema-Theorie* zurück, mithilfe derer die Verknüpfung von in Schemata geordnetem Welt- und Vorwissen mit dem Text erläutert werden kann. Wissen bestehend aus Argumenten, Konzepten und Relationen ist dabei im Langzeitgedächtnis in Form von Schemata geordnet und wird beim Lesen selektiv aktiviert (Schnotz 1985: 14). Diese Schemata ermöglichen, Informationen schnell und routiniert Bedeutung zuzuordnen – vorausgesetzt, die Informationen passen in ein aktiviertes Schema. Neue (passende) Informationen werden an bestehende Anknüpfungspunkte eines Schemas bzw. Szenarios angegliedert und so verstanden (Göpferich 2019: 283). In gleicher Weise erschließen sich Lesende Begriffe, indem sie Textinhalte an bestehende Schemata andocken bzw. in bestehende Szenarios eingliedern. Es kann somit nicht zwischen einer lokalen und globalen Kohärenzbildung unterschieden werden, da Textinformationen in schon bestehende, größere Strukturen eingegliedert werden.

Folgendes Beispiel vom Wäschewaschen von Bransford & Johnson (1972) stellt die erste Grundlage für diese Annahme dar. Versuchspersonen sollten in einer Studie Texte nach ihrer Verständlichkeit einschätzen und wiedergeben.

Die Prozedur ist wirklich ganz einfach. Erst ordnen Sie die Sachen in verschiedene Gruppen. Natürlich kann ein Haufen genügen – je nachdem wie viel zu tun ist. Wichtig ist es, maßvoll zu bleiben. D. h.: Es ist besser, bei einem Mal zu wenige Sachen zu nehmen als zu viele. Ein Fehler kann hier ziemlich kostspielig werden. Zunächst mag die ganze Angelegenheit kompliziert erscheinen. Bald jedoch werden Sie sie als etwas ganz Alltägliches ansehen. Es ist kaum anzunehmen, dass sie in nächster Zeit ganze entbehrlich werden wird. Wenn die Prozedur beendet ist, teilt man die Sachen in verschiedene Gruppen auf. Sie können dann an die dafür vorgesehenen Plätze gebracht werden. Meist verwendet man sie wieder. Dann beginnt der ganze Kreislauf von Neuem, aber so ist das Leben. (zitiert nach Schnotz 2006 : 223)

Es wurden sehr unterschiedliche Einschätzungen der Textverständlichkeit und Reproduktionsleistungen erzielt, je nachdem, ob die Überschrift bzw. der Kontext *Wäschewaschen* vor oder nach dem Lesen des Textes oder gar nicht bekannt gemacht worden ist. Die Kohärenzbildung ist in diesem Beispiel abhängig von Anknüpfungspunkten zu bestehendem Wissen sowie dem Inhalt des Textes und erfolgt schematageleitet. Von Verstehen kann laut dem holistischen Ansatz gesprochen werden, wenn durch Schemata neues Wissen erschlossen oder mithilfe von propositionalen Repräsentationen Schemata aufgebaut, rekonstruiert bzw. umstrukturiert werden (Rabe & Mikelskis 2007: 35). Die Textkohärenz ist dabei keine Texteigenschaft, son-

dern durch die Interaktion von Textinformation und insbesondere dem Vorwissen bestimmt (Göpferich 2019: 283). Die Bedeutung von textstrukturellen Elementen (Konnektoren, kohäsionssteigernde Mittel, Koreferenzen etc.) wird für die Kohärenzbildung als zweitrangig angesehen.

Ähnlich beschreiben Collins et al. (1980: 393-395), dass zu Beginn des Lesens ein *internes Textmodell* mithilfe und auf Grundlage von Vorwissen erstellt wird, welches durch Informationen im Text immer wieder erweitert, angepasst und durch selbst gestellte Fragen während des Lesens kontinuierlich evaluiert wird. Eine Ergänzung im Vergleich zur Szenario-Repräsentation und Schema-Theorie stellen die selbst gestellten Fragen dar. Können Fragen nicht beantwortet oder Textinformationen nicht ins interne Textmodell eingegliedert werden, kommt es zur Neustrukturierung oder zu Verständnisproblemen (Collins et al. 1980: 405). Inferenzen werden nur dann gebildet, wenn sich keine Hinweise zur Kohärenzbildung aus dem Szenario bzw. dem internen Textmodell ableiten lassen. In diesem Fall werden Szenarien bzw. wird das interne Textmodell mithilfe von weiteren Textinformationen und -interpretation kognitiv aufwändig neu aufgebaut, rekonstruiert oder umstrukturiert.

Auch das *Situationsmodell* von van Dijk & Kintsch (1983) zählt zu den holistischen Ansätzen der Kohärenzbildung über mentale Modelle. Es stellt eine Ergänzung zu der Konstruktion von Mikro- und Makrostrukturen über lokale und globale Kohärenzen des additiv-elementarischen Ansatzes dar, da der Interaktion zwischen Lesenden und Textinformationen mehr Bedeutung zukommt. Allerdings laufen Mikro- und Makrostrukturbildungsprozesse vor Einbezug des Vorwissens durch Textinformationen geleitet ab. Die entstehenden textnahen Strukturen werden anschließend in bestehende Wissensstrukturen eingegliedert. Das Situationsmodell ist somit ebenso eine kognitive Repräsentation der Handlungen, Sachverhalte, Personen und Aktivitäten des Textinhalts unter Einbezug von Vorwissen. Es wird aber aus Repräsentationen des Textes in Form von Mikro- und Makrostrukturen angeleitet (van Dijk & Kintsch 1983: 11-12).

Zusammenfassend verbindet die beschriebenen holistischen Ansätze, dass beim Lesen globale Strukturen in Form von Modellen auf Grundlage des Vorwissens der Lesenden gebildet werden. Eine Trennung der lokalen und globalen Kohärenzbildung erfolgt meist nicht, da diese Prozesse als fließend und parallel ablaufend – mit dem Ziel globale Strukturen in Modellen abzubilden – verstanden werden (Schnotz 1994: 175-177). Die mentalen Modelle sind im Vergleich zu den propositionalen Makrostrukturen des additiv-elementaristischen Ansatzes abstrakte, bildhafte, durch

Vorwissen geprägte und von der Textbasis losgelöste Abbildungen des Textes. Neue Textinformationen werden sukzessive in bestehende Modelle eingegliedert und verarbeitet. Gelungenes Textverstehen ist maßgeblich davon abhängig, ob Anknüpfungspunkte im Vorwissen für Textinformationen vorhanden sind. Der Inferenzbildung kommt in diesem Ansatz die Funktion zu, die im Text implizit gebliebenen Informationen im Modell darzustellen und die selbst gestellten Fragen der Lesenden zu beantworten (Schnotz 1994: 184). Hierzu wird Vorwissen genutzt, das der tieferen Interpretation und Differenzierung des Textinhalts dient (Schnotz 1994: 210). Kohärenzen werden dabei wesentlich mithilfe von Vorwissen gebildet. Die Textbasis bildet hier den Ausgangspunkt für die Bildung von mentalen Modellen, ist aber deutlich weniger zentral als bei dem additiv-elementaristischen Ansatz. Dies ist der größte Kritikpunkt am holistischen Ansatz, da eine starke Loslösung von der nur marginal berücksichtigten (semantischen) Textbasis besteht und die propositionale Repräsentation größtenteils undefiniert oder unberücksichtigt bleibt. Dieser Kritikpunkt wird vom integrativen Ansatz aufgegriffen. Durch die parallele Betrachtung von Situationsmodell und propositionaler Repräsentation schaffen van Dijk & Kintsch (1983) die Grundlage für den im Folgenden behandelten integrativen Ansatz.

Integrative Ansatz

Der *integrative Ansatz* verknüpft additiv-elementarische und holistische Ansätze und versteht Lesen als Interaktion zwischen Lesenden und dem Text. Lesen besteht demnach aus dem simultanen Aneinanderreihen von propositionalen Repräsentationen und dem Aufbauen eines mentalen Modells. Bereits im Gedächtnis vorhandene Wissensstrukturen unterstützen den Aufbau des mentalen Modells und stellen Anknüpfungspunkte für neue Propositionen dar. Die Vorgabe von Zielsetzungen, Titeln und Überschriften sowie die Hervorhebung schemarelevanter Textelemente erleichtern durch die Aktivierung des relevanten Vorwissens das Textverstehen (Christmann & Groeben 1996: 133-136). Die aus dem Text entnommenen propositionalen Repräsentationen können dabei zu verschiedenen mentalen Modellen bei den Lesenden führen sowie bestehende Wissenstrukturen bzw. Modelle umstrukturieren. Aufgebaute mentale Modelle werden während des Leseprozesses aufgrund neuer textbasierter propositionaler Repräsentationen ständig unter Einfluss des Vorwissens revidiert und rekonstruiert (Schnotz 1994: 178).

Diese Repräsentation ist fehlerbehaftet; im Vorwissen bestehen nicht zwangsläufig Anknüpfungspunkte für den Textinhalt und die sprachliche Darstellung. Kohärenzen und Inferenzen des Textes können Verständnisprobleme hervorrufen. Bereitgestellte Kohärenzbildungshilfen im Text führen nicht immer zur Bildung eines kohärenten mentalen Modells (Starauschek 2006: 129). Die Grenzen zwischen Verstehen, Irrtum und Missverstehen sind fließend und können mithilfe der folgenden Repräsentationsebenen besser verstanden werden:

- *Repräsentation der Textoberfläche*: Wortwörtliche Abbildung von Sätzen und Satzteilen in Form von unverknüpften Prädikat-Argument-Strukturen.
- *Propositionale Repräsentation*: Abbildung in Form von untereinander verknüpften Prädikat-Argument-Strukturen und Bildung von Mikro- und Makrostrukturen.
- *Repräsentation in Form eines mentalen Modells*: Bildhafte Darstellung des Textes unter Einfluss von Vorwissen und Bildung von globalen Kohärenzen.

Die oberflächliche selektive Konstruktion von einzelnen Propositionen aus einzelnen Sätzen stellt eine niedrige Repräsentationsebene dar, baut hauptsächlich auf syntaktischen und lexikalischen Eigenschaften auf und wird *Repräsentation der Textoberfläche* genannt (Schnotz & Dutke 2004: 74). Die Erinnerung an Informationen dieser Ebene ist zeitlich begrenzt, da die Kohärenzbildung kognitiv wenig anspruchsvoll verläuft und hauptsächlich auf wortwörtlichen Formulierungen basiert (Schnotz & Dutke 2004: 74). Diese Repräsentationsebene gilt als Grundlage der höheren Verarbeitungsstufen, da semantische Einheiten nur durch Verstehen der Oberflächenstruktur des Textes verarbeitet werden können (Schnotz 2006: 225). Für die Textoberflächenrepräsentation ist das Verständnis von einzelnen Wörtern, Begriffen und Konzepten zentral. Insbesondere fehlerhafte Rezeption und die Dekodierung von Wörtern führen hier zu Verständnisproblemen, die zudem die höheren Repräsentationsebenen beeinflussen können.

Das Verstehen von lokalen Kohärenzen und sprachlichen Zusammenhängen stellt eine mittlere Repräsentationsebene dar und verbindet vor allem mehrere semantische Einheiten eines Textes durch vom Text gelöste Propositionen. Dies wird deshalb als *propositionale Repräsentation* bezeichnet. Hierzu zählen Verknüpfungen von mehreren lokalen (Mikrostrukturen) bis hin zur Bildung von globalen Textzusammenhängen (Makrostrukturen). Fehlende Verbindungen aufgrund von Kohärenzlücken im Text werden beim gelungenen Textverstehen durch Vorwissen geschlossen. Durch die Abstraktionsprozesse der Makrostrukturbildung wird das Arbeitsgedächtnis entlas-

tet, indem Textoberflächenrepräsentationen durch komprimierte Strukturen ersetzt werden (Schnotz 2006: 226). Die Kohärenzbildung der mittleren Repräsentationsebene kann durch fehlende Koreferenzen im Text, Aktivierung unpassenden Vorwissens sowie durch Bildung von fehlerhaften Verknüpfungen in Mikro- und Makrostrukturen negativ beeinflusst werden und so zu Verständnisproblemen führen.

Die höchste Repräsentationsebene wird *Repräsentation in Form eines mentalen Modells* genannt und meint die globale Kohärenzbildung durch den Aufbau eines einheitlichen, in sich widerspruchsfreiem mentalen Modells, das sich aus Verknüpfungen der umfassenden Repräsentation der Textoberfläche, aller propositionalen Informationen und bestehenden Wissensstrukturen zusammensetzt (Johnson-Laird 1983: 370; Schnotz 1994: 179). Die Repräsentation durch mentale Modelle unterscheidet sich von den beiden niedrigeren Repräsentationsebenen insbesondere durch ein bildhaftes, von der Textbasis losgelöstes Format (Johnson-Laird 1983). Mithilfe mentaler Modelle können Lesende Textinformationen (top-down) interpretieren und Inferenzen erzeugen, wenn Kohärenzlücken im Text bestehen (Schnotz & Dutke 2004: 74). Die Bildung von Inferenzen kann selbst erfolgreich verlaufen, wenn kein Vorwissen für die Bildung vorhanden ist, da mittels mentaler Modelle Sachverhalte logisch konstruiert werden können. Die Repräsentationsebene beinhaltet kaum konkrete Textinformationen, sodass wortwörtliches Erinnern erschwert ist, da Sachverhalte und Beziehungen losgelöst von der Textbasis repräsentiert werden (Schnotz & Dutke 2004: 73). Das bei Lesenden konstruierte mentale Modell des Textinhalts repräsentiert nicht das von der Autor:in intendierte Modell, da das individuelle Vorwissen der Lesenden durch Interpretation und Inferenzbildung auf die Bildung des mentalen Modells einwirkt.

Auch in diesem Ansatz führt das Komprimieren und Verknüpfen von (propositionalen) Informationen und Mikrostrukturen über globale Makrostrukturen und globale Kohärenzen bis hin zum Aufbau eines mentalen Modells zur kognitiven Entlastung des Arbeitsgedächtnis (Schnotz 1994: 161). Die drei beschriebenen Repräsentationsebenen werden allerdings nicht schrittweise durchlaufen, sondern parallel. Aufgrund dieser Parallelität sind sie nicht mit Verstehen, Irrtum und Missverstehen gleichzusetzen. Vielmehr bedingt die Interaktion zwischen dem Vorwissen und weiteren Merkmalen der Lesenden und Textmerkmalen den Grad des Verstehens. Die mentale Repräsentation läuft miteinander verschränkt sowie mit dem Vorwissen verwoben in den verschiedenen Repräsentationsebenen ab. Die hier beschriebenen Zusammenhänge sind in Abbildung 3.7 zusammengefasst dargestellt.

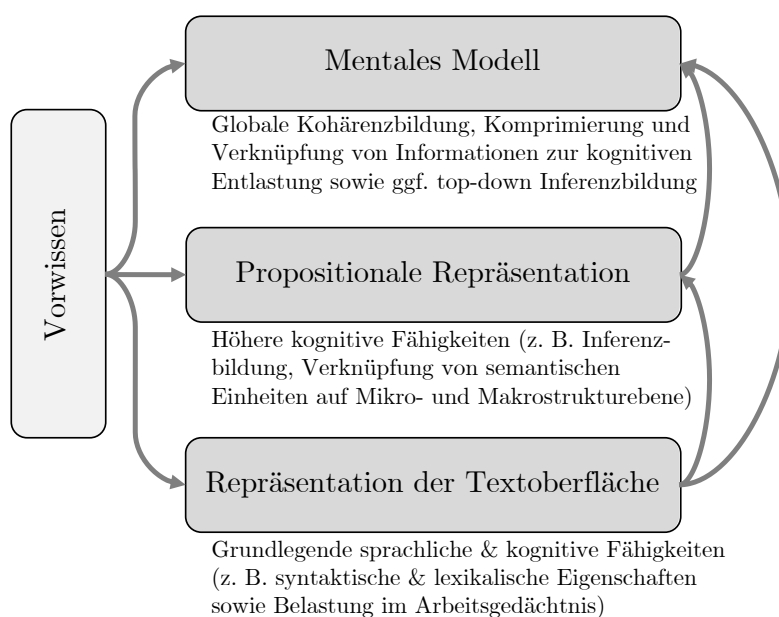


Abbildung 3.7.: Zusammenhänge zwischen den Repräsentationsebenen, sprachlichen sowie kognitiven Fähigkeiten und dem Vorwissen.

Diese Interaktivität wird besonders in dem *Konstruktions-Integrations-Modell* von Kintsch (2005) deutlich. Es stellt keine weitreichende Neuerungen, sondern eher eine Zusammenfassung der bestehenden Forschungsansätze dar. Kintsch (2005) beschreibt das Modell wie folgt:

The construction-integration model describes the interplay between top-down and bottom-up processes in comprehension: how top-down processes guide comprehension and how bottom-up processes constrain it. At every level of analysis—from basic linguistic processing to knowledge integration – both top-down and bottom-up processes jointly determine the nature of the mental representations formed in comprehension (Kintsch 2005: 125)

Textverstehen ist demnach ein zyklischer Prozess aus Konstruktions- (bottom-up) und Integrationsphase (top-down). Die Konstruktionsphase besteht aus den oben beschriebenen Repräsentationsschritten über Propositionen sowie lokale und globale Kohärenzen. Hierbei werden Assoziationen und Inferenzen gezogen. Allerdings wird noch nicht zwischen passenden und unpassenden Konzepten unterschieden (Kintsch 1998: 99). In der Integrationsphase werden Widersprüche und Beschränkungen zum Vorwissen unter Einfluss des jeweiligen Kontextes aufgelöst. Die Kohärenzbildung läuft in der Konstruktions-Integrations-Theorie analog zum Strategiemodell über das Situationsmodell – bestehend aus textbasierten und wissensbasierten Verknüpfungen – ab (Kintsch 1998: 103). Dieses wird durch die fortschreitende propositionale

Repräsentation ständig erweitert, modifiziert und revidiert. Der Einbezug von Vor- und Weltwissen ist in diesem Modell regelhaft vorgesehen und die Inferenzbildung wird als Teil der Sprachverarbeitung verstanden. Diese Verarbeitungsprozesse können zyklisch wiederholt werden, sodass kohärente Repräsentationen zur Entlastung des Arbeitsgedächtnis auf wenige zentrale Propositionen reduziert werden, die für den nächsten Zyklus Anknüpfungspunkte bieten (Kintsch 1998: 102)²¹.

Die Konzepte und Begrifflichkeiten der hier beschriebenen kognitionspsychologischen Ansätze haben bis heute Einfluss und Bestand: Auch die drei *Prozesse des Lesens* der aktuellen PISA-Studie basieren auf dem Aufbau eines Situationsmodells aus einzelnen Textinformationen unter Einfluss des Vorwissens, das beim Lesen immer wieder evaluiert und revidiert wird (Reiss et al. 2019: 31). Ebenso wird die Relevanz von Schema-Wissen insbesondere für das Lesen von Sachtexten benannt.

Zusammenfassend werden durch den hier beschriebenen integrativen Ansatz die additiv-elementaristischen und holistischen Ansätze zusammengeführt. Textverstehen besteht demnach aus der simultanen Konstruktion der drei mentalen Repräsentationsebenen. Die interaktive Verknüpfung und Verwebung der jeweils spezifische Aufgaben erfüllenden Repräsentationsebenen unter Berücksichtigung des Vorwissens stellt die Modellierung des Konzeptes *Textverstehen* für diese Arbeit dar. Durch die *Repräsentation der Textoberfläche* wird das Verarbeiten, Memorieren und Wiedergeben von Formulierungen ermöglicht. Die *propositionale Repräsentation* basiert auf höheren kognitiven Fähigkeiten und fokussiert die semantische Ebene des Textes, indem Inferenzen gebildet werden. Weiter erfolgt eine erste Entlastung der kognitiven Ressourcen, da Textoberflächenrepräsentationen durch komprimierte Strukturen ersetzt werden. Das *mentale Modell* ermöglicht weitreichende Interpretationen und Bearbeitung von Transferaufgaben, losgelöst von der Textbasis und basiert auf den systematisch komprimierten unteren Repräsentationsebenen. Hierbei wird durch die Abstraktion von der Textbasis sowie durch Kompression und Verknüpfung einzelner Propositionen zu Makrostrukturen eine Entlastung der kognitiven Ressourcen ermöglicht. Zudem wird deutlich, dass für gelingendes Textverstehen Textmerkmale und Merkmale der Lesenden konstruktiv miteinander interagieren.

²¹Da das Modell im Vergleich zu den anderen als technisch und als Basis für die Computersimulation des Verstehens angesehen wird (Lutz 2015: 107), findet es außerhalb der Grundlagenforschung wenig Anwendung und wird hier aus diesem Grund nicht als eigenständiger Ansatz ausführlicher präsentiert.

3.4.2. Differenziell-psychologische Ansätze zur Lesekompetenz

Die *differenziell-psychologischen Ansätze* bieten eine ergänzende Sicht auf Textverstehen. Sie können sowohl zur kompetenzorientierten Diagnostik als auch zur Operationalisierung von Leseleistung herangezogen werden. Dabei weisen sie teilweise Analogien zu den kognitionspsychologischen Ansätzen auf, fokussieren aufgrund der diagnostischen Ausrichtung allerdings das Textverständnis als Endprodukt. Die Ansätze werden hier aufgeführt, da sie die Grundlage für die Lesekompetenzmodellierung in Schulleistungsstudien (z. B. PISA oder IGLU) darstellen und für die Erstellung des Erhebungsinstrumentes dieser Studie relevant sind. Beschrieben werden die Konzepte *Reading Literacy*, *Document Literacy* und die *Lesekompetenz*, die auf die beiden erst genannten Konzepte aufbaut.

Reading Literacy

Das Konzept *Reading Literacy*²² ist die Grundlage von Schulleistungsstudien und wird meist mit Lesekompetenz übersetzt. *Lesekompetenz* wird von der OECD in der PISA-Studie als

Fähigkeit einer Person, geschriebene Texte zu verstehen, zu nutzen und über sie zu reflektieren sowie bereit zu sein, sich mit ihnen auseinanderzusetzen, um eigene Ziele zu erreichen, eigenes Wissen und Potenzial zu entwickeln und an der Gesellschaft teilzuhaben. (Reiss et al. 2016: 23)

bezeichnet. Lesen gilt als unabdingbare Schlüsselqualifikation für Lern- und Entwicklungsprozesse sowie für die berufliche, institutionelle und private Kommunikation, da zentrale Einrichtungen und Institutionen schriftlich organisiert sind (Reiss et al. 2019: 21).

Lesekompetenz wird in PISA u. a. in *Verstehen* und *Reflektieren* getrennt. *Verstehen* sowie die Anwendung des Verstandenen wird von Reiss et al. (2016: 253) durch folgende Aspekte beschrieben, die Parallelen zu den kognitionspsychologischen Ansät-

²²Das angelsächsische Rahmenkonzept *Literacy* kann frei übersetzt mit *Grundbildung* bezeichnet werden und wird in die drei Domänen *Reading Literacy*, *Mathematical Literacy* und *Scientific Literacy* differenziert (Reiss et al. 2016: 17). Diese Differenzierung in sprachliche, mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung ist nicht direkt auf die zugehörigen Unterrichtsfächer übertragbar, sondern zielt auf Kenntnisse und Kompetenzen für die erfolgreiche nachschulische Lebensführung ab. Besonders die Lesekompetenz ist für die spätere Teilhabe und das lebenslange Lernen wichtig, denn in allen Lebensbereichen wird Wissen durch Texte präsentiert, gespeichert und kommuniziert (Reiss et al. 2016: 17).

zen aufweisen: (1.) Die Wiedererkennung von wortwörtlichen Formulierungen basiert auf der Repräsentation der Textoberfläche, (2.) die Unterscheidung von irrelevanten und relevanten Informationen im Text erfolgt durch systematische Kompression von Mikro- zur Makrostruktur und (3.) das Ableiten und Interpretieren von impliziten Informationen zählt zu der lokalen und globalen Kohärenzbildung sowohl durch propositionale Repräsentation als auch in Form eines mentalen Modells.

Reflektieren beinhaltet das kritische Beurteilen, Bewerten und Hinterfragen der Textinformationen und dessen Sprachgebrauch auf Grundlage bestehenden Wissens und Erfahrungen (Reiss et al. 2016: 253), was die Repräsentation in Form eines mentalen Modells voraussetzt. Ähnlich wird in der IGLU-Studie 2016 die Relevanz von Lesekompetenz hervorgehoben und Textverstehen als konstruktiv-interaktiver Prozess beschrieben, der von dem bei den Lesenden vorhandenen Sprach- und Weltwissen und durch (automatisierte) kognitive und metakognitive Strategien beeinflusst wird (Hußmann et al. 2017: 80). Die Beschreibung des Textverstehens in der IGLU-Studie basiert ebenfalls auf kognitionspsychologischen Ansätzen. Volitionale und affektive Faktoren des motivierten Lesens werden sowohl in den PISA-Studien als auch in der IGLU-Studie von 2016 benannt und sind Teil der in diesen Studien zum Verfassen von Sachtexten genutzten Textverständlichkeitsdimensionen nach Göpferich (2019) (vgl. Kapitel 3.4.4).

Document Literacy

Neben dem Konzept *Reading Literacy* stützen sich bestehende Schulleistungsstudien auf das Konzept *Document Literacy*, um Lesekompetenz zu operationalisieren (Kirsch 2001; Mosenthal 1996). Dieses Konzept stellt z. B. den Rahmen für die *International Adult Literacy Study* (IALS) oder den *National Adult Literacy Survey* (NALS) und sieht Lesekompetenz als Wechselwirkung zwischen Verstehensprozessen, Aufgabenmerkmalen und Texteigenschaften an (Kirsch 2001: 3; Mosenthal 1996: 314). Es ergänzt das Konzept *Reading Literacy*, da Lesekompetenz nicht nur beschrieben, sondern mithilfe von Kategorien operationalisiert wird. Die Kategorien bilden u. a. die kognitiven Prozesse ab, die bei der Bearbeitung eines Textverstehenstests ablaufen. Die Kategorien der Operationalisierung nach Kirsch (2001) berücksichtigen – neben kognitiven Prozessen und Strategien – Kategorien zur Erfassung von Textkontexten, Textarten, Textsorten, Textformaten und Darstellungsarten sowie zusätzlich Kodierregeln für die Aufgabenstellung (Kirsch 2001: 51). Die

zum Verstehen und Reflektieren nötigen kognitiven Prozesse werden von Mosenthal (1996: 319) in vier verschiedene *Document-Processing-Strategien* eingeteilt und von Kirsch (2001: 15-16) aufgegriffen: 1. *Locate*, 2. *Cycle*, 3. *Integrate* und 4. *Generate Strategies*. Jeweils mit aufgeführt werden die nötigen Repräsentationsebenen der kognitionspsychologischen Ansätze, um deutlich zu machen, dass diese die nötigen, nicht sichtbaren Prozesse hinter diesen Strategien darstellen.

Locate strategies meinen das Lokalisieren von Informationen im Text, um damit eine Aufgabenstellung zu bearbeiten. Die Spannweite dieser Strategie erstreckt sich vom Auffinden und Rezipieren einer wortwörtlichen Information im Text bis hin zum Abgleich einer Bedeutung der Aufgabenstellung mit einer Textaussage. Dazu muss aus beiden Teilen eine semantische Repräsentation der Textoberfläche erstellt und abgeglichen werden. *Cycle Strategies* dagegen sehen nicht den Abgleich einzelner, sondern mehrerer Informationen vor. Konkurrierende Textinhalte müssen lokalisiert, rezipiert und verstanden werden, damit die erforderliche und relevante Textstelle als solche erkannt wird. Hierfür ist das Bilden von propositionalen Repräsentationen und von Mikrostrukturen relevant. Über das reine Lokalisieren und Verstehen hinaus gehen die *Integrate Strategies*, da hierbei ein oder mehrere Textsegmente verknüpft werden (Bildung von Makrostrukturen). Die Verknüpfung erfolgt, um Textstellen miteinander auf Konsistenz, Differenz oder Kausalität zu untersuchen. Diese Integration bedarf der semantischen Interpretation von nah beieinander oder im Text verteilter, teils implizit präsentierter Informationen. Hierfür müssen lokale und globale Kohärenzen gebildet werden. Einen Schritt weiter gehen die *Generate Strategies*: Sie meinen Generalisierungsprozesse, die auf Grundlage von rezipierten Informationen und Konzepten sowie unter Einfluss von Vorwissen ablaufen und über die Bildung eines mentalen Modells zu realisieren sind.²³

Neudefinition der Lesekompetenz in PISA 2018

Die *Neudefinition der Lesekompetenz* in der PISA-Studie von 2018 berücksichtigt den Wandel hin zu digitalen Medien. Lesen wird stärker als zielgerichtete Handlung erfasst, deren Gelingen von Textmerkmalen und Eigenschaften der Lesenden sowie Lesesituationen abhängt (Reiss et al. 2019: 21). Neben neuen digitalen Text-

²³Mosenthal (1996: 319) nennt neben diesen kognitiven Prozessen noch Einflussfaktoren, die als das Textverstehen erleichternde oder erschwerende Randbedingungen gelten und nicht den Prozess als solchen beschreiben. Für eine detaillierte Beschreibung dieser Einflussfaktoren sei auf die Werke von Kirsch (2001: 10-13) und Mosenthal (1996: 319) verwiesen.

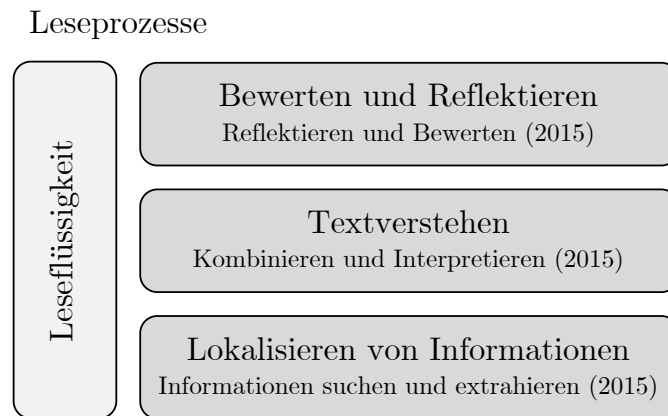


Abbildung 3.8.: Modell der Leseprozesse in PISA 2018 ergänzt durch die Benennung der Leseprozesse aus PISA 2015.

arten (Websites, PDFs, etc.) kommen außerdem vielfältige Kombinations- und Verknüpfungsmöglichkeiten mit Bildern, Grafiken, Tabellen, Filmen etc. hinzu. Die aus mehreren Texten, Medien und Aufgaben bestehenden *Leseszenarien*, die in der PISA-Studie verwendet werden, sollen dabei authentische Lesesituationen simulieren (Reiss et al. 2019: 21)²⁴. Das ebenso neu hinzugefügte *Aufgabenmanagement* berücksichtigt, dass Lesende ihren Leseprozess durch unterschiedlich komplexe, selbst gestellte oder von außen kommende Aufgaben und Ziele leiten (Reiss et al. 2019: 28). Zielsetzung, Selbstregulation und Monitoring beeinflussen direkt den Fokus und Ablauf des Lesens. Weiter wird in PISA 2018 das Konzept des *basalen Leseprozesses* bzw. der *Leseeflüssigkeit* eingeführt, das grundlegend für die aus vorherigen PISA-Studien bekannten *Leseprozesse* ist. Das Konzept *Leseeflüssigkeit* liegt quer zu den Leseprozessen (vgl. Abbildung 3.8). Leseeflüssigkeit ist dabei gekennzeichnet durch eine akkurate Wortdekodierung (Erkennen und Verstehen von Wörtern), die routiniert und automatisiert abläuft und ein vergleichbares Fundament zur Repräsentation der Textoberfläche darstellt (Reiss et al. 2019: 26). Geübte Lesende, die mithilfe von Sprachwissen eine hohe Leseeflüssigkeit erzielen, entlasten das Arbeitsgedächtnis (vgl. Kapitel 3.1.1), da es ihnen gelingt, Sinneinheiten schnell als solche zu erkennen, zu dekodieren und zu verstehen. Wohingegen „[m]angelnde Leseeflüssigkeit [dazu führt], dass im Arbeitsgedächtnis keine oder zu wenig Kapazitäten frei sind, um eine globale Repräsentation des Textinhalts aufzubauen oder um Lesestrategien für das inhaltliche Verständnis des Textes zu nutzen“ (Reiss et al. 2019: 26).

²⁴Da sich diese Arbeit auf traditionell gedruckte Sachtexte ohne Text-Bild-Koordination fokussiert, sei an dieser Stelle für weitere Informationen zur Berücksichtigung von Textsorten, Texttypen, Textformaten und Rezeptionssituationen auf Reiss et al. (2019: 23-28) verwiesen.

An dieser Stelle wird erneut der direkte Bezug zu den kognitionspsychologischen Ansätze sichtbar. Eine erfolgreiche globale Repräsentation kann nur erfolgen, wenn die Verarbeitung der untersten Repräsentationsebene der Textoberfläche automatisiert und routiniert abläuft. Allerdings werden in den differenziell-psychologischen Ansätzen die auf den Repräsentationsebenen aufbauenden Prozesse des Lesens in jeder Studie unterschiedlich abgestuft beschrieben. Hier folgt deshalb eine Beschreibung der kognitiven Prozesse während des Lesens anhand von deutschsprachigen Studien.²⁵

Modelle zur Operationalisierung der kognitiven Prozesse während des Lesens

Die hier folgend dargelegten Modelle zur Operationalisierung der kognitiven Prozesse während des Lesens zählen zu den differenziell-psychologischen Ansätzen, sind diagnostisch ausgerichtet und basieren auf dem Konzept *document literacy*. Mit Hilfe dieser Modelle wird sichergestellt, dass bei der Entwicklung eines Erhebungsinstruments das Textverständnis valide auf einem möglichst breiten Spektrum der während des Lesens ablaufenden kognitiven Prozesse gemessen wird. Für die Entwicklung des fachlichen Textverstehenstests der vorliegenden Studie standen drei Modelle gängiger deutschsprachiger Schulleistungstudien zur Wahl (DESI-, IGLU- und PISA-Studie). Zunächst wird die Auswahl des Modells der IGLU-Studie legitimiert und anschließend der Zusammenhang dieses Modells zu den zuvor erwähnten Konzepten erörtert²⁶.

Die Differenzierung der kognitiven Prozesse während des Lesens im Modell der DESI-Studie ist gekennzeichnet durch eine unscharfe Abgrenzung zwischen im Text explizit ausformuliertem und implizit bleibendem Wissen (Gailberger & Willenberg 2008:

²⁵Die Berücksichtigung von verschiedenen Textsorten, Texttypen, Textformaten, Darstellungsarten, Lesesituationen und der motivationalen Randbedingungen sowie des Aufgabenmanagements zählt zu den Rahmenkonzepten aller Studien, wird hier aber nicht behandelt. Denn die genannten Aspekte stellen nur Einflussfaktoren des Textverstehens dar und dienen nicht der Beschreibung des Prozesses. Zudem sind solche Aspekte in dieser Studie aufgrund der Konzeption *Sachtexte im Schulkontext* mit dem Ziel, Wissensaneignung für einen Test zu untersuchen, eindeutig festgelegt. Für eine detailliertere Beschreibung dieser Variablen sei auf die Ergebnisberichte verwiesen (Gailberger & Willenberg 2008: 60; Hußmann et al. 2017: 81-83; Reiss et al. 2016: 254-257).

²⁶Die genaue Beschreibung der einzelnen, größtenteils auf dem Document-Literacy-Ansatz nach Mosenthal (1996) aufbauenden Modelle ist den jeweiligen Ergebnisberichten zu entnehmen (Gailberger & Willenberg 2008: 61-62; Hußmann et al. 2017: 82-85; Reiss et al. 2016: 254-257). Zum Zeitpunkt der Gewinnung und Einstufung der Items dieser Studie war die PISA-Studie 2018 noch nicht zugänglich, sodass sich hier auf die PISA-Studie 2015 bezogen wird.

61). Die Fokussierung externen Wissens sowie die kritische Bewertung des Textes durch Lernende – insbesondere des sprachlichen Anforderungsniveaus – ist für die vorliegende Studie jedoch nicht zielführend. Zudem fokussiert die DESI-Studie literarische Texte und keine Sachtexte (Gailberger & Willenberg 2008: 63). Aus diesen Gründen sind die kognitiven Prozesse des Lesens der DESI-Studie für die vorliegende Studie als ungeeignet zu bewerten.

In Tabelle 3.6 werden die Modelle zur Beschreibung der kognitiven Prozesse während des Lesens der PISA- und IGLU-Studie verglichen. Der Einbezug von nicht im Text erwähntem Wissen sowie die kritische Bewertung des Textes wird sowohl im Modell der PISA- als auch in dem der IGLU-Studie in den jeweils höchsten kognitiven Prozessen explizit erwähnt. Da die Fokussierung auf textexternes Wissen sowie die kritische Bewertung des Textes für das Erhebungsinstrument dieser Studie nicht zielführend ist, sind die jeweils höchsten kognitiven Prozesse des Lesens beider Modelle für die Entwicklung des Instruments zum Teil ungeeignet (graue Schrift). Schlussendlich wird zur Entwicklung des Erhebungsinstrument der vorliegenden Studie das Modell der IGLU-Studie eingesetzt, da das Modell die Interpretation differenzierter – und damit für diese Studie geeigneter – in zwei kognitive Prozesse des Lesens unterscheidet. Die IGLU-Studie differenziert die Interpretation durch die Texteinheit, die es zu interpretieren gilt, und den Einbezug von Vor- und Weltwissen (vgl. Tabelle 3.6).

Das Modell der IGLU-Studie deckt mit den kognitiven Prozesse des Lesens die Repräsentationsebenen der kognitionspsychologischen Theorie sowie die *Processing-Strategies* des *Document-Literacy* Konzepts ab. Der niedrigste kognitive Prozess während des Lesens im Modell der IGLU-Studie basiert kognitionspsychologisch auf der *Repräsentation der Textoberfläche* und nutzt die *locate strategie* des *Document-Literacy* Konzepts, wodurch das Speichern und Abrufen von wortwörtlichen Formulierungen und Details der Textoberfläche realisiert wird. Der zweite kognitive Prozesse des Lesens der IGLU-Studie ist den *cycle strategies* der *Processing-Strategies* zuzuordnen und er beruht auf der *Propositionalen Repräsentation*. Hiermit sind die Bildung von Inferenzen und Interpretationen basierend auf wenigen Sätzen gemeint. Der dritte kognitive Prozesse des Lesens der IGLU-Studie ist den *integrate strategies* der *Processing-Strategies* zuzuordnen. Dieser kognitive Prozess basiert auf der *Propositionalen Repräsentation* sowie teilweise der *Repräsentation in Form eines mentalen Modells* der kognitionspsychologischen Theorie, denn hiermit sind auch Interpretationen des gesamten Textes und auf Grundlage von globalen Kohärenzen

Tabelle 3.6.: Kognitive Prozesse des Lesens in der PISA- und IGLU-Studie (Hußmann et al. 2017: 82-84; Reiss et al. 2016: 254-257).

kogn. Prozesse	PISA	IGLU
1	Informationen suchen und extrahieren Informationen, die explizit im Text sind, lokalisieren und abrufen. Extrahieren von Informationen aus mehreren Textstellen, jedoch ohne Verknüpfung dieser.	Abrufen von expliziten Informationen Ablesen von expliziten Informationen. Bedeutung von Wörtern und Phrasen angeben, wenn diese explizit im Text stehen. Texteinheiten: Wort, Phrase, Satz.
2	Kombinieren und Interpretieren (Teil-)Informationen aus dem Text miteinander verknüpfen, um Sinn zu erschließen (Kombinieren). Aufstellen von nicht explizit im Text genannten (teils komplexen) Schlussfolgerungen (Interpretieren). Den Text als Ganzes betrachten.	Einfache Interpretation Leichte Schlussfolgerungen ziehen, wenn kohäsionsstiftende Mittel wie Konjunktionen fehlen (vom Autor intendierte Inferenzen). Implizite Beziehungen erschließen. Texteinheit: Sätze, größere Einheiten.
3	Reflektieren und Bewerten Reflektierende Vergleiche oder Hypothesen unter Einbezug von eigenem Vor- und Weltwissen zum Text erstellen (Reflektieren). Ein Urteil anhand von Kriterien, die über den Text hinaus unter Einbezug von Vor- und Weltwissen, abgeben (Bewerten). Der Einbezug vom Wissen über den Text hinaus ist hier zentral und wird zum Prüfen des Inhalts und der Form des Textes genutzt, indem mentale Repräsentationen mit Vorwissen abgeglichen werden.	Komplexe Interpretation Unter Einfluss von Vor- und Weltwissen Schlussfolgerungen schließen, die nicht zwingend vom Autor intendiert sind. Texteinheit: Interpretation von einzelnen Textstellen oder -passagen, bis hin zum Text als Ganzen.
4		Prüfen und Bewerten des Textes Eigene Interpretationen des Textes unter Einbezug von Vor- und Weltwissen beurteilen und bewerten. Textabschnitte auf Sprache, Länge und Ausführlichkeit beurteilen oder Thesen auf Angemessenheit im Hinblick auf externes Wissen bewerten. Im Zentrum steht nicht die Bedeutung des Textes, sondern dessen kritische Betrachtung. Texteinheit: Gesamter Text

Der grau geschriebene Text stellt Prozesse dar, die für die Entwicklung des Instruments der vorliegenden Studie nicht geeignet sind.

gemeint. Der vierte und damit höchste kognitive Prozess des Lesens ist den *generate strategies* der *Processing-Strategies* zuzuordnen, da nur hier die kritische Bewertung und Betrachtung vorgesehen ist.

Bernholt et al. (2022) haben in einer experimentellen Prä-Post-Studie mit $N = 261$ Schüler:innen der Mittelstufe untersucht, ob das Lesen von Sachtexten aus Physik Schulbüchern tatsächlich zu einem höheren Verständnis und damit zum Lernen des Inhalts führe. Sie trennen Textverständnis in ihrer Studie in drei Niveaus, die vergleichbar zu den kognitionspsychologisch Repräsentationsebenen sind. Insgesamt betrachtet erzielen die Schüler:innen in der Studie von Bernholt et al. (2022: 6) nach dem Lesen eine höhere Leistung. Die Schüler:innen erzielen aber vor allem mehr Leistung in der textnahen Reproduktion auf Wort- und Satzebene. Bernholt et al. (2022: 10) schlussfolgern hieraus, dass das Lesen eines Schulbuchtextes zum Erinnern, jedoch kaum zum Lernen samt Aufbau eines Situationsmodells und Veränderung der bestehenden Wissensstrukturen führe. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Gliederung anhand von drei kognitiven Prozessen des Lesens – wie denen der IGLU-Studie – zum Messen des Textverständnisses eines Sachtextes geeignet ist. Es ist zu vermuten, dass Textverstehensitems des dritten und vor allem des vierten kognitiven Prozesses des Lesens nur geringe Lernzuwächse abzubilden vermögen und nicht für Varianzaufklärung beitragen könnten.

Zusammenfassend weist die Beschreibung der Lesekompetenz durch die *differenziell-psychologischen* Ansätze – insbesondere die Modelle zur Operationalisierung der kognitiven Prozesse während des Lesens – Parallelen zu den kognitionspsychologischen Ansätzen auf. Die kognitionspsychologischen Ansätze beschreiben Textverstehen durch im Hintergrund simultan und miteinander verknüpft ablaufende Repräsentationsebenen, die als Grundlage für die kognitiven Prozesse des Lesens der differenziell-psychologische Ansätze angesehen wird. Die Instrumententwicklung erfolgt in dieser Studie aus den beschriebenen Gründen, insbesondere aufgrund der feineren Gliederung der Interpretationsebenen, der zu nutzenden Textmenge und des Einflusses von Vor- und Weltwissen anhand des Modells der IGLU-Studie.

3.4.3. Instruktionspsychologische Ansätze

Die *instruktionspsychologischen Ansätze* werden vor allem in der Textproduktion angewandt und stellen ein Werkzeug für das Verfassen von Texten dar (Göpferich

2019: 285). Grundlage für diese Ansätze stellt die Lesbarkeitsforschung dar, die verschiedene, hauptsächlich auf dem Aufzählen von Textoberflächenmerkmalen basierende Lesbarkeitsformeln hervorgebracht hat. Die folgend präsentierten Ansätze und das Karlsruher Verständlichkeitskonzept nach Göpferich (2019) fokussieren den Text, um die Textverständlichkeit zu bestimmen. Unterschieden werden die instruktionspsychologischen Ansätze in einen *empirisch-induktiven* und einen *theoretisch-deduktiven Ansatz*. Zentral ist in beiden Modellen die Optimierung von Lehrtexten, um die Wissensaneignung auf Basis von Texten zu verbessern.

Empirisch-induktiver Ansatz

Mithilfe des *empirisch-induktiven Ansatzes* sind Verständlichkeitsdimensionen gewonnen worden, die zum Einstufen der Textverständlichkeit eines Textes nützlich sind. Diese Dimensionen haben ihre Ursprünge in einer Studie, in der Expert:innen Texte unterschiedlichen Anforderungsniveaus mithilfe von siebenstufigen, bipolaren Textmerkmalen (z. B. flüssig vs. holprig; anregend vs. einschläfernd; weitschweifig vs. aufs Wesentliche beschränkt) bewerten (Langer et al. 1974: 50). Aus deren Ergebnisse wurden mittels faktorenanalytischer Verfahren die Verständlichkeitsdimensionen gewonnen (Langer et al. 1974: 13-15). Die Dimensionen, die die Grundlage für das noch heute bekannte *Hamburger Textverständlichkeitsmodell* bilden, lauten:

- *Sprachliche Einfachheit* (kurze Sätze, geläufige Wörter, Erklärungen von Fachwörtern, konkret, anschaulich)
- *Gliederung-Ordnung* (folgerichtig, roter Faden, übersichtlich, Unterscheidung von Wesentlichem und Unwesentlichem)
- *Kürze-Prägnanz* (kurz, aufs Wesentliche beschränkt, gedrängt, knapp, aufs Lernziel konzentriert, jedes Wort relevant)
- *Zusätzliche Stimulanz* (anregend, interessant, abwechslungsreich, persönlich)

Zur Messung der Verständlichkeit werden Texte durch fünfstufige bipolare Skalen zu diesen Dimensionen von Expert:innen eingestuft.²⁷

²⁷Auf eine weitergehende Beschreibung wird hier verzichtet, da die folgend ausführlich beschriebenen Textverständlichkeitsdimensionen nach Göpferich (2019) auf diesen Dimensionen aufbauen. Zudem ist ein Kritikpunkt an beiden hier präsentierten Ansätzen, dass die Operationalisierung der Dimensionen nicht exakt beschrieben wird, sondern eher implizit durch das Darlegen von Beispielen erfolgt und damit nicht aussagekräftig ist (Lutz 2015: 95-96).

Langer et al. (1974) zeigen, dass Texte durch Berücksichtigung dieser Dimensionen bei der Textgestaltung ein höheres Textverständnis als die Originaltexte erzeugen. Aufgrund der gewonnenen empirischen Daten wird die *sprachliche Einfachheit* als wichtigste Dimension angesehen, gefolgt von der Dimension *Gliederung-Ordnung* (Langer et al. 1974: 24-25). Als weniger wichtig angesehen werden *Kürze-Prägnanz* und zusätzliche *Stimulanz*. Apolin (2014: 16) demonstriert, dass die Anwendung des *Hamburger Textverständlichkeitsmodells* auf physikbezogene Sachtexte zu höherer Verständlichkeit und schlussendlich zu einem höheren Textverständnis bei Lernenden führt. Das wichtigste Kriterium hierbei stellte die *sprachliche Einfachheit* dar (Apolin 2014: 18). Kritik erfährt dieser Ansatz aufgrund mangelnder theoretischer Begründungen und da die Personeneigenschaften der Lesenden größtenteils unberücksichtigt bleiben. Die Interaktion zwischen Text und Lesenden wird so nicht weiter berücksichtigt (Lutz 2015: 94).

Theoretisch-deduktiver Ansatz

Der *theoretisch-deduktive Ansatz* geht auf Groeben (1978) zurück, der die Interaktion zwischen Lesenden und Text verstehensorientiert in den Mittelpunkt stellt. Der Textverstehensprozess wird – wie in der Schema-Theorie der kognitionspsychologischen Ansätze – als Eingliederung von im Text potentiell bedeutungsrelevanter Inhalte in bestehende Wissensstrukturen angesehen. Dieser Prozess wird als *Subsumtion*²⁸ bezeichnet (Groeben & Christmann 1989: 171). Texte mit eindeutiger Subsumtionsstruktur erleichtern das Einordnen neuer relevanter Informationen in den Gesamtzusammenhang. Der Prozess wird von kognitiven Eigenschaften der Lesenden und Textmerkmalen beeinflusst. Groeben (1982: 198-201) postuliert mithilfe von sprachpsychologischen, lerntheoretischen und motivationspsychologischen Vorstellungen vier theoretisch fundierte und Textverständlichkeit beeinflussende Faktoren:

- *Stilistische Einfachheit* (kurze Satzteile, aktive Verben, aktiv-positiv Formulierungen, keine Nominalisierungen, persönliche Wort-Formulierung, keine Satzschachtelung)
- *Semantische Redundanz* (Vermeidung von Redundanz, aufs Wesentliche fokussiert, prägnant)

²⁸Der Begriff Subsumtion geht auf die Kognitive Lerntheorie nach Ausubel (1963) zurück.

- *Kognitive Strukturierung* (Gebrauch von *advance organizer*²⁹, Hervorhebung wichtiger Konzepte, Zusammenfassungen, Beispiele, Unterschiede und Ähnlichkeiten hervorheben)
- *Konzeptueller Konflikt* (Neuheit, Überraschung, Einfügen von inkongruenten Konzepten, alternative Problemlösungen und Fragen)

Zur Messung der Verständlichkeit werden Texte analog zum *empirisch-induktiven Ansatz* auf einer fünfstufigen bipolaren Skala eingestuft. Groeben (1982: 85-87) untersucht die Dimensionen empirisch, indem er insgesamt 18 Texte gleichen Inhalts verfasst und dabei die Dimensionen in verschiedenen Abstufungen variiert. Anschließend werden die Texte in Hinblick auf Verständlichkeit, Behaltensleistung und Interesse eingestuft. Die Dimensionen kognitive Strukturierung und konzeptueller Konflikt werden für die empirische Untersuchung als *inhaltliche Strukturierung* zusammengefasst. Als wichtigster Faktor für das Textverständnis gilt nach dieser Untersuchung die inhaltliche Strukturierung als empirisch belegt, wohingegen die sprachliche Einfachheit und die semantische Redundanz weniger wichtig sind. Bei der Behaltensleistung ist ebenso der Faktor inhaltliche Strukturierung relevant, während sich für die sprachliche Einfachheit und die semantische Redundanz kein Einfluss nachweisen lässt (Groeben 1978: 98-101).

Der *Vergleich empirisch-induktiver und theoretisch-deduktiver Ansätze* zeigt, dass beide ähnliche Textverständlichkeitsdimensionen hervorbringen, die als zentrale Merkmalsausprägungen von Texten angesehen werden (Groeben & Christmann 1989: 173). Ebenso wird in beiden Ansätzen empirisch belegt, dass die *Gliederung* bzw. *Struktur* einen bedeutenden Einfluss auf die Textverständlichkeit hat. Der Dimension *sprachliche Einfachheit* wird in beiden Ansätzen unterschiedlich viel Bedeutung zugeschrieben. Groeben stellt heraus, dass

[d]iese Divergenz [...] allerdings auflösbar [ist], wenn man bedenkt, daß der sprachlich-stilistische Faktor bei der Hamburger Forschergruppe aufgrund der starken Konzentration auf traditionelle Stilmerkmale wohl überschätzt, bei Groeben hingegen wegen der Umformulierung eines Standardtextes (bei der Herstellung der Versuchstexte) vermutlich unterschätzt wurde. (Groeben 1982: 211-214)

Zusammenfassend stellen beide Ansätze vier vergleichbare Dimensionen zur Verfügung, die das Bewerten von Texten ohne linguistische Vorkenntnisse mittels einer fünfstufigen Skala ermöglichen und über das reine Auszählen von Textoberflächen-

²⁹ *Advance organizer* sind Vorstrukturierungen, Ankündigungen, Zusammenfassungen, Ausblicke etc. im Text, die den Rezipierenden als Leseführung dienen.

merkmalen hinausgehen. Nach kurzem Training mit plausiblen Beispielen können mehrere Rater:innen schon eine konsensuale Bewertung einer Dimension eines Textes erzielen (Lutz 2015: 93). Die konsensuale Bewertung kann gleichsam als Anstoß für eine Verbesserung des Textes in der bewerteten Dimension angesehen werden. Es werden keine konkreten Handlungsanweisungen gegeben und die Verbesserung – wie auch die Einstufung – kann nur auf der Eindrucksebene erfolgen (Lutz 2015: 95). Eine Verbesserung der Textverständlichkeit ist nicht gleichzusetzen mit der Maximierung aller Dimensionen, da dadurch nicht zwangsläufig die höchste Textverständlichkeit erzielt wird (Groeben & Christmann 1989: 174). Die Maximierung der Textverständlichkeit impliziert nämlich, dass Texte den Erwartungsstrukturen der Rezipient:innen entsprechen und dadurch unter motivationspsychologischer Perspektive z. B. keinen kognitiven Anreiz mehr darbieten, was zu einer kommunikativen Unterforderung führt (Groeben & Christmann 1989: 175). Groeben (1978: 117) belegt im deduktiven Ansatz empirisch, dass das Optimum der Textverständlichkeit im mittleren Bereich der Verständlichkeitsdimensionen angesiedelt ist. Kritisiert wird, dass Interaktion zwischen Text und Lesenden im induktiven Ansatz des *Hamburger Modells* nicht explizit vorkommt. Weitere Kritikpunkte an den Ansätzen – insbesondere des induktiven Ansatzes des Hamburger Modells – sind die mangelnde Berücksichtigung visueller Gestaltung der Texte und die fehlende exakte Beschreibung der Dimensionen (Lutz 2015: 96-99). Die benannten Kritiken finden in den folgend beschriebenen Textverständlichkeitsdimensionen nach Göpferich (2019) Berücksichtigung.

3.4.4. Karlsruher Verständlichkeitskonzept nach Göpferich

Das *Karlsruher Verständlichkeitskonzept* nach Göpferich (2019) stellt eine Weiterentwicklung des Hamburger Modells dar. Es wird hier aufgeführt, da es Erkenntnisse aus der Kognitionspsychologie, Kommunikationstheorie, Instruktionspsychologie, Linguistik und Sprachwissenschaft verbindet. Aufgrund der einfachen Anwendung dient es in der Praxis zur Bewertung und Optimierung von Textverständlichkeit.

Eine wichtige Neuerung des *Karlsruher Verständlichkeitskonzepts* im Vergleich zum Hamburger Modell stellt der Einbezug mentaler Modelle und des kommunikativen Bezugsrahmens dar. Weiter bezieht sich das Modell auf Gebrauchstexte und nicht auf literarische Texte. Zur Bewertung dienen vor allem sechs Verständlichkeitsdimensionen, die eine Weiterentwicklung der Dimensionen der instruktionspsychologischen

Ansätze darstellen. Die Maßstäbe dieser Dimensionen werden abhängig von den beiden Faktoren *Auftragsdaten* und *Textproduktionseckdaten* bestimmt. Das Modell fasst Textverständlichkeit somit als Kombination von *Auftragsdaten*, *Textproduktionseckdaten* und *Textverständlichkeitsdimensionen* auf.

Die *Auftragsdaten* beinhalten Zweck, Lesende (Zielgruppe) sowie Verfasser:in und bestimmen die kommunikative Funktion des Textes. So formuliert ein:e Ärzt:in einen Text an eine:n Patient:in mit dem Zweck über eine Krankheit zu informieren anders, als wenn dieser für das Fachkollegium geschrieben wird (Göpferich 2019: 287). An beide Texte würden unterschiedliche Maßstäbe angesetzt, die bei der Bewertung mittels der Verständlichkeitsdimensionen zu beachten sind. Wie das Beispiel zeigt, sind die Auftragsdaten für die Produktion, Bewertung und Verbesserung von Texten relevante Größen, die bei der Bewertung zu beachten sind. Die Auftragsdaten dienen als Bezugsgröße für die Kodierung sowie Textbewertungen und -optimierungen (erkennbar durch die Pfeile 1 und 3 im Modell in Abbildung 3.9). Die Auftragsdaten beeinflussen direkt die Textproduktionseckdaten im Rahmen des jeweiligen Gestaltungsraums. Gemeinsam stellen diese die Rahmung für die Textproduktion dar.

Die *Textproduktionseckdaten* umfassen das mentale Denotatsmodell, das mentale Konventionsmodell, das Medium sowie juristische und redaktionelle Richtlinien, die sich gegenseitig beeinflussen (siehe Pfeile in Abb. 3.9) und stellen zusammengefasst die Kommunikationssituation dar (Göpferich 2019: 288-292). Mit *mentalem Denotationsmodell* ist das von den Verfassenden intendierte mentale Modell (vgl. Kapitel 3.4.1) gemeint, das möglichst dem mentalen Modell der Lesenden entspricht. Es handelt sich um die vollständige Repräsentation der im Text dargelegten Gegenstände, Sachverhalte, Prozesse und Zusammenhänge unter Berücksichtigung und Beeinflussung des von den Verfassenden antizipierten Vorwissens der Lesenden. So kann es bei großen Wissensunterschieden zwischen Lesenden und Verfasser:in zu Vereinfachungen und damit Abweichungen des Denotatsmodells des Kommunikators kommen. Das implizite *mentale Konventionsmodell* meint dagegen textsortenspezifische Standardformulierungen, Sprachverwendungs- und Textgestaltungsmuster, die sich für eine Textsorte etabliert haben. Eine Einhaltung der Konventionen erleichtert den Lesenden die Informationsaufnahme durch routiniertes Leseverhalten (Göpferich 2019: 289). Das vermittelnde *Medium* kann neben dem klassischen Text auf Papier eine multimediale Darstellung sein oder aus Kombinationen bestehen. Das Medium und das mentale Konventionsmodell sind miteinander verflochten, da für

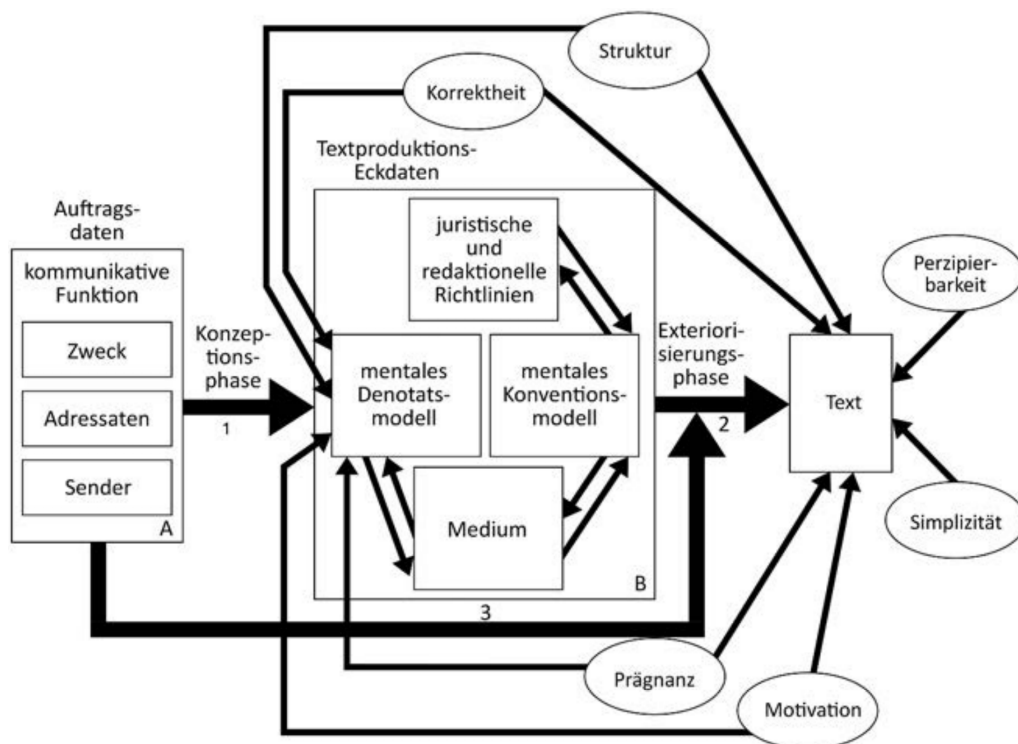


Abbildung 3.9.: Darstellung des Prozesses Textverstehen des Karlsruher Verständlichkeitskonzepts nach Göpferich (2019)

einige Textarten typische Vermittlungsmedien vorbestimmt sind (Göpferich 2019: 290). Die expliziten *juristischen und redaktionellen Richtlinien* stellen schriftlich fixierte Vorschriften für die Textproduktion dar (Göpferich 2019: 291). Die Abbildung 3.9 zeigt die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Faktoren und Dimensionen.

Die Verständlichkeitsdimensionen nach Göpferich differenzieren in sechs Dimensionen. Die ersten vier Dimensionen gleichen denen der instruktionspsychologischen Ansätze, sind allerdings präziser definiert und durch zwei weitere Dimensionen erweitert. Es ergeben sich folgende Dimensionen. In den Klammern ist das Pendant der instruktionspsychologischen Ansätze hinter der jeweiligen Dimension angegeben:

- Struktur (kognitive Gliederung/Strukturierung)
- Prägnanz (semantische Kürze/Redundanz)
- Motivation (anregende Zusätze/konzeptueller Konflikt)
- Simplizität (sprachliche/stilistische Einfachheit)
- Korrektheit
- Perzipierbarkeit

Struktur: Mit *Struktur* meint Göpferich (2019) die inhaltliche Strukturierung, die sich auf das mentale Denotatsmodell bezieht. Für die Struktur ausschlaggebend ist die Zerlegung der Inhalte in angemessene, sinnvoll gereichte Propositionen und Schemata (vgl. Kapitel 3.4.1) (Göpferich 2019: 295). Dabei wird weiter differenziert zwischen der Makrostruktur, die mehr als zwei aneinandergrenzende Sätze beinhaltet, und der Mikrostruktur, die nicht über zwei aneinandergrenzende Sätze hinausgeht. Für die Mikrostruktur wird (1.) die Reihenfolge der Inhalte und deren Verknüpfung durch Konjunktionen, Adverbien etc. bewertet. (2.) Zudem wird hinsichtlich der Thema-Rhema Ordnung bewertet, ob zunächst Inhalte mit weniger Mitteilungswert und daran anknüpfend neue Informationen mit höherem Mitteilungswert folgen (Göpferich 2019: 296). Auf Ebene der Makrostruktur werden relevante Anforderungen an die Struktur benannt:

1. An den Kenntnisstand der Lesenden angepasste Aufteilung komplexer Sachverhalte.
2. Ausführliche Beschreibung eines alltäglichen Problems zu Beginn des Sachtexts zum Aufbau eines mentalen Modells.

3. Einfügen eines *advance organizers* als Hilfestellung zur Strukturierung, Steuerung der Erwartungen der Lesenden und zur Verknüpfung von Inhalten des Textes und deren Beziehungen zueinander.

Hierzu zählen auch die in Kapitel 3.4.1 benannten Koreferenzbeziehungen, die die Kohärenzbildung fördern.

Prägnanz: Unter der Dimension *Prägnanz* ist zu verstehen, dass alle zum Aufbau des mentalen Denotatsmodells nötigen Informationen vermittelt und gleichzeitig keine überflüssigen Informationen oder Redundanzen eingebaut werden (ökonomische Gestalt des Denotatsmodells). Dabei sind die Auftrags- und Textproduktionsdaten sowie alle weiteren Verständlichkeitsdimensionen zu berücksichtigen (Göpferich 2019: 292). Die ökonomische Gestalt des mentalen Denotatsmodells zur Erfüllung der Prägnanz ist je nach Textproduktions- und Auftragsdaten unterschiedlich zu gestalten und zu bewerten. Grundsätzlich führen überflüssige Informationen und Details sowie Wiederholungen nicht zwangsläufig zu einer geringeren Verständlichkeit. Aus den Auftragsdaten ergibt sich das Maß für die Notwendigkeit einer Information im mentalen Denotatsmodell (Göpferich 2019: 288). So muss für eine ins Thema einführende Erklärung eines physikalischen Phänomens der Wärmelehre in einem Schulbuch nicht auf Ausnahmen oder auf Besonderheiten bei Änderung der Randbedingungen (z. B. Änderung des umgebenden Druckes) eingegangen werden. Fehlende Informationen können dazu führen, dass das mentale Denotatsmodell nicht oder nur mit Abweichung vom intendierten Modell aufgebaut werden kann. Für einen Text mit hoher Prägnanz zählt letztlich, dass eine angemessene, kurze Formulierung einer langen Formulierung vorzuziehen ist sowie Tautologien zu vermeiden sind (Göpferich 2019: 292).

Motivation: Die Dimension *Motivation* ist zu unterscheiden in die Motivation, die Lesende mitbringen, und die Motivation, die der Text erzeugt (Göpferich 2019: 294). Die Motivation, die Lesende mitbringen, kann aus individuellem Interesse oder einem äußeren Zwang entstehen. Diese Form der Motivation kann nicht anhand der Textbasis erzeugt oder gemessen werden, sodass diese für die Verständlichkeitsdimensionen irrelevant ist. Die zweite Form wird durch die Verständlichkeitsdimension erfasst und durch das Lenken von Interesse der Lesenden bspw. durch direkte Ansprache oder Einbindung von Beispielen aus dem Alltag erzeugt. Die Aufrechterhaltung dieses Interesses über den gesamten Text ist das Ziel dieser Dimension. Die

Erzeugung von Motivation geht mit der Reduzierung der Prägnanz oder Struktur einher, da der Text verlängert wird oder unnötige Informationen durch für den Lesenden alltägliche Beispiele hinzugefügt werden (Groeben & Christmann 1989: 173). Hier ist abzuwägen, welche Dimension unter Beachtung der Auftragsdaten größere Relevanz zukommt.

Simplizität: Die *Simplizität* bezieht sich auf die sprachliche Ausgestaltung des Textes. Zur Bestimmung der einfach geltenden Wörter und Satzkonstruktionen führt Göpferich (2019) fünf Ebenen ein: Lexikalische Einfachheit, grammatische Einfachheit, angemessener Direktheitsgrad auf illokutionärer Ebene, Präzision der Wörter und Konstruktionen und Konsistenzgrad der Lexik und Syntax (Göpferich 2019: 296).³⁰

Korrektheit: Die *Korrektheit* meint die Richtigkeit des Textes auf den Ebenen Inhalt, Gestaltung und Typografie. Dabei handelt es sich zum einen um Widerspruchsfreiheit innerhalb des Textes und zum anderen um die inhaltliche Angemessenheit des präsentierten Themas (Göpferich 2019: 293). Ähnlich wie die Prägnanz betrifft diese Dimension hauptsächlich das mentale Denotatsmodell. Auch Verstöße gegen Textproduktionsdaten wie juristische und redaktionelle Richtlinien sowie die Wahl eines nicht zu den Auftragsdaten passenden Vermittlungsmediums werden durch die Dimension Korrektheit berücksichtigt. Einhergehend mit einem Verstoß gegen diese Dimension ist der fehlerhafte oder nicht stattfindende Aufbau des intendierten mentalen Denotatsmodell bei den Lesenden. Insbesondere kann es zu Konflikten mit bestehenden mentalen Modellen oder den mentalen Konventionsmodellen der Textsorte kommen (Göpferich 2019: 293). Fehlinterpretationen, Missverständnisse und Verständnisprobleme sind mögliche Resultate.

Perzipierbarkeit: Die *Perzipierbarkeit* beschreibt die Leichtigkeit, mit der Texte über die Sinnesorgane aufgenommen werden können. Hierzu zählen „formalgestalterische, non- und paraverbale sowie makro- und mikrotypographische Text-eigenschaften“ (Göpferich 2019: 297). Laut Göpferich (2019) sind auch Gedanken-

³⁰Auf eine weitere Ausführung der Ebenen wird verzichtet, da das sprachliche Anforderungsniveau, respektive die Simplizität in dieser Arbeit, durch ein Sprachmodell und nicht an der Dimension von Göpferich (2019) gemessen und für die Hauptstudie variiert wird.

striche bei Aufzählungen und andere Merkmale der formalen Strukturierung Teil dieser Dimension.

Zusammenfassend bietet das Karlsruher Modell einen kommunikationsorientierten Bezugsrahmen für die Bewertung und Optimierung der Verständlichkeit unter Berücksichtigung interdisziplinärer Erkenntnisse (Lutz 2015: 200). Es erfolgt im Vergleich zum Hamburger Modell eine deutlich präzisere Definition der Dimensionen.

Nicht nur bei der Dimension Prägnanz wird deutlich, dass alle Dimensionen miteinander verbunden sind und teilweise durch eine Steigerung der einen Dimension eine andere wiederum abgeschwächt wird. So kann das Nennen von Protagonist:innen die Dimension Motivation erhöhen und Lesenden den Aufbau eines Situationsmodells erleichtern. Dieser Zusatz reduziert aber im Umkehrschluss die Dimension Prägnanz, wenn die Protagonist:innen zum Inhalt des Textes keine Relevanz beitragen. Es gilt also je nach Auftragsdaten und Textproduktionseckdaten abzuwägen, welche Dimensionen priorisiert zu behandeln sind.

3.4.5. Zusammenfassung: Textverstehen

Die Fähigkeit *Textverstehen* wird in dieser Arbeit aus verschiedenen psychologischen Blickwinkeln betrachtet. Die kognitionspsychologischen Ansätze liefern dabei das Grundgerüst. Textverstehen ist demnach über verschiedene Repräsentationsebenen (Repräsentation der Textoberfläche, propositionale Repräsentation und Repräsentation in Form eines mentalen Modells) sowie unter Einbezug des Vorwissens zu modellieren und zu verstehen. Die differenziell-psychologischen Ansätze dienen der Instrumententwicklung, um Textverständnis valide zu messen. Instruktionspsychologische Ansätze, insbesondere das Karlsruher Textverständlichkeitsmodell nach Göpferich (2019), dienen dagegen der Textproduktion. Allen Ansätzen ist gemein, dass Textverstehen als interaktiver Prozess verstanden wird, der aus Textdaten geleiteten bottom-up und konzeptgeleiteten top-down Strategien besteht. Texte stellen den Auslöser für einen mentalen Konstruktionsprozess dar, der gleichzeitig durch interne Vorwissensinformationen bestimmt wird. Der Aufbau eines von einem Sendenden intendierten mentalen Modells bei Lesenden stellt erfolgreiches Textverständnis dar. Der Text dient dabei der Modellkonstruktion, -evaluation und -revision. Dazu werden auf allen Repräsentationsebenen gleichzeitig Kohärenzen gebildet. Diese Kohärenzbildungsprozesse werden von der Güte der Textverständlichkeit für die Le-

senden bestimmt. Bei geeigneter Passung von Textverständlichkeit und Vorwissen führt der Textverstehensprozess zu einem hohen und schnellen Textverständnis bei den Lesenden.

3.5. Zusammenfassung

Das in Kapitel 3.4.4 vorgestellte Karlsruher Verständlichkeitskonzept vereinigt die beschriebenen psychologischen Ansätze und stellt anwendbare Dimensionen zur Verbesserung der Textverständlichkeit bereit. Die meisten in den psychologischen Ansätzen benannten linguistischen Merkmale beziehen sich auf die lexikalisch-syntaktische Ebene. Die Forschung zu schulspezifischen sprachlichen Anforderungen (Kapitel 3.3) baut größtenteils auf den psychologischen Ansätzen auf und benennt dementsprechend hauptsächlich lexikalisch-syntaktische Merkmale als schwierigkeitsverzeugend. Allerdings ist ungeklärt, welche linguistischen Merkmale und Strukturen tatsächlich Verständnisschwierigkeiten erzeugen (Kapitel 3.2.2). Einzig für die Dichte an Fachbegriffen und Verneinungen liegen eindeutige Nachweise für deren schwierigkeitsverzeugende Wirkungen auf die fachliche Leistung vor (vgl. Kapitel 3.1.2). Mehrere Studien untersuchen die Wirkung sprachstrukturell-semantischer Merkmale, die ebenso keine eindeutigen Ergebnissen hervorbringen (z. B. Haag et al. 2015; Härtig et al. 2019; Heppt et al. 2015; O'Reilly & McNamara 2007b; Ozuru et al. 2009; Schmitz 2015). Aus diesen Gründen ist die häufig geforderte Reduktion bildungssprachlicher, linguistischer Merkmale im naturwissenschaftlichen Unterricht noch nicht als lernförderlich belegt.

Insgesamt ist aktuell unklar, ob und welche linguistischen Merkmale tatsächlich eine Wirkung auf das Textverständnis haben. Einigkeit besteht darüber, dass bestimmte linguistische Merkmale typisch für den schulspezifischen Sprachgebrauch sind und im naturwissenschaftlichen Unterricht u. a. in Sachtexten vermehrt vorkommen (Kapitel 3.2.1). Um die beschriebene Forschungslücke zu schließen, werden in dieser Studie Sachtexte systematisch sprachlich variiert. Dazu wird das in Kapitel 3.3.5 dargelegte Sprachmodell von Heine et al. (2018) eingesetzt. Das Modell variiert linguistische Merkmale, die typisch für den naturwissenschaftlichen bildungsbezogenen Sprachgebrauch sind und für die es Hinweise auf deren schwierigkeitsgenerierende Wirkung gibt. Das Karlsruher Textverständlichkeitsmodell nach Göpferich (2019) ermöglicht die isolierte Untersuchung des sprachlichen Anforderungsniveaus.

4. Forschungsfrage und Hypothesen

Der Einfluss linguistischer Merkmale auf das Textverständnis in den Naturwissenschaften sowie auf das Lösen von Items in fachlichen Leistungstests ist uneindeutig. Ob die in Kapitel 3.3 beschriebenen bildungssprachlichen Merkmale tatsächlich – wie häufig vermutet – schwierigkeitsverzeugend wirken und schlussendlich das Textverständnis mindern, ist unklar. Aus diesem Grund fokussiert diese Studie den isolierten Effekt sprachlicher Merkmale auf das Textverständnis:

Forschungsfrage: Wirkt das sprachliche Anforderungsniveau physikbezogener Sachtexte – gemessen an einem Modell der sprachlichen Anforderung – auf das Textverständnis Lernender der Mittelstufe?

Auf Grundlage bisheriger Forschung werden kleine Effekte vermutet, die schlussendlich nicht die moderaten bis starken Korrelationen zwischen allgemeiner Lesefähigkeit und den Leistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften in Schulleistungstudien erklären können. Ziel dieser Studie ist nicht die finale Aufklärung der festgestellten Korrelationen. Die Ergebnisse sind stattdessen nur als ein weiteres Puzzlestück zur Aufklärung der Wirkung von Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht anzusehen. Das vorgestellte Modell sprachlicher Anforderungsniveaus (vgl. Kapitel 3.3.5) basiert größtenteils auf bestehenden Ergebnissen zur Wirkung isolierter linguistischer Merkmale und variiert Sprache auf einem möglichst breiten Spektrum anhand einer Vielzahl linguistischer Merkmale auf drei Niveaus. Der Vorteil dieses Vorgehens ist, dass einzelne Merkmale nicht isoliert und artifiziell variiert werden, sondern das gesamte sprachliche Anforderungsniveau. Daraus resultiert der Nachteil, dass die Ergebnisse nicht auf ein isoliertes sprachliches Merkmal zurückgeführt werden können. Erwartet wird, dass ein höheres sprachliches Anforderungsniveau zu einem niedrigeren Textverständnis führt:

Hypothese 1: Ein höheres sprachliches Anforderungsniveau eines gelesenen Sachtextes führt zu einem niedrigeren Textverständnis.

Um das fachliche Textverständnis in Abhängigkeit zum sprachlichen Anforderungsniveau erheben zu können, ist ein Test zu entwickeln und zu validieren. Eine zentrale Aussage der Ausführungen zur kognitionspsychologischen und differenziellpsychologischen Forschung zum Textverstehen ist, dass Lesen ein komplexer, mehrschrittiger, kognitiver Konstruktionsprozess ist (z. B. Hußmann et al. 2017; Reiss et al. 2019; Schnotz 1994). Ziel dieses Prozesses ist die möglichst kohärente mentale Repräsentation eines im Text dargestellten Sachverhalts. Wohingegen die integrativen Ansätze des Textverstehens (Kintsch 1974; Kintsch 1998; Kintsch 2005) sowie der Document-Literacy-Ansatz (Kirsch 2001; Mosenthal 1996) davon ausgehen, dass die Qualität der Kohärenzbildung neben Texteigenschaften auch von Merkmalen der Lesenden beeinflusst wird. Die Komplexität eines Textes ist also auf der einen Seite abhängig von verschiedenen Textverständlichkeitsmerkmalen – u. a. dem sprachlichen Anforderungsniveau – und andererseits von Eigenschaften der Lesenden, wie allgemeiner Lesekompetenz, Lesestrategie, Sprachfähigkeit, kognitiver Fähigkeiten und vorhandenem Vorwissen. Zur Konstruktvalidierung des fachlichen Textverstehenstestes ist deshalb notwendig, leistungsrelevante Personenmerkmale zu erheben. Aus zeitökonomischen Gründen werden zwei Kontrollvariablen – allgemeines Textverständnis (Schneider et al. 2007) und Vorwissen (Einhaus 2007) – mit bestehenden Instrumenten erhoben. Es ist zu erwarten, dass die ermittelten Personenfähigkeiten im fachlichen Textverstehenstest auf mittlerem bis starkem Niveau mit den Leistungen im Vorwissens- und im allgemeinen Textverstehenstest korrelieren.

Zudem zeigt der Forschungsstand, dass der Einfluss der empfundenen Komplexität eines Sachtextes auf das Verständnis Lesender unklar ist. In einigen Studien wird die empfundene Komplexität als Maß für die Güte eines Textes angenommen. Allerdings gibt es keine gesicherten Forschungsergebnisse, die das Zusammenspiel aus empfundener Komplexität und tatsächlichem Textverständnis untersuchen. Tolochko et al. (2019) zeigen zumindest, dass die empfundene Komplexität eines Textes nur von der semantischen Komplexität und nicht von der syntaktischen Komplexität abhängt.

Vermutet wird, dass Lernende der Mittelstufe die Verständlichkeit eines Sachtextes einschätzen können und dass die empfundene Textverständlichkeit vom sprachlichen Anforderungsniveau eines Sachtextes beeinflusst wird. Da laut Tolochko et al. (2019: 14) allerdings eher die semantische Ebene eines Textes auf die empfundene Komple-

xität wirkt und in der vorliegenden Studie hauptsächlich die Syntax variiert wird, sind auch hier nur kleine Effekte zu erwarten.

Hypothese 2: Ein höheres sprachliches Anforderungsniveau erzeugt eine niedrigere empfundene Textverständlichkeit.

In den folgenden zwei Teilen der Arbeit wird die Instrumentenwicklung beschrieben, um dann im finalen dritten Teil die Forschungsfrage zu beantworten, indem die Ergebnisse hinsichtlich der beiden aufgestellten Hypothesen interpretiert werden.

Teil I.

Entwicklung physikbezogener Sachtexte

5. Verfassen der Texte

Im Folgenden wird das Verfassen der Sachtexte als Grundlage zum Messen des fachlichen Textverständnisses beschrieben. Die Anforderungen an die Sachtexte werden durch das Studiendesign der Hauptstudie bestimmt. Im Rahmen der Studie werden Lernenden drei verschiedene Sachtexte auf unterschiedlichen sprachlichen Anforderungsniveaus vorgelegt. Zur Reduzierung und Kontrolle von Reihungs- und Ermüdungseffekten wird das sprachliche Anforderungsniveau in der Hauptstudie rotiert, während der fachliche Inhalt der Texte zur Verminderung von Lerneffekten konstant gehalten wird. Alle Lernenden erhalten jeweils drei Sachtexte zu den selben fachlichen Themen, die sich allerdings in ihrem sprachlichen Anforderungsniveau systematisch unterscheiden. In Tabelle 5.1 ist die Rotation der sprachlichen Anforderung über die verschiedenen Testhefte hinweg dargestellt.

Aus dem Rotationsdesign der Hauptstudie geht hervor, dass gut verständliche Sachtexte zu drei verschiedenen Inhalten eines Themenbereichs der Physik auf jeweils drei sprachlichen Anforderungsniveaus benötigt werden. Der Inhalt der Sachtexte wird auf einen Themenbereich beschränkt, um das themenspezifische Vorwissen möglichst gut zu kontrollieren. Dazu werden in dieser Studie drei Sachtexte systematisch verfasst, die anschließend in ihrem sprachlichen Anforderungsniveau variiert

Tabelle 5.1.: Rotationsdesign der Hauptstudie.

Inhalt	Testheft I	Testheft II	Testheft III
Atommodell & Aggregatzustände	A	C	B
Thermisches Verhalten	B	A	C
Wärmeempfinden	C	B	A

Sprachlichen Anforderungsniveaus A = leicht, B = mittel und C = schwer

werden. Dieser Prozess umfasst neben einer physikalischen Sachanalyse (Kapitel 5.1) Maßnahmen zur Steigerung der Textverständlichkeit mithilfe von Richtlinien (Kapitel 5.2) zur Umsetzung der Textverständlichkeitsdimensionen nach Göpferich (2019). Hierdurch soll sichergestellt werden, dass sich die Sachtexte unterschiedlichen Inhalts auf einem vergleichbaren Niveau der Textverständlichkeit befinden. Außerdem werden Textverständlichkeitsmerkmale abseits der Simplizität (sprachliches Anforderungsniveau) kontrolliert und konstant gehalten, sodass eine mögliche Überlagerung des Effekts der sprachlichen Anforderungsniveaus minimiert wird. Die mögliche Überlagerung verschiedener (sprachlicher) Effekte ist einer der Gründe, warum Schulbuchtexte keine geeignete Grundlage für das Verfassen der Texte dieser Studie darstellen. Ein weiterer Grund ist, dass Schulbuchtexte in mehreren Studien als wenig verständlich bewertet werden und deren sprachliche Ausgestaltung nicht systematisch erfolgt (Kapitel 3.2.1).

Die in dieser Studie verwendeten Sachtexte sollen vor allem deklaratives Wissen – vergleichbar zu einem Lehrtext in einem Schulbuch – möglichst verständlich und motivierend darlegen, aber auch zum Konzeptwechsel anregen, indem sie Schülervorstellungen berücksichtigen und Phänomene argumentativ erklären (Christmann & Groeben 2002: 150). Die Fokussierung auf das Phänomen ohne weitere Kontextualisierung durch Personen oder andere narrativen Elemente basiert auf den Ergebnissen einer Studie von Golke et al. (2019), die besagt, dass narrative Elemente das Verstehen nicht fördern und eher zu Verstehensillusionen führen. Aus diesem Grund werden alltägliche Phänomene ohne narrative Elemente und Erklärungen beschrieben und daran anknüpfend mithilfe von physikalischen Konzepten erklärt. Als Ergänzung werden gängige, physikalisch inadäquate Alltagserklärungen eingefügt, um den Konzeptwechsel mithilfe des Sachtextes besser zu begleiten. Die Sachtexte dieser Studie zählen deshalb zu Lehrtexten mit persuasiven Anteilen, vergleichbar zu Sachtexten aus Schulbüchern.

Aus gleichen Grund weisen die verfassten Sachtexte nur teilweise Eigenschaften von *refutation texts* auf, für die mehrere Studien eine höhere Lernwirksamkeit belegen (z. B. Ariasi & Mason 2014: 20; Mason et al. 2019: 14). *Refutation texts* sind durch didaktische Rekonstruktion in sprachlicher und fachlicher Hinsicht gekennzeichnet. Zunächst erfolgt eine explizite Konfrontation mit inadäquaten fachlichen Alltagsvorstellungen zu einem Phänomen, indem dargelegt wird, warum diese Vorstellung nur begrenzt erklärungsfähig ist. Daran knüpft eine fachlich richtige Erklärung des Phänomens an, um einen Konzeptwechsel einzuleiten (z. B. Ariasi & Mason 2014:

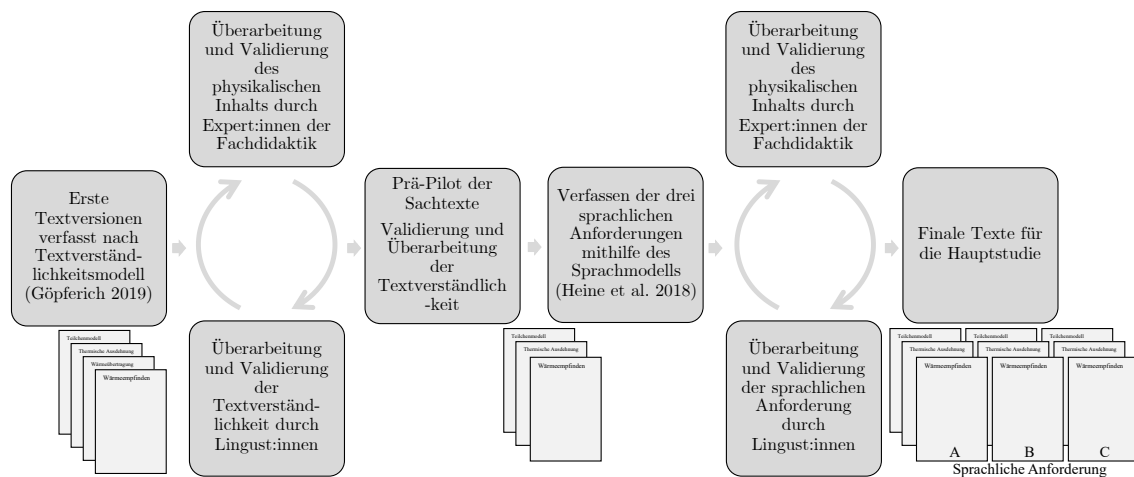


Abbildung 5.1.: Arbeitsschritte zum Verfassen der Sachtexte dieser Studie nach den Textverständlichkeitsdimensionen und dem Sprachmodell.

495-496; Härtig & Kohnen 2017: 10-11; Hynd 2001: 700; Mason et al. 2019: 485-486; Prinz et al. 2018: 977-980). Aus kognitionspsychologischer Perspektive sind *refutation texts* ebenso als lernförderlich zu bewerten, da sie vorhandenes Alltagswissen bei Lernenden aktivieren und dieses explizit als Anknüpfungspunkt für fachlich richtige Erklärungen nutzen. In sprachlicher Hinsicht bedeutet dies u. a., dass neue Fachbegriffe bei erstmaliger Nennung inhaltlich erklärt werden müssen. Allerdings birgt die explizite Beschreibung einer falschen Vorstellung in *refutation texts* die Gefahr, dass diese sich bei den Lesenden verfestigt, wenn die daran anknüpfende fachlich richtige Erklärung nicht verstanden oder gar nicht gelesen wird. Die Sachtexte dieser Studie unterscheiden sich deshalb von *refutation texts* darin, dass das Phänomen – vor allem aus motivationalen Gründen – ins Zentrum gestellt wird und antizipierte inadäquate Alltagserklärungen erst anschließend während der physikalischen Erklärung eingebunden werden. Die lernförderliche Wirkung klassischer *refutation texts* sollte zumindest teilweise auf die Sachtexte dieser Studie zu übertragen sein, da Inhalte vergleichbar, aber in anderer Reihenfolge präsentiert werden.

Zur Sicherstellung dieser Ziele ist das Verfassen der Texte in einen teils iterativen Prozess gegliedert, der in Abbildung 5.1 dargestellt ist. Beim Verfassen der ersten Textversion werden die hier benannten Ziele und die in Kapitel 5.2 beschriebenen Richtlinien zur Umsetzung der Textverständlichkeitsdimensionen berücksichtigt. Basierend auf den vom Autor dieser Arbeit erstellten ersten Textentwürfen arbeiten Expert:innen der Physikdidaktik und der Linguistik in Diskussionen iterativ mit unterschiedlichem Fokus an den Texten. Die Expert:innen der Physikdidaktik über-

arbeiten die Textversionen vor allem mit fachlichem Fokus. Die Expert:innen der Linguistik stellen dagegen sicher, dass sich die Textverständlichkeit der einzelnen Textversionen auf einem vergleichbar hohen Niveau befinden. Der Ablauf dieser Expertendiskussion wird in Kapitel 5.3 beschrieben. Nach diesem Prozess wird die Textverständlichkeit, der so verfassten drei Sachtexte, in der Zielgruppe durch den Prä-Pilot der Sachtexte (vgl. Kapitel 7) untersucht. Die Ergebnisse des Prä-Pilots der Sachtexte werden zur finalen Überarbeitung der Textverständlichkeit genutzt. Die bis zu diesem Zeitpunkt entwickelten Texte verschiedenen Inhalts weisen idealerweise eine vergleichbar hohe Textverständlichkeit auf und befinden sich auf einem mittleren sprachlichen Anforderungsniveau. Dieses mittlere sprachliche Anforderungsniveau entspricht noch nicht in allen Feinheiten dem mittleren sprachlichen Anforderungsniveau der Hauptstudie bzw. des Sprachmodells. Die Texte sind im Anhang unter B.1 zu finden und stellen die Textgrundlage für die Anwendung des Sprachmodells dar.

Die Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus der so erstellten Sachtexte erfolgt anschließend mittels des Sprachmodells (vgl. Kapitel 3.3.5). Der genaue Ablauf der sprachlichen Überarbeitung wird in Kapitel 12.1 erläutert. Auch in diesem Prozess arbeiten Expert:innen iterativ mit inhaltlichem bzw. sprachlichem Fokus an den Texten. Um sicherzustellen, dass Inhalt, Reihenfolge der Inhalte (Thema-Rhema-Ordnung) und Umfang der im ersten Schritt verfassten Sachtexte durch die Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus nur minimal verändert werden, wird die Textgrundlage vor der sprachlichen Variation einer Propositionsanalyse unterzogen. In der Propositionsanalyse sind die einzelnen Aussagen hintereinander aufgereiht und nummeriert, sodass ein Abweichen vom Inhalt oder von der Reihenfolge der Inhalte nachzuvollziehen ist. Im Anhang ist die Propositionsanalyse sowie die Textgrundlage zu finden (vgl. B.1).

Für die weiteren Vorstudien (Prä-Pilot der Items sowie Pilot der Hauptstudie) sind alle Texte auf dem mittleren sprachlichen Anforderungsniveau des Sprachmodells verfasst, da dieses Niveau am ehesten den bildungssprachlichen Anforderungen eines Schulbuchtextes entspricht. Die Texte sollen dabei möglichst authentisch wirken. Zwischen den einzelnen Teilstudien treten kleine sprachliche Variationen auf, da aus der Durchführung und den Ergebnissen der Vorstudien Hinweise zur Überarbeitung der Texte generiert werden.

5.1. Textentwurf

Folgend wird das Verfahren beim Verfassen der grundlegenden Versionen der Sachtexte dieser Studie beschrieben, die später auf drei sprachlichen Anforderungsniveaus variiert werden. Beim Verfassen der Sachtexte wird sich auf einen Themenbereich der Physik beschränkt. Bei der Auswahl des Themenbereichs ist relevant, dass sich die verschiedenen Sachtexte nicht überschneiden. Durch das Skizzieren verschiedener Themenbereiche in Sachstrukturdiagrammen³¹ wurde die Wärmelehre ausgewählt, da hier vier voneinander unabhängige Themen ausgemacht werden können. Ergänzend ist ein Vorwissenstest in Deutsch zur Kontrolle des Vorwissens im Bereich der Wärmelehre bereits vorhanden. Wärmelehre ist zudem nicht Teil des Lehrplans Physik der Stadt Hamburg (Freie und Hansestadt Hamburg 2018), sodass mit wenig Varianz im Vorwissen der Lesenden zu rechnen ist.

5.2. Umsetzung der Textverständlichkeitsdimensionen

Bei der Texterstellung werden die Textverständlichkeitsdimensionen von Göpferich (2019) zur Steigerung der Textverständlichkeit berücksichtigt (vgl. Kapitel 3.4.4) und Richtlinien zu deren Umsetzung verfasst. Ziel dabei ist, den physikalischen Inhalt möglichst lernförderlich für Lernende der Mittelstufe darzulegen und mögliche Überlagerungen des Effekts der sprachlichen Anforderung durch Kontrolle weiterer Verständlichkeitsdimensionen zu minimieren. Deshalb werden Texte verfasst, die über mittlere Verständlichkeitsgrade verfügen und die für die Mehrheit der Zielgruppe Entwicklungsmöglichkeiten bieten. Hierzu sind zunächst die *Textproduktions- und Auftragsdaten* der Texte zu bestimmen, da diese den Maßstab zur Anwendung der Textverständlichkeitsdimensionen zur Textproduktion bzw. -bewertung festlegen (vgl. Kapitel 3.4.4).

Textproduktions- und Auftragsdaten: Die in dieser Studie verwendeten Sachtexte haben den *Zweck*, physikalisches Wissen zu vermitteln, sind an Lernende der 7. und 8. Klasse ohne Vorwissen im Bereich der Wärmelehre gerichtet (*Lesende*)

³¹Auf die Darstellung der Sachstruktur der Sachtexte wird hier verzichtet, da dies im Rahmen einer angegliederten Masterarbeit post-hoc erfolgt. Die systematisch erstellten Concept-Maps und die Bestimmung von Vernetzungsgrade der finalen Sachtexte werden in Kapitel 7.4 dargelegt. Diese Concept-Maps stellen die Sachstruktur der ausgewählten Inhalte präzise und valide dar.

und von einer wissenschaftlichen Bildungseinrichtung (Universität) zu Forschungszwecken (*Verfasser:in*) verfasst worden. Das *mentale Denotatsmodell* ist vor allem durch die Sachanalyse (vgl. Kapitel 5.1) bestimmt. Dabei erfolgt eine didaktische Reduzierung auf die Kernideen und Phänomene des jeweiligen Themas im Sinne der Textverständlichkeitsdimension Prägnanz und unter Beachtung der Motivation (siehe unten). Das antizipierte Vorwissen der Lernenden im Bereich der Wärmelehre wird als gering bis nicht vorhanden eingestuft, sodass alle nötigen Informationen zum Aufbau des mentalen Denotatsmodells im Text vorkommen müssen. Hierdurch soll das Bilden von fachlichen Inferenzen bei der lokalen Kohärenzbildung reduziert werden, um das Verstehen des Textes zu erleichtern (vgl. Kapitel 3.4.1). Einzig die Begriffe *Volumen* und *Körper* werden vorausgesetzt. Das vermittelnde *Medium* ist Schrift auf Papier ohne Abbildungen. Hierdurch wird eine Abweichung im *mentalen Konventionsmodell* erzeugt, da Sachtexte unter den vorgegebenen Auftragsdaten in der Regel durch Abbildungen, Schemata oder Diagramme ergänzt werden. Die Text-Bild-Verarbeitung stellt jedoch eine komplizierte, schwer zu kontrollierende Kompetenz dar, die von Lernenden in unterschiedlichem Maße genutzt und deshalb in dieser Studie ausgespart wird (z. B. J. D. Brown & Hudson 1998: 660; Hynd 2014: 254; Jian 2019: 515; Mason et al. 1994: 400). Andere, das Layout betreffende Merkmale des Textes (Seitenränder, Blocksatz, Schriftgröße, Absätze mit Zwischenüberschriften) entsprechen dem mentalen Konventionsmodell von Sachtexten bzw. Schulbüchern in der Physik und zählen zur Dimension *Perzipierbarkeit*. Als Bezugsgröße für die juristische und redaktionelle Richtlinie sind die Bildungspläne der Stadt Hamburg anzusehen (Freie und Hansestadt Hamburg 2018). Durch die Bestimmung der Textproduktions- und Auftragsdaten ist der Bezugsrahmen für die Produktion bzw. Bewertung der Texte anhand der Textverständlichkeitsdimensionen gegeben.

Es werden so Texte verfasst, die über mittlere Verständlichkeitsgrade verfügen. Die Berücksichtigung der Textverständlichkeitsdimensionen und die Anpassung an die Zielgruppe verdeutlicht, dass eine Textverständlichkeit angestrebt wird, die möglichst vielen Lesenden Anregungen für erreichbare Entwicklungen auf Basis der individuellen Verarbeitungskompetenz in den einzelnen Dimensionen bietet (Groebe & Christmann 1989: 176). Die Textproduktion soll deshalb mittlere Textverständlichkeit auf Grundlage der beschriebenen *Textproduktions- und Auftragsdaten* sowie unter Berücksichtigung der Textverständlichkeitsdimensionen erzielen, sodass die Rezeption motivierend und die kognitive Gliederung der Textinhalte eindeutig und präzise ist.

Die Richtlinien zur Umsetzung der Textverständlichkeit werden hier folgend entlang der Dimensionen geordnet aufgeführt. Die Richtlinien beziehen sich vornehmlich auf das mittlere sprachliche Anforderungsniveau der finalen Texte, da vor allem die *Simplizität* durch die sprachliche Variation bedingt wird.

Struktur: Die Umsetzung der Textverständlichkeitsdimension *Struktur* ist in den Texten besonders daran zu erkennen, dass zunächst alltägliche für Lesende bekannte Phänomene beschrieben, erklärt und abschließend verallgemeinert werden. Die Texte leiten die Lesenden von bekannten zu unbekannten Inhalten und erfüllen die geforderte Thema-Rhema-Ordnung global. Zudem erfolgt zu Beginn ein Aufriss der Problemstellung anhand eines oder mehrerer Phänomene, sodass ein mentales Modell zur Problemstellung durch ein für Lernende der Mittelstufe bekanntes Phänomen erstellt werden kann, bevor das Arbeitsgedächtnis mit neuen Informationen belastet wird. Die Trennung der Texte in einzelne Absätze dient dazu, einzelne Sinnabschnitte bzw. Schemata abzuschließen und voneinander zu trennen. Die Formulierung der Zwischenüberschriften ist so gewählt, dass diese die Kernaussagen des darauffolgenden Absatzes zusammenfassen.

Prägnanz: Zur Erzielung einer möglichst hohen *Prägnanz* im Text ist darauf zu achten, dass das mentale Denotatsmodell möglichst keine unnötigen Informationen bereitstellt. Aus diesem Grund erfolgt eine didaktische Reduktion auf die *Big Ideas* des jeweiligen Themas. Ausnahmen sowie Besonderheiten des physikalischen Inhalts werden für die bestimmten Auftragsdaten ausgespart. Da die Texte in die Themen einführen, ist das benötigte Vorwissen auf allgemeine Begriffe wie *Volumen* und *Körper* begrenzt. Andere Fachbegriffe werden im Text erklärt. Der Text führt Erklärungen für das antizipierte Vorwissen der Lesenden angemessen detailliert auf und liefert alle relevanten Aussagen für den Aufbau eines mentalen Modells. Diesem Spannungsfeld von notwendiger Ausführlichkeit und möglicher Reduktion entsprechend, wird in den Texten eine möglichst geringe Anzahl verschiedener Phänomene aufgeführt, anhand derer der physikalische Inhalt beispielhaft erklärt wird. Die Erklärung der tiefer gehenden Teilaspekte erfolgt fokussiert auf die im Text eingeführten Phänomene. Redundanzen und Informationslücken, die die Bildung von Inferenzen fordern würden, werden vermieden.

Motivation: Zur Steigerung der *Motivation* wird der physikalische Inhalt in den Texten entlang von und fokussiert auf alltägliche Phänomene erklärt. Die Abstraktion der Beispiele erfolgt erst in einem nachgestellten Abschnitt, wodurch die Fokussierung auf die Phänomene möglichst lang aufrechterhalten wird. Die Motivation unterliegt der Beeinflussung der Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus. Auf dem ersten Niveau erfolgt eine persönliche Anrede, auf dem zweiten eine unpersönliche Anrede und auf dem dritten wird darauf verzichtet. Hierdurch ergibt sich eine unterschiedlich hohe Motivation in den sprachlichen Varianten der Texte.

Simplizität: Die Textverständlichkeitsdimension *Simplizität* wird modellbasiert für die Hauptstudie variiert (vgl. Kapitel 12.1). Die sprachliche Variation der Texte erfolgt erst in der Hauptstudie, da die Variation aus Gründen der Testökonomie vorher nicht realisierbar ist. Zudem erzeugte die sprachliche Variation der Texte eine unnötige Varianz und Unschärfe in den Ergebnissen der Vorstudie. Zur besseren Vergleichbarkeit sind die Sachtexte für beide Prä-Pilote und für den Pilot auf dem mittleren sprachlichen Anforderungsniveau B verfasst (vgl. Kapitel 3.3.5 und 12).

Korrektheit: Die *Korrektheit* der Texte wird hinsichtlich der inhaltlichen Widerspruchsfreiheit und der inhaltlichen Konsistenz von Expert:innen der Fachdidaktik Physik untersucht und validiert. Die behandelten Themen aus der Wärmelehre sind Teil des Bildungsplans Hamburg, liegen inhaltlich im rechtlichen Rahmen und weisen curriculare Validität auf (Freie und Hansestadt Hamburg 2018).

Perzipierbarkeit: Zur Umsetzung der *Perzipierbarkeit* sind die Überschrift und Zwischenüberschriften vom Textkörper durch Fettdruck und Änderung der Schriftgröße abgegrenzt. Die Schriftart und das gewählte Layout im Blocksatz sind für Sachtexte typisch und gut lesbar.

Die präsentierten Richtlinien ermöglichen die Überarbeitung und Validierung der Textverständlichkeit durch Expert:innen der Linguistik und der Physikdidaktik. Das Vorgehen dabei wird folgend beschrieben.

5.3. Entwicklung der Texte mithilfe von Expertendiskussionen

Folgend wird die Bewertung, Überarbeitung und Validierung der Textverständlichkeitsdimensionen durch Expert:innen der Linguistik und der Physikdidaktik beschrieben. Die Überarbeitung erfolgt durch eine Expert:innendiskussion. Alternativ wäre ein Rating mittels einer Einschätzung der Textverständlichkeitsdimensionen über eine Likert-Skala realisierbar. Ein Rating ist allerdings wenig zielführend, da durch die Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus der Texte in der Hauptstudie anhand des Sprachmodells insbesondere die Dimension *Simplizität* variiert wird. Alle weiteren Dimensionen werden ebenso in geringem Maße verändert, da alle Dimensionen miteinander zusammenhängen und eine isolierte Variation unmöglich wäre.

Aus benannten Gründen wird eine Expert:innendiskussion angewandt, da subjektive Einschätzungen im Diskurs erläutert und mit anderen Meinungen verglichen werden können. Die Expert:innendiskussionen verlaufen iterativ zwischen 7 Expert:innen der Fachdidaktik Physik und 8 Expert:innen der Linguistik. Aus dem Diskurs lassen sich bei Übereinkunft Formulierungsänderungen ableiten bzw. Textverständlichkeitsdimensionen bestätigen. Zur tiefergehenden Arbeit an den Texten stufen jeweils zwei Expert:innen zwei Texte anhand der Textverständlichkeitsdimensionen ein und vergleichen diese paarweise. Aus den Paarvergleichen werden konkrete Formulierungsänderungen zur Steigerung und Angleichung der Textverständlichkeitsdimension einzelner Texte herausgearbeitet. Anschließend werden Formulierungsänderungen und Bewertungen der Textverständlichkeitsdimensionen in Gruppendiskussionen unter den Expert:innen einer Fachdisziplin besprochen. Die Dimensionen *Korrektheit* und *Prägnanz* werden dabei von Fachdidaktiker:innen überprüft, indem insbesondere der physikalische Inhalt auf curriculare Validität, unmissverständliche Darlegung und physikalische Richtigkeit analysiert wird. Die weiteren Dimensionen werden vor allem von Linguist:innen bearbeitet.

5.4. Finale Textgrundlage für den Prä-Pilot der Sachtexte

Die Textgrundlagen für den Prä-Pilot der Sachtexte weisen nach der Überarbeitung durch die Expert:innen eine vergleichbar hohe Textverständlichkeit für die aufgeführten *Textproduktions- und Auftragsdaten* auf. Das bedeutet, dass die Textversionen abseits des Inhalts in der Glieder, *Struktur*, *Prägnanz*, *Korrektheit* und der *Perzipierbarkeit* vergleichbar sind. Nachdem die Sachtexte den iterativen Überarbeitungsprozess durchlaufen haben, gilt es, diese in der Zielgruppe zu erproben. Denn wenn die Expert:innen die Sachtexte für Lernende der Mittelstufe auf einem hohen und vergleichbaren Textverständlichkeitsniveau verfassen, können dennoch nicht antizipierte Verständnisprobleme auftreten (vgl. Kapitel 7).

6. Qualitative Methoden zur Validierung der Textverständlichkeit

In diesem Kapitel wird das Vorgehen der empirischen Weiterentwicklung der Sachtexte dieser Studie hinsichtlich der Textverständlichkeit erläutert. Im Rahmen des Prä-Pilots der Sachtexte wurden $N = 16$ fokussierte Interviews mit Lernenden der Mittelstufe durchgeführt und mittels einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Im Folgenden wird das Vorgehen genauer erläutert.

6.1. Fokussiertes Interview

Das fokussierte Interview zählt in der qualitativen Sozialforschung zu den Leitfaden geführten, halb-strukturierten Interviews und wurde von Merton & Kendall (1979) für die Medienwirkungsforschung entwickelt. Bei dieser Interviewart erfahren alle Interviewten im Voraus einen einheitlichen Reiz, der im Fokus des Interviews steht und dessen subjektive Wirkung anhand des Leitfadens untersucht wird (Flick 2007: 195). Der Reiz selbst wird zuvor einer Inhaltsanalyse unterzogen, um einen Abgleich von objektiver und subjektiver Wirkung zu ermöglichen. Ursprünglich diente das fokussierte Interview in der Medienwirkungsforschung zur Analyse von bspw. Filmen, Radiosendungen oder Werbespots (Flick 2007: 195). In der vorliegenden Studie werden dagegen Wirkungen von Sachtexten und zugehörigen Fragebogen-items eruiert und als Reiz eingesetzt. Dabei werden Kerninhalte der Texte miteinander verglichen sowie Verständnisschwierigkeiten aufgedeckt. Die beim Verfassen berücksichtigten Textverständlichkeitsdimensionen nach Göpferich (2019) werden im Interview indirekt abgefragt, um die subjektive Verständlichkeit der Sachtexte entlang dieser

Dimensionen zu untersuchen (in Kapitel 7.1 ist eine ausführliche Beschreibung der Fragen des Leitfadens zu finden).

Leitfaden und Dimensionen der Interviewführung

Der Leitfaden dient zur Strukturierung des Interviewablaufs und besteht aus unstrukturierten, halb-strukturierten und strukturierten Fragen sowie Vorgaben für die Interaktion in bestimmten Bereichen des Interviews. Alle Fragen sollen zum Erzählen über den Reiz, also den Sachtext bzw. die Fragebogenitems, anregen. Der Strukturierungsgrad der Fragen steigt im Laufe des Interviews an, sodass die Interviewten zunächst selbst Schwerpunkte setzen können. Im weiteren Verlauf des Interviews werden sie angeleitet, auf noch nicht benannte, aber für die Forschung relevante Aspekte detailliert einzugehen (Flick 2007: 195). Im mittleren Teil des Interviews werden halb-strukturierte Fragen zu Textabschnitten und Wirkungen gestellt. Dabei werden von den Interviewten genannte Wirkungen oder Textabschnitte wieder aufgegriffen. Dieses Vorgehen ist Teil der ersten von vier Aspekten der Interviewführung für ein fokussiertes Interview – die *Nichtbeeinflussung* der Interviewten (Merton & Kendall 1979: 178). Dieser Aspekt beinhaltet auch das Eingehen auf und die Nutzung der Sprache der Interviewten, um so den Interviewten zu ermöglichen, selbst Schwerpunkte zu setzen. Im Leitfaden ist dies u. a. daran zu erkennen, dass Wirkungen und Textstellen in den Fragestellungen ausgespart sind und der Interviewende dazu angehalten wird, Äußerungen der Interviewten aufzugreifen.

Der zweite Aspekt wird mit *Spezifität* bezeichnet und meint, dass durch eine retrospektive Introspektion³² des Lesens des Sachtextes eine nicht erinnerte, sondern eine möglichst unverfälschte und unbeeinflusste Wiedergabe der subjektiven Empfindung, Wirkung und der Verständlichkeit des Reizes erfolgt (Merton & Kendall 1979: 191). Dies wird erreicht, indem das Interview direkt an das Lesen des Textes anschließt und die Interviewten dazu ermutigt werden, einzelne Abschnitte im Verlauf des Interviews erneut zu lesen.

Die *Erfassung eines breiten Spektrums* ist der dritte Aspekt und wird durch eine ausreichende Flexibilität bei der Auslegung des Leitfadens und durch das Eingehen auf alle relevanten Aspekte sowie auf nicht antizipierte Reaktionen der Inhaltsanalyse erreicht (Merton & Kendall 1979: 196-197).

³²Die Introspektion bezeichnet ein Erhebungsverfahren, bei dem Gedanken und Emotionen verbalisiert werden, die ansonsten nicht beobachtet werden können.

Der vierte Aspekt – *Tiefgründigkeit* – wird erfüllt, indem der Interviewende darauf hinwirkt, dass Wirkungen und Empfindungen durch möglichst detaillierte und differenzierte Beschreibungen erklärt werden (Merton & Kendall 1979: 197-198). Die beiden Aspekte *Erfassung eines breiten Spektrums* und *Tiefgründigkeit* sind vom Interviewenden besonders während der Durchführung des Interviews zu beachten. Wie die Umsetzung der Aspekte im Leitfaden zu erkennen ist, wird in Kapitel 7.1 dargelegt.

6.2. Qualitative Inhaltsanalyse

Mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse lassen sich manifeste und latente Inhalte einer Kommunikation ordnen, strukturieren und interpretieren. Die qualitative Inhaltsanalyse stellt eine systematische, strikt reglementierte und intersubjektiv überprüfbare Textanalyse dar und grenzt sich so von rein hermeneutischen Verfahren ab (Mayring 2015: 9-12). Es folgt hier die Beschreibung der deduktiven Kategorienaufstellung nach Boyatzis (1998) und der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse nach Mayring (2015).

Die inhaltlich strukturierende Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) hat im direkten Vergleich mit dem Konzept *Developing a Theory-Driven Code* nach Boyatzis (1998) viele Gemeinsamkeiten. Allerdings ist die Gliederung und Abfolge der Schritte der deduktiven Kategorienaufstellung bis zu deren finalen Anwendung auf das gesamte Material nach Boyatzis (1998) feiner gegliedert und deshalb für diese Arbeitsschritte dieser Studie wegweisend. Die Auswertung der Kodierungen ist dagegen bei Mayring (2015) detaillierter beschrieben und wird für diesen Arbeitsschritt angewendet. Beide Konzepte werden im Folgendem dargelegt.

Kategorienaufstellung nach Boyatzis

Die deduktive Kategorienaufstellung nach Boyatzis (1998) – *Developing a Theory-Driven Code* genannt – verläuft in drei Schritten: 1. *Sampling and Design Issues*, 2. *Developing Themes and a Code* und 3. *Validating and Using the Code*.

Im ersten Schritt ist das Material unter Einbezug der Theorie und des gesamten Materials auszuwählen, anhand dessen die Kategorien entwickelt werden.

Der zweite Schritt gliedert sich in drei Abschnitte: *a) generating a code*, *b) reviewing revising the code in the context of the nature of the raw information*, und *c) determining the reliability of the coders and therefore the code* (Boyatzis 1998: 35-36). Der erste Abschnitt ist theoriegeleitet und führt zur Erstellung eines ersten Kategoriensystems samt Name, Beschreibung, Abgrenzung von anderen Kategorien und Ankerbeispielen. Im zweiten Abschnitt wird die Passung des erstellten Kategoriensystems zum Material untersucht. Dabei ist darauf zu achten, dass die Formulierungen im Kategoriensystem zum Material passend durch die Kategorienbeschreibung abgedeckt und alle benötigten Aspekte dargestellt werden (Boyatzis 1998: 26). In diesem Schritt sind Veränderungen und Anpassungen des Kategoriensystems zu erwarten und vorgesehen. Im abschließenden dritten Abschnitt ist die Interkoderreliabilität zu überprüfen. Hierbei ist wichtig, dass vor Anwendung des Kategoriensystems die Formulierungen im zweiten Abschnitt durch mehrere Personen überarbeitet werden, um die Verständlichkeit zu erhöhen. Zur Bestimmung der Interkoderreliabilität wird das Material von mindestens zwei unterschiedlichen Kodierenden bearbeitet und die Übereinstimmung geprüft. Daraus ergeben sich meist weitere Änderungen am Kategoriensystem – besonders bei den Formulierungen der Abgrenzungen einzelner Kategorien.

Im dritten Schritt *3. Validating and Using the Code* wird das Kategoriensystem auf das gesamte Material angewendet und anschließend interpretiert. Dieser Schritt ist laut Boyatzis (1998: 36-37) beim *Theory Driven Code* besonders leicht, da die Kategorien aus der Theorie stammen. Die kodierten Aussagen sind im Vergleich zur Theorie zu bestätigen oder zu revidieren.

Probleme des *Theory Driven Code* sind eine niedrigere Interkoderreliabilität und Validität, da sie sensibler auf Projektionen der Forschenden bzw. Kodierenden und deren Hintergründe reagieren (Boyatzis 1998: 35). Begründet wird das damit, dass bei der Erstellung des Kategoriensystems anhand der Theorie Überzeugungen und Annahmen der Kodierenden in die Kategorien übertragen werden (Boyatzis 1998: 35).

Inhaltlich strukturierende Inhaltsanalyse nach Mayring

Ziel der strukturierenden Inhaltsanalyse nach Mayring (2015: 67) ist, Aspekte im Material anhand vorher festgelegter Kriterien ausfindig zu machen bzw. das Material anhand der Kriterien in drei Schritten (Paraphrasieren, Generalisieren und Redu-

zieren) einzuschätzen. Die inhaltliche Strukturierung stellt eine Unterkategorie dar, extrahiert bestimmte Inhaltsbereiche aus dem Material und fasst diese Aussagen zusammen (Mayring 2015: 99). Das Kategoriensystem wird in diesem Fall im voraus anhand der Theorie festgelegt (deduktive Kategorienanwendung). Dabei können verschiedene Abstufungen von Kategorien entstehen. Sobald das Kategoriensystem samt Definitionen und Ankerbeispielen erstellt ist, wird dieses an empirischem Material erprobt. Dabei ist darauf zu achten, dass die einzelnen Kategorien den Inhalt des Interviews abdecken und die Definitionen samt Ankerbeispielen eine eindeutige Zuordnung zum Material ermöglichen (Mayring 2015: 97). Nach einem ersten Durchgang ist meist eine Überarbeitung des Kategoriensystems notwendig. Bevor das gesamte Material durchlaufen wird, kann eine Interkoderreliabilität berechnet werden. Ggf. sind weitere Überarbeitungen des Kategoriensystems vorzunehmen (Mayring 2015: 97). Sobald das Kategoriensystem überarbeitet ist und die Interkoderreliabilität eine zufriedenstellende Übereinstimmung bestätigt, kann das gesamte Material durchlaufen werden.

Im weiteren Verlauf der inhaltlichen Strukturierung wird das beim Kodieren extrahierte Material paraphrasiert und nach Regeln der Zusammenfassung nach Mayring (2015: 103) pro Unter- und dann Hauptkategorie zusammengefasst (Generalisierung und Reduktion). Dabei werden (1.) bedeutungsgleiche und inhaltslose Paraphrasen gestrichen, (2.) Paraphrasen auf ein einheitliches Abstraktionsniveau gebracht, (3.) ähnliche Paraphrasen zusammengefasst und (4.) nur inhaltstragende Paraphrasen übernommen (Mayring 2015: 72).

7. Validierung der Verständlichkeit der physikbezogenen Sachtexte (Prä-Pilot der Sachtexte)

Zur Validierung der physikbezogenen Sachtexte wird eine qualitative Studie als Abschluss der Entwicklung der später sprachlich variierten Sachtexte durchgeführt. Ziel ist Wirkung und Verständlichkeit der nach den Textqualitätsdimensionen nach Göpferich (2019) verfassten Sachtexte zu untersuchen sowie antizipierte und nicht antizipierte Komplikationen und Verständnisprobleme herauszufinden. Dazu werden $N = 16$ Schüler:innen der Mittelstufe gebeten jeweils eine der vier Textversionen zu lesen und einige Items des zugehörigen fachlichen Textverstehenstests zu beantworten. Zwölf der Schüler:innen besuchen die Stadtteilschule und die übrigen vier ein Gymnasium. Hintergrund der Beantwortung einiger Items ist, die Interviewten über das einfache einmalige Lesen des Sachtextes hinaus, wie in der Hauptstudie vorgesehen, mit diesem arbeiten zu lassen. Im Anschluss werden die Lernenden mithilfe eines Leitfadens in einem fokussierten Interview über Verständlichkeit und Wirkung der Sachtexte befragt (vgl. Kapitel 6.1). Im Zentrum des Interviews stehen halbstrukturierte Fragen, die entweder die Wirkung des Sachtextes auf die Lesenden erfragen oder zu bestimmten Textabschnitten Fragen aufwerfen. Die Interviewten müssen jeweils den für sie zu einer Wirkung passenden Textabschnitt nennen oder die Wirkung eines genannten Textabschnitts beschreiben. Bei der Interviewführung werden die beschriebenen Dimensionen des fokussierten Interviews beachtet³³.

Die Interviewten nehmen freiwillig an der Studie teil. Es handelt sich um eine Gelegenheitsstichprobe. Alle Daten werden anonym erhoben und verarbeitet. Ein schriftliches Einverständnis wurde von allen Erziehungsberechtigten der teilnehmenden Lernenden eingeholt. Die Interviews werden an den Schulen während der Un-

³³Für die Beschreibung der Dimensionen siehe Kapitel 6.1 und für die Beschreibung der Umsetzung der Dimensionen siehe das hieran anschließende Kapitel 7.1.

terichtszeit geführt, aufgezeichnet, später transkribiert und anschließend mit einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Es folgt die Erläuterung des Leitfadens und die Darstellung der Studie in ihren Ergebnissen.

7.1. Erläuterung des Leitfadens des fokussierten Interviews

In den Interviews des Prä-Pilots der Sachtexte wird nicht explizit nach Textverständlichkeitsdimensionen gefragt, sondern es werden allgemeine Fragen zu Texteinheiten oder zu vom Sachtext erzeugten Wirkungen gestellt. Aus diesem Grund wird erst in der Auswertung und in den Ergebnissen näher auf die Textverständlichkeitsdimensionen eingegangen. Der vollständige Leitfaden (Anhang A.1) sowie die Erläuterungen aller Fragen des Leitfadens (Anhang A.1.1) sind im Anhang zu finden.

Die Fragen des Leitfadens sind nach der Art der Fragen in (1.) Text gesamt, (2.) halbstrukturierte Fragen zu Wirkungen, (3.) halbstrukturierte Fragen zu Textstellen, (4.) Fragen zum Verständnis und (5.) Abschluss gegliedert. Im Folgenden werden die erwarteten Wirkungen des Sachtextes auf die Lernenden der Mittelstufe beschrieben.

7.2. Erwartete Wirkungen (Hypothese) durch Inhaltsanalyse der Sachtexte

Im Rahmen des fokussierten Interviews ist eine Inhaltsanalyse des eingesetzten Reizes, hier des Sachtextes, vorgesehen (Flick 2007: 195). Die Ergebnisse der Inhaltsanalyse erlauben es, die empirisch erhobenen Aussagen der Interviewten geordnet auszuwerten. In dieser Studie werden deshalb die beim Lesen der Sachtexte zur Wärmelehre zu erwartenden Wirkungen und Schwierigkeiten im Voraus des Interviews bestimmt, um diese mit den im Interview verbalisierten Wirkungen und Schwierigkeiten zu vergleichen. Die in der Literatur vorgesehene Inhaltsanalyse des eingesetzten Reizes (Versionen der Sachtexte) ist allerdings für diese Studie nicht zielführend, da die besonderen Merkmale der Sachtexte im Hinblick auf zu untersuchende Wirkungen bekannt sind. Der Fokus bei der Analyse der Sachtexte liegt zum einen auf

antizipierten schwierigkeiterzeugenden linguistischen Mitteln (basierend auf dem mittleren Anforderungsniveau B des sprachlichen Modells) und zum anderen auf weiteren Wirkungen, die durch das Verfassen des Sachtextes anhand der Textverständlichkeitsdimensionen generiert werden.

Die Umsetzung der Textverständlichkeitsdimensionen und deren Wirkung werden hier für die anschließende Inhaltsanalyse der Interviewtranskripte zusammengefasst dargestellt. Zur besseren Übersichtlichkeit sind die Wirkungen anhand der Textverständlichkeitsdimensionen strukturiert.

Struktur: Alle Sachtexte besitzen eine den Sachtext zusammenfassende Überschrift und drei die jeweiligen Absätze zusammenfassende Zwischenüberschriften. Ermöglicht werden soll, dass die Lesenden sich vor dem Lesen eine grobe Vorstellung über den darauffolgenden Sachtext bzw. Absatz machen. Die erwartete Wirkung ist, dass Lesende den Sachtext als gut strukturiert bewerten und Inhalte einfacher im Sachtext wiederfinden können. Schlussendlich wird das Verstehen so erleichtert, da eine Einordnung der neuen Inhalte in bestehende Schemata angeleitet wird. Eine solch differenzierte Aussage ist aber von keinem der Interviewten zu erwarten. Lesende sollten die Zwischenüberschriften und die Aufteilung der Sachtexte grundsätzlich als verständnisfördernd bewerten, weil sie dazu anleiten, einzelne Sinnabschnitte abzuschließen und voneinander zu trennen.

Aufgrund der Strukturierung in einen Problemaufriss und eine daran anknüpfende Fragestellung sollten die Befragten die Sachtexte als gut nachvollziehbar beschreiben. Die Reihenfolge der Textinhalte ist so gehalten, dass im Abschnitt nach der Fragestellung eine grundlegende Einführung in den thematischen Inhalt erfolgt. Tiefergehende Teilaspekte des physikalischen Inhalts werden in den darauffolgenden Abschnitten anhand von für die Interviewten alltäglichen Phänomenen erklärt (Makrostruktur). In den Erklärungen erfolgt zunächst die Beschreibung des Phänomens und daran anknüpfend der physikalischen Inhalte (Mikrostruktur). Diese Reihenfolge soll von den Interviewten als sinnstiftende und verständliche Erklärung bewertet werden. Die gesamte Struktur (auf Text- und Absatzebene) erfüllt die geforderte Thema-Rhema-Ordnung und intendiert, Interesse am Thema aufrecht zu erhalten, zum Weiterlesen zu motivieren und die Inhalte sinnvoll in bestehende Strukturen einzuordnen.

Prägnanz: Die Erklärungen der physikalischen Inhalte konzentrieren sich auf die *Big Ideas* des jeweiligen Sachtextes und stellen somit eine didaktische Reduktion dar. Die zu erzielende Wirkung ist, dass die Interviewten sinntragende Elemente eindeutig rezipieren können und keine unnötigen Informationen zur Belastung des Arbeitsgedächtnisses führen. Die Interviewten sollten deswegen im Interview anmerken, dass der Sachtext wenig verwirrend und gut zu verstehen ist. Durch die Reduzierung auf wenige Phänomene werden vergleichbare Wirkungen erwartet, da nur wenige Situationen aufgebaut und aktiv gehalten werden müssen. Erwartet wird, dass Interviewte die Erklärungen der Sachtexte als verständlich, detailliert und leicht vorstellbar beschreiben. Es wird zudem erwartet, dass Interviewte anmerken, dass wenige Fachbegriffe vorhanden sind, die aber erklärt werden. In Bezug zum Vorwissen ist zu erwarten, dass die Interviewten anführen, dass das zum Verstehen notwendige Wissen in den Sachtexten vorhanden ist und dass keine verwirrenden zusätzlichen Informationen dargeboten werden.

Motivation: Die für die Interviewten alltäglichen bzw. deren Lebenswelt entspringenden Phänomene und Beispiele sollen Interesse wecken. Die erwartete Wirkung ist eine höhere Verständlichkeit. Zudem bieten die alltäglichen Beispiele die Möglichkeit, die Phänomene selbst bereits erlebt zu haben. Die Abstraktion auf die rein physikalische Ebene – losgelöst vom Phänomen – erfolgt in den Sachtexten erst abschließend. Die durch diese Maßnahme angestrebte Wirkung ist, das Interesse am Sachtext möglichst lange aufrecht zu erhalten. Durch die persönliche und unpersönliche Anrede auf den beiden niedrigeren sprachlichen Anforderungsniveaus A und B soll die Lesemotivation erhöht und Versinnbildlichung bei den Lesenden erleichtert werden. Erwartet wird, dass die Interviewten die Phänomene als bekannt und interessant bewerten.

Simplizität: Die Sachtexte sind für diesen Teil der Studie dem sprachlichen Anforderungsniveau B entsprechend verfasst, weisen jedoch einige Fachbegriffe auf, die über alle sprachlichen Anforderungsniveaus konstant gehalten werden. Diese Fachbegriffe werden im Sachtext explizit erklärt. Antizipierte Wirkungen auf der Ebene der Simplizität sind das Hervorheben der geringen Anzahl von Fachbegriffen im Sachtext und deren zugehörige, verständliche Erklärung. Die Wahrnehmung anderer Merkmale des mittleren sprachlichen Anforderungsniveaus B (z. B. Konjunktiv oder relativ kurze Satzstrukturen) sind von den Interviewten höchstens in einer

Umschreibung zu erwarten. Eine exakte Beschreibung der eingesetzten sprachlichen Mittel des zweiten sprachlichen Anforderungsniveaus ist nicht zu erwarten.

Korrektheit: Die Inhalte der Sachtexte sind durch Expert:innen der Physikdidaktik auf inhaltliche Korrektheit kontrolliert und validiert. Bezüglich dieser Textverständlichkeitsdimension ist keine Aussage zu erwarten, da die Sachtexte für die Interviewten Einführungstexte darstellen. Erwartet wird, dass nur wenige Interviewte Abweichungen von den üblichen Textproduktionseckdaten von Sachtexten wahrnehmen, da keine Bilder oder sonstige grafische Darstellungen zur Versinnbildlichung des Textes vorhanden sind und die Sachtexte verhältnismäßig lang sind.

Perzipierbarkeit: Die Überschrift und Zwischenüberschriften sind fett gedruckt, wodurch eine deutliche Abgrenzung zum regulären Sachtext entstehen soll. Aussagen bezüglich dieses Layoutelements, der Schriftart und Formatierung der Sachtexte sind nicht zu erwarten. Erwartet werden positive Aussagen bzgl. der Aufteilung der Sachtexte mithilfe von Absätzen und Zwischenüberschriften, weil hierdurch Sinnabschnitte getrennt werden und es der allgemeinen Übersichtlichkeit innerhalb der Sachtexte zuträglich ist.

7.3. Auswertung und Ergebnisse

Um die Interviews auswerten zu können, werden diese mithilfe der im Anhang unter Kapitel A.1.1 dargelegten Transkriptionsregeln transkribiert. Die Transkription erfolgt wortwörtlich. Umgangssprachliche Ausdrücke, Laute des aktiven Zuhörens, Pausen, Satzabbrüche, parasprachliche sowie dialektische Ausdrücke werden gekennzeichnet. Es erfolgt somit keine Glättung der verbalen Daten, um möglichst viele – auch nicht sprachliche – Informationen des Ausgangsmaterials für die Interpretation der Aussagen verfügbar zu machen. Dieser höhere Aufwand in der Transkription ist damit zu begründen, dass die Interviewten Wirkungen der Sachtexte auch durch nicht sprachliche Laute und Phonetik formulieren, die ohne dieses Vorgehen verloren gingen. Die weitere Auswertung erfolgt kategorienbasiert nach dem folgenden Verfahren.

Das Interviewmaterial wird in MAXQDA mit dem im folgenden Kapitel beschriebenen Kategoriensystem kodiert. Im Zuge der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) werden die kodierten Segmente paraphrasiert. Daran anknüpfend werden die entstandenen Paraphrasen für jedes Interview und jede Kategorie generalisiert und reduziert. Diese Reduktionen werden dann wiederum auf eine gemeinsame Reduktion pro Text und Kategorie zusammengeführt. In diesen finalen Reduktionen sind Hinweise auf die Verständlichkeit der Texte, aber auch zur Verbesserung der Sachtexte vorhanden (siehe Reduktionstabelle im Anhang Kapitel A.1.1). Zur Überarbeitung der Sachtexte werden die Hinweise aus den finalen Reduktionen der einzelnen Sachtexte genutzt.

Zusammenfassend ergibt sich folgender Ablauf der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse:

1. Paraphrasierung aller kodierten Aussagen
2. Generalisierung und Reduktion der Paraphrasen jedes Interviews und jeder Kategorie
3. Zusammenführung der Reduktionen jeder Kategorie durch eine erneute Reduktion

7.3.1. Entwicklung des Kategoriensystems

Die zunächst durch ein induktives Verfahren anhand von vier Interviews entwickelten Kategorien bildeten die Textverständlichkeitsdimensionen nach Göpferich (2019) nahezu identisch ab. Aus diesem Grund wird die induktive Kategorienbildung verworfen und gilt als ein Beleg für die deduktive Kategorienaufstellung.

Die deduktive Kategorienaufstellung orientiert sich an dem Konzept *Developing a Theory-Driven Code* nach Boyatzis (1998: 33-34), sodass die Namen und Beschreibungen der Kategorien aus der Theorie übernommen oder abgeleitet werden. Die Kategorienaufstellung erfolgt nach den drei in Kapitel 6.2 beschriebenen Schritten nach Boyatzis (1998) entlang der Textverständlichkeitsdimensionen, der Fragen des Leitfadens und der antizipierten Wirkungen der Sachtexte (*2a. generating a code*). Die erste Erprobung und Anwendung der Kategorien erfolgt anhand von acht zufällig ausgesuchten Transkripten des gesamten Materials (*2b. reviewing revising the code in the context of the nature of the raw information*). Hierbei werden Kodierbeschreibungen und Ankerbeispiele überarbeitet. Anschließend erfolgt zur Überprüfung der

Anwendbarkeit die Bestimmung der Interkoderreliabilität (*2c. determining the reliability of the coders and therefore the code*) durch eine Zweitkodierung. Im dritten Schritt (*3. Validating and Using the Code*) wird das Kodiermanual angewendet.

Der Zweitkodierer hat keinen fachdidaktischen Hintergrund, ist aber mit dem Kodieren und der Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) aufgrund eines sozialwissenschaftlichen Studiums und einer Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Kommunikationswissenschaft vertraut. Vor der Kodierung werden die Beschreibungen der Kategorien *Sonstiges*, *Motivation*, *Phänomen* und *Prägnanz* der Sachtexte auf Kritik des Zweitkodiers hin spezifiziert. Die Interkoderreliabilität des gesamten Kodiermanuals wird anhand von vier Interviews mittels des Maßes Cohens- $\kappa_{Inter} = 0.82$ ³⁴ bestimmt. Einzelne kodierte Segmente mussten nachträglich zur Berechnung der Interkoderreliabilität angepasst werden, da gegen die minimale Kodiereinheit eines vollständigen Satzes verstoßen wurde. Aufgrund der hohen Übereinstimmung wird von einer weiteren Überarbeitung des Kodiermanuals sowie der Zweitkodierung von weiteren Interviews abgesehen.

Das finale Kodiermanual ist im Anhang unter Kapitel A.1.1 zu finden und wird folgend beschrieben. Zu erkennen ist, dass die Kategorien mit wenigen Ausnahmen den Textverständlichkeitsdimensionen nach Göpferich (2019) entsprechen. Die Abweichungen ergeben sich aufgrund der feineren Gliederung in den Fragen des Leitfadens. Direkt übernommen sind die Textverständlichkeitsdimensionen *Struktur*, *Prägnanz*, *Perzipierbarkeit* und *Simplität*. Die Textverständlichkeitsdimension *Motivation* ist aufgeteilt in die Kategorien *Motivation* und *Phänomene*, um genauer zwischen möglichen Anknüpfungspunkten und motivationalen Aspekten bzgl. Interesse und Bekanntheit differenzieren zu können. Dabei liegt der Fokus der Kategorie *Motivation* auf Aussagen bezüglich des Interesses am Text und dem Maß der Vertrautheit der Inhalte. Die Kategorie *Phänomene* fokussiert Aussagen bezüglich physikalischer Phänomene, Beispiele und Anknüpfungspunkte. Die Kategorie *Vergleich anderer Texte* resultiert aus den Fragen des Leitfadens und stellt den Vergleich zu Schulbuchtexten dar. Die Kategorie *Note* bildet alle Aussagen bezüglich der Bewertung der Textverständlichkeit durch Schulnoten ab. Mithilfe der Kategorie *Inhalt* werden Aussagen der Interviewten bezüglich der Kerninhalte des Sachtextes und der einzelnen Abschnitte kodiert. Durch die Kategorie *Sonstiges* werden alle nicht einzuordnenden Aussagen bezüglich der Verständlichkeit der Sachtexte abgebildet.

³⁴Cohens- $\kappa_{Inter} = 0.84$ für den Text *Teilchenmodell und Aggregatzustände*, Cohens- $\kappa_{Inter} = 0.80$ für den Text *Thermisches Verhalten*, Cohens- $\kappa_{Inter} = 0.72$ für den Text *Wärmeübertragung* und Cohens- $\kappa_{Inter} = 0.85$ für den Text *Wärmeempfinden*.

7.3.2. Ergebnisse des Prä-Pilots der Sachtexte

Die Aussagen der Interviewten bezüglich der Verständlichkeit der unterschiedlichen Textversionen sind insgesamt vergleichbar. Die hohe Übereinkunft der Reduktionen bzgl. der empfundenen Verständlichkeit der unterschiedlichen Textversionen zeigt, dass die Richtlinien zur Umsetzung der Textverständlichkeitsdimensionen auch von der Zielgruppe wahrgenommen werden. Dies wird als erster Hinweis für die erfolgreiche Umsetzung der Textverständlichkeitsdimensionen angesehen.

Zur besseren Übersichtlichkeit werden die Ergebnisse entlang der Kategorien dargelegt. Die Transkripte der einzelnen Interviews sind im Anhang unter Kapitel A.1.2 zu finden. In den Verweisen ist immer das jeweilige Interview und die Zeitmarke im Transkript, in dem die Aussagen getätigt wurde, aufgeführt.

Struktur: Die Überschriften der Sachtexte werden so beschrieben, dass diese sich (erst) durch Lesen des Sachtextes erklären (Atom_1 6:50 - 7:05; Thermisch_1 0:48 - 1:21) bzw. den gesamten Text zusammenfassen (Wärmeempfinden_1 4:11 - 4:27). Diese Beschreibung entspricht der intendierten Wirkung, vorhandenes Vorwissen durch die Überschrift zu aktivieren bzw. Fragen aufzuwerfen, die der Text anschließend beantwortet. Die Zwischenüberschriften werden als positiv bewertet: In den Reduktionen werden diese als sinnvoll (Wärmeübertrag_3 4:48 - 5:27), gut verständlich (Atom_1 6:50 - 7:05; Wärmeübertrag_1 4:29 - 4:42), gut formuliert³⁵, die einzelnen Abschnitte trennend sowie zusammenfassend bzw. erklärend³⁶ und als Hilfen beim Nachschlagen sowie beim Verstehen³⁷ beschrieben. Die in Kapitel 7.2 aufgeführten Ziele in Bezug auf die Überschriften und Zwischenüberschriften wurden somit in der Zielgruppe erfüllt. Auch die Reihung der Inhalte bzw. die Aufteilung des Sachtextes wird positiv und als verständnisfördernd hervorgehoben (Atom_2, 3:37 - 4:03, Atom_4 1:20 - 1:37). Die positive Bewertung der Reihung der Inhalte und der Aufteilung des Sachtextes kann als Bestätigung der Thema-Rhema-Ordnung angesehen werden. Im Vergleich zur intendierten Wirkung sind in den Interviews keine Aussagen dazu gefallen, dass einleitend ein Problemaufriss und daran anschließend eine

³⁵(Atom_2 4:03 - 4:14; Atom_4 6:46 - 7:20; Wärmeübertrag_2 3:27 - 3:29)

³⁶(Atom_1 2:56 - 3:14; Atom_2 5:07 - 5:20; Atom_4 6:46 - 7:20; Thermisch_2 2:55 - 3:18, 6:21 - 6:52; Thermisch_4 8:44 - 9:06; Wärmeempfinden_3 4:04 - 4:18; Wärmeempfinden_1 4:11 - 4:27; Wärmeempfinden_3 4:04 - 4:18; Wärmeübertrag_3 1:05 - 1:28; Wärmeübertrag_4 5:17 - 5:54)

³⁷(Atom_2, 4:20 - 4:48; Atom_3 5:24 - 5:50; Wärmeempfinden_2 8:40 - 8:47; Wärmeempfinden_3 4:21 - 4:37; Wärmeübertrag_2 3:12 - 3:27)

Erklärung erfolgt. Einzig beim Text *Thermisches Verhalten* wird von den Interviewten herausgestellt, dass der erste Abschnitt die Grundlage für die darauffolgenden darstellt (Thermisch_1 9:17 - 9:24, Thermisch_2, 5:32 - 6:07).

Weiter wird in einem Interview zum Text *Thermisches Verhalten* kritisiert, dass der Unterschied von Längenausdehnung und Volumenausdehnung minimal sei:

[...] ich finde, das hat kein Unterschied bei... (..) also ich finde das hat bei... die Überschriften könnten eigen-... müssten nicht so viele sein also. Weil das hat meistens was miteinander zu tun. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Das die Volumenausdehnung und so halt, man... es wird ja halt erzählt, wie viel und so in welche Länge das sich ausdehnt. Ich finde, man könnte zum Beispiel sagen: Längenausdehnung und danach könnte man den... diese Überschrift weglassen und darüber auch weitererzählen. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Und bei Ausnahmen von Wasser, würd- ich dann auch bei.... Zum Beispiel hier steht: Bei Flüssigkeiten und Gasen, das würd- ich dann auch hier mit zu packen. Hier sind so ein paar Textstellen, die mehr hierhin passen würden. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) (..) Sonst is- alles okay. (Thermisch_1 8:06 - 9:11)

Diese inhaltliche Kritik ist inhaltlich richtig, denn sowohl die Längen- als auch Volumenausdehnung sind Arten der Wärmeausdehnung und konzeptionell miteinander verwandt. Problematisch wäre es, wenn diese Arten der Wärmeausdehnung als gleich bzw. redundant angesehen werden. Eine stärkere Differenzierung zwischen den einzelnen Themen ist sinnvoll, um die Unterschiede von Längen- und Volumenausdehnung deutlicher im Text zu präsentieren. Diese Kritik kann als Bestätigung der Verständlichkeit des Sachtextes gelten, da eine Differenzierung zwischen den Arten der Wärmeausdehnung wahrgenommen wird. Allerdings sollte diese deutlicher im Text herausgestellt werden.

Prägnanz: Die Erklärungen in den Sachtexten werden in den Interviews als gut³⁸, einfach verständlich³⁹ und durch anschauliche Beispiele ergänzt⁴⁰ beschrieben. Unterstützt wird diese positive Wirkung der Erklärungen dadurch, dass die Interview-

³⁸(Atom_1 7:20 - 7:30, 8:10 - 8:19; Atom_3 2:40 - 3:42; Thermisch_4 0:45 - 0:50; Wärmeempfinden_1 1:12 - 1:31; Wärmeempfinden_4 8:51 - 9:08)

³⁹(Atom_1 7:20 - 7:30; Atom_3 2:40 - 3:42, Atom_4 0:32 - 0:45; Thermisch_4 8:16 - 8:28; Wärmeempfinden_1 4:47 - 4:59 ; 5:29 - 5:35; Wärmeempfinden_4 8:51 - 9:08; Wärmeübertrag_1 1:24 - 1:31; Wärmeübertrag_4 3:19 - 3:43)

⁴⁰(Atom_2 2:02 - 2:45, Wärmeempfinden_4 2:10 - 2:26; Wärmeübertrag_2 0:45 - 0:56; Wärmeübertrag_2 2:41 - 2:53; Wärmeübertrag_4 3:19 - 3:43)

ten hervorheben, dass vorkommende Fachbegriffe erklärt werden⁴¹. Allgemein wird der Text als ausführlich⁴², detailliert⁴³, ohne Fachbegriffe (Atom_2 0:36 - 0:43), bildlich vorstellbar (Wärmeübertrag_2 0:32 - 0:40), prägnant (Wärmeempfinden_4 1:17 - 1:47; Wärmeempfinden_4 11:03 - 11:21) und reich an Informationen (Atom_3 0:27 - 0:35; Wärmeempfinden_2 14:18 - 14:25) bewertet. Diese Aussagen beschreiben Wirkungen, die zum einen auf die sinntragenden Elemente und zum anderen auf die Erklärungen mithilfe möglichst wenig verschiedener Phänomene aus Kapitel 7.2 rekurrieren. Hervorzuheben ist die Aussage zu dem Text *Wärmeübertragung*, dass der Text viele, aber nicht zu viele Informationen präsentiere (Wärmeübertrag_4 0:28 - 0:45). Diese Aussage beschreibt das übergeordnete Ziel der Textverständlichkeitsdimension *Prägnanz* in Kürze allumfassend. Ähnliche Wirkungen werden bezüglich des antizipierten Vorwissens gemacht: Der Text gäbe alles wieder, was man wissen müsse (Atom_3 0:27 - 0:35; Wärmeübertrag_2 2:41 - 2:53) und sei für alle Klassenstufen verständlich (Wärmeempfinden_1 1:12 - 1:31).

Kritik bezüglich der *Prägnanz* der Sachtexte äußern Interviewte, indem sie den Text als zu lang (Atom_1 8:02 - 8:29) und die Inhaltsbereiche *Wärmekapazität* und *spezifische Wärmekapazität* des Sachtextes *Wärmeempfinden* als redundant bewerten (Wärmeempfinden_2 13:42 - 13:52). Die Bewertung der Sachtexte als lang entspricht den Erwartungen, da besonders Interviewte der Stadtteilschule selten mit Sachtexten im Umfang einer DIN-A4 Seite arbeiten. Im Abgleich zu den intendierten Wirkungen aus Kapitel 7.2 zählt die Prägnanz als durch die Zielgruppe bestätigt.

Phänomene: Die Interviewten nehmen wahr, dass die im Text behandelten physikalischen Phänomene anhand von Alltagsphänomenen erklärt werden. Sie betiteln diese meist als Beispiele. Die Wahrnehmung der Alltagsphänomene ist positiv: Die Beispiele helfen beim Verstehen⁴⁴, beim Vorstellen⁴⁵, beim Denken⁴⁶, sind

⁴¹(Atom_1 1:07 - 2:20; Atom_2 2:02 - 2:45; Atom_3 0:27 - 0:35, 1:30 - 1:35, 2:19 - 2:35, 10:14 - 10:38; Atom_4 0:58 - 1:10, 2:26 - 2:38, Thermisch_1 3:23 - 3:53, Thermisch_2 2:38 - 2:50; Thermisch_4 2:18 - 2:31; Wärmeempfinden_2 5:33 - 5:42; Wärmeempfinden_3 1:42 - 1:53, 2:33 - 2:56; Wärmeempfinden_4 10:44 - 10:59)

⁴²(Atom_1 3:01 - 3:14, Atom_2 0:36 - 0:43, Atom_3 2:40 - 3:42, 10:14 - 10:38; Atom_4 8:04 - 8:20; Wärmeempfinden_1 1:45 - 1:56)

⁴³(Atom_3 10:14 - 10:38; Wärmeempfinden_2 4:01 - 4:13; Wärmeübertrag_2 1:53 - 2:02)

⁴⁴(Wärmeempfinden_3 0:23 - 0:41; Wärmeübertrag_1 2:11 - 2:29; Wärmeübertrag_1 2:41 - 3:05)

⁴⁵(Atom_2 2:56 - 2:59; Wärmeempfinden_2 6:15 - 6:27; Wärmeempfinden_1 9:31 - 9:47; Wärmeübertrag_1 2:11 - 2:29; Wärmeübertrag_2 1:26 - 1:31; Wärmeübertrag_3 2:25 - 2:44)

⁴⁶(Wärmeübertrag_1 5:10 - 5:29; Wärmeübertrag_1 5:31 - 5:51; Wärmeübertrag_4 3:22 - 3:43, 3:50 - 4:10)

verständlich⁴⁷, logisch (Wärmeempfinden_3 4:46 - 5:01), neu (Thermisch_1 5:17 - 5:46; Thermisch_4 6:57 - 7:10), bekannt⁴⁸, vorstellbar (Thermisch_1 10:16 - 10:57; Thermisch_2 1:18 - 1:42, 1:49 - 2:19), interessant⁴⁹, informativ⁵⁰, lehrreich (Wärmeübertrag_3 4:19 - 4:34), alltäglich⁵¹ und gut erklärt (Thermisch_2 0:58 - 1:02). Einzig in einem Interview wird benannt, dass Beispiele aus dem Alltag besser erklärt werden müssten (Atom_1 6:24 - 6:31). Da diese Aussage jedoch singulär auftritt, dieselbe Person vorher die Erwähnung von Alltagsphänomenen als interessant beschreibt und da keine konkreten Änderungsvorschläge gemacht werden, wird dieser Bemerkung nicht weiter nachgegangen. Die motivationale Wirkung der Texte (leichteres Verständnis, einfachere Vorstellung der Inhalte) wird durch die oben genannten Aussagen aus der Zielgruppe heraus bestätigt.

Motivation: Die im Text eingebrachten Phänomene werden von den Interviewten als motivierende Aspekte wahrgenommen. Die Interviewten bewerten aber nicht nur die Phänomene, sondern den gesamten Text als informativ (Thermisch_1 10:16 - 10:57; Wärmeempfinden_1 2:54 - 3:07), unbekannt⁵², spannend (Atom_3 3:24 - 3:27) und interessant⁵³. Singulär werden die Inhalte der Sachtexte aber auch als uninteressant bewertet (Thermisch_3 4:29 - 5:11). Da diese Wertung in einem Interview nur durch mehrmaliges Nachfragen aufkam, überwiegen die Aussagen, dass die Inhalte interessant sind.

Perzipierbarkeit: Die Formatierung in Blocksatz wird mit einer Zeitung verglichen (Atom_1 2:56 - 3:03). Der Vergleich zur Zeitung deutet auf eine bildungssprachliche Formatierung hin, die für Sachtexte im Bildungskontext als angemessen zu bewerten ist. Der Fettdruck der Überschrift und der Zwischenüberschriften wird mehrmals als gut erkennbar und vom regulären Text trennbar gewertet (Wärmeempfinden_4 6:48

⁴⁷(Atom_2 3:03 - 3:07; Thermisch_4 6:17 - 6:20; Thermisch_4 6:20 - 6:36)

⁴⁸(Atom_2 3:10 - 3:25; Atom_3 6:43 - 6:49; Atom_4 3:07 - 3:30; Atom_4 7:37 - 8:02; Wärmeübertrag_4 3:50 - 4:10)

⁴⁹(Atom_1 4:42 - 5:57; Thermisch_1 5:17 - 5:46; Wärmeempfinden_3 3:22 - 3:40; Wärmeübertrag_1 2:41 - 3:05; Wärmeübertrag_1 5:04 - 5:12; Wärmeübertrag_1 5:31 - 5:51)

⁵⁰(Thermisch_1 10:16 - 10:57; Thermisch_4 5:31 - 6:06; Wärmeempfinden_1 2:48 - 2:54; Wärmeempfinden_1 3:44 - 4:01; Wärmeempfinden_1 7:14 - 7:38)

⁵¹(Atom_4 3:07 - 3:30; Atom_4 7:37 - 8:02; Wärmeempfinden_3 1:01 - 1:16; Wärmeübertrag_2 1:26 - 1:31)

⁵²(Thermisch_1 5:17 - 5:46; Thermisch_2 4:23 - 4:57; Thermisch_4 3:35 - 3:59)

⁵³(Atom_1 4:27 - 4:40, 4:52 - 5:57; Atom_3 2:49 - 2:56; Thermisch_1 5:17 - 5:46; Thermisch_4 3:35 - 3:59; Wärmeempfinden_3 3:22 - 3:40; Wärmeempfinden_4 6:10 - 6:17)

- 7:10; Wärmeübertrag_3 4:48 - 5:27). Dies entspricht der zu erwartenden Wirkung im Bereich der *Perizipierbarkeit*.

Simplizität: Bezüglich der sprachlichen Formulierung wird die geringe Anzahl an Fachbegriffen von den Interviewten benannt⁵⁴. In einem Interview wird gewünscht, dass die Fachbegriffe besser beschrieben werden (Atom_1 8:02 - 8:10). Teilweise werden Fachbegriffe nicht wahrgenommen (Atom_3 0:26 - 0:34, 0:36 - 0:42; Thermisch_3 1:20 - 1:24, 2:07 - 2:13). Die Interviewten, die Fachbegriffe wahrnehmen, beschreiben diese als verständlich erklärt⁵⁵. Die Sätze werden als kurz und einfach beschrieben (Thermisch_1 4:48 - 5:07). Eine Interviewte bezeichnet den Text allgemein als sprachlich gut verständlich (Atom_3 03:42 - 03:54). Der Fachbegriff Materie wird in den Interviews zu dem Text Wärmeübertragung als unbekannt bezeichnet und führt so zu Verständnisproblemen (Wärmeübertrag_3 0:42 - 0:50; Wämerübertrag_4 0:49 - 1:00, 7:27 - 7:41). Allgemein führt diese Kategorie somit zur Bestätigung der Textverständlichkeitsdimensionen, da die meisten antizipierten Wirkungen auch von der Zielgruppe wahrgenommen werden. Der Begriff *Materie* sorgt allerdings für Verständnisprobleme.

Vergleich andere Texte: In Bezug zum geforderten Vergleich des gelesenen Sachtextes zu anderen Sachtexten bemerken die Interviewten, dass der ihnen vorliegende Text gleich (Atom_1 2:40- 2:45; Wärmeübertrag_1 1:40 - 1:57), besser⁵⁶, einfacher⁵⁷, ausführlicher⁵⁸, weniger kompliziert (Thermisch_3 0:55 - 1:02), ohne Hilfe lesbar (Thermisch_3 2:13 - 2:23), besser aufgebaut (Atom_2 4:20 - 4:40; Wärmeempfinden_2 3:54 - 4:13) und weniger fordernd (Wärmeempfinden_4 2:38 - 2:50) sei. Somit werden die Sachtexte mindestens als gleichwertig und größtenteils verständlicher als vergleichbare Schulbuchtexte bewertet. Somit wird in den Interviews

⁵⁴(Atom_1 0:24 - 0:38; Atom_3 1:13 - 1:26; Thermisch_1 0:29 - 0:49, 3:23 - 3:53; Thermisch_2 0:45 - 0:55; Thermisch_4 2:56 - 3:16; Wärmeempfinden_1 1:43 - 1:56; Wärmeempfinden_2 1:19 - 1:29; Wärmeempfinden_4 10:44 - 10:59; Wämerübertrag_2 1:42 - 1:52)

⁵⁵(Atom_1 1:07 - 2:20; Atom_2 2:02 - 2:45; Atom_3 0:27 - 0:35, 1:30 - 1:35, 2:19 - 2:35, 10:14 - 10:38; Atom_4 0:58 - 1:10, 2:26 - 2:38, Thermisch_1 3:23 - 3:53, Thermisch_2 2:38 - 2:50; Thermisch_4 2:18 - 2:31; Wärmeempfinden_2 5:33 - 5:42; Wärmeempfinden_3 1:42 - 1:53, 2:33 - 2:56; Wärmeempfinden_4 8:51 - 9:08, 10:44 - 10:59)

⁵⁶(Atom_4 12:00 - 12:20; Thermisch_4 2:56 - 3:10; Thermisch_4 12:18 - 12:36), verständlicher (Atom_2 5:07 - 5:20; Atom_4 1:46 - 2:13; Thermisch_2 0:38 - 0:50; Thermisch_3 1:10 - 1:14; Wärmeempfinden_1 0:26 - 0:31, 0:50 - 1:09, 6:09 - 6:11; Wärmeempfinden_2 3:54 - 4:13)

⁵⁷(Atom_3 0:27 - 0:57, Wärmeempfinden_2 4:19 - 4:28; Wärmeübertrag_4 1:41 - 2:10)

⁵⁸(Atom_3 10:12 - 10:14; Atom_4 0:32 - 0:40, 0:58 - 1:37; Wärmeempfinden_2 3:54 - 4:13)

Tabelle 7.1.: Bewertung der Sachtexte im Prä-Pilot der Sachtexte durch die Interviewten.

Text	Teilchenmodell und Aggregat- zustand	Wärme- übertragung	Thermisches Verhalten	Wärme- empfinden
Benotung	1, 1-2, 2, 1	3+, 3, 2, 2-	1, 2, 3-, 2-	1, 2+, 2, 2

deutlich, dass die verwendeten Sachtexte in dieser Studie als verständlicher als Schulbuchtexte bewertet werden.

Sonstiges: In dieser Kategorie sind positive Aussagen der Interviewten in Bezug auf die Verständlichkeit der Textversionen zu finden. Die Aussagen bleiben dabei im Vergleich zu den anderen Kategorien eher unspezifisch. Die Sachtexte seien gut (Atom_2 5:54 - 5:58; Atom_3 3:40 - 3:42), ausführlich (Atom_3 3:40 - 3:42) und verständlich⁵⁹. Dabei weisen die Sachtexte keine⁶⁰ bzw. wenige unverständliche Stellen auf (Thermisch_4 0:23 - 0:44; Wärmeempfinden_2 0:36 - 0:49), sodass der gesamte Text verständlich wirkt. Einige Interviewte weisen darauf hin, dass alles oder bestimmte Abschnitte durch zwei- bzw. mehrmaliges Lesen verständlich werden⁶¹. Andere Interviewte sagen dagegen, dass alles schon durch einmaliges Lesen zu verstehen sei (Atom_3 3:27 - 3:38).

Note: Als Teil des Interviews bewerten alle Interviewten die jeweils gelesene Textversion mit einer Note. In der Tabelle 7.1 sind diese Noten für jede Textversion dargestellt. Die Benotung dient im Interview vordergründig dazu, die Interviewten anzuregen, weiterführende Begründungen zu formulieren. Auffällig ist, dass die Texte durchweg als verständlich bewertet werden.

⁵⁹(Atom_3 3:40 - 3:42; Wärmeempfinden_1 1:56 - 2:09; Wärmeempfinden_2 14:18 - 14:43; Wärmeempfinden_3 0:50 - 0:59; Wärmeübertrag_4 2:27 - 2:37)

⁶⁰(Thermisch_2 3:18 - 3:30; Thermisch_4 5:08 - 5:20; Wärmeempfinden_1 2:37 - 2:48; Wärmeempfinden_3 2:56 - 3:17; Wärmeübertrag_1 4:50 - 5:00; Wärmeübertrag_2 16 - 2:30; Wärmeübertrag_3 2:49 - 3:06)

⁶¹(Atom_1 3:23 - 3:43, 4:05 - 4:11; Thermisch_2 4:13 - 4:20; Thermisch_3 2:38 - 2:48, 2:54 - 3:08; Wärmeempfinden_1 2:23 - 2:33; Wärmeempfinden_1 5:10 - 5:24; Wärmeempfinden_2 6:57 - 7:06; Wärmeempfinden_4 0:42 - 1:07; Wärmeempfinden_4 4:21 - 5:09; Wärmeübertrag_1 0:33 - 0:45; Wärmeübertrag_3 3:11 - 3:26; Wärmeübertrag_4 2:37 - 3:08)

Die Ergebnisse zeigen, dass das entwickelte Kategoriensystem ermöglicht, die sinntragenden Elemente aus den Transkripten herauszufiltern und mithilfe der Schritte der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse Einzelaussagen zu Kernaussagen zusammenführen. Rückblickend zeigt sich allerdings, dass bei einer erneuten Bearbeitung auf eine Differenzierung der Kategorien *Phänomene* und *Motivation* verzichtet werden kann. Erstens ist die Differenzierung zwischen diesen Kategorien für den Zweitkodierer problematisch und bei der Begutachtung der Ergebnisse weisen beide Kategorien eine hohe Überschneidung auf. Sogar die abschließenden Reduktionen der beiden Kategorien weisen nur wenige Unterschiede auf und könnten zusammengeführt werden.

Die Hinweise zur Verbesserung der Sachtexte auf Grundlage des Prä-Pilots der Sachtexte führen zu den folgenden Änderungen:

- Es wird eine stärkere Differenzierung der einzelnen Inhaltsbereiche Längen- und Volumenausdehnung im Text *Thermisches Verhalten* erzielt, indem die Unterschiede präsenter dargelegt werden.
- Es wird eine stärkere Differenzierung der einzelnen Inhaltsbereiche *Wärmekapazität* und *spezifische Wärmekapazität* im Text *Wärmeempfinden* erzielt, indem deutlicher präsentiert wird, dass der Begriff *spezifische Wärmekapazität* für das unterschiedliche Verhalten eines spezifischen Stoffes ausschlaggebend ist.
- Der Begriff *Materie* wird im Text *Wärmeübertragung* aufgrund von Verständnisproblemen nicht mehr verwendet.
- In Rücksprache mit den linguistischen Expert:innen wird der Text *Wärmeübertragung* nicht weiter bearbeitet und von den folgenden Studien ausgeschlossen, da dieser Sachtext im Prä-Pilot der Sachtexte am schlechtesten bewertet wurde.

7.4. Vernetzungsgrad der finalen Texte

Die Verständlichkeit eines Sachtextes hängt maßgeblich davon ab, wie gut Begriffe und Konzepte eingeführt und explizit miteinander vernetzt werden. Durch die erfolgreiche Umsetzung der Textverständlichkeitsdimensionen nach Göpferich (2019) wird vermutlich auch ein höherer Grad an Vernetzung erzeugt als in Schulbüchern. Die im vorherigen Kapitel beschriebenen Ergebnisse der qualitativen Interviews belegen

diese Vermutung qualitativ. Im Rahmen der Masterarbeit „Einführung und Verwendung von physikalischen Begriffen und Konzepten von aktuellen Schulbüchern“ (Penkin 2021) wurde diese Vermutung untermauert.

Zu den drei finalen Sachtexten *Teilchenmodell und Aggregatzustände*, *Thermisches Verhalten* und *Wärmeempfinden* wurden Concept-Maps erstellt und auf ihren Vernetzungsgrad hin untersucht. Das übergeordnete Ziel dabei ist herauszuarbeiten, wie Begriffe und Konzepte in verschiedenen Schulbüchern und in den verbesserten Sachtexten dieser Studie vernetzt sind.

Als Methode wird ein inhaltsanalytisches Verfahren angelehnt an das von Härtig (2010) angewandt. Zur Erstellung der Concept-Maps werden in der Masterarbeit – zusätzlich zu fachsprachliche Begriffen – fachsprachlichen Verben in Kollokationen sowie fachsprachliche Komposita berücksichtigt. Eine exakte Beschreibung des Vorgehens ist unter (Penkin 2021: 31-43) zu finden. Im Kern beinhaltet das Verfahren das Identifizieren und Kodieren von Fachbegriffen, fachsprachlichen Kollokationen sowie Komposita, mathematischen Formeln, Observalen und fachlichen Vorgängen sowie Geräten. Mithilfe der Kodierungen eines Sachtextes werden Concept-Maps erstellt und Vernetzungsgrade unterschiedlicher Konzepte bestimmt. Eine Vernetzung zwischen Kodierungen entsteht immer dann, wenn zwei oder mehrere Kodierungen in einem Satz vorkommen. Kommt ein Begriff erneut in einem späteren Satz mit weiteren Kodierungen vor, entstehen mehrere Vernetzungen zu diesem Begriff und insgesamt eine Concept-Map.

Anhand des folgenden Satzes wird beispielhaft das Verfahren erklärt: „Man kann sich merken, dass Wärmeleitfähigkeit besagt, wie schnell ein Stoff Wärme leiten kann“. Die zu kodierenden Begriffe dieses Satzes sind *Wärmeleitfähigkeit*, *Stoff*, *Wärme* und *(Wärme) leiten*. Die Vernetzungen zwischen den Kodierungen werden durch Pfeile dargestellt. In Abbildung 7.1 ist die Concept-Map dieses Satzes zu finden. Wenn in einem später folgenden Satz z. B. erneut der Begriff *Wärme* auftritt, wird dies durch eine weitere Vernetzung kenntlich gemacht. Je mehr Pfeile einen Begriff mit weiteren Kodierungen verbinden, umso höher ist dessen Vernetzung im Text.

Im Anhang unter A.1.3 bis A.1.3 sind die Concept-Maps zu den drei finalen Sachtexten des mittleren sprachlichen Anforderungsniveaus B dieser Studie zu finden.

Im Rahmen der Masterarbeit wird außerdem der mittlere Vernetzungsgrad von Konzepten in den unterschiedlichen Texten bestimmt. Zur Bestimmung des mitt-

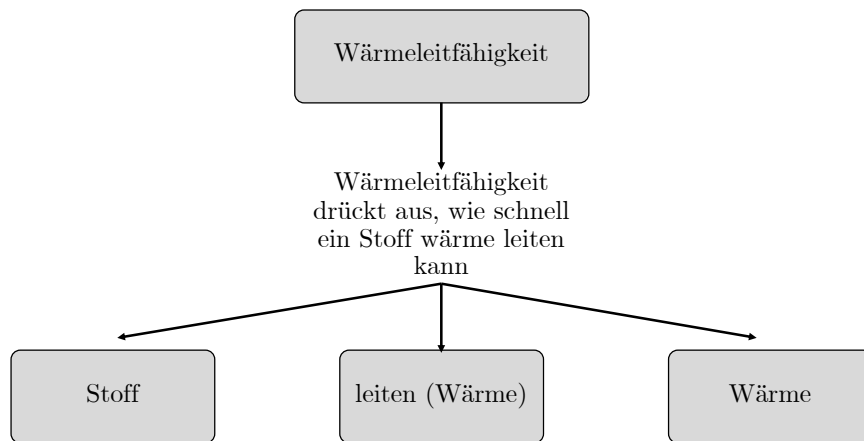


Abbildung 7.1.: Concept-Map am Beispiel des Textes *Thermisches Verhalten*.

leren Vernetzungsgrads wird die Anzahl aller Vernetzungen durch die Anzahl aller Fachbegriffe eines Textes dividiert. Begriffe in den verbesserten Sachtexten weisen durchschnittlich 2.6 (*Atommodell & Aggregatzustände*) bis 3.4 (*Wärmeempfinden*) Vernetzungen zu anderen Begriffen auf. Während Begriffe in Schulbuchtexten durchschnittlich mit nur 1.3 (*Impulse Physik*) bis 2.4 (*Universum Physik*) anderen Begriffen vernetzt sind (Penkin 2021: 59-61). Es wird gezeigt, dass insbesondere die alltäglichen Phänomene eine sehr hohe Vernetzung aufweisen und immer wieder aufgegriffen werden. Die Begriffe *Brücke*, *Holz* und *Stahl* weisen so neun bis zehn Vernetzungen auf. Im Vergleich zeigt sich, dass Begriffe in Schulbüchern weniger gut vernetzt sind als in den in dieser Studie verwendeten Sachtexten (Penkin 2021: 59-61). Weiter wird gezeigt, dass der Anteil der Fachbegriffe mit nur einer Vernetzung in den verbesserten Sachtexten dieser Studie deutlich geringer ist als bei den untersuchten Schulbuchtexten.

Final wird aus der Analyse der Masterarbeit geschlussfolgert, dass die verbesserten Sachtexte eine gesteigerte Vernetzung gegenüber Schulbuchtexten aufweisen. Begriffe sind in den verbesserten Sachtexte dieser Studie besser vernetzt, werden häufiger wiederverwendet und nur in Ausnahmefälle einmal benannt.

7.5. Zusammenfassung Ergebnisse

Insgesamt betrachtet sind die Bewertungen in allen Kategorien der Inhaltsanalyse positiv und viele Aussagen deuten darauf hin, dass die Interviewten die Sachtext-

te allgemein als verständlicher bewerten als Schulbuchtexte. Die Anwendung der Richtlinien zur Steigerung der Textverständlichkeit generierte somit – wie erwartet – eine gesteigerte, empfundene Textverständlichkeit. Die final überarbeiteten Sachtexte sind unter Kapitel B.1 im Anhang zu finden. Die Untersuchung des Vernetzungsgrades der Sachtexte im Rahmen einer Masterarbeit zeigte zudem, dass Begriffe stärker vernetzt sind als in Schulbüchern und Begriffe nur in Ausnahmefällen singular verwendet werden. Insgesamt deuten die Ergebnisse aus den Interviews und Concept-Maps daraufhin, dass die verbesserten Sachtexte die Interviewten besser bei der Konzeptbildung unterstützen und somit eine höhere Textverständlichkeit bezogen auf die Verknüpfung der Konzepte aufweisen.

Teil II.

Entwicklung des fachlichen Textverstehenstests

8. Grundlagen der Testentwicklung und Methodentheorie

Die Entwicklung des quantitativen Tests zur Messung des fachlichen Textverständnisses wird in dieser Studie im Rahmen einer qualitativen Interview-Studie (Prä-Pilot der Items) zur Überprüfung von Funktion und Wirkung sowie in einem quantitativen Pilot zur Sicherstellung der Raschkonformität des entwickelten Tests vorgenommen. Im Kapitel 8.1 werden die theoretischen Grundlagen der Testentwicklung samt angewandter Methodik dargelegt. In Kapitel 9 wird die Entwicklung der ersten Itemversionen des fachlichen Textverstehenstests beschrieben. In den Kapiteln 10 und 11 erfolgt die Beschreibung der Ergebnisse des Prä-Pilots der Items und des quantitativen Pilots.

8.1. Grundlagen der Testtheorie – Klassische und probabilistische Testtheorie

Im Rahmen dieser Studie wird ein Test entwickelt, um das fachliche Textverständnis von Lernenden nach der Lektüre eines systematisch nach sprachlichen Anforderungsniveaus variierten Sachtextes zu messen, indem Multiple-Choice-Frage-Items beantwortet werden. Ein Test dient in der empirischen Sozialforschung der Diagnose von Persönlichkeits- oder Itemmerkmalen durch das Lösen von Items. Für die Fachdidaktik hat die Testentwicklung hohen Nutzen, da so quantitativ und objektiv belegt werden kann, ob bspw. Förderung notwendig ist oder erfolgreich war. Kern der Testentwicklung ist deshalb sicherzustellen, dass ein Test das gefragte Persönlichkeits- oder Itemmerkmal valide und reliabel misst. Hierzu bedarf es der Überarbeitung oder des Ausschlusses von Items, die z. B. einzelne Personengruppen bevorzugen oder benachteiligen. Hierbei helfen ein mehrstufiges Entwicklungsdesign sowie die

Prüfung des Tests anhand von Regeln, wie z. B. denen des Rasch-Modells. Es folgt eine kurze Beschreibung der Testtheorie, zur Vertiefung sei auf Rost (2004) und Moosbrugger & Kelava (2012) verwiesen.

Nach Rost (2004) ist Testtheorie die „Theorie davon, wie ein zu erfassendes psychisches Merkmal einer Person ihr Verhalten in einem Test beeinflusst“ (Rost 2004: 21). Voraussetzung dafür ist, dass eine Theorie über das zu erfassende psychische Merkmal existiert. Die meisten zu erfassenden Personenmerkmale oder -eigenschaften stellen dabei latente, also nicht direkt beobacht- oder messbare Variablen dar. Zur Bestimmung dieser Merkmale werden Fragen oder Aufgaben gestellt, um über diese auf das latent dahinter liegende Merkmal zu schließen (Strobl 2012: 1). Bei der vorliegenden Arbeit wird z. B. über die Anzahl der richtig beantworteten Textverständnissitems das Personenmerkmal fachliches Textverständnis abgeschätzt.

In der klassischen Testtheorie wird davon ausgegangen, dass jedes Item dasselbe wahre, manifeste Persönlichkeitsmerkmal (z. B. Textverständnis) unter Berücksichtigung eines Messfehlers erfasst. Das Persönlichkeitsmerkmal ist somit direkt mit der Anzahl der richtigen Lösungen von Items verknüpft und wird über die Gesamtzahl der Items erfasst. In der Interpretation der klassischen Testtheorie haben Messfehler hohe Bedeutung. Ein „guter“ Test ist durch möglichst geringe Messfehler und hohe Gütekriterien (Objektivität, Validität und Reliabilität) gekennzeichnet, für die es jeweils statistische Maße zur Quantifizierung gibt.

In der probabilistischen Testtheorie wird dagegen aus dem Lösungsverhalten entsprechender Items auf das latente Persönlichkeitsmerkmal geschlossen. Für den Zusammenhang zwischen latenten Persönlichkeitsmerkmal und beobachtbaren Variablen wird im Gegensatz zur klassischen Testtheorie kein linearer, sondern ein logistischer Zusammenhang angenommen (Strobl 2012: 7). Grundlegender Unterschied zur klassischen Testtheorie ist, dass die richtige Beantwortung eines Items durch eine Wahrscheinlichkeit, abhängig von der Personenfähigkeit und der Itemschwierigkeit, bestimmt ist. Aus dieser Wahrscheinlichkeit wird auf die Ausprägung des latenten Personenmerkmals geschlossen.

Personenfähigkeit und Itemschwierigkeit werden durch einen iterativen Prozess mathematisch berechnet und liegen auf einer gemeinsamen Skala. Liegt die Personenfähigkeit oberhalb der Itemschwierigkeit, so beantwortet diese Person das Item mit einer höheren Wahrscheinlichkeit richtig als eine Person mit einer niedrigeren Personenfähigkeit. Im Gegensatz zur klassischen Testtheorie wird berücksichtigt, dass

einer „fähigen“ Person Fehler unterlaufen oder eine weniger „fähige“ Person ein schweres Item löst (Strobl 2012: 7).

In der klassischen Testtheorie werden die Messfehler analysiert und interpretiert, da diese den wahren Wert verfälschen. Systematische Fehler, wie sie durch soziale Erwünschtheit oder Trainingseffekt entstehen, werden nicht umgangen. Die probabilistische Testtheorie dagegen schließt diese Fehler aus, da der Test generell nur von der Personenfähigkeit und Itemschwierigkeit abhängt (Strobl 2012: 7). Weiter ist die probabilistische Testtheorie im Vergleich zur klassischen Testtheorie eher dazu geeignet, unterschiedliche Ausprägungen eines latenten Konstruktes bzw. einer Fähigkeit (hier fachliches Textverständnis) bei Probanden:innen abzubilden (Neumann 2014: 359). An die zu modellierenden Daten werden jedoch strenge Bedingungen gestellt, die im folgenden Kapitel beschrieben werden.

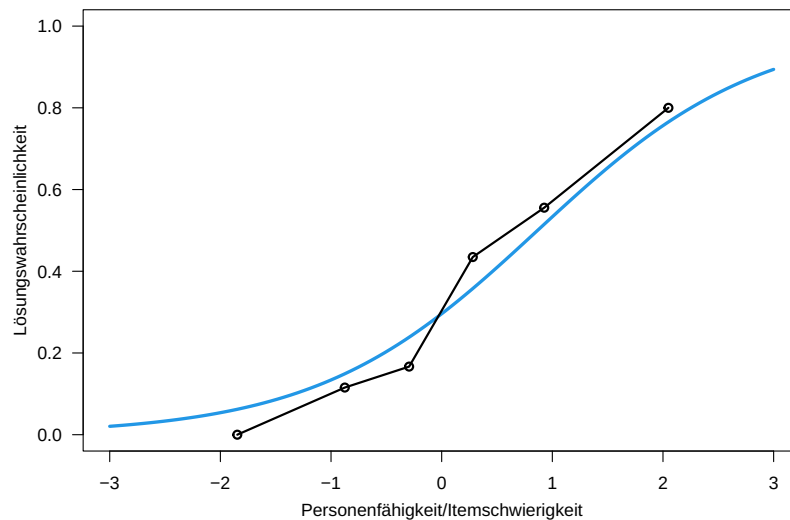
8.2. Rasch-Modell

Das dichotome Rasch-Modell ist das einfachste probabilistische Modell, das den Zusammenhang zwischen Itemlösung und Personenfähigkeit modelliert. Es ist gleichzeitig das Modell, bei dem – streng genommen – alle Eigenschaften der probabilistischen Testtheorie gelten und dessen Annahmen durch Tests zu überprüfen sind (Kapitel 8.2.1). Die Modellgleichung für das Rasch-Modell lautet:

$$P(U_{ij} = 1|\theta_i, \beta_j) = \frac{e^{\theta_i - \beta_j}}{1 + e^{\theta_i - \beta_j}} \quad (8.1)$$

Wobei P die Wahrscheinlichkeit der richtigen Beantwortung des Items, θ die Personenfähigkeit und β die Itemschwierigkeit bezeichnet.

Der Zusammenhang ist grafisch in Abbildung 8.1 dargestellt. Die zugehörige Kurve wird „aufgabenspezifische Kurve“ bzw. „Item Characteristic Curve (ICC)“ genannt. Zu sehen ist der logarithmische Zusammenhang zwischen *Lösungswahrscheinlichkeit* auf der y-Achse und *Itemschwierigkeit* bzw. *Personenfähigkeit* auf der x-Achse. Die blaue Kurve stellt die ideale logarithmische Kurve für die Schwierigkeit dieses Items und die schwarze Linie exemplarisch den tatsächlichen Verlauf des Items A8 des Pilots dar. Die Schwierigkeit einer Aufgabe definiert sich über die 50 %ige Lösungswahrscheinlichkeit einer Person, deren Personenfähigkeit exakt der Itemschwierigkeit entspricht (in der Abbildung 8.1: 0.87). Eine schwierigere Aufgabe



Die blaue Kurve stellt den theoretischen und die schwarze Kurve den beobachteten bzw. berechneten Verlauf dar (Itemschwierigkeit: 0.87. Infit: 0.83. Outfit: 0.92).

Abbildung 8.1.: Item Characteristic Curve (ICC) des Items A.8 im Pilot

wäre durch eine nach rechts verschobene Kurve dargestellt. Der relevanteste Parameter zur Beschreibung eines Items im Rasch-Modell ist somit die Itemschwierigkeit. Alle Items, die dem Rasch-Modell genügen, weisen dieselbe Trennschärfe auf (Rost 2004: 120). Weitere probabilistische Modelle schätzen zudem noch die Trennschärfe eines Items (zwei-parametrisches Modell), d. h. die Steigung der ICC, sowie den sogenannten Rateparameter, d. h. die Erhöhung des y-Achsenabschnittes der ICC (drei-parametrisches Modell). In dieser Arbeit wird sich auf das Rasch-Modell beschränkt.

8.2.1. Modellannahmen

Damit die oben genannten Eigenschaften gelten, müssen verschiedene Modellannahmen des Rasch-Modells erfüllt sein, die folgend erläutert werden. Zu den Modellannahmen zählen *lokale stochastische Unabhängigkeit*, *spezifische Objektivität*, *Subgruppeninvarianz* und *Eindimensionalität*. Zur Überprüfung dieser Annahmen sind verschiedene statistische Tests geeignet (vgl. Kapitel 11).

Aufgrund der einfacheren Berechnung der Gesamtwahrscheinlichkeiten wird angenommen, dass Ergebnisse voneinander stochastisch unabhängig sind. Auch beim Rasch-Modell wird diese *lokal stochastische Unabhängigkeit* vorausgesetzt und hat

zur Folge, dass die einzelnen Lösungswahrscheinlichkeiten der Items des Tests sich nicht gegenseitig beeinflussen dürfen. Die Lösung eines Items darf entsprechend nicht von der Lösung eines anderen Items abhängen (Strobl 2012: 18). Die *stochastische Unabhängigkeit* bezieht sich auf die einzelnen Personen und besagt, dass die Wahrscheinlichkeit, ein Item zu lösen, für eine Person nicht vom Lösungsverhalten einer anderen Person abhängt. Dies wäre z. B. der Fall, wenn Personen voneinander abschrieben. Deshalb gilt es, schon bei der Testkonstruktion diese Voraussetzungen des Rasch-Modells zu gewährleisten.

Ein weiterer Vorteil des Rasch-Modells ist, dass für die Schätzung der Personenfähigkeit und der Itemschwierigkeit nicht alle Personen alle Items beantworten müssen. Unter der Annahme, dass alle Items sich auf dasselbe theoretische Konstrukt beziehen (Eindimensionalität s. u.), kann die Schätzung der Personenfähigkeiten von Teilstichproben bei Vorlage von unterschiedlichen Testheften, bestehend aus verschiedenen Items, erfolgen (*Multi-Matrix-Design*) (Kauertz 2014: 343). Es ist irrelevant, welche Items eine Person löst, denn jedes Item erhält auf Grundlage der empirischen Daten einen Schätzwert, der die Lösungswahrscheinlichkeit bzw. Itemschwierigkeit in Abhängigkeit der Personenfähigkeit angibt. Dabei bestimmt nur die Summe der richtig beantworteten Items einer Person deren Personenfähigkeit. Analog ist für die Schätzung der Itemschwierigkeit irrelevant, welche Personen welche Items richtig beantworten. Die Personenfähigkeit zweier Personen unterscheidet sich somit nur durch die Anzahl der richtig beantworteten Items (Neumann 2014: 358). Diese *spezifische Objektivität* wird im Rasch-Modell durch parallele ICCs sichtbar, da diese nicht durch weitere Parameter beeinflusst werden (Strobl 2012: 22). Die *spezifische Objektivität* ist für die vorliegende Arbeit relevant, da die Testpersonen in der Hauptstudie Textversionen auf unterschiedlichen sprachlichen Anforderungsniveaus lesen und anschließend auf fachliches Textverständnis getestet werden. Es wird erwartet, dass durch die Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus die Itemschwierigkeiten der zu den Texten zugehörigen Items variieren. Aus diesem Grund werden später für jedes Item drei unterschiedliche Itemschwierigkeiten in den zugehörigen sprachlichen Anforderungsniveaus berechnet.

Die *Subgruppeninvarianz* ist sinnverwandt mit der *spezifischen Objektivität* und besagt, dass die Itemschwierigkeit für verschiedene Personen(gruppen) nicht variieren darf. Oftmals wird dies auch als Stichprobenunabhängigkeit bezeichnet. Die *spezifische Objektivität* bzw. *Subgruppeninvarianz* muss für jede Personengruppe bzw. Stichprobe empirisch überprüft werden (Strobl 2012: 22).

Mit *Eindimensionalität* ist gemeint, dass ein Test nur ein latentes Merkmal misst, z. B. das fachliche Textverständnis. Eindimensionalität ist Grundvoraussetzung dafür, dass Personen- und Itemparameter auf einer latenten Dimension liegen und auf einer Skala abbildbar sind (Strobl 2012: 23). Bei der Auswertung sind diese Eigenschaften zu beachten und ggf. ist bei einem Abweichen von den Modellannahmen, z. B. ein mehrdimensionales Rasch-Modell zu rechnen.

8.2.2. Bestimmung der Modellparameter

Die Schätzung der Personenfähigkeit und Itemschwierigkeit kann über verschiedene Methoden erfolgen. Die meisten Schätzmethoden zur Ermittlung der Parameter basieren auf dem *Maximum-Likelihood (ML)* Prinzip. Die Parameter werden so geschätzt, dass die Wahrscheinlichkeit, die beobachteten Daten im berechneten Modell darzustellen, maximiert wird. Durch iterative Verfahren werden die Parameter dabei solange neu geschätzt, bis die Likelihood-Funktion ihr Maximum annimmt (Rost 2004: 296). Unterschieden wird zwischen *Joint Maximum Likelihood (JML)*, *Conditional Maximum Likelihood (CML)* und *Marginale Maximum Likelihood (MML)* Methode. Die Methoden unterscheiden sich in der Art der Bestimmung der Parameter.

Bei der *JML*-Methode erfolgt eine gemeinsame Schätzung der Personenfähigkeiten sowie der Itemschwierigkeiten. Bei *CML*- und *MML*-Methode erfolgt zunächst nur die Schätzung der Itemschwierigkeiten und darauffolgend die der Personenfähigkeiten. Die *MML*-Methode bietet den Vorteil, dass auch Personen, die keine oder alle Items bzw. Items, die von keinem oder allen Personen richtig beantwortet worden sind, zu berücksichtigen. Zudem unterliegt die *MML*-Methode nicht der Verzerrung der Schätzer für Personenfähigkeit und Itemschwierigkeit aufgrund der gleichzeitigen Schätzung (Neumann 2014: 365). Vorausgesetzt wird allerdings, dass die Personenfähigkeiten normalverteilt sind. Ist dies nicht der Fall, werden die Itemschwierigkeiten leicht verzerrt abgebildet. Beim Schätzen der Itemschwierigkeiten werden bei dieser Methode die Personenparameter vorerst ausgeblendet und mittels einer Dichtefunktion $f(\theta)$, die die Fähigkeiten normalverteilt beschreibt, festgelegt.

Zur Schätzung der Personenfähigkeit nach der Likelihood-Funktion wird u. a. die *weighted-likelihood-estimates (WLE)* Methode genutzt. Rost (2004: 382) benennt diese Methode als jene mit dem besten Punktschätzer der individuellen Messwer-

te. Die Güte der Schätzung wird durch Reliabilitätskoeffizienten angegeben. Gängiger ist die Schätzung der Expected a posteriori (EAP)-Reliabilität, auch Bayes-Reliabilität genannt. Die Größenordnung beider Werte ist mit der Bestimmung der Reliabilität über Cronbachs α zu vergleichen (Rost 2004: 382).

8.2.3. Prüfung der Modellanpassung

Grundsätzlich lassen sich für viele Tests Rasch-Modelle rechnen. Ob das berechnete Rasch-Modell tatsächlich zu den beobachteten Daten passt, lässt sich über die Modellannahmen prüfen. Für jedes Item wird neben der Itemschwierigkeit der entsprechende Abstand zur idealen logistischen Kurve in Form der *Mean-square-Fit*-Statistik (MNSQ-Fit) angegeben (Neumann 2014: 362). Unterschieden wird zwischen dem ungewichteten Outfit und dem gewichteten Infit. Diese Werte basieren auf der Analyse der Abweichung der tatsächlichen Daten einer Aufgabe von den Daten auf Basis der Rasch-Modellierung. Der Infit ist dabei besonders sensibel für kleinere Abweichungen, da er diese stärker gewichtet. Der Outfit dagegen berücksichtigt größere Abweichungen und damit Ausreißer stärker. So entsteht eine starke Abweichung, wenn eine Person geringer Fähigkeit bspw. ein schweres Item löst (richtige Lösung = 1), obwohl diese bspw. nur eine statistische Lösungswahrscheinlichkeit von 0.3 für dieses Item aufweist. Hierbei entsteht ein großer Abstand von 0.7 zwischen erwartetem Wert aus dem Modell (0.3) und dem tatsächlichen Wert (1) (Neumann 2014: 363). Ideale Anpassung von Modell und tatsächlichen Daten bestehen bei In- und Outfit-Werten von 1. Akzeptable Werte liegen zwischen 0.8 und 1.2 für Infit sowie Outfit. Items, deren Fit-Werte nicht in dem akzeptablen Bereich liegen oder die aufgrund anderer Modellanpassungstest nicht dem Rasch-Modell genügen, werden aussortiert. Am Ende besteht aufgrund der *Eindimensionalität* und *spezifischen Objektivität* Item- und Personenhomogenität. Itemhomogenität bedeutet, dass sich Items nur aufgrund ihrer Schwierigkeit, die für alle Personen identisch ist, unterscheiden. Items weisen damit im Rasch-Modell alle dieselbe Trennschärfe auf. Für weitere Informationen zur Modellanpassung und zu Modellgültigkeitstests sei z. B. auf Rost (2004) verwiesen.

8.3. Übernommener quantitativer Vorwissenstest zur Wärmelehre

Die in dieser Studie genutzten Items zur Bestimmung des Vorwissens im Bereich der Wärmelehre entstammen der Dissertation „Schülerkompetenzen im Bereich Wärmelehre“ von Einhaus (2007). Ein Teilziel dieser Arbeit ist die Erstellung eines validen und reliablen Kompetenztest zu den Themenbereichen Wärmelehre und Thermodynamik, die unabhängig voneinander einsetzbar sind (Einhaus 2007: 162). Der Test zur Messung der Kompetenz im Bereich der Wärmelehre besteht aus 18 Items (Einhaus 2007: 99). Zur Entwicklung dieses Tests werden 66 Items zur Wärmelehre an einer Stichprobe von $N = 659$ in einem Rotationsdesign erprobt (Einhaus 2007: 118 & 147). Die Items stellen die Grundlage für den Vorwissenstest zur Wärmelehre dieser Studie dar. Hierbei werden teils englischsprachige Tests zum Bereich der Wärmelehre wie bspw. der *Thermal Concept Evaluation (TCE)* (Yeo & Zadnik 2001) berücksichtigt. Im Folgenden werden die Auswahlkriterien für den Vorwissenstests zur Wärmelehre dieser Studie dargestellt und dessen Endversion präsentiert.

8.3.1. Auswahl der Items für den Vorwissenstest zur Wärmelehre

Die Auswahl der Items erfolgt auf Grundlage folgender Auswahlkriterien:

1. Die Items sollen dem Rasch-Modell genügen.
2. Die Items haben bereits eine hohe Trennschärfe und MNSQ-Werte zwischen 0.8 und 1.2, sodass es möglich ist, eine reliable Skala aus dem breiter angelegten Test von Einhaus (2007) zu erstellen.
3. Die Items sollen insgesamt heterogen in ihren Itemparametern sein, damit Decken- und Bodeneffekte vermieden werden und eine möglichst gute Aufklärung der Personenfähigkeiten ermöglicht wird.
4. Die Items sollen inhaltlich die Bereiche der Wärmelehre abdecken, die in den Sachtexten behandelt werden.
5. Die Items sollen sprachlich möglichst einfach sein, um auftretende Varianz möglichst dem fachlichen Konstrukt und nicht der sprachlichen Fähigkeit zuzuordnen zu können.
6. Aus testökonomischen Gründen soll die Bearbeitung nicht länger als 15 Minuten dauern.

Nach Anwendung der Auswahlkriterien bleiben zehn Items des bestehenden Instruments übrig. Um einen möglichst reliablen Test zu erhalten, werden die Auswahlkriterien auf alle weiteren, von Einhaus (2007) nach der Item-Selektion im Rahmen der Rasch-Skalierung ausgewählten Items angewendet. Durch dieses Vorgehen wird ein weiteres Item für den Vorwissenstest dieser Studie gewonnen (W5.4). Zudem wird ein Item (W2.2a) ohne den Zusatz „Begründe deine Antwort“ übernommen, da aus textökonomischen Gründen nur geschlossene Items eingesetzt werden.

Die ausgewählten Items werden abschließend hinsichtlich des 5. Kriteriums (sprachliches Anforderungsniveau) überarbeitet. Ziel ist es, den Anteil an Textverstehen in der Erhebung des Vorwissens möglichst gering zu halten. Eine Übersicht über die verwendeten Items samt ihrer ursprünglichen Bezeichnung in Einhaus (2007) sowie der vorgenommenen sprachlichen Überarbeitungen ist in Tabelle 8.1 zu finden. Alle Items sind im Anhang als Teil des Erhebungsmaterials des Pilots (Kapitel A.2) zu finden.

Bis auf wenige Ausnahmen sind die sprachlichen Überarbeitungen mit dem Sprachmodell zu erklären (siehe Kapitel 3.3.5). Dies gilt für das Ersetzen seltener durch hoch frequentierte Wörter, den Satzbau mit Hauptsätze in kanonischer Wortstellung und für den Austausch von Pronomen durch explizite Wiederaufnahme der Subjekte. Die Aussparung von Kontexten und Personennamen ist damit zu begründen, dass diese keinerlei relevante Informationen beinhalten, aber zu einer Belastung des Arbeitsgedächtnis führen (Golke et al. 2019: 2). Die Nutzung des Begriffs *Raumtemperatur* anstelle von Zimmer- und Bürotemperatur bei Item 4 sorgt für mehr Transparenz und Kohärenz innerhalb des Items. Bei Item 9 wird die Temperatur zur Präzisierung eingefügt. Das Wort *Flasche* wird bei Item 5 durch das Wort *Glaskolben* ersetzt. Der Begriff *Glaskolben* stellt zwar ein selteneres Wort dar, aber in der Zeichnung des Items ist eindeutig ein Glaskolben und keine Flasche präsentiert, sodass das Wort *Flasche* hier artifiziell wirkt.

Tabelle 8.1.: Items des Vorwissenstest: Sprachliche Überarbeitung.

Bezeichnung	Bezeichnung nach Einhaus (2007)	Sprachliche Überarbeitung
1	W2.1	
2a/b	W2.2a/b	Kanonische Satzstellung und höher frequentierte Wörter
3	W5.6	Aussparen der Personen und direkte Wiederaufnahme von z.B. Metallstühlen
4	W.3.8	Präzisierung der Aufgabenstellung durch „Kreuze an“ und Einfügen von Raumtemperatur
5	T.1.8	Begriff Flasche durch Glaskolben ersetzt
6	W3.3	Kanonische Satzstellung
7	W5.2b	Kochen durch Sieden ersetzt
8	W3.2a	
9	W2.8	Aussparen der Personen und Präzisierung durch Einfügen der Temperatur
10	W5.4	

8.4. Stimulated Recall – Qualitative Methode zur Untersuchung der Items des fachlichen Textverständnistests

In dieser Studie wird das Stimulated-Recall-Interview genutzt, um die Hintergründe des Antwortverhaltens der Lernenden beim Bearbeiten der schriftlichen Multiple-Choice-Items zu beleuchten. Hierbei sollen jeweils Begründungen des Antwortverhaltens sowie das Verständnis der Fragestellung offengelegt werden. In Stimulated-Recall-Interviews sind visuelle oder auditive Denkanstöße und Fragestellungen zur besseren Erinnerung an die Handlung vorgesehen. Kulgemeyer (2010: 118) zeigt in seiner Dissertation, dass Stimulated-Recall-Interviews geeignet sind, um in der Textentwicklung eingesetzt zu werden.

Ein Stimulated-Recall-Interview dient, ebenso wie das fokussierte Interview, einer retrospektiven Introspektion einer Handlung. Wie beim fokussierten Interview werden Erinnerungen an eine Handlung aus dem Langzeitgedächtnis aktiviert:

[...] Stimulated recall methodology is a technique in which participants are asked to recall thoughts they had had while performing a prior task or while they had

participated in a prior event. It is assumed that some tangible (perhaps visual or aural) reminder of the event will stimulate recall of the mental processes in operation during the event itself [...]. In sum, it is a technique that is intended to access cognitive processes during an event by asking participants to reflect on that event. (Gass & Mackey 2017: 14)

Häufig erfolgt die Erinnerung an die Handlung in Stimulated-Recall-Interviews mittels Audio- oder Videoausschnitten, allerdings ist die Wahl des Mediums irrelevant (Gass & Mackey 2017: 44). Die Handlung selbst kann während der Ausführung durch gezieltes Anregen zum Erinnern unterbrochen werden (on-line retrospection) (Heine & Schramm 2016: 177). Ziel der Methode ist Hintergründe, Beweggründe und Gedanken bei einer Handlung offenzulegen.

Die *recall accuracy* oder auch Exaktheit der Erinnerung wird bei stimulated recall Interviews durch zeitliche Nähe (max. 24 Std. später) zwischen Erinnerung und Handlung erzielt (Heine & Schramm 2016: 177). Ein großer Zeitraum zwischen Handlung und Erinnerung ermöglicht dagegen Zeit zur Reflexion der Handlung, die das Ergebnis verfälscht (Gass & Mackey 2017: 46). Aus diesem Grund werden die Fragen des Interviews jeweils direkt nach Bearbeitung eines Items gestellt und unterbrechen somit den Test (on-line retrospection). Da der Inhalt der Items nur Fachwissen und keine Bewertungen oder Einstufungen erfordert, ist die Beeinflussung der Gedankengänge durch nachträgliche Reflexionen, z. B. hinsichtlich sozialer Erwünschtheit, als gering einzustufen. Der Ablauf des Interviews beginnt damit, dass die Lernenden einen der Texte lesen, ein Item bearbeiten und dazu aufgefordert werden, das eigene Antwortverhalten zu erläutern. Falls die Bearbeitung der Lernenden zudem von der Musterlösung abweicht, werden diese mit der Musterlösung konfrontiert und gebeten, ihre Meinung hierzu zu verbalisieren. Die genaue Durchführung samt Abfolge der Frage sind in Kapitel 10.1 und die Ergebnisse in Kapitel 10.2 zu finden.

9. Itementwurf

In diesem Kapitel werden die Anforderungen aller Instrumente und insbesondere des fachlichen Textverstehenstests sowie die Entwicklung der zugehörigen Items beschrieben.

9.1. Anforderungsprofil alles Erhebungs-Instrumente

Die schriftlichen Instrumente, die im Rahmen der Hauptstudie den Lernenden vorgelegt werden, bestehen aus (1.) dem Lesegeschwindigkeit- und Verständnistest (LGVT), (2.) einem Vorwissenstest zur Wärmelehre, (3.) dem fachlichen Textverstehenstest und (4.) dem Fragebogen zur Erhebung der persönlichen Daten. Die folgenden Anforderungen werden für das Erhebungsinstrument aufgestellt:

1. Die Testdurchführung soll inklusive Einleitung und kurzer Rückschau innerhalb einer Schuldoppelstunde von 90 min zu bewerkstelligen sein. Für den fachlichen Textverstehenstest sind 45 min vorgesehen.
2. Die Items des fachlichen Textverstehenstest sollen die in Kapitel 3.4.2 präsentierten kognitive Prozesse des Lesens 1 bis 3 der IGLU-Studie abdecken.
3. Die Items des fachlichen Textverstehenstest sollen mithilfe des in den Texten präsentierten Wissens zu lösen sein und physikalisches Wissen beinhalten.
4. Die Itemstämme und Antwortoptionen des fachlichen Textverstehenstest sind eindeutig und möglichst kurz zu verfassen. Die Itemstämme und Antwortoptionen des fachlichen Textverstehenstest und des Vorwissenstests entsprechen dem mittleren sprachlichen Anforderungsniveau B.
5. Die Antwortoptionen des fachlichen Textverstehenstest sollen möglichst nur eine Aussage und keine absoluten Temporaladverbien enthalten.
6. Der Vorwissenstest und fachlicher Textverstehenstest sollen Rasch-Konformität aufweisen.

Das 1. Kriterium (Zeitumfang) wird umgesetzt, indem die Gesamtanzahl der Items für den fachlichen Textverstehenstest so gering wie methodisch vertretbar gehalten wird. Ausschlaggebend für die Mindestanzahl ist das Kriterium der Rasch-Konformität (s. u.). Aus diesem Grund sind mindestens 20 Items im fachlichen Textverstehenstest einzusetzen. Aufgrund der Erfahrungen aus dem Pilot bezüglich der Bearbeitungszeit werden in der Hauptstudie 27 Items eingesetzt.

Um das fachliche Textverständnis im Hinblick auf verschiedenen kognitiven Anforderungen und Repräsentationsebenen zu erfassen, wird durch das 2. Kriterium die Abdeckung der kognitiven Prozesse des Lesens vgl. (Kapitel 3.4.2) gefordert. Die unterschiedlichen kognitiven Prozesse des Textverstehens sind dabei nicht gleichzusetzen mit der empirischen Schwierigkeit eines jeweiligen Items. Das Kriterium dient zur Erfassung eines möglichst breiten Spektrums des fachlichen Textverstehens.

Laut dem 3. Kriterium sind die Items des fachlichen Textverstehenstest nur mittels Textwissen zu lösen. Dies liegt darin begründet, dass der Einbezug von Vorwissen minimal sein soll. Zudem soll im fachlichen Textverstehenstest ausschließlich fachliches Wissen, das im Text präsentiert ist, abgeprüft werden. Läge der Vorwissensanteil höher, wäre der Einfluss des sprachlichen Anforderungsniveaus schon in der Testkonstruktion reduziert.

Das 4. Kriterium – Itemstämme und Antwortoptionen sollen kurz und eindeutig sein – erhöht die Textverständlichkeit aller Items. Das Ziel ist, die unabhängige Variable (sprachliches Anforderungsniveau der Sachtexte) von anderen Effekten zu isolieren. Realisiert wird dies u. a. durch Halbsätze als Itemstamm, die mit Halbsätzen als Antwortoptionen vervollständigt werden. Hierdurch wird der Vergleich zwischen den Antwortoptionen erleichtert, indem im Arbeitsgedächtnis nur ein Satz über längere Zeit aktiv gehalten werden muss, der dann mit den verschiedenen Antwortoptionen kombiniert wird. Die Vorgabe, die Items möglichst präzise und eindeutig zu formulieren, dient der Steigerung der Textverständlichkeit der Items. Die sprachliche Ausgestaltung der Items ist dem sprachlichen Anforderungsniveau B angelehnt, das weitestgehend der geschriebenen Sprache in der Schule entspricht.

Laut dem 5. Kriterium darf jede Antwortoption nur eine Aussage enthalten und absolute Temporaladverbien sind zu meiden. Dies dient vor allem der Steigerung der Verständlichkeit der Items. Die Verwendung von absoluten Temporaladverbien (nie, immer etc.) ist zu vermeiden, da diese Antwortoptionen unattraktiv wirken. Zudem wird die Verständlichkeit und Validität eines Items erhöht, wenn Antwortoptionen

nur eine Aussage enthalten. Antwortoptionen mit zwei Aussagen bedürfen stets der Zustimmung zu beiden Antwortoptionen. Dies ist insbesondere zu beachten, wenn die Antwortoptionen aus verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten von Aussagen bestehen.

Das 6. Kriterium (Rasch-Konformität) ergibt sich aus den in Kapitel 8.2.1 benannten Kriterien der probabilistischen Testtheorie.

Grundsätzlich gelten die für alle psychometrischen Tests anzuwendenden Gütekriterien Validität, Reliabilität und Objektivität als zentrale Ziele. Die oben genannten Kriterien lassen sich der Validität (Kriterium 2, 3, 4, 5) und der Testökonomie (Kriterium 1, 4, 6) zuschreiben. Die Objektivität und Reliabilität wird durch statistische Verfahren geprüft.

9.2. Entwicklung der vorläufigen Version des schriftlichen Instruments

Im Folgenden wird beschrieben, wie die Items für den fachlichen Textverstehenstest entwickelt und bezüglich der genannten Kriterien untersucht werden.

9.2.1. Gewinnung der Items

Die mithilfe des Tests zu messende latente Fähigkeit *fachliches Textverstehen* muss möglichst exakt beschrieben werden, um einen validen Test zu erstellen (Kauertz 2014: 344). Textverstehen und die zugehörigen kognitiven Prozessen des Textverstehens werden in Kapitel 3.4 bzw. Kapitel 3.4.2 beschrieben. Das *fachliche Textverstehen* weicht hiervon durch die inhaltliche Fokussierung auf einen Themenbereich der Physik und die besonderen Eigenschaften naturwissenschaftlicher Sachtexte (vgl. Kapitel 3.2.1) ab. Bei der Entwicklung der Items dient deshalb das Konstrukt *Textverstehen* mit einem Schwerpunkt auf physikalische Inhalte samt der zugehörigen kognitiven Prozessen des Lesens als Maßstab für die zu messende Fähigkeit.

Die Items werden teilweise aus der Sachanalyse der Themenbereiche, aber hauptsächlich in direktem Bezug zu den Texten gewonnen. Insbesondere Items des unteren kognitiven Prozess basieren auf der Textbasis. Die richtige Lösung eines Items ist

somit entweder direkt anhand der Textbasis (kognitiver Prozess 1), durch Interpretation und Verknüpfung von Texteinheiten (kognitiver Prozess 2) oder durch Transfer bzw. unter Einbezug von Vor- und Weltwissen (kognitiver Prozess 3) zu ermitteln (vgl. kognitive Prozesse in Kapitel 3.4.2). Wichtig für den dritten kognitiven Prozess ist, dass es sich entweder um Transferaufgaben handelt, die mithilfe von Text- und Weltwissen zu beantworten sind, oder um Aufgaben, die auf einfachen physikalischen Begriffen und Konzepten beruhen. Die Begrenzung auf einfache, grundlegende physikalische Konzepte – wie z. B. Volumen oder Masse – erfolgt, da das Wissen über diese Konzepte bei Lernenden der 7./8. Klasse vorausgesetzt werden kann.

Distraktoren sind so formuliert, dass Lernende diese anwählen, wenn sie das zur Fragestellung relevante Wissen nicht abrufen können bzw. die zur Fragestellung des Items relevante Texteinheit nicht oder nur teilweise verstanden haben, nicht abrufen oder im Text nicht wiederfinden können. Die Anwahl aller Distraktoren soll möglichst mit gleich hoher Wahrscheinlichkeit erfolgen, um eine differenzierte Aufteilung der Personenfähigkeiten zu erzielen. Die Distraktoren werden deshalb anhand der untenstehenden Kriterien verfasst, die laut den Kodierregeln von Kirsch (2001: 51) verschiedene Schwierigkeiten hervorbringen. Die hier aufgeführten Kriterien stellen somit ein Rahmenkonzept dar, um plausible Distraktoren zu erstellen. Die Distraktoren eines Items enthalten:

- eine nicht zum jeweiligen Item passende wahre Aussage des Textes;
- gängige Schülervorstellungen zum jeweiligen Item;
- physikalisch richtige, aber nicht zum Item passende Aussagen;
- Negationen der richtigen Antwort oder
- Negationen von Aussagen im Text, die nicht zum Item passen.

Die genannten Kriterien der Itemkonstruktion werden auch bei später folgenden Schritten zur Sicherstellung der Validität beachtet. Die Formulierung geeigneter, funktionierender Distraktoren macht erhebliche Überlegungen und empirische Vorarbeiten erforderlich (Bortz & Döring 2006: 215), die abschließend bei der Auswertung des Pilots auf deren Wirksamkeit überprüft werden (vgl. Kapitel 11.2). Um sicherzustellen, dass die genannten Kriterien erfüllt sind, wird ein mehrstufiges Verfahren angewendet, bei dem die fachlichen und sprachlichen Anforderungen der Items überprüft werden.

9.2.2. Validierung der Items

Im Laufe der Itementwicklung werden die Items anhand der Vorgaben für die kognitiven Prozesse des Lesens und für die Distraktoren entwickelt. Mithilfe der unter Kapitel 9.1 genannten Kriterien werden die Items anschließend durch einen iterativen Prozess, bei dem Expert:innen der Fachdidaktik und Linguistik abwechselnd mit sprachlichem und inhaltlichem Fokus an den Items arbeiteten, weiterentwickelt. Die Kriterien 2., 3. und 6. werden aufgrund der inhaltlichen Fokussierung vordergründig von Expert:innen der Fachdidaktik und die Kriterien 3. bis 6. aufgrund der sprachlichen Fokussierung von Expert:innen der Linguistik bearbeitet. Wichtig ist zu kontrollieren, dass die Items das zu messende Konstrukt *fachliches Textverstehen* abbilden (Kauertz 2014: 345).

9.2.3. Einstufung der Items

Die Einstufung der Items nach den kognitiven Prozessen des Textverstehens erfolgt, damit in der finalen Itemauswahl für die Hauptstudie die Niveaus der kognitiven Prozesse möglichst gleichmäßig pro Text sowie im gesamten fachlichen Textverstehenstest verteilt sind. Zudem sollen die entsprechenden kognitiven Prozesse mindestens einmal pro Text geprüft werden. Realisiert wird die Einstufung der Items anhand der kognitiven Prozesse 1 bis 3 der IGLU-Studie (Kapitel 3.4.2). Zur präzisen Anwendung werden die kognitiven Prozesse des Lesens anhand dreier Ebenen operationalisiert. Die Richtlinien beziehen sich direkt auf die kognitiven Prozesse entsprechend der IGLU-Studie und gliedern sich in (1.) die zum Lösen des Items zu bearbeitende Textmenge sowie (2.) die Notwendigkeit der Interpretation und (3.) des Einbezuges von Vor- und Weltwissen (siehe Tabelle 9.1). Aus der Beschreibung der kognitiven Prozess des Lesens in Kapitel 3.4.2 und Tabelle 3.6 lassen sich Grenzwerte der jeweiligen Ebene ablesen.

Zur Einstufung der Items wird das Programm MAXQDA verwendet, indem die Texte eingeladen und die Items als Kategorien angelegt werden. Anschließend wird die zum Lösen eines Items benötigte Textstelle mit dem jeweiligen Kode des Items markiert. Ist zudem eine Interpretation nötig, weil die Informationen zum Lösen des Textes nicht explizit im Text steht, wird dies mit der Memo-Funktion an die jeweilige Kodierung bzw. an mehrere Kodierungen angeheftet. In gleicher Weise wird mit der dritten Ebene, der Notwendigkeit des Einbezuges von Vor- und Weltwissen,

Tabelle 9.1.: Operationalisierung der kognitiven Prozesse des Lesens der IGLU-Studie (Hußmann et al. 2017: 82-85)

kogn. Prozess	1	2	3
Textmenge	Ein Wort bis zu einem Satz	Ein Satz bis zu einem Absatz	Mehrere Sätze bis hin zum gesamten Text
Interpretation	Nein, direkte Informationsentnahme möglich	Textnahe Interpretation	Interpretation mit Lösung von der Textbasis
Vor- und Weltwissen	Nein	Nein	Ja

verfahren. Aus der Kodierung und dem Hinweis auf Interpretation bzw. Einbezug von Vor- und Weltwissen eines zugehörigen Memos ergibt sich der finale kognitive Prozess des Lesens des jeweiligen Items.

Der Kodierprozess wird von drei allgemein im Kodieren und im speziellen mit diesem Kodiersystem geschulten Expert:innen der Fachdidaktik unabhängig voneinander durchgeführt. Die Interkoderreliabilität wird zum einen anhand der Übereinstimmung der einzelnen Kodierungen zu den jeweiligen Items und zum anderen durch Prüfung der Übereinstimmung der jeweiligen Memo-Einträge errechnet. Für den Fall, dass versehentlich nicht vollständige Sätze kodiert werden, wird die Kodierung in Absprache mit der kodierenden Expert:in auf das gesetzte Kodierminimum eines Satzes ergänzt. Die Interkoderreliabilität erzielt mit Cohens- $\kappa_{Inter} = .75$ eine hohe Übereinstimmung, weshalb auf weitere Kodierungsdurchgänge verzichtet wird. Die abschließende Einstufung basiert auf der Grundlage der unabhängigen Kodierungen und entsteht in einer Gruppendiskussion der Expert:innen, um Korrekturen vorzunehmen. Der Tabelle 9.2 sind die Ergebnisse der Einstufung der Items zu entnehmen. Die Items sind als Teil des Erhebungsmaterials des Pilots (Kapitel A.2) und der Haupterhebung Kapitel B.3 im Anhang zu finden.

Zu beachten ist, dass die hier bestimmten kognitiven Prozesse des Lesens auf Annahmen beruhen (vgl. Kapitel 3.4.2) und nicht den später statistisch bestimmten empirischen Schwierigkeiten entsprechen. In der PISA-Studie 2018 wird z. B. post-hoc in acht Kompetenzstufen (Ic bis VI) und drei kognitive Prozesse differenziert (Reiss et al. 2019: 53-56). Damit einher geht die Frage, ob Lesekompetenz als ein- oder mehrdimensionales Konstrukt anzusehen ist. Also ob die verschiedenen kognitiven Prozesse Lesekompetenz mehrdimensional abbilden. In Schmitz (2015: 61-64) ist ein Diskurs hierzu mit dem Ergebnis zu finden, dass Lesekompetenz empirisch eindimensional hervortritt. So weisen die drei kognitiven Prozesse der PISA- und die

vier der IGLU-Studie eine zu geringe *Diskriminanzvalidität* zwischen den kognitiven Prozessen auf (Schmitz 2015: 61-64). Das Zusammenfassen der kognitiven Prozesse beider Studien auf nur zwei Dimensionen (text- und wissensgeleitete Leseprozesse) führt aufgrund zu großer latenter Interkorrelation der beiden zusammengefassten Dimensionen zu keiner hinreichenden *Diskriminanzvalidität*. Schmitz (2015: 175) geht in ihrer Dissertation der Frage der Dimensionalität des Textverständnisses nach und nimmt aufgrund der empirischen Daten ebenso eine eindimensionale Modellierung vor. Ein Grund für die empirisch nicht belegbare mehrdimensionale Operationalisierung der Lesekompetenz kann darin liegen, dass die Leseprozesse nur unzureichend auf den oben beschriebenen theoretischen Konzepten beruhen. Die unterschiedlichen Studien orientieren sich zwar an kognitionspsychologischen und an den Document-Literacy Ansätzen, bilden die Repräsentationsebenen bzw. Document-Processing-Strategies jedoch nicht eindeutig ab. Weiter liefern die Erkenntnisse der kognitionspsychologischen Forschung – insbesondere der integrativen Ansätze – eine mögliche Begründung, warum eine a priori Unterscheidung der Items eines Textverstehensinstruments nach beschriebenen kognitiven Prozessen des Lesens empirisch nicht zu bestätigen ist: Die Repräsentationsebenen werden als gleichzeitig ablaufend sowie als aufeinander aufbauend und miteinander verwoben verstanden (vgl. Kapitel 3.4.1). Eine Zuordnung von kognitiven Prozessen zu den Repräsentationsebenen kann erfolgen, allerdings verlaufen die unterschiedlichen Prozesse simultan ab. Sie können dabei von verschiedenen Lesenden unterschiedlich gut vollzogen bzw. je nach Ziel und Zweck des Lesens fokussiert werden. Ebenso können im *Document-Literacy* Konzept benannte niedrigere *cycle-strategies* eine höhere Schwierigkeit erzeugen als die zunächst komplexer wirkenden *generate strategies*.

9.2.4. Resultierende Itemauswahl für den Prä-Pilot der Items

Für den Prä-Pilot der Items werden aus dem Item-Pool zu jedem Sachtext jeweils zwei Gruppen von Items erstellt, damit alle Items innerhalb des Zeitrahmens von ca. 25 Minuten pro Lernenden erprobt werden können. Es ergeben sich somit sechs separate Item-Gruppen. Die Aufteilung der Items erfolgt aus testökonomischen Gründen, denn der zeitliche Rahmen, in dem Lernende konzentriert an dem fokussierten Interview teilnehmen können, ist begrenzt. Die Aufteilung der Items erfolgt unter der Maßgabe, dass in jedem Interview jeder kognitive Prozess mindestens einmal aktiviert ist.

Tabelle 9.2.: Items: Einstufung der fachlichen Textverständnisitems nach kognitiven Prozessen des Lesens.

Teilchenmodell & Aggregatzustände		Thermisches Verhalten		Wärmeempfinden	
Item	Niveau	Item	Niveau	Item	Niveau
A.1	3	T.1	3	W.1	3
A.2	2	T.2	1	W.2	2
A.3	1	T.3	1	W.3	2
A.6	2	T.4	1	W.4	2
A.7	1	T.5	1	W.5	2
A.8	3	T.6	1	W.6	1
A.9	2	T.7	2	W.7	1
A.10	3	T.8	2	W.8	3
A.11	2	T.9	2	W.9	1
A.12	2	T.10	2	W.10	3
A.13	2	T.13	2	W.11	1
A.14	1	T.14	3	W.12	2
A.15	2	T.16	2	W.13	1
A.16	2	T.17	1	W.14	2
A.17	1	T.18	3	W.15	3
A.18	1	T.19	3		
A.19	1	T.21	3		
A.20	1				
A.21	1				

10. Validierung der Verständlichkeit der Items des fachlichen Textverstehenstests (Prä-Pilot der Items)

Ziel des Prä-Pilots der Items des fachlichen Textverstehenstests ist die Optimierung der Verständlichkeit und insbesondere der Validität des Testinstruments. Mithilfe der Interviews wird ein Vergleich zum intendierten Verständnis der Fragestellung und der Antwortoptionen ermöglicht. Bei der finalen Überarbeitung der Items wird darauf geachtet, dass das Verständnis der Interviewten dem während der Testerstellung intendiertem entspricht.

10.1. Durchführung des Prä-Pilots der Items

Die Durchführung des Prä-Pilots der Items erfolgt in Physikkursen allgemeinbildender Schulen in Hamburg während des regulären Unterrichts. Die Interviewten werden vom Testleiter eine Woche vor Durchführung der Studie über den Zweck und Ablauf aufgeklärt und für die Studie angeworben. Bei einer zu hohen Anzahl an Freiwilligen aus einer Klasse werden die Teilnehmenden per Zufall ausgewählt. Die Schulen dafür wurden in Hinblick auf die Schulform (Gymnasium oder Stadtteilschule) und den Sozialindexes Hamburger Schulen⁶² (KESS) ausgewählt. Alle Schulen,

⁶²Der Sozialindex beschreibt die sozio-ökonomische Zusammensetzung der Schülerschaft an Schulen auf einer Skala von 1 bis 6. Dabei steht eine 1 für Schulen, die eher Kinder aus schwierigen sozio-ökonomischen Verhältnissen beschulen und eine 6 für Schulen, die Schülerinnen und Schüler aus eher privilegierten sozio-ökonomischen Verhältnissen beschulen. Die Grundlage des Index bildet die soziologische Theorie der Kapitalarten von Pierre Bourdieu. (<https://www.hamburg.de/bsb/hamburger-sozialindex/>).

Klassen und Lernende nahmen freiwillig an der Erhebung teil, alle Daten werden anonym erhoben und verarbeitet. Ein schriftliches Einverständnis wurde von allen Erziehungsberechtigten der teilnehmenden Lernenden eingeholt. Insgesamt werden $N = 23$ Interviews mit Lernenden der 8. Klasse an 3 Stadtteilschulen (KESS 2, 2, 4) und einem Gymnasium (KESS 6) geführt. Hierdurch wird jedes Item in vier Interviews bearbeitet und es entstehen somit vier Informationen zur Bearbeitung eines jeweiligen Items.

Der Leitfaden für das Interview ist im Anhang unter A.2 zu finden und in zwei Schritte gegliedert. Zunächst lesen die Interviewten den gesamten Sachtext und werden anschließend aufgefordert, eines der Items zu beantworten. Dabei dürfen sie den Text zur Hilfe nehmen, da nicht memoriertes Wissen abgefragt werden soll und dies dem realen Umgang mit Texten in einer Unterrichtssituation am nächsten kommt. Nach der Beantwortung eines Items wird der stimulated recall (vgl. Kapitel 8.4) durch folgende Fragen des Leitfadens eingeleitet:

1. Kannst Du mir erklären, warum Du gerade diese Lösung gewählt hast?
2. Was hast Du zum Lösen der Aufgabe gebraucht? Beziehe Dich dabei gerne auf den Text.
3. Wenn die Lösung nicht der Musterlösung entspricht:
 - a) Mit Musterlösung konfrontieren: Die meisten kreuzen bei dieser Aufgabe diese Lösung an. Kannst Du mir erklären warum jemand das für die richtige Lösung hält?
 - b) Kannst Du Dich dieser Lösung anschließen, oder findest Du Deine Lösung besser? (Erläutern lassen!)

Die Fragen sind nach Gass & Mackey (2017) konzipiert und im Präteritum formuliert, um das Erinnern an Gedanken anzuregen und keine Interpretation zu fordern.

10.2. Auswertung und Ergebnisse der stimulated recall-Interviews

Die Auswertung der stimulated recall-Interviews erfolgt anhand der folgenden vier Kategorien:

- **Richtige Lösung mit richtigem Argumentationsgang:** Die Lösungsauswahl entspricht der Musterlösung und wird durch eine (stringente) Argumentation begründet. Die Argumentation weist keine Anzeichen auf eine falsche Interpretation des Itemstamms oder der Antwortoptionen auf. Bei der Argumentation wird das der Musterlösung zugrundeliegende passende physikalische Konzept sichtbar bzw. auf den zum Item passenden Textabschnitt verwiesen.
- **Richtige Lösung, jedoch mit falschem Argumentationsgang:** Die Lösungsauswahl entspricht der Musterlösung, wird jedoch durch einen nicht zur Musterlösung passenden Argumentationsstrang begründet. Bei der Argumentation wird ein falsches physikalisches bzw. nicht zur Aufgabe passendes richtiges physikalisches Konzept sichtbar oder auf einen nicht zum Item passenden Textabschnitt verwiesen bzw. der passende Textabschnitt falsch interpretiert.
- **Falsche Lösung, jedoch mit richtigem Argumentationsgang:** Die Lösungsauswahl entspricht nicht der Musterlösung, wird jedoch durch eine (stringente) zur Musterlösung passende Argumentation begründet. Das zum Itemstamm und zur Musterlösung passende physikalische Konzept wird sichtbar, führt jedoch nicht zur Auswahl der Musterlösung. Bei der Argumentation wird evtl. auf den zur Musterlösung passenden Textabschnitt verwiesen.
- **Falsche Lösung mit falschem Argumentationsgang:** Die Lösungsauswahl entspricht nicht der Musterlösung und wird durch ein falsches physikalisches Konzept begründet. Bei der Argumentation wird ein falsches Konzept sichtbar oder auf einen nicht zum Item passenden Textabschnitt verwiesen bzw. der passende Textabschnitt falsch interpretiert.

Das Kategoriensystem wird von einem weiteren mit dem Kodieren im Allgemeinen und mit diesem Kategoriensystem im Speziellen vertrauten Sozialforscher auf ca. ein Drittel der Interviews angewendet. Es ergibt sich eine hohe Interkoderreliabilität von $\text{Cohens-}\kappa_{\text{Inter}} = .85$. Aufgrund der hohen Übereinstimmung wird auf eine Anpassung des Kategoriensystems verzichtet. Items mit mehrheitlicher Passung von Lösungsbegründung und Lösungsverhalten im Sinne der Musterlösung werden nicht überarbeitet (Bullet-points 1 und 4). Items, bei denen Hinweise bestehen, dass die Lösungsbegründungen nicht zu dem zugehörigen Lösungsverhalten im Sinne der Musterlösung führen, werden überarbeitet (Bullet-points 2 und 3). Zur Überarbeitung der später in der Hauptstudie im Rahmen des fachlichen Textverstehens verwendeten Items werden Hinweise aus den Begründungen der Interviewten genutzt. Items werden einem Überarbeitungsprozess unterzogen, wenn diese von den Inter-

viewten mehrheitlich nicht richtig verstanden werden – z. B. wenn diese eine Antwort nur per Zufall auswählen. In Tabelle 10.1 sind die Items sortiert nach ihrem Verbesserungspotential dargestellt. Items, bei denen Hinweise zur Verbesserung in den Stimulated-Recall-Interviews aufzufinden sind, werden einem Überarbeitungsprozess unterzogen. Items ohne Hinweise zur Verbesserung werden ohne Veränderung für den Pilot übernommen und in diesen final auf ihre Funktion getestet.

Tabelle 10.1.: Items: Verbesserungspotential der fachlichen Textverständnisitems aufgrund des Prä-Pilots.

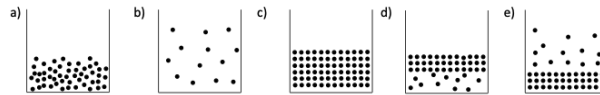
Items ohne Verbesserungsbedarf	A.1, A.2, A.6, A.8, A.9, A.11, A.14, A.18, A.19, A.20, A.21 T.1, T.2, T.3, T.4, T.5, T.7, T.8, T.9, T.10, T.14, T.16, T.17, T.18, T.21 W.1, W.2, W.3, W.4, W.5, W.6, W.7, W.8, W.11, W.12, W.14, W.15
Items mit Verbesserungspotential	A.3, A.7, A.10, A.12, A.13, A.15, A.16, A.17 T.6, T.13, T.19 W.9, W.10, W.13

10.2.1. Items ohne Verbesserungspotential nach dem Prä-Pilot der Items

In diesem Kapitel werden exemplarisch typische Interpretationen der Fragestellung und Antwortoptionen erörtert. Für Items, die einen Überarbeitungsprozess unterzogen werden, wird eine Interpretation der Aussagen der Interviewten angeführt und der Überarbeitungsprozess zur Verbesserung der Verständlichkeit und Validität für den Pilot dargelegt. Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs der Interviews kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Überarbeitung der Items zwangsläufig zu einem eindeutigen Verständnis bei allen Teilnehmenden im Pilot führt. Allerdings werden Abweichungen und systematische Fehler reduziert. Angeführt werden hier exemplarisch die Items A.15, T.5, T.10 und W.2 für die Items ohne Verbesserungspotential.

Item A.15

Welche Abbildung stellt am besten die Teilchen eines Stoffes im flüssigem Aggregatzustand dar?



In dem folgendem Zitat ist zu erkennen, dass der Interviewte die Bilder eindeutig den beschriebenen Aggregatzustände zuordnet. Zudem wird deutlich, dass der Interviewte das Wissen des Textes aktiv auf die Antwortoptionen übertragen kann:

Ähm, b) ist (.) verdampft. (.) Bei b) verdampft das Wasser gerade. (.) Bei c) is- es Eis. (..) Also, (.) fester Aggregatzustand. (.) Bei d) (.) ähm, (...) is- es (..) is- die Oberschicht eingefroren (.) und die Unterschicht is- (.) verdampft. (..) Und bei e) is- es genau andersrum, da verda-, da- geht der Dampf schon nach oben und das (.) Eis is- unten. (Atom_HH_1 20:38 - 21:06)

Auch in den anderen Interviews zu diesem Item wird deutlich, dass sowohl Fragestellung, als auch Antwortoptionen von den Interviewten wie intendiert verstanden werden.

Item T.5

Beim Bauen einer langen Brücke aus Stahl muss man...

- (a) ... die Umgebungstemperatur beachten.
- (b) ... die Wärmeausdehnung in die Breite beachten.
- (c) ... auf ausreichend Lücken zum Abfließen von Wasser achten.
- (d) ... beachten, dass alle Teile aus rostfreiem Stahl sind.
- (e) ... die Wärmeausdehnung in die Länge beachten.

In dem folgenden Zitat zeigt sich, dass die Fragestellung richtig verstanden und bei den Antwortoptionen nur nach Antworten gesucht wird, die eine Wärmeausdehnung beinhalten. Das Ausschließen aller anderen Antwortoptionen und der Bezug auf die im Text genannten Dehnungsfugen bzw. Lücken lässt sich darauf zurückführen, dass Text und Item richtig verstanden werden:

B: Weil (.) die Brücke, also die Brücke darf sich in die Breite ausbreit-n, da hat sie genüg-nt Platz, ab-a wenn sie sich in die Länge ausbreitet, würde sie zusamm-brech-n (.) und deshalb sind da auch solche Lück-n drin, damit sie sich ausbreit-n kann. (Therm_Joh_4: Z.)

Ähm, (...) d). [...] Weil da ja explizit erklärt wurde, dass man (.) bei Brücken besonders aufpassen muss, dass die (.) mehr (.) wenn die in die Länge (.) wachs- ... also äh, (.) also bei warmen Temperaturen in die Menge gehen, (.) in die Länge gehen, dass sie (.) zusamm-brechen wenn sie zu (..) lang werden. Deswegen, (I: (zustimmend) Mhm.

(+) deswegen macht man ja diese (...) Löcher. (I: (zustimmend) Mhm. (+)) (...) Mh, (...) Dehnungsfugen. (Therm_2_ATW_4 10:38 - 11:11)

Beide Interviewten entnehmen das Wissen aus dem Text zum Lösen der Aufgaben. Fragestellung und Antwortoptionen werden wie vom Autor intendiert verstanden. Dieses Item steht beispielhaft für Items, deren Antwortoptionen die Vervollständigung des im Item angefangenen Satzes darstellen.

Item T.10

Getränkeflaschen sollte man nicht einfrieren, weil...

- (a) ... Getränke nicht unter 4° C gelagert werden dürfen.
- (b) ... sich das Getränk ausdehnt und die Getränkeflasche platzen kann.
- (c) ... Getränke beim Einfrieren Gefrierbrand bekommen.
- (d) ... die Qualität der Getränke beim Einfrieren abnimmt.
- (e) ... das Glas der Getränkeflasche sich zusammenziehen bis sie platzen.

Zur Beantwortung dieses Items kann auch Alltagswissen herangezogen werden, wenn die Interviewten das Platzen einer Getränkeflasche im Gefrierschrank schon einmal erfahren haben. Im folgenden Zitat steht, dass der Text zur Beantwortung des Items herangezogen und die Antwort direkt aus dem Text abgelesen wird:

Weil, das steht hier. Ähm, (.) ähm, (liest) da alle Getränke Wasser (.) enthalten. Beim Einfrieren dehnt sich Wasser so stark aus, dass (..) eine Flasche platzt, (+) was (..) dass eine Flasche platzt. (Therm_2_Barm_4 19:45 - 20:02)

Da die zur Beantwortung der Fragestellung passende Textstelle vorgelesen wird, ist davon auszugehen, dass sowohl Item als auch Textstelle von der Lernenden wie intendiert verstanden werden.

Item W.2

Metall fühlt sich bei Raumtemperatur kalt an, weil

- (a) ... Metall sich immer kalt anfühlt.
- (b) ... Metall eine geringe Wärmeleitfähigkeit hat.
- (c) ... Metall an der Oberfläche besonders kalt ist.
- (d) ... Metall eine hohe Wärmeleitfähigkeit hat.
- (e) ... Metall eine große Wärmekapazität hat.

Im folgenden Zitat stellt die Interviewte die richtige Antwortauswahl vor und beschreibt zudem, aus welchem Grund die anderen Antwortoptionen keine richtige Lösung darstellen:

Äh, da hab ich jetzt d) angekreuzt, weil das jetzt für mich ganz klar auf der (.) Hand lag, weil Metall eine hohe Wärmefähigkeit hat und deshalb die Wärme nicht so an einem Punkt bleibt, sondern sich halt schon (.) (I: (zustimmend) Mhm. (+)) verteilt und (.) weil ähm, Metall sich immer kalt anfühlt. Is- ja auch (.) falsch, is- ja auch in der Aufgabe davor der Fall, dass bei 40 Grad zum Beispiel ja auch warm ist oder bei 100 Grad wird ... erwärmt-s sich ja auch und die ander-n ähm, zum Beispiel b) is- auch falsch, ne falsche Aussage. (.) Und ähm (Metall?) an der Oberfläche besonders kalt ist, ist auch falsch, weil (.) das ist ja nicht einfach so an einer Stelle (I: (zustimmend) Mhm. (+)) und (.) ich glaube dann hat eher d) am meisten damit zu tun als jetzt e). Genau. (I: (zustimmend) Mhm. (+) (..) Sup-a. (+)) Und dazu hab ich ge- ... äh zur Lösung hab- ich ge(.)braucht (..) die (.) Wärmeleitfähigkeit (.) auch. Also den zweiten Text. (Wärme_1_Joh_5 6:18 - 00:07:17)

Zudem wird deutlich, dass die Interviewte die Antwort aus dem Text entnimmt. Das Item funktioniert also so wie vom Autor intendiert, denn bei richtigem Textverständnis wird die richtige Antwortoption ausgewählt.

10.2.2. Items mit Verbesserungspotential nach dem Prä-Pilot der Items

Es folgt exemplarisch die Erläuterung der vorgenommenen Änderungen an den Items A.7, A.10 und W.9 für alle Items mit Verbesserungspotential. Ergänzend wird für die Items A.13, A.16 und T.19 deren Ausschluss exemplarisch für Ausschluss von Items nach dem Prä-Pilot der Items erklärt. Im Anhang A.2.1 werden die Überarbeitungen der Items A.3, A.7, A.10, A.12, A.15, W.9 und W.13 sowie der Ausschluss der Items A.13, A.16, A.17, T.6, T.13, T.19 und W.10 aus dem Itempool begründet.

Item A.7

Flüssiges Wasser wird von 20° C auf 99° C erhitzt. Die Teilchen...

- (a) ... bewegen sich stärker.
- (b) ... bewegen sich weniger.
- (c) ... ändern ihre Ordnung.
- (d) ... ändern ihre Eigenschaft.

(e) ... sieden.

Allen Interviewten war es möglich, das zur Fragestellung intendierte Situationsmodell aufzubauen und somit auch die Fragestellung zu verstehen. Folgendes Zitat verdeutlicht exemplarisch diese Aussage, da die Interviewte ein zur Fragestellung passendes Beispiel aus dem Alltag anführen:

B: Ähm, es hätt- da vielleicht auch (..) ähm, also zum Beispiel, wenn ich ein Herd voller Wasser mache und ihn dann auf (.) vier stelle, dann erhitzt es ja und dann verdampft es und wenn ich jetzt den Deckel aufmache, kommt ja Dampf raus. (I: Ja, genau. (+)) Da kommt des- deswegen (.) is- auch verdampfen. (Atom_1_Barm_1 3:37 - 3:58)

Allerdings zeigt sich hier – und im Verlauf aller weiteren Interviews zu diesem Item, dass die Interviewte Verdampfen als Lösung des Items favorisiert. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass die Zieltemperatur von 99 °C zu nah an der Siedetemperatur Wassers von 100 °C liegt. Bei Konfrontation mit der richtigen Lösung des Items wird deutlich, dass die Interviewte das zum Lösen benötigte Wissen aus dem Text rezipiert:

B: Ähm, weil auch im Text steht, wenn es unter Null Grad ist, ähm wird es in (?) es wird weniger. Ich glaube wenn es ... (I: (fragend) Was wird weniger? (+)) also die Teilchen (.) und ich glaube wenn es über 20 Grad ist wird es dann stärker, die Teilchen. (I: (fragend) Und was machen die Teilchen? (+)) Die bewegen sich stärker. (I: Wenn das ... (+)) Über 20 Grad ist. (Atom_1_Barm_1 4:38 - 5:00)

Es bleibt offen, ob die Interviewten beim Ansteigen der Temperatur gleichzeitig eine Steigerung der Teilchenanzahl assoziiert oder, ob mit „es“ im Interviewverlauf immer die Teilchenbewegung gemeint ist. Diese physikalische Feinheit ist allerdings nicht Inhalt des Items und somit auch nicht Teil der Überarbeitung. Relevant ist, dass das zum Beantworten notwendige Wissen von der Interviewten geäußert, aber trotzdem fälschlicherweise Verdampfen als Antwort ausgewählt wird. Um zu verdeutlichen, dass das Item eine Temperatursteigerung und nicht einen Aggregatzustandswechsel beschreibt, wird die Temperatur 99° C im Itemstamm durch 80°C ersetzt. Diese Überarbeitung verändert die Grundidee und den Inhalt des Items nicht, sondern stellt nur eine Präzisierung dessen dar.

Item A.10

Die meisten Gase sind nicht sichtbar, so auch Wasserdampf. Warum sind Wolken sichtbar? Der gasförmige Wasserdampf...

- (a) ... wird durch die starke Sonneneinstrahlung im Himmel sichtbar.
- (b) ... kondensiert an kleinen Teilchen in der Luft zu flüssigem, sichtbarem Wasser.
- (c) ... verdampft an kleinen Teilchen in der Luft zu flüssigem, sichtbarem Wasser.
- (d) ... resublimiert an kleinen Teilchen der Luft zu festen, sichtbaren Eiskristallen.
- (e) ... wird kalt zu sichtbarem gasförmigem Wasserdampf.

Die Interviewte wählt den Distraktor e) aus, begründet diese falsche Lösung jedoch mit einer richtigen Erklärung.

B: Ich würd- e) sag-n weil es ja im Himm-l (..) eh-r kalt is- (.) und (I: (zustimmend) Mhm. (+)) also weit-a ob-n und es dann das man das dann sieht, wenn es (.) halt höh-r is-, (I: (zustimmend) Mhm. (+)) ja.

I: Richtige Erklärung, genau. (.) Ähm, steigt nach ob-n wird kalt und denn sichtbar sozusag-n. (..) [...] Ja, (.) ähm, (.) da ha-m die meist-n (.) Leute jetz- -ne and-re Antwort angekreuzt, nämlich die b). Ab-a deine Erklärung für (.) e) war eb-n auch schon gut, dass es halt hoch geht und kalt wird und sichtbar wird. [...] (fragend) Kannst du ma- erklär-n warum Leute vielleicht b) angekreuzt hab-n eh-r als e)? (+)

B: Mm, weil (...) das halt auch stimm- könnte (.) also ich bin mir da nämlich nich-sich-a. (I: (zustimmend) Mhm. (+)) Ich hätte auch b) od-a e) genom-. (I: Genau, denn erklär ma- warum du ... wa- was da deine Idee war. (+)) weil es halt ähm (...) äh, wenn es äh weit-a nach ob-n geht halt (..) äh dann kondensiert z-zu sichtbarem Wass-a weil es halt (.) kälter is-. (Atom_2_Joh_2 7:38 - 14:14)

Zudem zeigt sich im weiteren Interviewverlauf, dass auch die richtige Antwortoption b) zur Auswahl in Erwägung gezogen wird. Dieser Umstand zeigt sich auch in den anderen Interviews. Das Item bedarf einer Präzisierung in der Fragestellung und muss die Antwortoptionen b) und e) deutlicher voneinander trennen. Die richtige Antwortoption b) wird beibehalten und die Antwortoption „e) ... wird kalt zu sichtbarem gasförmigem Wasserdampf.“ wird durch „e) ... reagiert auf den niedrigen Sauerstoffgehalt und wird dadurch sichtbar.“ ersetzt. Die Fragestellung wird somit dahingehend präzisiert und vereinfacht, dass Wolken aus unsichtbarem, gasförmigen Wasserdampf entstehen, die dann aber am Himmel sichtbar werden. Die Grundidee der Fragestellung bleibt dadurch erhalten, allerdings müssen weniger Inferenzen gezogen werden.

Item W.9

Wieso benötigt Petroleum-Öl weniger Wärme als Wasser um von 20 °C auf 100 °C aufgewärmt zu werden?

- (a) Weil Wasser eine höhere Wärmeleitfähigkeit als hat Petroleum-Öl.
- (b) Weil Petroleum-Öl eine höhere spezifische Wärmeleitfähigkeit hat als Wasser.
- (c) Weil Petroleum-Öl eine höhere spezifische Wärmekapazität hat.
- (d) Weil Petroleum-Öl eine höhere Wärmeleitfähigkeit hat als das Wasser.
- (e) Weil Wasser eine höhere spezifische Wärmekapazität hat als Petroleum-Öl.

Im folgenden Zitat wird deutlich, dass der Text nur teilweise zur Beantwortung der Frage herangezogen und die Auswahl der Antwortoption eher mit alltäglichen Erfahrungen begründet wird. Der Abschnitt zur spezifischen Wärmekapazität wird von diesen Interviewten nicht benannt.

B: Ähm, weil im Text stand, dass ähm (.) Öl (.) Petroleumöl sich schneller erhitzt. (..) (I: Ja. (+)) Irgendwas mit (...) ich denk-, weil es, (.) ähm dicker als Wasser ist. Dadurch verändern sich mehr. (Wärme_2_ATW_6 10:26 - 10:41)

In einem anderen Interview wird sich dagegen explizit auf den Text bezogen, jedoch wird auch in diesem Fall falsch geschlussfolgert bzw. der Text missverstanden.

B: Weil im Text steht, dass es eine meh- eine höhrere (.) Wärmekapazität hat. Und dann hab- ich eben das genommen. [...] Äh, das äh Petroleum-Öl. (Wärme_2_HH_6 13:08 - 13:23)

In beiden Zitaten wird deutlich, dass die Textstelle zur spezifischen Wärmekapazität nicht (richtig) rezipiert bzw. angewendet wird. Eine Überarbeitung des Textes ist notwendig. Zur besseren Verständlichkeit des Items werden Text- und Iteminhalt analog formuliert. Die Fragestellung wird so umformuliert, dass nach der Begründung gefragt wird, warum Wasser mehr Wärme zugeführt werden muss als Petroleum-Öl. Das Item wird dadurch einfacher und verständlicher, da im Text der Vergleich in derselben Reihenfolge erfolgt. Dementsprechend beziehen sich die Antwortoptionen des Items nach der Überarbeitung auch auf Wasser und nicht mehr auf Petroleum-Öl. Zudem wird in der überarbeiteten Version die Temperatur von 20° C auf 80° C gesteigert. Die Erwärmung von Wasser auf 100° C assoziiert ein Verdampfen, was in diesem Item ein unerwünschter Effekt wäre (vgl. Item A.7). Weiter wird in den Interviews deutlich, dass die Interviewten Schwierigkeiten haben, die Begriffe Wärmekapazität und spezifische Wärmekapazität zu trennen. Aus diesem Grund wird im Text präzisiert, wie die spezifische Wärmekapazität mit dem Erwärmungsprozess zusammenhängt und welcher Stoff eine höhere spezifische Wärmekapazität besitzt.

Item A.13

Trockeneis besteht aus festem Kohlenstoff und sublimiert bei Temperaturen über -76 °C. Fester Kohlenstoff heißt Trockeneis, weil dieses...

- (a) ... beim Trocknen von Eis entsteht.
- (b) ... bei Raumtemperatur nicht flüssig, sondern sofort gasförmig wird.
- (c) ... bei Kontakt mit Gegenständen sofort austrocknet.
- (d) ... aus der Luft entsteht, wenn flüssiges Wasser erstarrt.
- (e) ... in Eiswüsten zu finden ist.

Das Item wird nicht für die weitere Studie verwendet, da es größtenteils mit Vor- bzw. Weltwissen und ohne Lesen des Textes von den Interviewten zu beantworten war:

B: Das wusste ich einfach. I: Ja aber, einmal erklären wie, warum passt jetzt b) zur Lösung, also so zu der (B: Ja. (+)) Frage. B: Weil äh, Trockeneis is- ja (.) flüssiger (.) Stickstoff, [...] Oder Kohlenstoff und das ist ja in eine Form (..) die sehr, sehr, sehr kalt ist. Und wenn du den dann (.) sagen wir mal (...) in einen warmen Bereich reingibst, fängt der an von der (..) normalen (..) ähm (..) von der normalen (.) äh minus weiß nich- fünfund- äh, 65 Grad oder so (.) wird der zu (..) normalen gemäßigten Graden. Aber, das Problem is- das wird nicht mehr flüssig weil St- flüssiger Stickstoff (.) ... wenn du die Flasche aufdrehst (.) is- da ja auch danach ... is- das ja auch n Gas. (I: (zustimmend) Mhm. (+)) Das heißt, es ist n Gas in-na Eisform. (..) So erklär ich mir das. (Atom_2_HH_2 7:31 - 8:27)

Item A.16

Die unterschiedlichen Eigenschaften von Eis, Wasser und Wasserdampf lassen sich erklären mithilfe...

- (a) ... des Volumens.
- (b) ... des Teilchenmodells.
- (c) ... der Übergänge zwischen Aggregatzuständen.
- (d) ... der Größe der Teilchen.
- (e) ... der Temperatur.

Das Item wird aus inhaltlichen Gründen für die weitere Studie nicht verwendet. Die unterschiedlichen Eigenschaften von Eis, Wasser und Wasserdampf können nicht nur durch das Teilchenmodell erklärt werden. Die Interviewten hatten Probleme bei der Beantwortung des Items und beurteilen neben der Antwortoption „b) ... des Teilchenmodells.“ z. B. auch „c) ... der Übergänge zwischen den Aggregatzuständen.“

als erklärungs-würdig. Begründet wird dies damit, dass die Eigenschaften durch die Aggregatzustände erklärt werden können. Diese Aussage ist richtig, allerdings werden in der Antwortoption die Übergänge zwischen den Aggregatzuständen benannt. Diese Schärfung bedarf ein hohes Maß an Textverständnis, was aber nicht in den Items abgeprüft werden soll:

B: Mh, weil der unterschiedlich in ei-m von Eis, Wasser und Wasserdampf lassen sich (.) erklär-n mit den Aggregatzuständen, weil (..) man dann glaub ich erklär-n kann, wie sich das halt ändert mit dem (..) Teilchenmodell sag ich jetzt mal. Obwohl hier steht auch das ... ja also mit (.) beiden Sachen, weil (...) halt der Übergang zwischen den beiden und dann kann man -s besser erklär-n was sich verändert. I: (zustimmend) Mhm. (+) Also bei der Frage (.) kann man ... oder (fragend) die Frage kann man beantworten mit den Übergängen zwischen den Aggregatzuständen? (+) (B: Ja, oder auch mit dem Teilchenmodell. (+)) (...) (fragend) Und was war da jetzt der Unterschied für dich, wenn du jetzt (.) b) und c) anguckst, was ist (...) da der Unterschied bei den Lösungs- ähm... [...] Ok, dann doch das Teilchenmodell. (I: Ja, das Teilchenmodell ... (+)) (Atom_1_ATW_1 16:27 - 18:01)

Item T.19

Der Boden in einer Küche besteht oft aus Fliesen. Die Fugen zwischen den Fliesen bestehen aus Beton, aber manche Fugen bestehen aus Silikon. Warum ist das so?

- (a) Weil Fugen aus Silikon sich bei Temperatursteigerung gut ausdehnen können.
- (b) Weil die Fugen unter Türen aus Silikon sein müssen, wenn die Türen sich ausdehnen.
- (c) Weil Fugen aus Silikon flexibel sind, wenn sich die Fliesen ausdehnen.
- (d) Weil Fugen aus Silikon sich im Gegensatz zu Betonfugen kaum ausdehnen.
- (e) Weil die Fugen nahe an den Wänden aus Silikon sein müssen, falls die Wände sich ausdehnen.

Bei der Beantwortung dieses Items haben sich alle Interviewten sehr schwer auf eine Antwortoption festlegen können und suchten vergebens nach passenden Textstellen zur Beantwortung. Zudem ist den Interviewten nicht bekannt, ob sich Fliesen oder Silikon ausdehnen (können), wie z. B. im folgenden Zitat sichtbar wird:

B: Weil ähm (.) im Tex- gar nich- stand, ob jetz- Silikon sich auch ausdehnt oder nich-. Und daher wusst- ich nich-, ob jetz- die ander-n Antworten passend würden. I: (zustimmend) Mhm. (+) (..) Und was has- du denn bean-... (fragend) benutzt dann? (+) B: Ähm, einen Satz im Text und da stand das die Türen sich auch ausdeh-n. I: (zustimmend) Mhm. (+) (.) Ähm, und wenn du jetz- ma- die Antwort b) mit der Antwort c) vergleichst, dass da Fugen aus Silikon sind und (.) die Fliesen sich ausdeh-

nen können dann, wenn die aus Silikon sind. (fragend) Was is- da der Unterschied?
(+) B: Ähm, weil Fliesen sind ja nich- aus Stahl. (I: (zustimmend) Ne, mhm. (+))
Und deswegen glaub- ich nich-, dass die sich ausdehn-n. (Therm_1_ATW_3 4:43 - 05:32)

Die Loslösung vom Text und der Einbezug von Weltwissen überwiegt bei dieser Aufgabe. Ohne das Vorwissen, welches Material sich bei Erwärmung stärker ausdehnt und welche Materialien flexibel sind, lässt sich das Item nicht beantworten. Der starke Einbezug von Vor- und Weltwissen ist in dieser Studie nicht erwünscht und aus diesem Grund wird das Item für die weitere Studie nicht verwendet.

Item W.10 Das Item W.10 befindet sich aufgrund eines Übertragungsfehlers nicht im Leitfaden des Prä-Pilots der Items und wird aufgrund der fehlenden Untersuchung im Rahmen des Prä-Pilots der Items nicht weiter genutzt.

Alle überarbeiteten Items und die Items ohne Verbesserungsbedarf verbleiben für die weiteren Erhebung im Itempool und werden in dem Pilot erneut auf richtige Funktionalität und auf Rasch-Konformität untersucht.

11. Raschkonformitätsprüfung des fachlichen Textverstehenstests (Pilot)

Ziel des Pilots des fachlichen Textverstehenstests ist die empirisch begründete Überarbeitung und Auswahl einzelner Items für die Hauptstudie. Zunächst wird dazu 1.) der verkürzte Vorwissenstest zur Wärmelehre pilotiert, um dessen Passung zur Stichprobe und Raschkonformität nach der sprachlichen Überarbeitung einzelner Items zu untersuchen. Zentrales Augenmerk liegt dann 2.) auf der Skalierung eines raschkonformen Tests, der valide und reliabel das fachliche Textverständnis misst. Ergänzend werden 3.) erste Hinweise zum Einfluss des Vorwissens auf das fachliche Textverstehen ausgemacht.

11.1. Durchführung des Pilots

Da die Ergebnisse des Pilots zur Vorbereitung der Hauptstudie genutzt werden, ist das Ziel der Stichprobenziehung eine Gelegenheitsstichprobe aus dem gesamten Spektrum der weiterführenden Schulen in Hamburg zu ziehen. Angestrebt wird eine möglichst gleichmäßige Verteilung auf die Schulformen und den soziokulturellen Hintergrund der Lernenden gemessen anhand des Sozialindexes Hamburger Schulen⁶³. Die Datenerhebung erfolgt im Rahmen der Masterarbeit „Der Zusammenhang affektiv motivationaler Faktoren mit fachlichem Lernen, exemplarisch untersucht“ (Höller 2020). Die gewonnene Stichprobe besteht aus $N = 147$ Lernenden zweier Stadtteilschulen des Sozialindexes 2 und 4 sowie zweier Gymnasien mit den Sozialindexen 5 und 6. Der soziokulturelle Hintergrund einzelner Lernender wird im Pilot nicht

⁶³Sozialindex für soziale Belastungen im Rahmen der Studie zu „Kompetenzen und Einstellungen von Schülerinnen und Schülern“ (<https://www.hamburg.de/bsb/hamburger-sozialindex/>).

weiter erhoben. In Tabelle 11.1 sind relevante Daten der Teilnehmenden dargestellt. Alle Schulen, Klassen und Lernenden nehmen freiwillig an der Erhebung teil. Alle Daten werden anonym erhoben und verarbeitet. Ein schriftliches Einverständnis wurde von allen Erziehungsberechtigten der teilnehmenden Lernenden eingeholt.

Tabelle 11.1.: Stichprobe: Pilot.

Geschlecht	Schulform	Klassenstufe
46.9 % weiblich	30.6 % Gymnasium	78.2 % 7. Klasse
51.7 % männlich	69.4 % Stadtteilschule	19.0 % 8. Klasse
1.4 % divers		

Das im Pilot eingesetzte Instrument besteht aus einem 19-seitigen Antwortheft und einem 6-seitigen Informationsheft (vgl. Kapitel A.2). Die getrennte Heftung von Informationstexten und Items des fachlichen Textverstehenstest ermöglicht, dass Texte und Items beim Bearbeiten nebeneinander liegen können. Im Antwortheft sind der Vorwissenstest zur Wärmelehre, Items des fachlichen Textverstehenstests, ein Fragebogen zu personenbezogenen Daten und ein Interessensfragebogen zu finden.

Der fachliche Textverstehenstest basiert auf drei Textversionen, die jeweils in vier Absätze aufgeteilt sind. Zum ersten Text *Teilchenmodell und Aggregatzustände* werden 15 single-choice Items und ein Item mit zwei halboffenen Antwortoptionen gestellt. Der zweite und dritte Teil *Thermisches Verhalten* bzw. *Wärmeempfinden* weisen jeweils 14 single-choice Items auf. Im Rahmen der Masterarbeit wird zu jedem Item des fachlichen Textverstehenstests motivationale Faktoren über eine vierstufige Likert-Skala abgefragt. Der abschließende Interessensfragebogen ist Teil der Masterarbeit und stellt eine zum Fach Physik adaptierte Subskala der PISA-Befragung aus dem Jahr 2003 (Reiss et al. 2016) zum Fachinteresse in Deutsch und Englisch dar.

11.2. Auswertung und Ergebnisse des Pilots

In diesem Kapitel wird das Vorgehen der Auswertung samt zugehöriger Kriterien zur Sicherstellung der Raschkonformität zunächst beschrieben und dann auf die einzelnen Teile des Instruments angewendet. Das bedeutet, dass als erstes der Vorwissenstest und anschließend der fachliche Textverstehenstest auf alle Kriterien hin überprüft werden. Abschließend werden die erhobenen Daten miteinander in Beziehung gesetzt und interpretiert. Da das Raschmodell sehr robust gegenüber fehlenden

Daten reagiert, werden lediglich Datensätze Lernender mit 30 % oder mehr fehlenden Daten aus dem Datensatz entfernt. Für die Auswertung des Pilots stehen $n = 131$ Datensätze zur Verfügung.

Bezüglich der Fragestellung der Masterarbeit zur Auswirkung affektiv motivationaler Faktoren ergeben sich nur signifikante Unterschiede im Interesse an Physik zwischen Jungen und Mädchen (Höller 2020: 81). Alle weiteren untersuchten Aspekte bezüglich affektiv motivationaler Faktoren ergaben keine signifikanten Ergebnisse (Höller 2020: 81). Aussagen bezüglich des Zusammenhangs affektiv motivationaler Faktoren und Textverständnis sind deshalb in dieser Studie nicht möglich. Da der Interessensfragenbogen am Ende der Erhebung steht, wird in der Masterarbeit diskutiert, dass die Ergebnisse bezüglich des Interesses durch wahrgenommenen Unmut über die Länge der Erhebung beeinflusst worden ist. Aus diesem Grund findet der Interessen-Fragebogen keine weitere Berücksichtigung in der Auswertung.

11.2.1. Raschskalierung und Überarbeitung des Instruments

In dieser Studie wird zur Skalierung der Tests und zum Erlangen der Raschkonformität itemorientiert vorgegangen. Dazu werden schrittweise Items ausgeschlossen, die den folgenden Kriterien nicht genügen:

1. MNSQ-Infit Werte liegen zwischen 0.8 und 1.2.
2. MNSQ-Outfit Werte liegen zwischen 0.7 und 1.3.
3. Modellpassung
 - a) Sicherstellung der *spezifischen Objektivität* bzw. *Subgruppeninvarianz* (auch Differential Item Functioning (DIF) genannt) über den Item-spezifischen Mantel-Haenszel Test.
 - b) Sicherstellung der *Eindimensionalität* global über Modellanpassungswerte oder das DETECT-Verfahren.

Die benannten Kriterien ergeben sich direkt aus der Modellbeschreibung samt Annahmen (vgl. Kapitel 8.2.1). Für die MNSQ-Outfit-Werte wird mit 0.7 bis 1.3 ein größerer Bereich akzeptiert als in der Theorie vorgegeben, um eine Überarbeitung der Items mit Outfit-Werten in diesem Bereich zu ermöglichen und so eine breitere Itemauswahl für die Hauptstudie bereitzustellen. Die Aufweichung der Grenzen erfolgt bei den Outfit-Werten, da diese Ausreißer stärker bewerten. Die Infit-Werte dieser Items liegen im von der Theorie geforderten Bereich von 0.8 bis 1.2. Für den

Fall, dass Items nicht den Kriterien genügen, werden diese aussortiert. Bei Erfüllung der oben genannten Kriterien kann sowohl Item- als auch Personenhomogenität angenommen werden. Die Modellannahmen (*spezifische Objektivität* und *Eindimensionalität*) sind für die abschließende Skalierung der Daten gültig. Die in Kapitel 8.2.1 benannte *lokalstochastische Unabhängigkeit* ist eine Voraussetzung, die bei der Erstellung und Durchführung des Tests zu beachten und daher nicht durch einen statistischen Test überprüfbar ist.

Anschließend erfolgt die weitere Überarbeitung des Tests zum fachlichen Textverstehen anhand folgender Kriterien:

4. Punktbiseriale Korrelation zwischen der mittleren Personenfähigkeit und Antwortanwahl ist beim Attraktor $r_{pb.WLE} \geq 0.3$ sowie bei allen Distraktoren negativ.
5. Anwahl der Distraktoren liegt in der Regel bei mindestens 5 %.
6. Reduzierung der Itemanzahl für die Hauptstudie auf 27 Items anhand der untergeordneten Kriterien (jeweils 9 Items pro Text).
 - a) Auswahl eines Items bei hoher inhaltlicher Ähnlichkeit bzw. Bezug auf dieselbe Textstelle zweier/mehrerer Items.
 - b) Möglichst gleichmäßige Aktivierung der kognitiven Prozesse des Textverstehens in den einzelnen Teilttests bzw. den Items basierend auf einem der Texte.
 - c) Möglichst breite Streuung der Itemschwierigkeit im gesamten Test und in den einzelnen Teilttests sowie Passung der Itemschwierigkeit zur Stichprobe.

Durch das 4. Kriterium (Punktbiseriale Korrelation) wird sichergestellt, dass die Korrelation zwischen der mittleren Personenfähigkeit einer Antwortoption und der Anwahl eines Attraktors positiv ist. Umgekehrt korreliert die mittlere Personenfähigkeit der jeweiligen Antwortoption negativ mit der Anwahl der Distraktoren. So wird sichergestellt, dass mit steigender Personenfähigkeit die Wahrscheinlichkeit der Anwahl des Attraktors steigt. Das 5. Kriterium besagt, dass ein Distraktor mindestens von 5 % der Lernenden angewählt werden muss, um sicherzustellen, dass Distraktoren für Personen mit geringen Fähigkeiten attraktiv genug wirken (vgl. Kapitel 9.2.1). Sehr leichte Items werden von dieser Regel ausgenommen, da bei diesen die Anwahl aller Distraktoren gering ausfällt. Bei sehr leichten Items ist dagegen auf eine möglichst gleichmäßige Anwahl der Distraktoren zu achten. Das 6.

Kriterium (Reduzierung der Itemanzahl) dient der möglichst breiten Abdeckung der Inhalte der Texte, der Itemschwierigkeit und der kognitiven Prozesse des Lesens bei gleichzeitiger Einhaltung des zeitlichen Rahmens.

Zur Berechnung der Item- und Personenparameter wird das R-Paket TAM genutzt (Robitzsch et al. 2020). Die Itemparameter werden durch die *Marginal Maximum Likelihood (MML)* Schätzer berechnet (siehe Kapitel 8.2.2). Die Personenparameter werden über die Weighted Likelihood Estimate (WLE) bestimmt. Das Raschmodell ignoriert fehlende Werte und behandelt diese so, als ob eine Fragestellung nicht gestellt worden wäre (Lampianou 2020: 56). Die Berechnung kann somit auch bei fehlenden Werten erfolgen, allerdings steigen dadurch die zu erwartenden statistischen Fehlerwerte. Aus diesem Grund werden in folgenden Auswertungen alle Personen entfernt ($n = 16$), die weniger als 70 % der Items in einem der Teilttests (Vorwissen oder fachliches Textverstehen) beantwortet haben.

11.2.2. Ergebnisse des Vorwissenstests der Wärmelehre

Zunächst wird der verkürzte und sprachlich leicht veränderte Vorwissenstest ausgewertet. Ziel ist zu prüfen, ob der Test Raschkonformität besitzt und ob die Schwierigkeit des Tests für die Stichprobe angemessen ist. Für die Auswertung werden die Antworten der Lernenden dichotomisiert. Bei der Dichotomisierung des *forced-choiced* Items VW.3 erhalten nur Lernende mit vollständig richtiger Beantwortung eine positive Wertung. Die Ergebnisse der Raschskalierung der Items zum Vorwissen sind in Tabelle 11.2 dargestellt. Alle Items treten mit In- und Outfit-Werten im geforderten Bereich hervor. Zur Prüfung der Eindimensionalität wird das eindimensionale mit einem zweidimensionalen Modell anhand der Modellvergleichsmaß *Akaike's Information Criterion (AIC)* und *Bayesian Information Criterion (BIC)* verglichen. Die Kriterien für das eindimensionale Modell ($AIC_{1dim} = 1585$ $BIC_{1dim} = 1620$) sind kleiner als die Kriterien für das zweidimensionale Modell ($AIC_{2dim} = 1605$ $BIC_{2dim} = 1645$). Damit ist von Eindimensionalität auszugehen. Höherdimensionale Modelle treten durch höhere *AIC* und *BIC* Kriterien hervor. Zur Überprüfung der *spezifischen Objektivität* bzw. der *Subgruppeninvarianz (DIF)* wird die Mantel-Haenszel-Methode mit dem Splitkriterium *Geschlecht* und *Zufall* angewandt. Da das Splitkriterium nur aus zwei Faktoren bestehen kann, werden Personen mit keiner Angabe oder der Angabe Divers/Trans aus dem Datensatz für das Splitkriterium *Gender* aussortiert. Das Splitkriterium *Zufall*

Tabelle 11.2.: Raschmodell: Vorwissenstest im Pilot mit In- und Outfit Statistiken (Trennschärfeparameter sind 1), $n = 131$.

Item	N	Prozent-korr.	Itemschwierigkeit	Outfit	Infit
VW.1	131	0.71	-0.95	0.92	0.96
VW.2a	116	0.66	-0.64	1.09	1.06
VW.2b	131	0.22	1.26	0.98	0.98
VW.3	120	0.09	2.29	0.89	0.97
VW.4	119	0.57	-0.29	0.96	0.97
VW.5	128	0.32	0.75	0.97	0.98
VW.6	129	0.24	1.15	1.14	1.07
VW.7	125	0.40	0.41	1.02	1.02
VW.8	130	0.69	-0.86	1.01	1.02
VW.9	129	0.24	1.15	1.08	1.03
VW.10	127	0.22	1.26	0.93	0.95

teilt die Stichprobe zufällig in zwei gleichgroße Gruppe. Bei einem Signifikanzniveau von 0,05 tritt keines der Items in den beiden Verfahren durch Subgruppeninvarianz (DIF) in dem Mantel-Haenszel-Test zutage (vgl. die jeweiligen p-Werte in Tabelle 11.3).

Tabelle 11.3.: Mantel-Haenszel-Methode: Test auf Differential Item Functioning der Vorwissensitems im Pilot dem Splitkriterium Geschlecht und Zufall.

Item	MH-Geschlecht	p-Geschlecht	MH-Zufall	p-Zufall
VW.1	0.65	0.42	0.21	0.65
VW.2a	0.61	0.43	0.01	0.94
VW.2b	0.64	0.42	0.04	0.83
VW.3	0.02	0.90	0.27	0.60
VW.4	0.11	0.74	0.31	0.58
VW.5	0.03	0.86	0.07	0.79
VW.6	0.05	0.83	0.09	0.77
VW.7	0.0003	0.99	0.05	0.83
VW.8	0.98	0.32	1.14	0.29
VW.9	0.74	0.39	2.90	0.09
VW.10	3.02	0.08	0.24	0.62

Die Schwierigkeit des Vorwissenstest in Abhängigkeit zur Stichprobe wird anhand des Anteils der richtig beantworteten Items, der durchschnittlichen Itemschwierigkeit und der dargelegten Wrightmap zu bestimmt. Der Anteil der richtig beantworteten Items streut zwischen .09 und .71. Somit sind keine Boden- oder Deckeneffekte zu vermuten. Die durchschnittliche Itemschwierigkeit $\bar{\sigma}_{VW} = .561$ ($SD = 1.143$), die durchschnittliche Personenfähigkeit $\overline{WLE} = .02$ ($SD = 1.00$) und die Wrightmap (Abbildung 11.1) zeigen, dass Personenfähigkeiten und Itemschwierigkeiten ver-

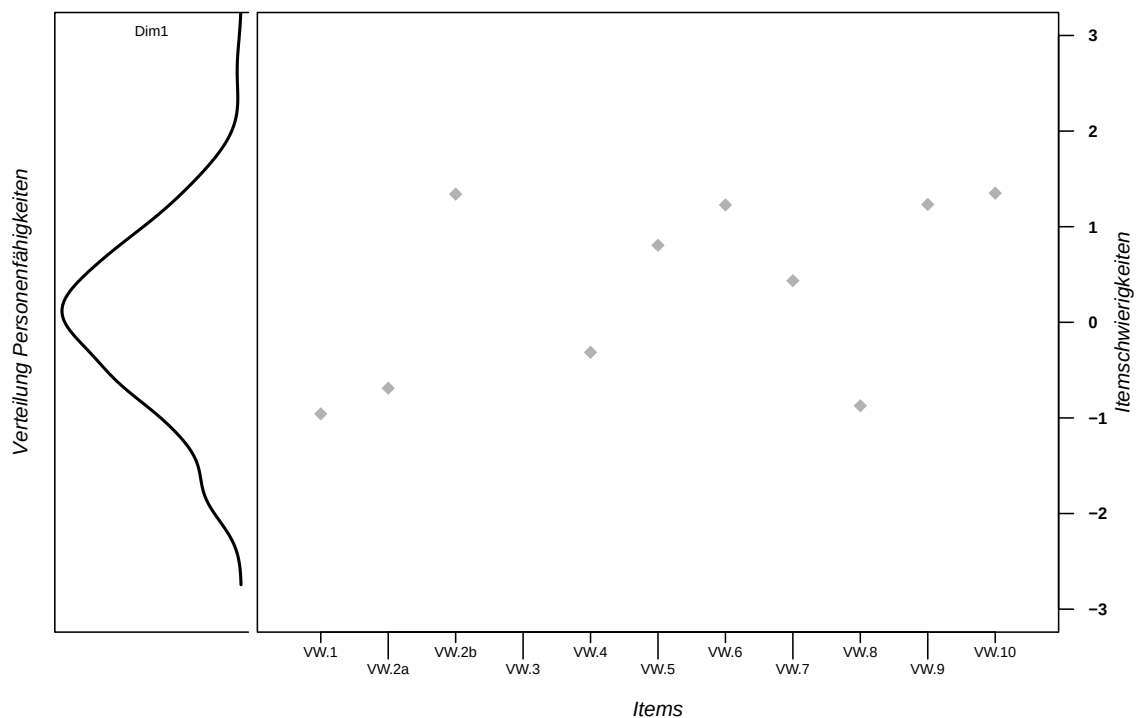


Abbildung 11.1.: Wright-Map: Itemschwierigkeiten des Vorwissenstest und Verteilung der Personenfähigkeiten im Vorwissenstest des Pilots.

gleichbar streuen und dass sich Items im mittleren Bereich der Personenfähigkeiten häufen. Die WLE-Reliabilität nimmt mit $WLE(REL) = .407$ einen Wert an, der bei der geringen Anzahl von Items ($n = 11$) in einem niedrigen akzeptablen Bereich liegt (Bortz & Döring 2006: 199). Wie zu erwarten sind die Itemschwierigkeiten für die Stichprobe hoch, streuen aber noch im Bereich der Personenfähigkeiten und Standardabweichung (siehe Abbildung 11.1). Damit ist die Passung von Itemschwierigkeit und Stichprobe gegeben.

Zusammenfassend bestätigen die Ergebnisse, dass der sprachlich abgeänderte Vorwissenstest Raschkonformität besitzt. Der Test kann aufgrund einer geeigneten Schwierigkeit zur Bestimmung des themenspezifischen Vorwissens im Bereich der Wärmelehre eingesetzt werden.

11.2.3. Ergebnisse des fachlichen Textverstehenstest

Ziel des Pilots ist die Erstellung eines reliablen, raschkonformen und ökonomischen Testinstruments mit geschlossenen, Multiple-choice-single-select-Items. Für die

Auswertung werden alle Antworten der Lernenden dichotomisiert. Bei einer itemorientierten Vorgehensweise wird nacheinander jeweils ein nicht dem jeweiligen Kriterium genügendes Items aus dem Datensatz entfernt und der Test mit den übrigen Items neu skaliert. Zunächst werden Items entfernt, die Kriterium 1 (MNSQ-Infit Werte) und 2 (MNSQ-Outfit Werte) nicht genügen. Im Anhang sind in Tabelle A.1 bis A.6 die Berechnungen der Rasch-Skalierung samt Lösungshäufigkeit, Itemschwierigkeit und Fit-Statistiken der Items für die jeweilige Itemauswahl dargestellt. Die Tabelle A.7 im Anhang zeigt die Itemauswahl mit den Kriterien 1 und 2 genügenden Fit-Werten. Entfernt sind die Items A.1, W.14 und W.7 aufgrund nicht passender Infit-Werte sowie die Items A.10, T.16 und T.18 aufgrund nicht passender Outfit-Werte.

Zur Überprüfung der *spezifischen Objektivität* bzw. *Subgruppeninvarianz* (DIF) wird – wie beim Vorwissentests – die Mantel-Haenszel-Methode mit dem Splitkriterium *Geschlecht* und *Zufall* angewandt. Bei einem Signifikanzniveau von 0.05 weisen die Items T.4 und T.9 ein DIF bezüglich des Splitkriteriums *Geschlecht* und das Item W.1 ein DIF bezüglich des Splitkriteriums *Zufall* auf (vgl. Tabelle A.8). Aus diesem Grund werden die Items T.4, T.9 und W.1 für die weitere Auswertung nicht berücksichtigt.

Die Eindimensionalität der resultierenden Itemauswahl nach Anwendung der Kriterien 1 (MNSQ-Infit Werte) , 2 (MNSQ-Outfit Werte) und 3a (spezifische Objektivität bzw. Subgruppeninvarianz) des fachlichen Textverstehenstest (ohne Items A.1, A.10, T.4, T.9, T.16, T.18, W.1, W.7, W.14) wird mithilfe des DETECT-Verfahren bestimmt, dessen Ergebnisse in Tabelle 11.4 abgebildet sind.

Tabelle 11.4.: DETECT-Verfahren: Test auf Eindimensionalität des fachlichen Textverstehenstest im Pilot.

	unweighted	weighted
DETECT	0.32	0.32
ASSI	0.15	0.15
RATIO	0.21	0.22
MADCOV100	1.51	1.50
MCOV100	-0.32	-0.32

Die DETECT-Werte zeigen, dass die Itemauswahl des fachlichen Textverstehens-test mit Eindimensionalität im DETECT-Index zutage tritt⁶⁴. Zur parallelen Über-

⁶⁴Ein DETECT-Index von > 0.40 gilt als moderate, ein Wert von > 1.00 als starke Mehrdimensionalität. Die Parameter ASSI und RATIO können maximale Werte von 1 annehmen. In

prüfung der Eindimensionalität des fachlichen Textverstehenstests wird das eindimensionale Modell mit einem zweidimensionalen Modell anhand der Modellvergleichsmaß AIC und BIC verglichen. Die Kriterien für das eindimensionale Modell ($AIC_{1dim} = 5010$ $BIC_{1dim} = 5117$) sind kleiner als die Kriterien für das zweidimensionale Modell ($AIC_{2dim} = 5507$ $BIC_{2dim} = 5619$). Die Bestätigung der Eindimensionalität trägt zur Konstruktvalidierung des fachlichen Textverstehenstest bei, da in anderen Studien die Fähigkeit Textverstehen ebenfalls eindimensional hervortritt (z. B. Schmitz 2015; Reiss et al. 2016; Hußmann et al. 2017).

Die in Tabelle 11.5 gezeigten Items des fachlichen Textverstehenstests genügen den 1. Kriterium (MNSQ-Infit Werte), 2. Kriterium (MNSQ-Outfit Werte) und 3. Kriterium (spezifische Objektivität bzw. Subgruppeninvarianz und Eindimensionalität) und stellen somit eine raschkonforme Itemauswahl des fachlichen Textverstehenstest dar (ohne Items A.1, A.10, T.4, T.9, T.16, T.18, W.1, W.7, W.14).

Die raschkonforme Itemauswahl des fachlichen Textverstehenstests (vgl. Tabelle 11.5) erfährt im nächsten Schritt eine Überarbeitung anhand der Kriterien 4 (Punktbiseriale Korrelation) und 5 (Distraktorenanwahl $\geq 5\%$). Abschließend wird mithilfe des Kriteriums 6 (Reduzierung der Itemanzahl) die finale Itemauswahl für die Hauptstudie festgelegt. Das Ziel der Kriterien 4 (Punktbiseriale Korrelation) und 5 (Distraktorenanwahl $\geq 5\%$) ist dabei nicht das schrittweise Aussortieren der nicht den Kriterien genügenden Items, sondern – falls möglich – deren empirisch begründete Überarbeitung durch Hinweisen aus den Daten des Pilots.

In Tabelle 11.6 sind die den Kriterien 4 (Punktbiseriale Korrelation) und 5 (Distraktorenanwahl $\geq 5\%$) genügenden Items in der oberen Spalte (Items ohne Verbesserungsbedarf) aufgeführt. Diese Items stehen somit ohne Überarbeitung für die finale Itemauswahl der Hauptstudie zur Verfügung. In der unteren Spalte (Items mit Verbesserungspotential) der Tabelle 11.6 sind die Items aufgeführt, die den Kriterien 4 (Punktbiseriale Korrelation) und 5 (Distraktorenanwahl $\geq 5\%$) nicht genügen und ggf. eine Überarbeitung erfahren. Im Anhang sind die Statistiken der Anwahl der Antwortoptionen aller Items nach Texten sortiert in den Tabellen A.9 bis A.11 zu finden.

diesem Fall würden sie eine maximale Abweichung von der Eindimensionalitätsannahme anzeigen. ASSI-Werte > 0.25 bzw. RATIO-Werte > 0.36 werden als bedeutsame Abweichung von der Eindimensionalität interpretiert (Zhang & Stout 1999).

Tabelle 11.5.: Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems im Pilot mit In- und Outfit Statistiken (Trennschärfeparameter sind 1), $n = 131$, Items A.1, A.10, T.4, T.9, T.16, T.18, W.1, W.7 und W.14 sind entfernt.

Item	N	Prozent-korr.	Itemschwierigkeit	Outfit	Infit
A.3a	110	0.78	-1.31	1.12	0.97
A.3b	108	0.73	-0.97	0.98	1.03
A.6	129	0.82	-1.93	1.05	1.06
A.7	128	0.49	0.03	1.11	1.05
A.8	127	0.33	0.85	0.80	0.89
A.12	94	0.68	-0.65	1.30	1.19
A.18	127	0.57	-0.39	1.00	0.99
A.11	123	0.55	-0.29	1.03	0.99
A.14	125	0.29	1.20	0.78	0.84
A.21	127	0.74	-1.34	0.76	0.86
A.9	123	0.60	-0.55	0.99	0.98
A.19	123	0.85	-2.20	1.03	1.02
A.15	118	0.56	-0.29	1.15	1.12
A.2	116	0.69	-1.06	0.80	0.90
A.20	117	0.50	-0.06	0.96	1.00
T.1	126	0.73	-1.27	0.83	0.95
T.2	128	0.43	0.36	0.87	0.91
T.21	122	0.36	0.71	1.12	1.12
T.7	130	0.65	-0.84	1.10	1.08
T.3	131	0.61	-0.60	1.12	1.11
T.5	128	0.71	-1.19	0.74	0.82
T.8	128	0.59	-0.52	1.14	1.06
T.10	123	0.72	-1.17	1.14	1.02
T.14	124	0.58	-0.42	1.17	1.10
T.17	129	0.76	-1.48	0.78	0.94
W.2	131	0.69	-1.07	0.76	0.85
W.4	130	0.35	0.75	1.08	1.08
W.8	129	0.34	0.81	1.26	1.12
W.15	130	0.55	-0.31	0.77	0.83
W.3	130	0.56	-0.33	0.90	0.93
W.5	126	0.59	-0.48	1.01	1.03
W.12	123	0.46	0.20	1.03	1.02
W.6	125	0.31	1.02	1.17	1.01
W.9	130	0.44	0.31	1.05	0.96
W.11	130	0.57	-0.37	1.04	1.08
W.13	129	0.24	1.47	1.14	1.08

Tabelle 11.6.: Items: Verbesserungspotential der fachlichen Textverständnisitems aufgrund des Pilots.

Items ohne Verbesserungsbedarf	A.7, A.8, A.9, A.11, A.14, A.18, A.21 T.2, T.5, T.7, T.14 W.3, W.4, W.6, W.8, W.9, W.11, W.12, W.13
Items mit Verbesserungspotential	A.2, A.3a, A.3b, A.6, A.12, A.15, A.19, A.20 T.1, T.3, T.8, T.10, T.17, T.21 W.2, W.5, W.15

Es folgt hier exemplarisch für alle den Kriterien 4 (Punktbiserial Korrelation) und 5 (Distraktorenanwahl ≥ 5 %) genügenden Items die Darstellung des Items W.4 (siehe Tabelle 11.7). Der Tabelle 11.7 ist zu entnehmen, dass alle Antwortoptionen

Tabelle 11.7.: Deskriptive Statistik Item W.4.

Item	<i>N</i>	Opt	AbsFreq	RelFreq	$r_{pb.WLE}$	M.WLE	SD.WLE
W.4	130	1	46	0.35	0.44	0.76	1.34
W.4	130	2	12	0.09	-0.30	-1.25	0.76
W.4	130	3	20	0.15	-0.15	-0.46	0.84
W.4	130	4	36	0.28	-0.04	-0.09	1.19
W.4	130	5	16	0.12	-0.15	-0.53	0.99

Anwahl der Antwortoptionen (Opt), Punkt-biserial Korrelation ($r_{pb.WLE}$) zur Personenfähigkeit (WLE), Mittelwert der Personenfähigkeit der Antwortoptionen (M.WLE) und zugehöriger Standardabweichung (SD.WLE).

mit mehr als 5 % relativer Frequenz (RelFreq) angewählt werden und der Attraktor eine positive Punkt-biserial Korrelation $r_{pb.WLE} \geq 0.3$ aufweist, während die Distraktoren negative Punkt-biserial Korrelationen aufweisen (Erfüllung der Kriterien 4, Punktbiserial Korrelation, und 5 ,Distraktorenanwahl ≥ 5 %). Der Attraktor wird somit durchschnittlich eher von Lernenden mit höheren Fähigkeiten ausgewählt, wie dem Mittelwert der Personenfähigkeit (M.WLE) der Antwortoption 1 zu entnehmen ist. Gleichzeitig wählen Lernende mit geringeren Fähigkeiten häufiger die Distraktoren an (siehe jeweiligen M.WLE der Distraktoren in Tabelle 11.7).

11.3. Überarbeitung der Items mit Verbesserungspotential

Die Überarbeitung der Items erfolgt mit dem Ziel, die Kriterien 4 (Punktbiserial Korrelation) und 5 (Distraktorenanwahl $\geq 5\%$) in der Hauptstudie und anhand der folgenden drei Maßnahmen zu erfüllen:

- **Halboffene Items werden geschlossen:** Da in der Hauptstudie nur geschlossene Items eingesetzt werden, sind halboffene Items mithilfe der formulierten Aussagen der Lernenden im Pilot zu erstellen. Die halboffenen Items weisen zudem mehrere Antwortoptionen auf, die von weniger als 5 % der Lernenden ausgewählt werden (Verletzung von Kriterium 5 Distraktorenanwahl $\geq 5\%$). Dies ist in der höheren Anzahl der Antwortoptionen begründet, da alle Lernenden Antworten frei formulieren. Für das geschlossene Item werden der jeweilige Attraktor und die vier Distraktoren mit den höchsten relativen Frequenzen ausgewählt. Vermutet wird, dass dadurch die Auswahl der vier Distraktoren aufgrund der begrenzten Auswahl auf über 5% steigt.
- **Reihenfolge der Antwortoptionen wird verändert:** Vermutet wird, dass einige Lernende nicht alle Antwortoptionen lesen und grundsätzlich dazu neigen, die oberen Antwortoptionen zu bevorzugen. Die Änderung der Reihenfolge erfolgt, indem weniger häufig angewählte Antwortoptionen weiter oben positioniert werden, sodass sich die Auswahl der Distraktoren gleichmäßiger verteilt. Die Änderung der Reihenfolge wird ebenso für den Fall genutzt, indem ein weiter oben stehender Distraktor von stärkeren Lernenden ausgewählt wird. Dieser Fall kann ein Hinweis dafür sein, dass diese Lernenden den obenstehenden Distraktor als richtige Lösung der Fragestellung bewerten, ohne die restlichen Antwortoptionen gelesen zu haben.
- **Antwortoptionen werden umformuliert oder komplett neu formuliert:** Die Umformulierung oder Neuformulierung der Antwortoptionen erfolgt, u. a. wenn die Antwortoptionen dem Kriterium 5 (Distraktorenanwahl $\geq 5\%$) nicht genügen. Dies kann ein Hinweis darauf sein, dass die Antwortoptionen zu unattraktiv sind und deshalb selten ausgewählt werden. Wenn Distraktoren von fähigeren Lernenden ausgewählt werden, kann dies ein Hinweis darauf sein, dass die Abgrenzung dieses Distraktors zum Attraktor zu gering ausfällt.

- **Ausschluss des Items für die weitere Untersuchung:** In dem Fall, dass die Statistik eines Items keine Hinweise für eine sinnvolle Überarbeitung bietet, wird das Item für die weitere Untersuchung nicht berücksichtigt.

Bis auf Item T.17, das aufgrund von nicht behebbaren Mängeln aussortiert wird, werden alle Items mit Verbesserungspotential (vgl. Tabelle 11.6) überarbeitet und stehen anschließend für die finale Itemauswahl zur Verfügung. Die Überarbeitung der einzelnen Items ist im Anhang zusammengefasst (Tabelle A.12).

Es folgt exemplarisch die Beschreibung der empirisch begründeten Überarbeitung der Items A.2 und A.3a mithilfe der Darstellung der Statistik der Anwahl der Antwortoptionen des jeweiligen Items.

Überarbeitung des Items A.2

Im Text ist die Rede von einer Zahl mit 22 Stellen. Sie weist daraufhin, dass

1. ... sehr viele Teilchen in einem Wassertropfen sind.
2. ... im Teilchenmodell sehr viele Teilchen zu finden sind.
3. ... die Teilchen so groß sind.
4. ... viele Personen auf der Erde sind.
5. ... eine Trilliarde eine kleine Zahl ist.

Der Attraktor (Opt. 1) des Items A.2 weist eine Punkt-biseriale Korrelation von $r_{pb.WLE} \geq 0.3$ auf und erfüllt damit das Kriterium 4 (Punktbiseriale Korrelation, vgl. Tabelle 11.8). Die Distraktoren 4 und 5 weisen mit einer relativen Frequenz (RelFreq) von jeweils ca. 3 % eine zu geringe Anwahl durch die Lernenden auf und genügen damit nicht dem Kriterium 5 (Distraktorenanwahl ≥ 5 %). In Item A.2

Tabelle 11.8.: Deskriptive Statistik Item A.2.

<i>N</i>	Opt	AbsFreq	RelFreq	$r_{pb.WLE}$	M.WLE	SD.WLE
116	1	80	0.69	0.53	0.47	1.26
116	2	20	0.17	-0.23	-0.69	0.79
116	3	8	0.07	-0.32	-1.59	0.69
116	4	4	0.03	-0.24	-1.73	0.82
116	5	4	0.03	-0.17	-1.21	0.80

Anwahl der Antwortoptionen (Opt), Punkt-biseriale Korrelation ($r_{pb.WLE}$) zur Personenfähigkeit (WLE), Mittelwert der Personenfähigkeit der Antwortoptionen (M.WLE) und zugehöriger Standardabweichung (SD.WLE).

wird die Reihenfolge der Antwortoptionen verändert, sodass die weniger attraktiven Antwortoptionen weiter oben stehen, um diese attraktiver zu machen. Gleichzeitig werden die Antwortoptionen 4 und 5 umformuliert. Das Item A.2 besteht aus dem Halbsatz: *Im Text ist die Rede von einer Zahl mit 22 Stellen. Sie weist daraufhin, dass....* Die vierte Antwortoption wird von der Vervollständigung *... viele Personen auf der Erde sind.* zur Vervollständigung *... Menschen aus vielen Teilchen bestehen.* verändert. Dies ist in der Vermutung begründet, dass die neue Antwortoptionen 4 attraktiver ist, da sie näher am Inhalt des Textes ist. Die fünfte Antwortoption wird von der Vervollständigung *... eine Trilliarde eine kleine Zahl ist.* zur Vervollständigung *... Wassertropfen sehr klein sind.* ungeändert. Die ursprüngliche Vervollständigung stellt eine unwahre Aussage dar, die zu wenig Lernende angewählt haben, wohingegen die neue Antwortoption eine wahre Aussage darstellt und vermutlich häufiger angewählt wird.

Überarbeitung des Items A.3

Wie heißen die zwei Übergänge zwischen den folgenden Aggregatzuständen

- (a) Von gasförmig zu flüssig:
- (b) Von flüssig zu gasförmig:

In Tabelle 11.9 sind die gegebenen Antworten der Lernenden für die Teilaufgabe A.3a dargestellt. Durch das halb-offene Antwortformat sind deutlich mehr Antwortoptionen entstanden als bei den geschlossenen Items vorgegeben sind, sodass mehrere Distraktoren mit weniger als 5 % Anwahl durch die Lernenden hervortreten (Verletzung von Kriterium 5). Der Attraktor (kondensieren bei A.3a) weist eine positive Punkt-biseriale Korrelation $r_{pb,WLE} \geq 0.3$ auf und erfüllt somit das Kriterium 4 (Punktbiseriale Korrelation). Da für die Hauptstudie nur geschlossene Items vorgesehen sind, werden die Antwortoptionen aus den Antworten der Lernenden gebildet. Dafür werden der Attraktor und die vier Distraktoren mit den höchsten Frequenzen ausgewählt. Durch die Schließung des halb-offenen Items ist zu vermuten, dass die Itemschwierigkeit sinkt und somit die Anwahl des Attraktors und der Distraktoren steigt. Für das Item A.3b – sowie alle anderen halb-offenen Items – wird simultan verfahren.

Tabelle 11.9.: Deskriptive Statistik Item A.3a.

N	Opt	AbsFreq	RelFreq	$r_{pb.WLE}$	M.WLE	SD.WLE
110	Äpfel	1	0.01	-0.18	-1.96	
110	Eis	2	0.02	-0.11	-0.63	0.31
110	gasförmigbiszuflüssig	1	0.01	-0.15	-1.54	
110	ja	1	0.01	-0.15	-1.57	
110	kondensieren	86	0.78	0.37	0.54	1.12
110	resublimieren	5	0.05	-0.18	-0.65	1.61
110	schmelzen	3	0.03	-0.12	-0.52	0.51
110	sieden	1	0.01	0.06	1.04	
110	sublimieren	9	0.08	-0.12	-0.16	0.66
110	wasserdampf	1	0.01	-0.11	-1.03	

Anzahl der Antwortoptionen (Opt), Punkt-biserial Korrelation ($r_{pb.WLE}$) zur Personenfähigkeit (WLE), Mittelwert der Personenfähigkeit der Antwortoptionen (M.WLE) und zugehöriger Standardabweichung (SD.WLE).

11.4. Finale Itemauswahl für die Hauptstudie

Die Items A.3a, A.3b, A.11, A.12, A.18, A.20, W.5 und W.12 werden für die Hauptstudie aussortiert. In Tabelle A.13 im Anhang sind alle Items und die für deren Auswahl relevante Kriterien (Inhalt, kognitive Prozesse des Lesens und Itemschwierigkeit) aufgeführt (vgl. Kapitel B.3). Die Eigenschaften der finalen Itemauswahl werden im Folgenden erörtert. In diesem Kapitel wird die Passung des Tests zur Stichprobe über eine Wright-Map untersucht und die Korrelation zwischen der Leistung der Lernenden im Vorwissenstest und im fachlichen Textverstehenstest dargestellt. Ziel ist die Überprüfung, ob Itemschwierigkeiten des fachlichen Textverstehenstests zur Stichprobe passen. Außerdem wird dazu überprüft, welche Itemschwierigkeiten die einzelnen Abschnitte des fachlichen Textverstehenstests aufweisen.

Die Itemauswahl für die Hauptstudie weist die in Tabelle 11.10 gezeigte Aufteilung auf die kognitiven Prozesse des Lesens, mittlere Itemschwierigkeit sowie die in Tabelle 11.11 gezeigten Fit-Werte auf. Eine gleichmäßige Aufteilung der Items des Textes *Teilchenmodell und Aggregatzustand* bzgl. der kognitiven Prozesse des Lesens war nicht möglich, da nur ein Item des dritten kognitiven Prozesses des Lesens zur Auswahl bereit stand. Alle kognitiven Prozesse des Lesens werden danach mindestens einmal durch ein Item eines Textes abgedeckt (vgl. Kapitel 9.2.3). Bei den Texten *Thermisches Verhalten* und *Wärmeempfinden* ist die Verteilung der Items auf die kognitiven Prozesse des Lesens gleichmäßig. Die mittlere Itemschwierigkeit der Items basierend auf dem Text *Wärmeempfinden* ist höher als die mittlere Itemschwierigkeit

Tabelle 11.10.: Itemauswahl: Kognitive Prozesse des Lesens und mittlere Itemschwierigkeit der fachlichen Textverständnisitems.

	Kognitiver 1	Prozess des Lesens 2	3	Mittlere Itemschwierigkeit
Teilchenmodell & Aggregatzustand	4	4	1	$\bar{\sigma}_{TA} = -.59$ ($SD = 1.17$)
Thermisches Verhalten	3	3	3	$\bar{\sigma}_{TH} = -.55$ ($SD = .70$)
Wärmeempfinden	3	3	3	$\bar{\sigma}_{WE} = .25$ ($SD = .82$)
Gesamter Test	10	10	7	$\bar{\sigma}_G = -.29$ ($SD = .97$)

der Items basierend auf den beiden anderen Texten (vgl. Tabelle 11.10). Angestrebt wird eine vergleichbare mittlere Itemschwierigkeiten der einzelnen Texte, um direkt Textvergleiche zu ermöglichen.

Zur Beurteilung des Unterschieds der mittleren Itemschwierigkeiten der Texte wird der Mann-Whitney-U-Test verwendet, da die Daten nicht normalverteilt und die Stichproben voneinander unabhängig sind. Einzig die Itemschwierigkeiten der Texte *Thermisches Verhalten* und *Wärmeempfinden* unterscheiden sich signifikant ($W = 14$, $p = 0.019$) voneinander, während die übrigen Kombinationen keinen signifikanten Unterschiede aufweisen⁶⁵. Zur Begründung der erhöhten mittleren Itemschwierigkeit des Textes *Wärmeempfinden* im Vergleich zum Text *Thermisches Verhalten* können zwei Aspekte herangezogen werden: Erstens können Ermüdungseffekte aufgrund der Position des Textes möglich sein und zweitens könnte der Text *Wärmeempfinden* schwieriger zu verstehen sein. Besonders Ermüdungseffekte sind bei der Länge des Tests zu vermuten. Eine Verringerung der mittleren Itemschwierigkeit der Items des Textes *Wärmeempfinden* könnte nur unter Verschlechterung anderer Gütekriterien (Inhaltliche Überschneidung zweier Items, Häufung der Itemschwierigkeit in einem Schwierigkeitsbereich) erzielt werden. Deshalb wird der Unterschied der Itemschwierigkeiten der genannten Texte in Kauf genommen.

Die Passung des fachlichen Textverstehenstest zur Stichprobe ist anhand des Anteils der richtigen Beantwortung des jeweiligen Items, der durchschnittlichen Itemschwierigkeit und der Wright-Map zu untersuchen. Der Anteil der richtigen Beantwortung

⁶⁵Die Unterschiede zwischen den Itemsschwierigkeiten sind weder bei den Texten *Teilchenmodell und Aggregatzustand* und *Thermisches Verhalten* ($W = 40$, $p = 1$) noch bei den Texten *Teilchenmodell und Aggregatzustand* und *Wärmeempfinden* ($W = 24$, $p = 0.16$) signifikant.

Tabelle 11.11.: Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems der finalen Itemauswahl im Pilot mit In- und Outfit Statistiken.

Item	<i>N</i>	Prozent-korr.	Itemschwierigkeit	Outfit	Infit
A.6	129	0.82	-1.94	1.07	1.06
A.7	128	0.49	0.03	1.06	1.04
A.8	127	0.33	0.87	0.83	0.92
A.14	125	0.29	1.21	0.85	0.88
A.21	127	0.74	-1.35	0.79	0.88
A.9	123	0.60	-0.55	0.94	0.96
A.19	123	0.85	-2.22	0.97	1.00
A.15	118	0.56	-0.30	1.13	1.12
A.2	116	0.69	-1.07	0.82	0.92
T.1	126	0.73	-1.27	0.85	0.96
T.2	128	0.43	0.37	0.86	0.92
T.21	122	0.36	0.71	1.12	1.13
T.7	130	0.65	-0.85	1.12	1.06
T.3	131	0.61	-0.60	1.14	1.12
T.5	128	0.71	-1.20	0.70	0.83
T.8	128	0.59	-0.52	1.20	1.07
T.10	123	0.72	-1.18	1.15	1.02
T.14	124	0.58	-0.42	1.15	1.13
W.2	131	0.69	-1.07	0.76	0.85
W.4	130	0.35	0.76	1.14	1.09
W.8	129	0.34	0.82	1.25	1.11
W.15	130	0.55	-0.31	0.86	0.88
W.3	130	0.56	-0.33	0.89	0.93
W.6	125	0.31	1.03	1.13	1.00
W.9	130	0.44	0.31	1.01	0.98
W.11	130	0.57	-0.37	1.07	1.09
W.13	129	0.24	1.48	1.07	1.06

der Items streut zwischen 0.24 und 0.85, sodass keine Boden- oder Deckeneffekte zu vermuten sind. Der durchschnittlichen Itemschwierigkeit $\bar{\sigma}_L = -0.29$ ($SD = 0.97$) des fachlichen Textverstehenstests, der durchschnittlichen Personenfähigkeit $\overline{WLE} = 0.01$ ($SD = 1.33$) und der Wrightmap (Abbildung 11.2) ist zu entnehmen, dass Personenfähigkeiten und Itemschwierigkeiten vergleichbar streuen und dass es eine Häufung an Items im mittleren Bereich der Personenfähigkeiten gibt. Insbesondere bei Betrachtung der Wrightmap (Abbildung 11.2) fällt auf, dass es an besonders leichten und schweren Items mangelt. Da die Items des Pilots auf Texten des mittleren sprachlichen Anforderungsniveaus basieren, ist dies sinnvoll. Zu erwarten ist, dass durch die Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus in der Hauptstudie die Itemschwierigkeiten stärker streuen. Insgesamt ist der Test für die im Pilot untersuchte Stichprobe eher zu leicht. Da die Stichprobe im Pilot einen höheren Anteil an Gymnasialklassen und einen höheren Anteil an Klassen mit KESS-Faktoren 5 und 6 aufweist als für die Hauptstudie angestrebt, scheint ein eher leichter Test sinnvoll. In der Hauptstudie wird eine gleichmäßige Aufteilung der Stichprobe auf Schulformen und KESS-Faktoren angestrebt, sodass eine schwächere Leistung der Lernenden zu erwarten ist. Die WLE-Reliabilität hat mit $WLE(REL) = 0.85$ einen zufriedenstellenden Wert. Die Passung zwischen Itemschwierigkeit und Stichprobe ist somit gegeben.

Die Korrelation zwischen der Personenfähigkeit im Vorwissenstest und im fachlichen Textverstehenstest wird mittels der Spearman Rangkorrelation ρ bestimmt, da keine Normalverteilung angenommen werden kann. Die Korrelation der Personenfähigkeit im Vorwissenstest und im fachlichen Textverstehenstest beträgt $\rho = 0.41$ mit einem Signifikanzniveau von $p = 1.2e - 06$ (vgl. Abbildung 11.3), sodass von einer moderaten Korrelation ausgegangen werden kann. Das themenspezifische Vorwissen hat – wie erwartet – einen Einfluss auf die Leistung im fachlichen Textverstehenstest. Dies wird als Bestätigung der Konstruktvalidität angesehen, da das themenspezifische Vorwissen das Textverständnis laut der im Kapitel 3.4 beschriebenen Theorien zum Textverstehen positiv beeinflusst (z. B. Collins et al. 1980: 393; Johnson-Laird 1983: 370; Schnotz & Dutke 2004: 74). Im Vergleich zum DIME-Modell (vgl. Kapitel 3.2.2) zeigt sich eine vergleichbare Korrelation von Vorwissen und Textverständnis (Cromley et al. 2010), sodass dies als Validitätskriterium gilt.

Zusammenfassend steht nach der Auswahl und Überarbeitung einzelner Items des fachlichen Textverstehenstest damit ein reliabler und valider Test zur Erhebung des fachlichen Textverstehens – bestehend aus drei Texten und 27 Items – bereit.

Der fachliche Textverstehenstest erfüllt alle aufgestellten Kriterien aus Kapitel 9.1 und 11.2.1. Die sprachliche Überarbeitung der Items des Vorwissenstest hat dessen Rasch-Konformität nicht beeinflusst, sodass auch der gekürzte und leicht veränderte Vorwissenstest in der Haupterhebung eingesetzt werden kann.

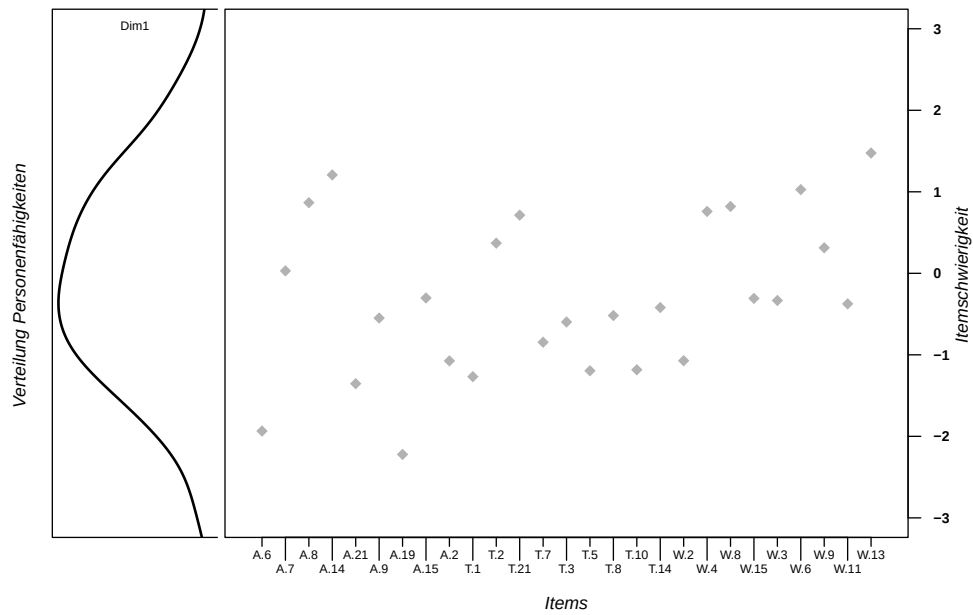


Abbildung 11.2.: Wright-Map: Itemschwierigkeiten des fachlichen Textverstehens-test und Verteilung der Personenfähigkeiten im fachlichen Text-verstehenstest im Pilot.

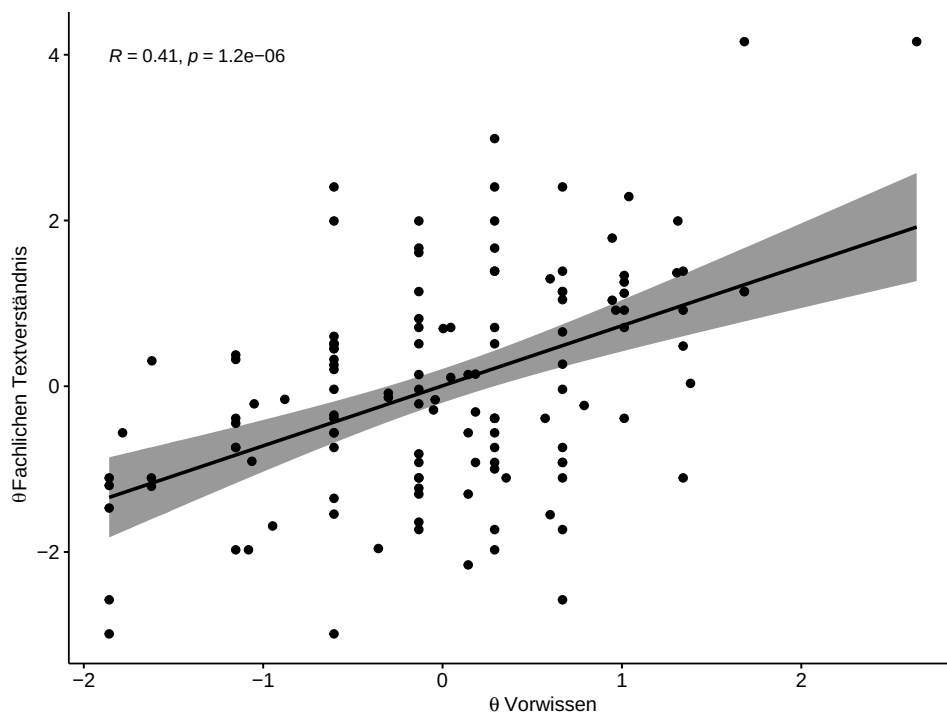


Abbildung 11.3.: Pearson Korrelation: Fachliches Textverständnis und Vorwissen.

Teil III.

Einfluss des sprachlichen Anforderungsniveaus auf das fachliche Textverständnis

12. Validierung des sprachlichen Anforderungsniveaus

In diesem Kapitel wird das Verfahren zur Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus der Sachtexte dieser Studie sowie dessen Validierung über modellinterne und -externe Gütemaße beschrieben.

12.1. Umsetzung der Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus

Das von Heine et al. (2018) bereitgestellte und in Kapitel 3.3.5 präsentierte Sprachmodell stellt eine für nicht-Linguist:innen anwendbare Operationalisierung einer systematischen sprachlichen Variation des Anforderungsniveaus von Texten dar. Die Anwendung des Sprachmodells auf die in Kapitel 5 vorgestellten Texte (Anhang B.1) wird iterativ – wie in Kapitel 5 beschrieben – von Expert:innen der Linguistik mit sprachlichem und von Expert:innen der Fachdidaktik Physik mit inhaltlichem Fokus begleitet. Zur Spezifizierung des Sprachmodells werden Richtlinien erstellt und in einem Leitfaden festgehalten. Der Leitfaden ermöglicht die exakte und konsistente Umsetzung der vorgegebenen Operationalisierung (vgl. Tabelle 3.4) über Sprachniveaus sowie Inhalte hinweg und ist im Anhang unter Kapitel B.1 zu finden.

Bei der Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus werden die Texte schrittweise – Proposition für Proposition – an die Vorgaben des jeweiligen sprachlichen Anforderungsniveaus angepasst. Dabei bleibt eine im voraus bestimmte und im Leitfaden notierte Auswahl an Fachbegriffen und fachsprachlichen Kollokationen über die sprachlichen Anforderungsniveaus hinweg konstant (vgl. Formulierungsleitfaden, Anhang B.1). Für alle anderen Wörter werden – soweit inhaltlich vertretbar – der Frequenzgruppe des jeweiligen Sprachniveaus entsprechende Synonyme mithilfe des

Wortschatzes der Universität Leipzig (<https://wortschatz.uni-leipzig.de/de>) ausgewählt. Da die Korpusdaten dieses Wortschatzes auf Zeitungsartikel basieren, sind die Häufigkeitsklassen durch Merkmale schriftlicher Bildungssprache geprägt. Obwohl die Texte in dieser Studie ebenso der schriftlichen Bildungssprache entsprechen sollen, sind bestimmte Lexeme im Korpus genrespezifisch über- bzw. unterrepräsentiert. In einzelnen Fällen ist deshalb durch kompetente Sprecher:innen – Gruppe der Expert:innen der Linguistik – zu entscheiden, ob die zugeordnete Häufigkeitsklasse dem tatsächlichen Erfahrungsbereich Lernender der Mittelstufe entspricht.

Ergänzend werden weitere sprachliche Aspekte wie z. B. die Ansprache der Lesenden über die Sprachniveaus hinweg variiert bzw. kontrolliert. Auf dem niedrigsten Niveau A werden die Lesenden direkt mit „du“ angesprochen, um Eindeutigkeit zu erzeugen. Auf dem mittleren Niveau B werden Lesende indirekt durch das unbestimmte Pronomen „man“ angesprochen. Auf dem höchsten sprachlichen Anforderungsniveau C findet keine Ansprache der Lesenden statt. Stattdessen werden vermehrt Passivkonstruktionen eingesetzt, wodurch die Handlungstragenden des Satzes verdeckt bleiben und diese inferiert werden müssen. Weiter wird die Thema-Rhema-Struktur in Niveau A strikt eingehalten. In Niveau B wird diese an wenigen Stellen durch Nebensatzkonstruktionen über benachbarte Sätze verschoben. In Niveau C werden zusammenhängende Inhalte z. B. durch lange Verbklammern sowie komplexe Nebensatzkonstruktionen verschoben. Die Struktur der Texte bleibt jedoch hinsichtlich der Textverständlichkeitsdimensionen über alle sprachlichen Anforderungsniveaus konstant.

In wenigen Punkten wird von der vorgegebenen Operationalisierung des Modells abgewichen, um den Inhalt authentisch und präzise vermitteln zu können. So werden Dativ- und Genitiv-Fälle auch in den beiden unteren Niveaus genutzt, wenn diese nicht zu vermeiden sind. Auf dem untersten Niveau A werden zudem für naturwissenschaftliche Texte typische „wenn..., dann...“ Konstruktionen eingesetzt. Zudem sind Anthropomorphismen explizit zur Reduzierung des sprachlichen Anforderungsniveaus erlaubt (z. B. „Das Teilchenmodell sagt:“). Zur Umgehung des Konjunktivs werden für das niedrigste Niveau A Redewendungen festgelegt. Der Konjunktiv wird mittels „Stell dir vor:“ umgangen. Verallgemeinerungen werden mittels „Du kannst dir merken:“ verdeutlicht. Um Gegensätze eindeutig darzulegen, wird zusätzlich die Konjunktion „aber“ eingesetzt und Veranlassungs- sowie Fortsetzungsverhältnisse werden mit der Konjunktion „dann“ fortgeführt. Das Ziel dieser Ergänzungen ist, Zusammenhänge und Verhältnisse auch im untersten Niveau A zu explizieren.

Die iterative sprachliche und inhaltliche Überarbeitung und Validierung wird von den Expert:innen der Didaktik der Physik begonnen. Die sprachliche Überarbeitung erfolgt nach einem vergleichbarem Verfahren wie die Überarbeitung der initialen Sachtexte. Bei der inhaltlichen Überarbeitung werden jeweils die drei Sprachvarianten eines Textes nebeneinander gelegt und Inhalte Proposition für Proposition abgeglichen. So werden u. a. Synonyme auf inhaltliche Übereinstimmung überprüft. Insgesamt gilt es sicherzustellen, dass in jeder Sprachvariante identische Inhalte präsentiert werden. Jede rezipierte Aussage führt zu einer kognitiven Belastung, beeinflusst potentiell das Textverständnis und muss deshalb konstant gehalten werden. Aus diesem Grund werden hierbei nicht nur die für den Textverstehenstest relevanten physikalischen Inhalte, sondern auch nicht-physikalische Inhalte berücksichtigt. Zusätzlich müssen alle Sachtexte eine vergleichbare Textverständlichkeit, abseits des sprachlichen Anforderungsniveau, aufweisen. Hierzu werden die Richtlinien zur Umsetzung der Textverständlichkeitsdimensionen angewendet (vgl. Kapitel 5.2). Durch dieses Verfahren werden vor allem zu vermeidende sprachliche Merkmale – wie z. B. Passiv-Konstruktionen – in den unteren sprachlichen Anforderungsniveaus identifiziert und durch alternative Formulierungen ersetzt. Die Überarbeitungsschritte einer Expert:innengruppe werden von der jeweils anderen Gruppe begutachtet und ggf. überarbeitet, sodass alle sprachlichen und inhaltlichen Kriterien Berücksichtigung finden.

Anhand eines Textauszuges des Textes *Teilchenmodell und Aggregatzustände* (Tabelle 12.1) wird exemplarisch die Anwendung des Modells beschrieben. Die Sprache wird dabei als Ganzes auf einem möglichst breiten Spektrum in drei Stufen variiert. In den Textversionen der Tabelle 12.1 werden die Fachbegriffe *Naturwissenschaften* und *Teilchenmodell* sowie die fachsprachlichen Kollokationen *Aufbau und Eigenschaften von Stoffen* und *Teilchen bestehen aus* konstant gehalten. Die Variation von Fachbegriffen überdeckte ansonsten andere sprachliche Effekte. Außerdem werden Inhalt und Textverständlichkeitdimensionen – wie z. B. die Struktur – konstant gehalten. Variiert wird dagegen auf Ebene der *Frequenz*. Das Verb im ersten Satz wird je nach Niveau durch weniger geläufige Verben ersetzt. Auf dem niedrigsten Niveau A ist im ersten Satzes das hoch frequentierte Verb *gibt* zu finden. Auf dem mittleren Niveau B wird hieraus *dient*. Und auf dem höchsten Niveau C wird die weniger geläufige Passivkonstruktion *herangezogen wird* verwendet. Aus dem Adjektiv *klein* wird auf dem Niveau C *geringste Größe*. Auf Niveau A ist kein Genitiv vorhanden, während auf Niveau B einer (*deren*) und auf Niveau C zwei (*des Aufbaus*

Tabelle 12.1.: Sprachliche Komplexitätsniveaus am Beispiel des Textes *Teilchenmodell und Aggregatzustände*

Niveau A (niedrig)	Niveau B (mittel)	Niveau C (hoch)
In den Naturwissenschaften gibt es seit über 200 Jahren das Teilchenmodell. Es erklärt den Aufbau und die Eigenschaften von Stoffen. Was sagt das Teilchenmodell? Stell dir vor, dass alle Stoffe aus Teilchen bestehen. Die Teilchen sind sehr klein.	In den Naturwissenschaften dient das Teilchenmodell seit über 200 Jahre zur Erklärung vom Aufbau von Stoffen und deren Eigenschaften. Nach diesem Modell stellt man sich vor, dass alle Stoffe aus sehr kleinen Teilchen bestünden.	Die Antwort ist zu finden, indem das in den Naturwissenschaften seit über 200 Jahren bewährte Teilchenmodell herangezogen wird. Zur Erklärung des Aufbaus der Stoffe sowie deren Eigenschaften postuliert dieses, dass alle Stoffe aus Teilchen geringster Größe bestünden.

der Stoffe, deren) vorhanden sind. Der Konjunktiv wird auf Niveau A vermieden, während dieser auf Niveau B und C (*bestünden*) eingesetzt wird.

Die *Transparenz* wird variiert, indem auf den höheren sprachlichen Anforderungsniveaus B und C vermehrt mehrdeutige Ausdrücke verwendet werden. So hat das Verb *dient* auf Niveau B nicht seine wortwörtliche Bedeutung, sondern beschreibt den Nutzen des Teilchenmodells. Analog stellt die Phrase *Die Antwort ist zu finden, indem ... herangezogen wird* auf Niveau C eine intransparente Aussage dar, da die inhaltliche Aussage vom Stammverb *ziehen* abweicht.

Die *strukturelle Komplexität* wird variiert, indem z. B. Subjekte direkt oder indirekt wieder aufgenommen werden. Auf dem niedrigsten Niveau A wird der Ausdruck *Teilchenmodell* entweder wortwörtlich oder in direkter Nähe durch das Pronomen *es* wieder aufgenommen. Auf Niveau B wird dagegen mit größerer Entfernung indirekt durch *diesem Modell* auf das *Teilchenmodell* verwiesen. Auf dem höchsten Niveau C wird auf das *Teilchenmodell* nur mithilfe von *dieses* verwiesen, wodurch Inferenzen zu bilden sind. Die Satzstruktur verkompliziert sich weiter, indem aus fünf Hauptsätzen und einem Nebensatz (Niveau A) auf Niveau B zwei Hauptsätze sowie einem Nebensatz und auf C zwei Hauptsätze sowie zwei Nebensätze werden.

Im Textbeispiel ist nur ein Teil der von Heine et al. (2018: 82-83) benannten Operationalisierung und der Prinzipien des Sprachmodells sichtbar. Neben den beschriebenen schwierigkeitsgenerierenden sprachlichen Merkmalen werden in den Texten weitere variiert. Zur Bestätigung der modellkonformen Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus erfolgt im folgenden Kapitel eine modellinterne und modell-

externe Validierung der sprachlichen Anforderung. Die modellinterne Validierung erfolgt durch Quantifizierung der sprachlichen Merkmale der einzelnen Sachtexte dieser Studie. Die finalen Texte für die Haupterhebung sind im Anhang unter B.3 zu finden.

12.2. Quantifizierung der Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus

Neben der Überarbeitung der Sachtexte durch Sprachwissenschaftler:innen dient die Quantifizierung relevanter schwierigkeiterzeugender sprachlicher Merkmale in den finalen Textversionen der Validierung der modellkonformen Variation der sprachlichen Anforderungsniveaus. Eine modellkonforme Variation liegt vor, wenn die Anzahl bestimmter sprachlicher Mittel vom niedrigsten Anforderungsniveau A bis zum höchsten Anforderungsniveau C steigt (z. B. Frequenz und Passiv). Andere Aspekte wie die Anzahl der Fachbegriffe bleiben konstant. Die Ansprache der Lesenden wird sogar reduziert. Das Verfahren der modellinternen Validierung und dessen Ergebnisse sind unter Kapitel 12.2.1 zu finden.

Ergänzt wird die Quantifizierung durch ein von Kulgemeyer & Starauschek (2014) vorgestelltes Analyseschema zur Einschätzung der Textverständlichkeit und Kohäsion naturwissenschaftsbezogener Sachtexte anhand von Textoberflächenmerkmalen. Die Kriterien basieren auf den Erkenntnissen und Theorien der Textverständlichkeitsforschung (vgl. Kapitel 3.4). Grundlegende Annahme ist, dass das Arbeitsgedächtnis eine begrenzte Kapazität aufweist und bestimmte sprachliche Merkmale wie lange Sätze, Textkohärenz oder mehrsilbige Wörter eine höhere kognitive Belastung erzeugen (Kulgemeyer & Starauschek 2014: 243-244). Texte gelten demnach als potentiell verständlicher, wenn Sätze bzw. Wörter kurz und weniger Inferenzen durch Hinzuziehen von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis zu bilden sind (Kulgemeyer & Starauschek 2014: 243). Das Verfahren zeichnet sich durch die Möglichkeit der Bewertung auf Basis von Orientierungswerten aus.

Die über ein solches Schema ermittelte Textverständlichkeit liefert lediglich eine a-priori Einschätzung der sprachlichen Anforderung eines Textes. Die Bewertung der Textverständlichkeit über das vorgestellte modellexterne Schema von Kulgemeyer & Starauschek (2014) dient daher dazu, eine Vergleichbarkeit zu anderen Sachtexten

herzustellen. Analog dient die modellexterne Bewertung der Validierung der sprachlichen Anforderungsniveaus, die durch Anwendung des Sprachmodells nach Heine et al. (2018) erzeugt werden sollen. Die Beschreibung der einzelnen Merkmale des modellexternen Schemas und die Ergebnisse der Analyse erfolgt in Kapitel 12.2.2.

12.2.1. Modellinterne Validierung der sprachlichen Anforderung – Bestimmung der sprachlichen Oberflächenmerkmale

Die modellinterne Validierung beinhaltet die Quantifizierung relevanter Schwierigkeitserzeugender sprachlicher Oberflächenmerkmale, die durch das Sprachmodell auf den unterschiedlichen sprachlichen Anforderungsniveaus eingesetzt werden. Zum einen wird die Frequenz aller Wörter über den Wortschatz-Katalog der Universität Leipzig bestimmt. Zum anderen werden in Rücksprache mit der Gruppe der Expert:innen der Linguistik die Vorkommenshäufigkeiten folgender sprachlicher Oberflächenmerkmale mittels der Software MAXQDA bestimmt:

1. Flexion
 - 1.1 Imperativ
 - 1.2 Konjunktiv
 - 1.3 Passiv
2. Satzgefüge
 - 2.1 Hauptsätze
 - 2.2 Nebensätze
 - 2.3 Einschübe
3. Fragen
 - 3.1 Direkte Fragen
 - 3.2 Indirekte Fragen
4. Anreden
 - 4.1 Direkte Anrede
 - 4.2 Indirekte Anrede
5. Kasus
 - 5.1 Nominativ
 - 5.2 Genitiv
 - 5.3 Dativ
 - 5.4 Akkusativ
6. Verben
 - 6.1 Partikel (getrennt, Verbklammer)
 - 6.2 Partikel (nicht getrennt)

6.3 Präfix-Verben (nicht trennbar)

6.4 Nominalisierungen

Hierfür werden die in dieser Studie eingesetzten Sachtexte mithilfe des im Anhang unter Kapitel B.2 zu findenden Kodiermanuals kodiert. Überschriften sowie Zwischenüberschriften werden nicht berücksichtigt, da diese in allen sprachlichen Anforderungsniveaus identisch sind. Zur Steigerung der Güte des Kodierverfahrens werden die Kodierungen des Hauptkodierenden mit den Kodierungen zweier weiterer Kodierender abgeglichen, bis eine hohe Interkoderreliabilität erzielt wird. Hierzu kodieren die drei Kodierenden jeweils alle drei Sprachvarianten des Textes *Teilchenmodell und Aggregatzustände*. Die finale Interkoderreliabilität beträgt Cohens- $\kappa_{Inter} = 0.95$. Die Abweichung von einer perfekten Interkoderreliabilität lässt sich durch Flüchtigkeitsfehler begründen, die jedoch in einer Nachbesprechung zwischen den Kodierenden zur vollständigen Übereinstimmung führen. Die übrigen Texte werden von dem Hauptkodierenden kodiert. Abschließend werden alle Kodierungen vom Autor und dem Hauptkodierenden in einer Diskussion auf Unstimmigkeiten und Ungenauigkeiten hin überarbeitet.

In Tabelle 12.2 sind gemittelte Werte für die jeweiligen Sprachniveaus zur Validierung der Umsetzung des Sprachmodells angegeben. Die absoluten Häufigkeiten der sprachlichen Oberflächenmerkmale sind in Tabelle B.1 (Anhang) zu finden. Da in der Hauptstudie die Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus anhand der mittleren Itemschwierigkeiten der einem sprachlichen Anforderungsniveau zugehörigen Items bestimmt wird, sind nur die gemittelten Häufigkeiten der sprachlichen Oberflächenmerkmale des jeweiligen sprachlichen Anforderungsniveaus für die Validierung relevant. Zur besseren Vergleichbarkeit sind einige Werte als relative Häufigkeiten im Verhältnis zur Wortanzahl der Texte (pro Wort), im Verhältnis zur Satzanzahl (pro Satz) oder als absolute Häufigkeiten angegeben. Ergänzend sind in der rechten Spalte der Tabelle 12.2 die durch Umsetzung der Ziele des Sprachmodells erzielten Wirkungen als Interpretation der Daten in Rückbezug auf die Vorstellung des Sprachmodells in Kapitel 3.3.5 zu finden. In beiden tabellarischen Auswertungen werden Partikel- (getrennt oder nicht getrennt) sowie Präfix-Verben unter komplexen Präfixverben zusammengefasst, da sie in ihrer Wirkung vergleichbar sind.

Die mittleren Häufigkeiten in der Tabelle 12.2 entsprechen den Zielen des Sprachmodells. Einzig auf dem höchsten sprachlichen Anforderungsniveau C werden weniger Modalverben pro Satz verwandt als zu erwarten ist. Diesen Umstand kompensierend steigt die Anzahl an Konjunktivkonstruktionen zur Verdeutlichung der Modalität.

Tabelle 12.2.: Linguistische Oberflächenmerkmale: Mittlere Häufigkeiten, sprachliche Anforderungsniveaus und Ziele des Modells.

	Linguistisches Merkmal	Ziel des Modells	Sprachliches Anforderungsniveau		Interpretation
			A	B	C
pro Wort	Frequenz	Mittlere Frequenzklasse (FK)	5.38	5.57	6.59
		Wörter hoher FK (1-9)	.82	.76	.68
		Wörter mittlerer FK (10-13)	.16	.18	.19
		Wörter niedriger FK (13-25)	.03	.04	.10
pro Satz	Wörter	Anzahl der Wörter	8.75	14.43	21.60
		Wörter mit 3+-Silben	1.32	3.11	6.09
		Nominalisierungen	.03	.17	.38
		Modalverben	.08	.25	.17
		Komplexe Präfixverben	.21	1.00	1.38
	Struktur	Hauptsätze	1.03	1.05	1.06
		Nebensätze	.17	.59	.91
		Satzeinschübe	.001	.03	.19
	Kasus	Nominativ	1.44	1.62	2.14
		Genitiv	.03	.14	.94
		Dativ	.72	1.48	2.11
		Akkusativ	.59	1.06	1.29
Absolute Mittelwerte	Adressat	Direkte Ansprache	16.67	0	0
		Indirekte Ansprache	0	15	0
	Flexion	Imperativ	3.67	0	0
		Konjunktiv	0	2	4
	Passiv	Konjunktiv	0	2	4
		Passiv	0	1.00	15.67

Aus diesem Grund kann die Umsetzung der Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus als valide angesehen werden.

Die mittlere Frequenzklasse steigt vom niedrigsten sprachlichen Anforderungsniveau A über B zum höchsten sprachlichen Anforderungsniveau C. Bei der Berechnung der mittleren Frequenzklassen sowie des Anteils von Wörtern einzelner Frequenzgruppen finden die im Voraus festgelegten Fachbegriffe keine Berücksichtigung. Diese für das Verstehen zentralen Fachbegriffe entsprechen größtenteils höheren Frequenzklassen. Im niedrigsten sprachlichen Anforderungsniveau A führte die häufige wortwörtliche Wiederaufnahme dieser Fachbegriffe ansonsten zu einer Verschiebung der mittleren Frequenzklasse. Die Berechnung der Anteile von Wörtern in drei die sprachlichen Anforderungsniveaus repräsentierenden Frequenzklassen dient der Validierung der sprachlichen Anforderungsniveaus. Der Anteil der Wörter aus den Frequenzklassen 1-9 sinkt erwartungskonform von A über B zu C, während die Anteile der Wörter aus den Frequenzklassen 10-13 sowie insbesondere aus den Frequenzklassen >13 ansteigt. Alle weiteren mittleren Häufigkeiten bestätigen die valide Implementation des Sprachmodells und damit die Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus.

Alle linguistischen Merkmale, die über die sprachlichen Anforderungsniveaus variiert werden, finden sich in den Beschreibungen der bildungsbezogenen Sprache wieder. Die Merkmale des abstrakten Wortschatzes werden über die Dimension *Frequenz* des Sprachmodells variiert. Die steigende mittleren Frequenz der Wörter (Tabelle 12.2) zeigt, dass mit den in dieser Studie eingesetzten Texten auch die Geläufigkeit des Wortschatzes variiert wird. Die durch das Sprachmodell systematisch variierten Konnektoren zur Explizierung von Zusammenhängen werden auch in Tabelle 3.3 unter *explizite Konnektoren* als bildungssprachliche Merkmale benannt. Die Verwendung von Verben wird ebenso vom Sprachmodell – vergleichbar zur Bildungssprache – durch Variation der Anzahl an Nominalisierungen, Präfix- und Partikelverben verdeutlicht. Die Modalität wird durch die gesteigerte Anzahl an Modalverben bzw. Konjunktivkonstruktionen verdeutlicht, so wie es für Bildungssprache üblich ist (vgl. Tabelle 3.3). Die hier präsentierten Vorkommenshäufigkeiten der Nebensätze, Satzeinschübe und Nominalisierungen belegen, dass bildungssprachliche Merkmale in den Sachtexten dieser Studie variiert werden. Bezüglich der textlichen Ebenen der Bildungssprache (Tabelle 3.3) werden nur Passivkonstruktionen über die sprachlichen Anforderungsniveaus hinweg systematisch variiert, da es hierfür Hinweise auf deren schwierigkeitsbezeugende Wirkungen gibt (z. B. Berndt et al. 2004: 236; Cornelis 1996: 262; Bransford & Johnson 2014: 11). Die Abstraktheit, die Struktur und

die Anzahl der Verallgemeinerungen werden über alle sprachlichen Anforderungsniveaus hinweg konstant gehalten. Die Verallgemeinerungen werden unterschiedlich in den sprachlichen Anforderungsniveaus umgesetzt (z. B. „Du kannst dir merken“ auf dem niedrigsten Niveau A, vgl. Tabelle im Anhang B.1).

In den Texten dieser Studie wird nicht nur das Sprachmodell valide angewandt, sondern es werden schwierigkeitsgenerierende sprachliche Mittel der Bildungssprache systematisch über die verschiedenen sprachlichen Anforderungsniveaus gesteigert. Einzig die für die Bildungssprache typische Abstraktheit und (De)Kontextualisierung wird nicht verifiziert, da Inhalte und die Phänomene über die sprachlichen Anforderungsniveaus konstant gehalten werden.

12.2.2. Modellexterne Validierung der sprachlichen Anforderung

Die modellexterne Validierung umfasst das Auszählen linguistischer Oberflächenmerkmale und die Bestimmung der Textverständlichkeit über ein Modell von Kulgemeyer & Starauschek (2014). Die modellexterne Validierung zeigt, dass das angewandte Sprachmodell nach externen Maßstäben verschiedene sprachliche Anforderungsniveaus generiert. Hierzu wird ein Set an linguistischen Oberflächenmerkmalen⁶⁶ bereitgestellt, mithilfe dessen ein Sachtext sprachstatistisch zu charakterisieren ist (Kulgemeyer & Starauschek 2014: 245). Die Bestandteile des Sets sind in Tabelle 12.3 dargestellt.

Die mittlere Satzlänge s und der Anteil der mehrsilbigen Wörter pro Satz ms sind eine grobe Approximation der Komplexität. Je höher die Maßzahlen desto höher ist die sprachliche Anforderung. Die 4. Wiener Sachtextformel nutzt die mittleren Satzlänge s und den Anteil an mehrsilbigen Wörtern pro Satz ms zur Approximation der zu einem Text passenden Klassenstufe über folgende Gleichung:

$$K = 0,2656 \cdot \frac{W}{S} + 0,2744 \cdot \frac{MS}{W} \cdot 100 - 1,694 \quad (12.1)$$

Die Formel ist nicht geeignet, um Verstehen vorherzusagen. Der berechnete Wert approximiert jedoch, ob Lernende einer Klassenstufe den vorliegenden Text verste-

⁶⁶Set: $(s, ms, K, lsk, gsk, fw, fw_1)$ mit s : mittlere Satzlänge, ms : mittlere Zahl der drei- und mehrsilbigen Wörter, K : Verständlichkeitsindikator, lsk : Grad der lokalen substantivischen Textkohäsion, gsk : Grad der globalen substantivischen Textkohäsion, fw : Anteil der Fachwörter, fw_1 : Anteil der einmal verwendeten Fachwörter

Tabelle 12.3.: Modellexterne Analyse der sprachlichen Anforderungsniveaus: Maßzahlen und Orientierungswerte adaptiert nach Kulgemeyer & Staraschek (2014).

Textoberflächenmerkmal	Symbol & Maßzahl	Orientierungswerte	Hinweise
Mittlere Satzlänge	$s = \frac{W}{S}$	$s < 12$	Grobe Indikatoren für
Mehrsiblige Wörter	$ms = \frac{MS}{S}$	-	Lexik und Syntax
4. Wiener Sachtextformel	K siehe 12.1.	$5 < K < 13$	Wert gibt für Text geeignete Klasse an
Grad der lokal substantivischen Kohäsion 1 (Sätze)	$lsk_1 = \frac{LSK_1}{S}$	$.41 < lsk < .6$	Anteil der durch gleiche Substantive verbundenen Sätze
Grad der lokal substantivischen Kohäsion 2 (Satzteile)	$lsk_2 = \frac{LSK_2}{S_2}$	-	Anteil der durch gleiche Substantive verbundenen Satzteile
Grad der global substantivischen Kohäsion	$gsk = \frac{SUB_2}{SUB}$	$.70 < gsk < .89$	Anteil der Substantive die zwei oder mehrfach im Text vorkommen
Anteil der Fachwörter	$fw = \frac{FW}{W}$	$fw < .07$	Anteil der Fachwörter
Anteil der einmal verwendeten Fachwörter	$fw_1 = \frac{FW_1}{W}$	$fw_1 < .03$	Anteil der einmal im Text verwendeten Fachwörter

hen. Dementsprechend sollten die Werte dieser drei Maßzahlen in den sprachlichen Anforderungsniveaus von A über B zu C ansteigen.

Der Grad der lokal substantivischen Kohäsion lsk_1 beschreibt den Anteil der durch mindestens ein identisches Substantiv verbundenen Sätze im Verhältnis zur Gesamtanzahl. Als identisch zählen Substantive im Singular, Plural und mit Genitiv-Endungen (z. B. Aggregatzustand, Aggregatzustände) während Komposita bzw. verwandte Substantive (z. B. Teilchen, Teilchenmodell) nicht dazu zählen. Werden identische Substantive direkt in einem nachfolgenden Satz wieder aufgenommen, steigt diese Maßzahl. Dieses Verfahren stellt eine Approximation der Kohäsion dar, das vergleichbar mit der Anzahl an referenziellen Korreferenzen die Güte der Verknüpfungen und Hierarchisierungen von Propositionen der additiv-elementarischen Ansätze bestimmt (vgl. Kapitel 3.4.1). Grundsätzlich wird durch ein höheres Maß an Kohärenz die strukturelle Komplexität im Sinne des Sprachmodells verringert, wodurch das Verstehen des Textes schlussendlich potentiell vereinfacht wird. Allerdings hat sich in der Analyse der Texte dieser Studie gezeigt, dass der Grad der lokal substantivischen Kohäsion lsk_1 bei steigender Komplexität des Satzbaus unzureichend ist:

Timo trinkt mit Markus in der Mensa viel Kaffee, obwohl er ihn nicht mag.

Markus geht ohne sich zu verabschieden, während Timo seinen Kaffee austrinkt.

In beiden Sätzen kommen die Subjekte Markus, Timo und Kaffee vor. Die Sätze sind durch drei Substantive verbunden. Allerdings sind in beiden Sätzen die Bezüge nicht eindeutig bestimmt. Im ersten Satz ist unklar, wer wen oder was nicht mag: Timo mag Markus nicht, Timo mag Kaffee nicht, Markus mag Timo nicht oder Markus mag Kaffee nicht. Im zweiten Satz ist unklar, ob Timo seinen eigenen oder Markus Kaffee austrinkt. Das Beispiel zeigt, dass bei steigender Komplexität der Satzstruktur und dem Zusammenführen von mehreren Aussagen in verschachtelte Haupt- und Nebensatzkonstruktionen die Satzanzahl deutlich sinkt, während die Anzahl der Satzteile relativ konstant bleibt. Aus diesem Grund wird der Grad der lokal substantivischen Kohäsion pro Satzteil lsk_2 eingeführt. Dieser beschreibt, ob benachbarte Satzteile identische Subjekte aufweisen. In dem hier präsentierten Beispiel ist $lsk_2 = 0$, da in keinen der benachbarten Satzteile dasselbe Subjekt auftritt. Um die direkte oder indirekte Wiederaufnahme in den sprachlichen Anforderungsniveaus dieser Studie zu vergleichen und die lokale Kohäsion zu approximieren, ist lsk_2 daher geeigneter. Denn neben der Wiederaufnahme wird so die Satzstruktur über die sprachlichen Anforderungsniveaus hinweg variiert.

Für den Grad der global substantivischen Kohäsion gsk wird die Anzahl der Substantive, die zweimal oder häufiger im Text vorkommen, durch die Anzahl aller Substantive geteilt. Die Approximation der globalen Kohäsion erfolgt hier über die direkte Wiederaufnahme von Subjekten. Je höher der Grad der global substantivischen Kohäsion gsk ist, desto potentiell einfacher ist ein Text zu verstehen.

Die Bestimmung des Anteils von Fachwörtern fw und von einmal vorkommenden Fachwörtern fw_1 basiert auf der schwierigkeitsgenerierenden Wirkung von Fachwörtern (z. B. Cassels 1980: 226; Prenzel et al. 2002: 132; Schiemann 2011: 129; Snow 2010: 449; Stiller et al. 2016: 7). Nach dem Sprachmodell ist der Anteil an Fachwörtern über die sprachlichen Anforderungsniveaus möglichst konstant zu halten. Die Anzahl der einmal vorkommenden Fachwörter kann dagegen modellkonform vom sprachlichen niedrigsten Anforderungsniveau A über B zu C ansteigen, da in den höheren sprachlichen Anforderungsniveaus die direkte Wiederaufnahme reduziert und Synonyme eingesetzt werden. Die Bestimmung von Fachwörtern geht über eine reine sprachstatistische Analyse hinaus, da festgelegt werden muss, was als Fachwort zählt. Dazu wird eine Liste erstellt, die für alle zu vergleichenden Texte gilt. Bei jedem Auftreten eines Fachwortes ist zu entscheiden, ob zum Verstehen des fachlichen

Inhalts das hinter dem Fachwort liegende Konzept kognitiv aufwändig zu aktivieren ist. Ein Fachwort führt allerdings potentiell und unabhängig von der Notwendigkeit der Aktivierung des fachlichen Konzepts zu einer kognitiven Belastung. Aus diesem Grund werden bei der modellexternen Validierung alle potentiell schwierigkeitsgenerierenden Fachwörter gewertet.

Tabelle 12.4.: Modellexternen Analyse des sprachlichen Anforderungsniveaus: Mittelwerte für jedes sprachliche Anforderungsniveau.

Maßzahl	Ziel des Modells	Sprachliches Anforderungsniveau		
		A	B	C
$s = \frac{W}{S}$	A<B<C	8.75	14.44	21.32
$ms = \frac{M}{S}$	A<B<C	.15	.22	.29
Klassen-Faktor K	A<B<C	4.78	8.09	11.83
$lsk = \frac{LSK}{S}$	A<B<C	.45	.57	.48
$lsk_2 = \frac{LSK_2}{S_2}$	A>B>C	.29	.26	.13
gsk	A>B>C	.87	.85	.65
$fw = \frac{FW}{S}$	A=B=C	.10	.09	.09
$fw_1 = \frac{FW_1}{S}$	A<B<C	.004	.01	.02

Die in Tabelle 12.4 für ein jeweiliges sprachlichen Anforderungsniveaus gemittelten Werte bestätigen – bis auf die lokal substantivische Kohäsion *lsk* – die Ziele des Modells. Ergänzend sind im Anhang unter B.2 die zur Berechnung benötigten Werte für alle neun Textvarianten aufgeführt.

Zusammenfassend erzeugen die verschiedenen sprachlichen Anforderungsniveaus des in dieser Studie eingesetzten Sprachmodells auch nach externen Maßstäben unterschiedliche sprachliche Anforderungen. Es ist ein Anstieg der sprachlichen Anforderung vom Niveau A über B zu C nachzuweisen.

13. Hauptstudie

Die experimentelle Hauptstudie überprüft, ob das sprachliche Anforderungsniveau – operationalisiert durch ein Sprachmodell auf drei unterschiedlichen Anforderungsniveaus – das fachliche Textverstehen von Lernenden der Mittelstufe beeinflusst. Als Gegenstand des fachlichen Textverstehens dienen drei Einführungstexte in die Wärmelehre. Durch die Anwendung des Sprachmodells nach festgelegten Regeln und Richtlinien basierend auf Heine et al. (2018) wird die sprachliche Anforderung eines Sachtextes (unabhängige Variable) systematisch variiert (vgl. Kapitel 3.3.5 und 12.1). Die Anwendung des Textverständlichkeitsmodells nach Göpferich (2019) stellt sicher, dass weitere Textverständlichkeitsdimensionen über die sprachlichen Varianten konstant gehalten werden und es zu keiner Überlagerung der sprachlichen Anforderung durch andere Textqualitätsmerkmale kommt (vgl. Kapitel 3.4.4 und 5.2). Mittels der dargelegten Vorstudien und Entwicklungsschritten wurde für diese Studie ein valider fachlicher Textverstehenstest – bestehend aus drei Texten und 27 Items – erstellt, der die isolierte Wirkung der drei unterschiedlichen sprachlichen Anforderungsniveaus misst. Die Erhebung des fachlichen Textverständnisses erfolgt durch Items, die sich an den Maßstäben etablierter Schulleistungsstudien (IGLU) orientieren (vgl. Kapitel 3.4.2 und 9.2.3).

13.1. Durchführung

Die Erhebung findet in der Mittelstufe von Gymnasien und Stadtteilschulen Hamburgs während des Unterrichts in jeweils einer Doppelstunde statt. Der erste Teil der Haupterhebung fand vom 11.02.2020 bis 24.02.2020 in den Klassenstufen 8 und 9 statt. Weitere schon terminierte Erhebungstermine im März und April 2020 konnten aufgrund der Schulschließung zur Eindämmung der Corona-Pandemie nicht wahrgenommen werden. Die zweite, abschließende Durchführung der Hauptstudie wurde im Zeitraum vom 02.09.2020 bis 06.11.2020 in den Klassenstufen 7, 8 und 9 durch-

geführt. Alle Schulen, Klassen und Lernende nahmen freiwillig an der Erhebung teil. Daten wurden anonym erhoben und verarbeitet. Ein schriftliches Einverständnis wurde von allen Erziehungsberechtigten der teilnehmenden Lernenden eingeholt. Die Bereitschaft der Schulen, an einer Studie während der regulären Unterrichtszeit teilzunehmen, war aufgrund der zahlreich ausgefallenen oder im Fernunterricht stattgefundenen Unterrichtsstunden niedrig. Aus diesem Grund wurde die Erhebung auf die 7. Klassenstufe ausgedehnt. Zudem musste zur Generierung einer ausreichend großen Stichprobe von einer gleichmäßigen Verteilung auf die Schulformen abgesehen werden. Die genaue Beschreibung der Stichprobe ist unter Kapitel 13.1.2 zu finden.

Der Ablauf der Erhebung ist in Abbildung 13.1 schematisch dargestellt. Zur Beantwortung der Forschungsfragen und zur Validierung des entwickelten Instruments werden in der Hauptstudie vor dem fachlichen Textverständnis das Vorwissen im Bereich der Wärmelehre und die allgemeine Lesefähigkeit durch etablierte Instrumente erhoben (Einhaus 2007; Schneider et al. 2007). Der fachliche Textverstehenstest besteht aus drei Teilen. In jedem Teil werden die Teilnehmenden dazu aufgefordert, den im Informationsheft präsentierten Text vollständig zu lesen und daran anknüpfend die dem Text zugehörigen neun Items im Antwortheft zu beantworten. Das sprachliche Anforderungsniveau (UV) wird rotiert (vgl. Abbildung 13.1), sodass alle Teilnehmenden jeden fachlichen Inhalt und jedes sprachliche Anforderungsniveau bearbeiten. Abgeschlossen wird die Haupterhebung durch einen Fragebogen zur empfundenen Verständlichkeit der eingesetzten Texte sowie den Personendaten. Zwischen den einzelnen Tests und Abschnitten haben die Teilnehmenden je nach Bearbeitungszeit eine (längere oder kürzere) Pause. Das Vorarbeiten zwischen den einzelnen Testteilen wird von der Testleitung unterbunden. Zur Steigerung der Motivation und Disziplin erinnert die Testleitung zwischen den Testteilen an Bedeutung und Ziele der Studie.

Vier Erhebungsleitungen führen die Erhebung durch. Zur Sicherstellung identischer Erhebungsvoraussetzungen wurden alle Erhebungsleitungen in einer Schulung über Ablauf und Ziele der Studie informiert und erhielten zur Durchführung ein Erhebungsmanual. Das Erhebungsmanual ist im Anhang unter B.3 zu finden und beinhaltet Angaben zur Vorbereitung, dem zeitlichen Ablauf, der Durchführung sowie zur Information und Motivation der Lernenden.

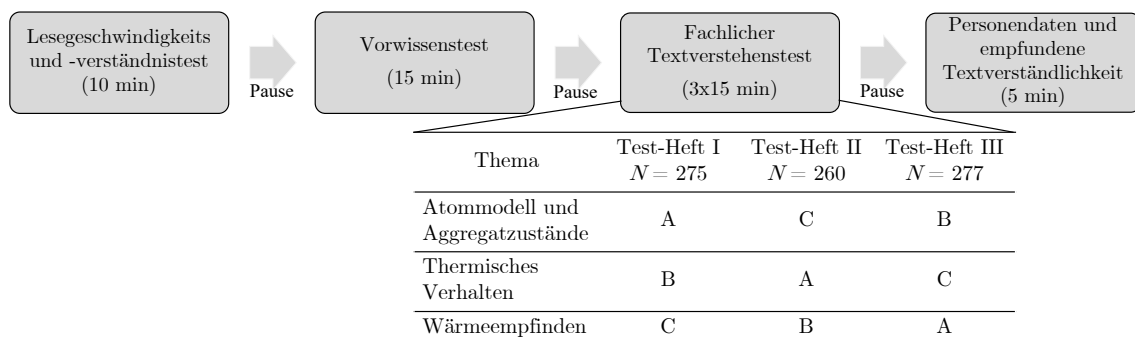


Abbildung 13.1.: Ablauf der Hauptstudie: Die Reihenfolge des fachlichen Themas des fachlichen Textverstehenstest ist für alle Teilnehmenden identisch, während das sprachliche Anforderungsniveaus A (gering), B (mittel) und C (hoch) systematisch variiert wird.

13.1.1. Erhebungsmaterial

Das Material der Hauptstudie ist in ein Informations- und Antwortheft aufgeteilt. Diese Trennung erlaubt den Teilnehmenden, die Texte des Informationshefts neben die Items des Antworthefts zu legen. Hierdurch wird ermöglicht, dass die Lernenden wie im Unterricht Text und Aufgabenstellung gleichzeitig betrachten und bearbeiten können. Es gibt drei Versionen des Informationshefts und zwei Versionen des Antworthefts. Mittels der drei unterschiedlichen Informationshefte wird die Rotation des sprachlichen Anforderungsniveaus, wie in Abbildung 13.1 gezeigt, realisiert. Die beiden Versionen des Antworthefts enthalten jeweils den Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest (LGVT) und den Vorwissenstests zur Wärmelehre sowie die Items des fachlichen Textverstehenstests. Die Items des fachlichen Textverstehenstests rotieren in ihrer Reihenfolge in den beiden Versionen des Antworthefts, um die Möglichkeit des Abschreibens zu verringern. Die Gruppenzuteilung ist randomisiert. Im Antwortheft befindet sich nach den Ausfüllhinweisen und dem Fragebogen-Code (1.) der LGVT, (2.) der Vorwissenstest zur Wärmelehre, (3.) die Items des fachlichen Textverstehenstests sortiert nach den Texten und (4.) der Fragebogen zur empfundenen Textverständlichkeit und Personendaten. Im Anhang unter B.3 sind die Sachtexte sortiert nach Inhalt und sprachlichem Anforderungsniveau sowie die Items des fachlichen Textverstehenstest zu finden.

Der Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest ist ein standardisiertes Testinstrument zur Bestimmung der *allgemeinen Lesegeschwindigkeit* und des *Leseverständnisses*. Der Test besteht aus einem Text zu einem nicht fachbezogenen Thema, der so schnell

und genau wie möglich in 4 min. gelesen wird. An verschiedenen Stellen im Text muss aus drei Vorschlägen das zum Inhalt am besten passende Wort durch Unterstreichen ausgewählt werden. Die Lesegeschwindigkeit wird anhand der Anzahl der gelesenen Wörter innerhalb der Zeitvorgabe bestimmt. Hierfür markieren die Teilnehmenden das nach 4 min zuletzt gelesene Wort im Text. Das Leseverständnis ergibt sich aus der Auswertung der ausgefüllten Lücken (2 Punkte für richtige, 0 Punkte für unausgefüllte und -1 Punkt für falsche Antworten)⁶⁷. Die empfundenen Textverständlichkeit wird mittels einer Likert-Skala in Schulnoten erhoben. Die Fragestellung zur Erhebung der empfundenen Textverständlichkeit lautet: „Die gleiche Sache kann in einem Text sehr verständlich und in einem anderen Text sehr unverständlich beschrieben sein. Wie verständlich ist der Text für dich?“ Sozio-demografische Daten werden mittels geschlossenen und halb-offenen Fragen erhoben.

13.1.2. Stichprobe

Von 80 kontaktierten Schulen nahmen zwölf an der Erhebung teil. Insgesamt beendeten $N = 812$ Teilnehmende der Mittelstufe aus 43 verschiedenen Klassen den Test erfolgreich. Eine Kohortenbeschreibung findet sich in Tabelle 13.1. Das Erhe-

Tabelle 13.1.: Stichprobe: Hauptstudie

Alter	Geschlecht	Schulform	Klassenstufe	Sprache zuhause
$M = 13.1,$	51.7 % weiblich	86.2 % Gymnasium	39.6 % 7. Klasse	75.1 % deutsch
$SD = .87$	47.9 % männlich	13.7 % Stadtteilschule	42,9 % 8. Klasse	8.3 % nicht deutsch
	0.4% divers		17.3 % 9. Klasse	16.1 % mehrere

bungsmaterial von Teilnehmenden, die während der Erhebungen nicht dem vorgesehenen Erhebungsablauf folgten oder durch wahlloses, zufälliges Ankreuzen von Items auffielen, wird nicht berücksichtigt. Damit überschreitet die erhobene Stichprobe die geforderte Stichprobengröße von $N = 690$ einer a-priori Power-Analyse mit G*Power ($\alpha = .05$, $1 - \beta = .95$) für erwartete kleine Effekte ($f = .15$) einer one-way ANOVA (ANOVA: Analysis of Variance) mit drei Gruppen.

⁶⁷Für beide Fähigkeiten liefern Schneider et al. (2007) Normwerte in Auswertungstabellen für die Klassenstufen 6 bis 12 in verschiedenen Schulformen, die die Leistung mit 0 bis 100 % bewerten. Hierzu wurden die Ergebnisse von $N = 2390$ Teilnehmende aus neun Bundesländern und verschiedenen Schulformen (Hauptschule, Realschule, Gymnasium, Gesamtschule und Schule mit mehreren Bildungsgängen) genutzt (Schneider et al. 2007: 10). Schneider et al. (2007: 17-18) berichten von allgemein hohen Testgütekriterien.

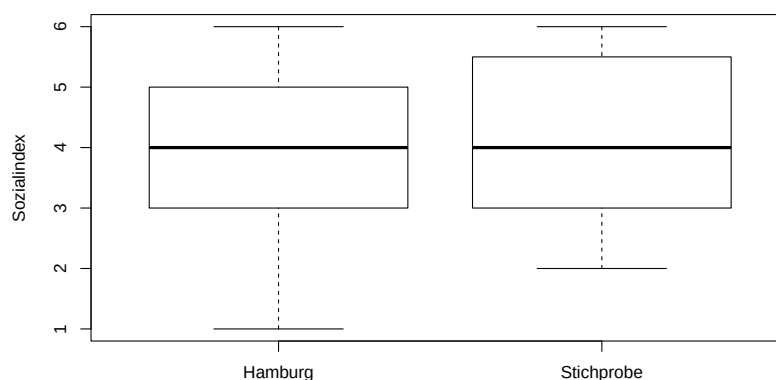


Abbildung 13.2.: Boxplot: Schulsozialindex der Grundgesamtheit aller Lernenden in Hamburg im Jahr 2021 und der Teilnehmenden der Stichprobe.

Bei der Auswahl der teilnehmenden Schulen wurde eine möglichst repräsentative Aufteilung bezüglich des Sozialindexes Hamburger Schulen (KESS) sowie eine gleichmäßige Verteilung der Schulform⁶⁸ angestrebt. Insgesamt ist von einer Gelegenheits-Stichprobe auszugehen, da die Teilnahme freiwillig war. Außerdem konnte aufgrund der Corona-Pandemie weder eine gleichmäßige noch eine der Grundgesamtheit Hamburgs Schulen entsprechende Stichprobe realisiert werden. Die Altersaufteilung der Stichprobe wie auch die Aufteilung des Geschlechts sind für Hamburger Schulen annähernd repräsentativ. Die Erhebung der zuhause gesprochenen Sprache dient der Kontrolle bzw. Validierung des fachlichen Textverstehenstests, da – wie in Kapitel 3.1.2 dargelegt – sowohl sprachliche Fähigkeiten als auch fachliche Leistungen unabhängig vom Migrationshintergrund und Sprachgebrauch der Teilnehmenden sein sollten.

Die Verteilung der Stichprobe bezüglich des Sozialindexes Hamburger Schulen ist der Grafik 13.2 zu entnehmen. Die Lernenden der Stichprobe entstammen ähnlichen sozio-kulturellen Hintergründen wie die Grundgesamtheit, da Mittelwerte und Streuung vergleichbar sind. Auf eine weitere Beschreibung von Experimentalgruppen wird verzichtet, da durch das Rotationsdesign alle Teilnehmenden alle sprachlichen Anforderungsniveaus bearbeiten und somit keine getrennte Experimentalgruppen bestehen. Insgesamt erfüllte die Stichprobe, mit Ausnahme der Repräsentation unterschiedlicher Schulformen, die Ziele der Stichprobenplanung. Für die Auswertung wurden alle Datensätze entfernt, die insgesamt oder in einem Testteil mehr als 20 %

⁶⁸Im Schuljahr 2019/2020 besuchten 53.4 % das Gymnasium und 46.6 % die Stadtteilschule und im Schuljahr 2020/2021 wurden ähnliche Werte für die Aufteilung auf die Schulformen gemeldet (Gym. 53.5 %; StS 46.5 %) (Albrecht 2021).

fehlende Daten aufgrund von fehlenden Antworten oder ungeklärtem Ankrenzverhalten aufweisen. $N = 778$ Datensätze werden final ausgewertet.

13.2. Deskriptive Ergebnisse und Validierung des Instruments

Im Folgenden werden die Ergebnisse des allgemeinen Lesegeschwindigkeits und Leseverständnistests, des Vorwissenstests, des fachlichen Textverstehenstests und der Abfrage der empfundenen Textverständlichkeit separat dargelegt und anschließend zur Validierung des fachlichen Textverstehenstest sowie zur Beantwortung der Forschungsfragen eingesetzt.

13.2.1. Allgemeiner Textverstehenstest

Zur Bestimmung der Lesegeschwindigkeit werden für alle Teilnehmenden die Anzahl der gelesenen Wörter anhand der Markierung im Antwortheft notiert und mittels der von Schneider et al. (2007) bereitgestellten Skala auf Beträge von 1 bis 100% normiert. Die Auswertung des allgemeinen Leseverständnis erfolgt, indem die summierte Punktzahl berechnet und auf Beträge von 1 bis 100% normiert wird.

Für die Auswertung beider Fähigkeiten werden die normierten Skalen der 8. Klassenstufe genutzt, um die Werte vergleichen zu können. Die 8. Klassenstufe wird ausgewählt, da diese die mittlere Klassenstufe der Teilnehmenden darstellt.

Für die Lesegeschwindigkeit ergibt sich ein Mittelwert von $M = 45.4\%$ ($SD = 26.6\%$) und für die Leistungen im allgemeinen Textverständnis ein Mittelwert von $M = 50.8\%$ ($SD = 25.8\%$). Abbildung 13.3 zeigt die Verteilung der Leistungen. Sowohl bei der Lesegeschwindigkeit als auch beim allgemeinen Textverständnis kann ein erhöhter Anteil am oberen Leistungsrand von 90-100 festgestellt werden. Dies ist damit zu erklären, dass eine kleine Anzahl an Teilnehmenden schon die 9. Klasse eines Gymnasiums besuchen und hierdurch vergleichsweise hohe Leistungen erzielen. Lesegeschwindigkeit und Leseverständnis mit Ratekorrektur korrelieren auf starkem Niveau miteinander $r = .50$ ($p < .001$). Dies ist vergleichbar zu der von Schneider et al. (2007: 19) beobachteten Korrelation von $r = .56$ ($p < .001$) und belegt die valide Anwendung des LGVT-Instrument in dieser Studie.

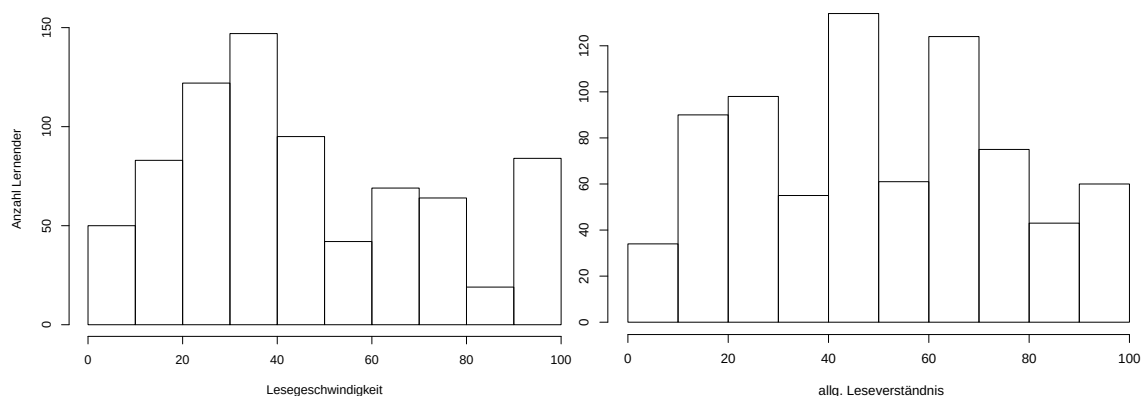


Abbildung 13.3.: Histogramme: Leistungen aller Teilnehmenden im LGVT normiert auf Prozentränge von 1% bis 100%. Links sind die Leistungen der Teilnehmenden in der Lesegeschwindigkeit und rechts die Leistung im allgemeinen Leseverstehenstest dargestellt.

13.2.2. Vorwissenstest

Vorwissenstest der Hauptstudie und Vorwissenstest des Pilots sind identisch. Bei der Auswertung wird analog vorgegangen. Die Antworten der Teilnehmenden werden dichotomisiert. Eine positive Wertung des *forced-choiced* Items VW.3 erhalten nur Teilnehmende mit vollständig richtiger Beantwortung. Die Ergebnisse der Rasch-Skalierung der Items zum Vorwissen sind in Tabelle 13.2 dargestellt. Alle Items treten mit In- und Outfit-Werten im geforderten Bereich hervor. Die Berechnung der Modellvergleichsmaße Akaike's Information Criteri-

Tabelle 13.2.: Raschmodell: Vorwissenstest der Haupterhebung mit In- und Outfit Statistiken (Trennschärfeparameter sind 1), $n = 778$.

Item	N	Prozent-korr.	Itemschwierigkeit	Outfit	Infit
VW1	778	0.73	-1.05	0.97	0.98
VW2a	700	0.66	-0.71	0.98	0.99
VW2b	776	0.39	0.51	0.97	0.97
VW3	773	0.07	2.79	0.90	0.98
VW4	758	0.58	-0.33	0.98	0.99
VW5	773	0.31	0.86	1.03	1.02
VW6	778	0.16	1.74	1.11	1.04
VW7	771	0.56	-0.28	1.04	1.03
VW8	774	0.70	-0.92	0.99	1.00
VW9	772	0.15	1.89	1.11	1.04
VW10	759	0.31	0.87	0.97	0.97

en (AIC) und Bayesian Information Criterion (BIC) belegen Eindimensionalität

($AIC_{1dim} = 9402$, $BIC_{1dim} = 9457$ und $AIC_{2dim} = 9509$, $BIC_{2dim} = 9574$). Zudem weist der Test keine Subgruppeninvarianz (DIF) im Mantel-Haenszel-Test mit dem Splitkriterium *Geschlecht* oder *Zufall* auf (vgl. Tabelle 13.3). Die mittlere Itemschwierigkeit beträgt $\bar{\sigma}_{VW} = .487$ ($SD = 1.272$) und die mittlere Personenfähigkeit $\overline{WLE} = .001$ ($SD = .953$). Die Schwierigkeit des Vorwissenstest passt somit zur Stichprobe, wie auch der WrightMap (vgl. Abbildung 13.4) zu entnehmen ist. Die WLE-Reliabilität ist aufgrund der geringen Itemanzahl erneut gering $WLE(REL) = .367$, aber für die Studie angemessen.

Tabelle 13.3.: Mantel-Haenszel-Methode: Test auf Differential Item Functioning der Vorwissensitems in der Haupterhebung dem Splitkriterium Geschlecht und Zufall.

Item	MH-Geschlecht	p-Geschlecht	MH-Zufall	p-Zufall
VW1	0.72	0.40	0.90	0.34
VW2a	0.17	0.68	0.10	0.75
VW2b	1.96	0.16	0.09	0.76
VW3	0.07	0.79	0.005	0.94
VW4	0.19	0.66	1.54	0.22
VW5	0.09	0.76	0.39	0.53
VW6	0.03	0.86	0.01	0.94
VW7	0.29	0.59	1.71	0.19
VW8	0.02	0.89	0.27	0.60
VW9	0.02	0.88	0.04	0.85
VW10	0.02	0.88	1.55	0.21

Die Ergebnisse zeigen, dass der gekürzte und sprachlich veränderte Vorwissenstest Raschkonformität sowie eine geeignete Schwierigkeit für die Stichprobe aufweist.

13.2.3. Fachlicher Textverstehenstest

Für jedes Item des fachlichen Textverstehenstests werden drei Itemschwierigkeiten basierend auf den drei verschiedenen, vor dem Beantworten des Items gelesenen sprachlichen Anforderungsniveaus A (niedrigste), B (mittlere) und C (höchste) berechnet. Dadurch ergibt sich eine Gesamtitemanzahl von 81 (27 Items auf je drei sprachlichen Anforderungsniveaus). Die Daten werden dichotomisiert und anschließend analog zum Pilot mithilfe der Richtlinien der Raschkonformitätsprüfung (vgl. Kapitel 11.2.1) überarbeitet. Für die Haupterhebung gilt jedoch für MNSQ-In- und Outfit-Werte ein engerer Bereich von 0.8 bis 1.2 als akzeptabel. Im Anhang sind in

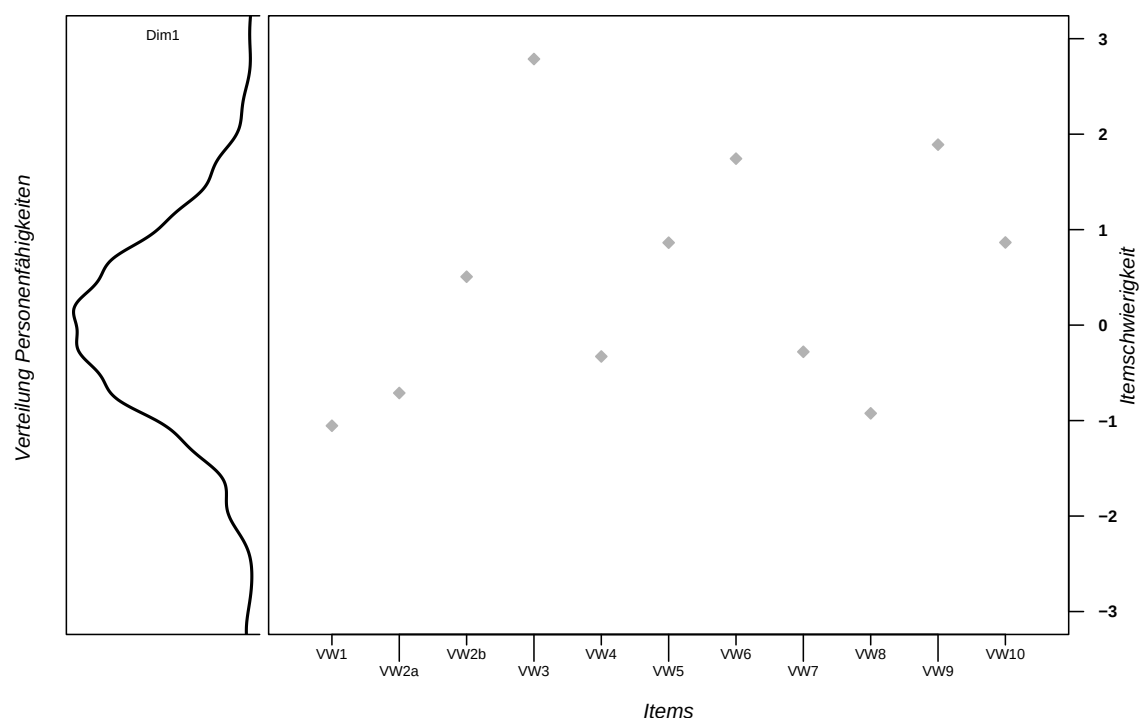


Abbildung 13.4.: Wright-Map: Itemschwierigkeiten des Vorwissenstest und die Verteilung der Personenfähigkeiten im Vorwissenstest in der Haupterhebung.

Tabelle B.3 die Berechnungen der Rasch-Skalierung samt Lösungshäufigkeit, Itemschwierigkeit und Fit-Statistiken aller in der Hauptstudie eingesetzten Items dargestellt. Die Items W3 und W6 verletzen die Bedingungen in mindestens einem sprachlichen Anforderungsniveau. Deshalb werden insgesamt sechs Items aus dem Datensatz entfernt. In Tabelle 13.4 ist die finale Auswahl der in der Haupterhebung analysierten Items dargestellt. Die MNSQ-In- und Outfit-Werte aller 75 für die Berechnung der Ergebnisse der Hauptstudie bereitstehenden Items liegen im geforderten Wertebereich von 0.8 bis 1.2.

Zur Überprüfung der Subgruppeninvarianz werden wie im Pilot die Splitkriterien *Geschlecht* und *Zufall* angewandt. Bei einem Signifikanzniveau von 0.05 tritt keines der Items durch Subgruppeninvarianz (DIF) in dem Mantel-Haenszel-Test hervor (vgl. Tabelle B.4 im Anhang). Die Eindimensionalität der resultierenden Itemauswahl der Hauptstudie wird durch das DETECT-Verfahren bestätigt (vgl. Tabelle 13.5). Die Passung des fachlichen Textverstehenstests zur Stichprobe wird am Anteil der richtigen Beantwortung eines jeweiligen Items (vgl. Tabelle 13.4), der durchschnittlichen Itemschwierigkeit und der Wright-Map bestätigt. Der An-

Tabelle 13.4.: Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems der Haupterhebung mit In- und Outfit Statistiken (Trennschärfeparameter sind 1), $n = 778$.

Item	N	Prozent-korr.	Itemschwierigkeit	Outfit	Infit
A14A	262	0.42	0.41	0.89	0.90
A14B	256	0.39	0.53	0.89	0.92
A14C	251	0.35	0.73	1.09	1.05
A15A	261	0.54	-0.23	1.07	1.04
A15B	258	0.56	-0.29	0.99	1.01
A15C	253	0.54	-0.20	1.03	1.03
A19A	265	0.94	-3.05	0.97	1.00
A19B	258	0.92	-2.84	0.90	0.90
A19C	250	0.90	-2.50	0.91	0.97
A21A	265	0.79	-1.55	0.92	0.99
A21B	258	0.72	-1.12	0.89	0.95
A21C	251	0.73	-1.18	0.92	0.97
A2A	262	0.71	-1.07	0.98	1.00
A2B	252	0.73	-1.16	1.00	0.98
A2C	249	0.70	-0.97	1.09	1.02
A6A	261	0.44	0.29	1.09	1.07
A6B	258	0.44	0.29	0.98	0.98
A6C	250	0.48	0.09	1.07	1.07
A7A	264	0.63	-0.64	0.92	0.95
A7B	258	0.63	-0.64	1.00	1.02
A7C	251	0.57	-0.31	1.01	1.01
A8A	256	0.38	0.57	1.14	1.08
A8B	258	0.40	0.50	1.08	1.06
A8C	249	0.40	0.48	1.07	1.05
A9A	264	0.55	-0.23	1.10	1.09
A9B	258	0.58	-0.40	0.88	0.92
A9C	247	0.59	-0.41	1.03	1.01
T10A	252	0.56	-0.29	1.02	1.01
T10B	264	0.53	-0.15	0.92	0.95
T10C	255	0.48	0.08	1.10	1.09
T14A	250	0.55	-0.24	1.02	1.03
T14B	264	0.57	-0.33	1.11	1.08
T14C	256	0.52	-0.09	1.02	1.03
T1A	249	0.84	-1.94	0.91	0.97
T1B	260	0.85	-2.00	0.80	0.96
T1C	255	0.81	-1.68	1.03	0.99
T21A	233	0.46	0.20	1.08	1.05
T21B	251	0.37	0.62	1.11	1.04
T21C	243	0.39	0.52	1.09	1.06
T2A	250	0.54	-0.20	0.99	1.00
T2B	262	0.55	-0.25	1.02	1.02
T2C	255	0.45	0.25	0.95	0.94
T3A	251	0.69	-0.91	0.98	1.01
T3B	263	0.63	-0.65	0.94	0.99
T3C	258	0.64	-0.70	1.05	1.07

Item	<i>N</i>	Prozent-korr.	Itemschwierigkeit	Outfit	Infit
T5A	252	0.69	-0.93	0.84	0.88
T5B	262	0.73	-1.17	0.80	0.90
T5C	258	0.61	-0.54	0.80	0.85
T7A	252	0.63	-0.63	0.95	0.98
T7B	264	0.69	-0.93	1.09	1.03
T7C	256	0.71	-1.11	0.98	1.00
T8A	250	0.63	-0.62	0.97	0.96
T8B	262	0.68	-0.89	0.84	0.92
T8C	255	0.67	-0.88	0.94	0.97
W11A	257	0.57	-0.35	1.13	1.11
W11B	252	0.63	-0.62	1.05	1.03
W11C	262	0.64	-0.68	1.01	1.03
W13A	257	0.41	0.43	0.97	0.97
W13B	248	0.43	0.35	0.97	0.98
W13C	264	0.43	0.34	1.01	0.98
W15A	259	0.61	-0.53	0.92	0.94
W15B	251	0.59	-0.42	0.86	0.90
W15C	263	0.57	-0.33	0.86	0.89
W2A	258	0.59	-0.46	0.86	0.89
W2B	252	0.60	-0.47	0.80	0.84
W2C	266	0.57	-0.36	0.83	0.88
W4A	259	0.45	0.22	1.19	1.13
W4B	253	0.40	0.48	1.18	1.12
W4C	263	0.49	0.05	1.17	1.12
W8A	256	0.38	0.56	1.08	1.05
W8B	249	0.37	0.63	1.26	1.18
W8C	261	0.40	0.47	1.15	1.09
W9A	256	0.60	-0.50	0.94	0.97
W9B	245	0.46	0.16	1.06	1.04
W9C	250	0.45	0.25	0.95	0.95

Tabelle 13.5.: DETECT-Verfahren: Test auf Eindimensionalität des fachlichen Textverstehenstest in der Hauptstudie.

	unweighted	weighted
DETECT	.65	.65
ASSI	.42	.42
RATIO	.57	.57
MADCOV100	1.15	1.15
MCOV100	-.65	-.65

teil der richtigen Beantwortung der Items streut zwischen .37 und .94, sodass keine Boden- oder Deckeneffekte zu vermuten sind. Die mittlere Itemschwierigkeit beträgt $\bar{\sigma} = -.042$ ($SD = .80$) und streut im selben Bereich wie die mittlere Personenfähigkeit $\overline{WLE} = .01$ ($SD = 1.08$), was auch der Wright-Map zu entnehmen ist (Abbildung 13.5). Die Personenfähigkeiten werden mit einer zufriedenstellenden WLE-Reliabilität von $WLE(REL) = .78$ bestimmt.

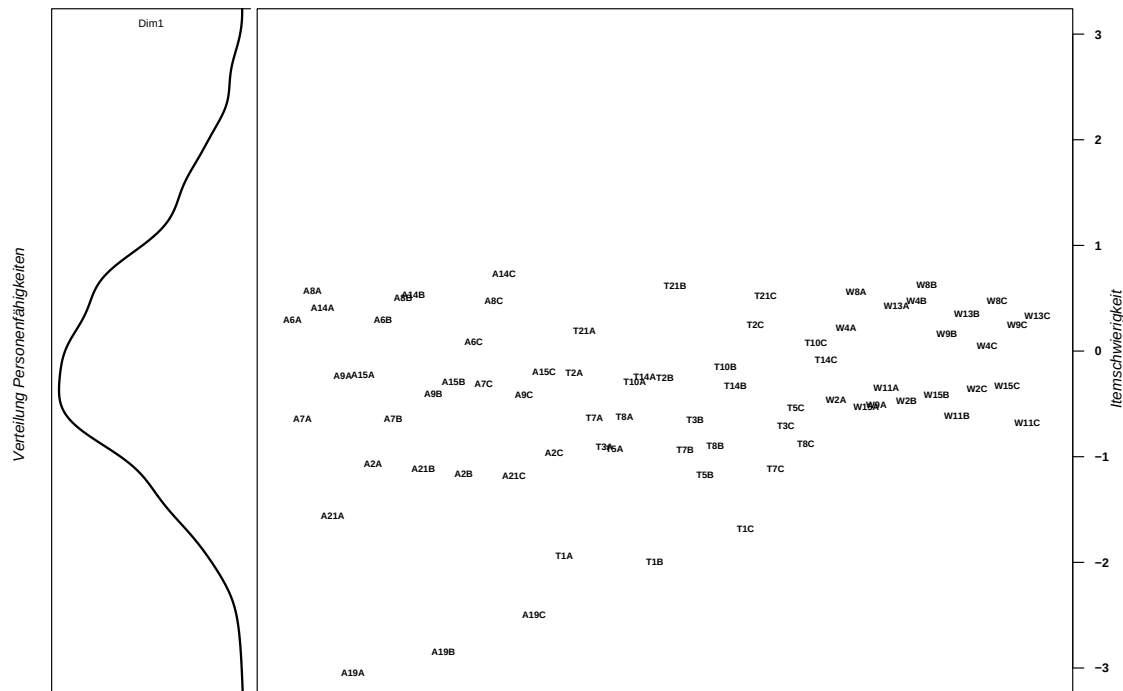


Abbildung 13.5.: Wright-Map: Itemschwierigkeiten des fachlichen Textverstehens-test und die Verteilung der Personenfähigkeiten in der Haupterhebung.

In der Wright-Map sind die Itemsschwierigkeiten in der Reihenfolge der Textinhalte der Hauptstudie sortiert. Links finden sich die Items basierend auf dem Text *Teilchenmodell und Aggregatzustände*, mittig basierend auf dem Text *Thermisches Verhalten* und rechts basierend auf dem Text *Wärmeempfinden*. Die Itemschwierigkeiten der Items des dritten Textes befinden sich in einem schmalen und schwierigeren Bereich und streuen weniger als die Itemschwierigkeiten der beiden anderen Texte. Der Vergleich der Itemschwierigkeiten in Abbildung 13.6 und die Berechnung einer ANOVA ($F(2, 72) = 3.5; p = .042$) bestätigt mit einer Effektstärke von $f = .29$, dass die mittleren Itemschwierigkeiten der Texte voneinander abweichen. Dabei wird die Itemschwierigkeit über die drei sprachlichen Anforderungsniveaus gemittelt. Ein post-hoc Tuckey-Test zeigt, dass sich die Itemschwierigkeiten der Items zu den Tex-

ten *Thermisches Verhalten* und *Wärmeempfinden* voneinander unterscheiden. Die Itemschwierigkeit steigt mit der Testzeit an. Diese Ergebnisse samt der mittleren Effektstärke weisen auf Ermüdungseffekte am Ende des Tests hin, da die Reihenfolge der Textinhalte in der Studie nicht rotiert wird.

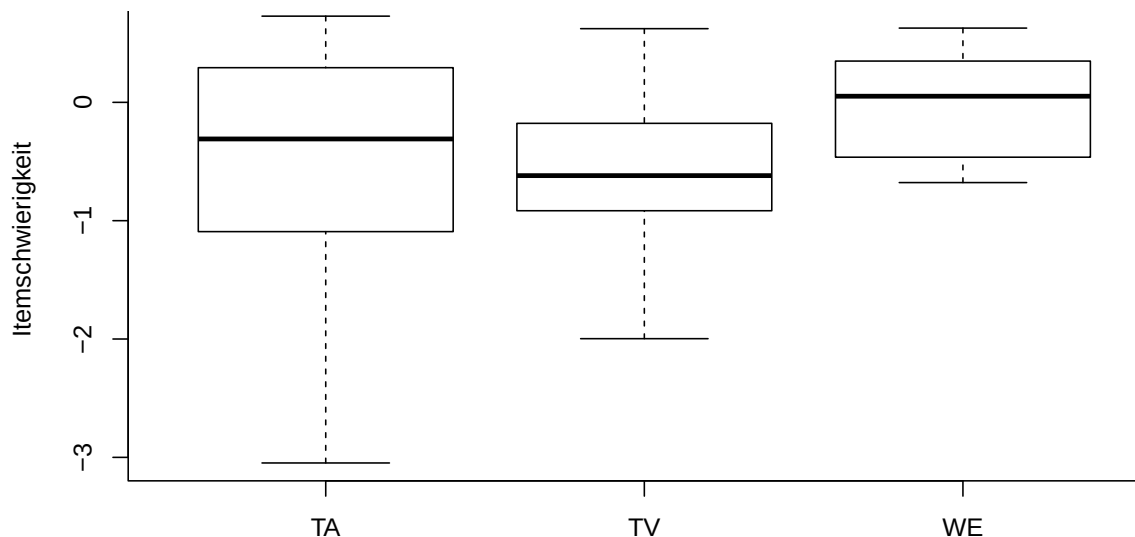


Abbildung 13.6.: Boxplot: Itemschwierigkeiten, basierend auf den Textinhalten TA = *Teilchenmodell und Aggregatzustände*, TV = *Thermisches Verhalten* und WE = *Wärmeempfinden*.

Validierung des fachlichen Textverstehenstest

Der fachliche Textverstehenstest wird analog zur Pilotierung validiert. Dazu werden Zusammenhänge zwischen den Leistungen im fachlichen Textverstehenstest und weiteren relevanten Konstrukten berechnet. Zunächst werden die Zusammenhänge zwischen fachlichem Textverstehen und Vorwissen bzw. allgemeines Textverstehen über die Berechnung von Korrelationen und einfaktoriellen Varianzanalysen beleuchtet. Anschließend werden mit verschiedenen tragfähigen unabhängigen Variablen wie Sozioökonomischer Status (SES), zuhause gesprochenen Sprache und allgemeines Textverständnis (s. o.) multiple lineare Regressionsmodelle berechnet, um das Textverständnis im fachlichen Textverstehenstest vorherzusagen. Während sich die Vorstudien der inhaltlichen Validierung des Textverständlichkeitsmodell nach Göpferich (2019) und des Sprachmodells nach Heine et al. (2018) widmen, dienen diese Berechnungen der Konstruktvalidierung.

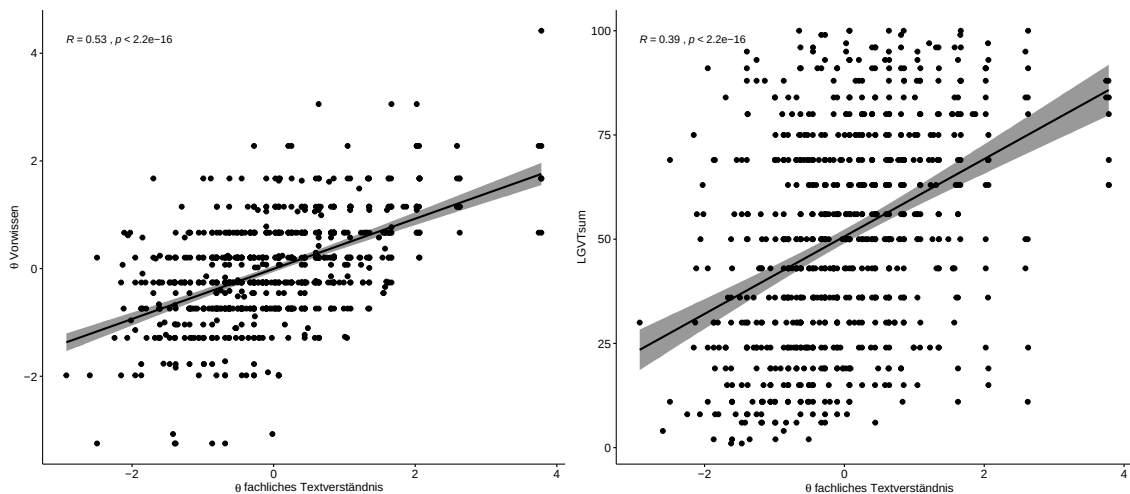


Abbildung 13.7.: Pearson Korrelationen: Fachliches Textverständnis mit dem Vorwissen (links) und dem allgemeinen Textverstehen (rechts).

In Abbildung 13.7 sind die Korrelationen der Personenfähigkeiten nach Pearson des fachlichen Textverstehenstests mit den Personenfähigkeiten des Vorwissenstests und der Leistung im allgemeinen Textverstehenstest dargestellt. Wie in Kapitel 3.2.2 beschrieben, gilt das Vorwissen als einer der stärksten Prädiktoren des fachlichen Textverstehens. Die hohe Korrelation von $r = .53$ ($p < 0.001$) zwischen fachlichem Textverstehen und Vorwissen validiert somit den fachlichen Textverstehenstest. Der Vergleich der Korrelationen im DIME-Modell ($r = .65$) belegt diese Aussage. Die moderate Korrelation von $r = .39$ ($p < 0.001$) zwischen fachlichem und allgemeinem Textverstehen, der in dieser Studie eingesetzten Instrumente, liegt auf einem vergleichbaren Niveau mit den Konstrukten *Schlussfolgern* und *Wortschatz* des DIME-Modells. Dies zeigt, dass es sich beim fachlichem und allgemeinen Textverstehen um verwandte, aber zu unterscheidende Konstrukte handelt. Hött-ecke et al. (2017: 64) zeigten ebenso, dass sich fachsprachliche Fähigkeiten in den Domänen Sport und Physik voneinander und von allgemeinsprachlichen Fähigkeiten abgrenzen lassen. Ergänzend zeigten Härtig et al. (2012: 378), dass Fachwissen, fachsprachliche Lesefähigkeiten und allgemeinsprachliche Lesefähigkeiten zwar korrelieren, aber unterscheiden. Insgesamt tragen die belegten Korrelationen zur Validierung des fachlichen Textverstehenstests bei.

Die in Tabelle 13.6 dargelegten Korrelationen validieren den fachlichen Textverstehenstest zusätzlich. Die Korrelation von $\rho = .19$ ($p < 0.001$) zwischen dem fachlichen Textverstehen und der Lesegeschwindigkeit zeigt, dass die Lesegeschwindigkeit erwartungskonform nur eine geringe Auswirkung auf das Abschneiden im

fachlichen Textverstehenstest hat. Das sozio-kulturelle Kapital wird anhand der von den Teilnehmenden geschätzten Anzahl der im Haushalt vorhandenen Bücher über eine Likert-Skala (0-10; 11-25; 26-100; 101-200; 201-500; >500) erhoben. Deren Korrelation ($\rho = .22$, $p < 0.001$) mit dem fachlichen Textverstehen ist erwartungskonform (z. B. Höttecke et al. 2017: 62; Hußmann et al. 2017: 202). Ebenso weist die Schulform (0 = Stadtteilschule, 1 = Gymnasium) einen moderat positiven Zusammenhang ($\rho = .33$, $p < 0.001$) auf.

Tabelle 13.6.: Spearman Rangkorrelationen: Fachliches Textverständnis mit relevanten Personendaten.

	Lesegeschwindigkeit	Kulturelles Kapital	Schulform	Klassenstufe	Alter
Fachliches Textverständnis	.19***	.22***	.33***	.24***	.17***

*** = $p < 0.001$

Die schwachen Korrelationen zwischen fachlichem Textverstehen und der Klassenstufe ($\rho = .24$, $p < 0.001$) sowie dem Alter ($\rho = .17$, $p < 0.001$) sind ebenso erwartungskonform (vgl. Tabelle 13.6). Die leicht höhere Korrelation der Klassenstufe mit fachlichem Textverstehen ist damit zu begründen, dass allgemeine Lesekompetenz und Vorwissen stärker mit steigender Klassenstufe als mit dem Alter in Verbindung steht. In Abbildung 13.8 ist zu erkennen, dass die Leistungen im fachlichen Textverstehenstest mit dem Alter leicht ansteigen. Eine ANOVA belegt signifikante Unterschiede im fachlichen Textverständnis in Abhängigkeit vom Alter ($F(5, 733) = 5.589$; $p < .001$) mit einer Effektstärke von $f = .19$. Allerdings zeigt ein post-hoc Tuckey-Test, dass nur zwischen den Altersstufen 12 und 14 signifikante Unterschiede bestehen. Die Berechnung einer ANOVA der Leistungen im fachlichen Textverstehenstest in Abhängigkeit der Klassenstufe ist ebenso signifikant ($F(2, 744) = 28.41$; $p < .001$) mit einer mittleren Effektstärke von $f = .27$. Der Vergleich der Effektstärken belegt, dass der Einfluss des Alters im Vergleich zum Schuljahr als geringer zu bewerten ist.

Weiter zeigt sich, dass die verschiedenen Varianten der Informations-Hefte zu keinen signifikanten Unterschieden in den Personenfähigkeiten der Teilnehmenden führen ($F(2, 775) = .26$; $p = .975$). Dies validiert die erfolgreiche Umsetzung des Rotationsdesigns. Auch das Geschlecht hat erwartungskonform keinen Einfluss auf die Leistung im fachlichen Textverstehenstest ($t(737, 1) = .29$; $p = .591$).

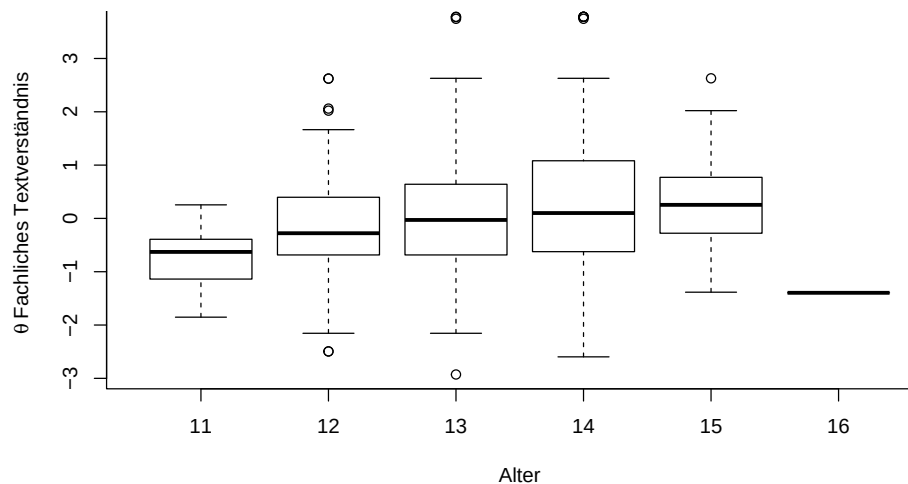


Abbildung 13.8.: Boxplot: Fachlichen Textverständnis differenziert nach Alter.

Zur Aufklärung der Varianz im fachlichen Textverständnis werden Berechnung von multiplen linearen Regressionsmodellen angestellt. Hierbei wird zusätzlich zu den Personendaten aus Tabelle 13.6 die zu Hause gesprochene Sprache (deutsch, nicht deutsch und mehrere Sprachen) als Indikator für Migrationshintergrund und Mehrsprachigkeit berücksichtigt. Aufgrund von Heteroskedastizität in Trompetenform im Streudiagramm der standardisierten Residuen und standardisierten geschätzten Werte werden robuste Standardfehler (HC4) berechnet. Neben dem Regressionskoeffizienten B werden die standardisierten Koeffizienten β zur besseren Vergleichbarkeit der Zusammenhänge angegeben. Im ersten Modell (Tabelle 13.7) werden demografische Daten der Teilnehmenden berücksichtigt. Im zweiten Modell (Tabelle 13.8) werden zusätzlich weitere statistisch und inhaltlich tragfähige unabhängige Variablen aufgenommen. Aufgrund von Multikollinearität wird in beiden Modellen nur die Klassenstufe und nicht zusätzlich das Alter der Lernenden berücksichtigt, da die Klassenstufe einen stärkeren Bezug zur Leistung im fachlichen Textverstehens-test aufweist. Beide Modelle weisen hohe Signifikanz ($p < .001$) und multiple korrigierte Determinationskoeffizienten von $R^2 = .20$ bzw. $R^2 = .20$ auf. Das Geschlecht und das Sprechen mehrerer Sprachen zu Hause haben in beiden Modellen keinen relevanten Einfluss. Die besuchte Schulform und Klassenstufe sind in beiden Modellen valide Prädiktoren. Der Einfluss des Sprechens einer anderen Sprache als Deutsch Zuhause ist im einfacheren Regressionsmodell (Tabelle 13.7) signifikant und löst sich im komplexeren Regressionsmodell (Tabelle 13.8) auf. Das Textverständnis im fachlichen Textverstehenstest ist somit vom kulturellen Kapital und nicht der Mehrsprachigkeit abhängig. Dieser Befund ist konform zu aktuellen Forschungsergebnissen zur Wirkung von Mehrsprachigkeit (vgl. Kapitel 3.2.2) und trägt zur

Konstruktvalidierung des fachlichen Textverstehenstests bei (z. B. Berendes et al. 2013: 37; Hövelbrinks 2004: 121; Prediger et al. 2015: 90; Moser et al. 2011: 29).

Tabelle 13.7.: Lineare Regression: Fachlichen Textverständnis mit demografischen Daten und robusten Standardfehlern (HC4).

	<i>B</i>	<i>SE</i> (HC4)	β	<i>T</i>	<i>p</i>
Geschlecht	-.04	.07	-.02	-.52	.60
Schulform	1.13	.10	.35	10.77	.00
Klassenstufe	.48	.05	.32	8.80	.00
Eine andere Sprache Zuhause	-.40	.12	-.10	-3.40	.00
Mehrere Sprachen Zuhause	-.08	.09	-.03	-.82	.41
Modellfit: $F(5, 717) = 36.33, p < .001; R^2 = .20, Kor.R^2 = .20$					

Tabelle 13.8.: Lineare Regression: Fachlichen Textverständnis mit demografischen Daten, weiteren Konstrukten und robusten Standardfehlern (HC4).

	<i>B</i>	<i>SE</i> (HC4)	β	<i>T</i>	<i>p</i>
Geschlecht	.10	.07	.05	1.49	.14
Schulform	.37	.12	.12	3.19	.00
Klassenstufe	.26	.05	.17	5.04	.00
Eine andere Sprache Zuhause	-.16	.12	-.04	-1.37	.17
Mehrere Sprachen Zuhause	.09	.09	.03	.99	.32
Vorwissen	.44	.04	.39	10.35	.00
Allgemeines Textverstehen (LGVT)	.01	.00	.21	6.01	.00
Kulturelles Kapital (Büchervariable)	.05	.03	.07	1.88	.06
Modellfit: $F(8, 690) = 54.53, p < .001; R^2 = .39, Kor.R^2 = .38$					

13.2.4. Empfundene Textverständlichkeit

Die empfundene Textverständlichkeit wird für alle drei Texte in Schulnoten erhoben. Aufgrund des Rotationsdesign muss die Bewertung je nach Informationsheft der jeweiligen sprachlichen Anforderung erfolgen. Um die Bewertungen der einzelnen Texte besser vergleichen zu können, werden Mittelwerte aus allen Bewertungen gebildet (Tabelle 13.9).

Insgesamt zeigt die Auswertung, dass die Teilnehmenden alle sprachlichen Anforderungsniveaus als gut bis befriedigend bewerten und den Sachtexten allgemein eine relativ hohe Textverständlichkeit attestieren.

Zusammenfassend konnten die bestehenden Testinstrumente (Vorwissen und LGVT) ordnungsgemäß eingesetzt werden. Der fachliche Textverstehenstest ist nach

Tabelle 13.9.: Empfundene Textverständlichkeit der sprachlichen Anforderungsniveaus.

	Sprachliches Anforderungsniveau		
	A	B	C
Empfundene Textverständlichkeit	2.50 ($SD = 1.12$)	2.52 ($SD = 1.11$)	2.88 ($SD = 1.20$)

Ausschluss zweier Items raschkonform, reliabel und weist eine angemessene Schwierigkeit für die Stichprobe auf. Die berechneten Korrelationen und multiple lineare Regressionsmodelle bestätigen die Konstruktvalidität des entwickelten fachlichen Textverstehenstest. Das Textverständnis im fachlichen Textverstehenstest korreliert erwartungskonform moderat bis stark mit dem Vorwissen und dem allgemeinen Textverstehen. Weiter zeigt sich, dass der Besuch des Gymnasiums oder einer höheren Klassenstufe sowie kulturelles Kapital (Anzahl der Bücher zu Hause) sich wie erwartet positiv auf das fachliche Textverständnis auswirkt. Das Geschlecht und die verschiedenen Informationshefte führen erwartungskonform zu keinen Unterschieden im Textverstehen. Der Einfluss der zu Hause gesprochenen Sprache löst sich bei Berücksichtigung leistungsrelevanter Konstrukte wie dem allgemeinen Textverständnis oder dem Vorwissen in multiplen linearen Regressionsmodellen auf. Bezüglich der empfundenen Textverständlichkeit ist festzustellen, dass die Teilnehmenden – wie in den Vorstudien qualitativ belegt – die Sachtexte dieser Studie als verständlich wahrnehmen.

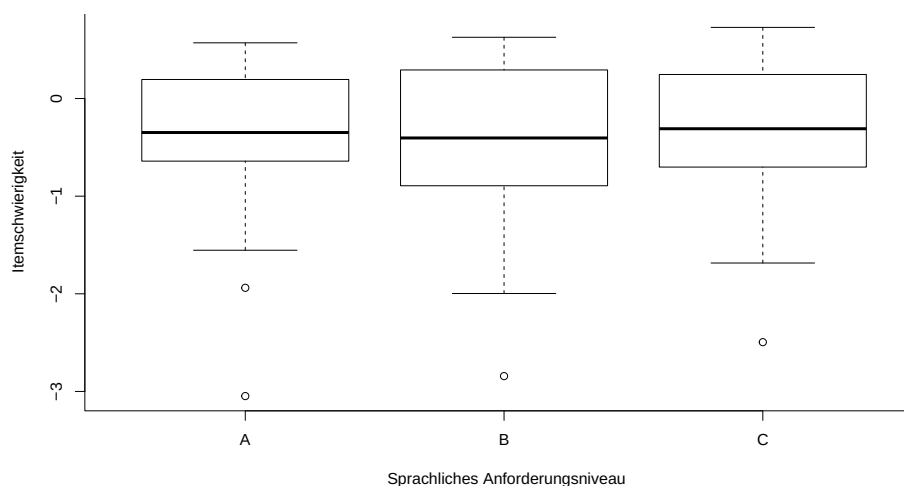
13.3. Ergebnisse und Hypothesentestung

Im Folgenden werden die beschriebenen Ergebnisse genutzt, um die Forschungsfrage zu beantworten und die aufgestellten Hypothesen zu überprüfen.

13.3.1. Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf das Textverständnis

Zur Evaluation der Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf das Textverständnis werden die Itemschwierigkeiten nach den sprachlichen Anforderungsniveaus A (niedrig), B (mittel) und C (hoch) getrennt betrachtet. Die Itemschwierigkeit sagt aus, wie schwer ein Item für die Lernenden zu beantworten ist. Die Itemschwierigkeit

von Items unterschiedlicher sprachlicher Anforderungsniveaus rekurriert auf dem zugehörigen fachlichen Textverständnis und stellt somit eine Approximation der Textverständlichkeit der sprachlichen Anforderungsniveaus dar. Für jedes sprachliche Anforderungsniveau werden die Mittelwerte der Itemschwierigkeiten untersucht. Abbildung 13.9 zeigt, dass die mittlere Itemschwierigkeit vom niedrigsten sprachlichen Anforderungsniveau A ($M = -.46$, $SD = .83$) über das mittlere sprachliche Anforderungsniveau B ($M = -.43$, $SD = .84$) zum höchsten sprachlichen Anforderungsniveau C ($M = -.35$, $SD = .76$) hinweg minimal ansteigt. Ein solcher Effekt kann mittels einer ANOVA nicht nachgewiesen werden ($F(2, 72) = .14$, $p = .86$). Aus diesem Grund wird Hypothese (H1) verworfen, da ein höheres sprachliches Anforderungsniveau nicht zu einer Steigerung der Itemschwierigkeit führt. Die systematische Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus führte demnach zu keiner Beeinflussung des Textverständnisses der Lernenden in der vorliegenden Stichprobe.

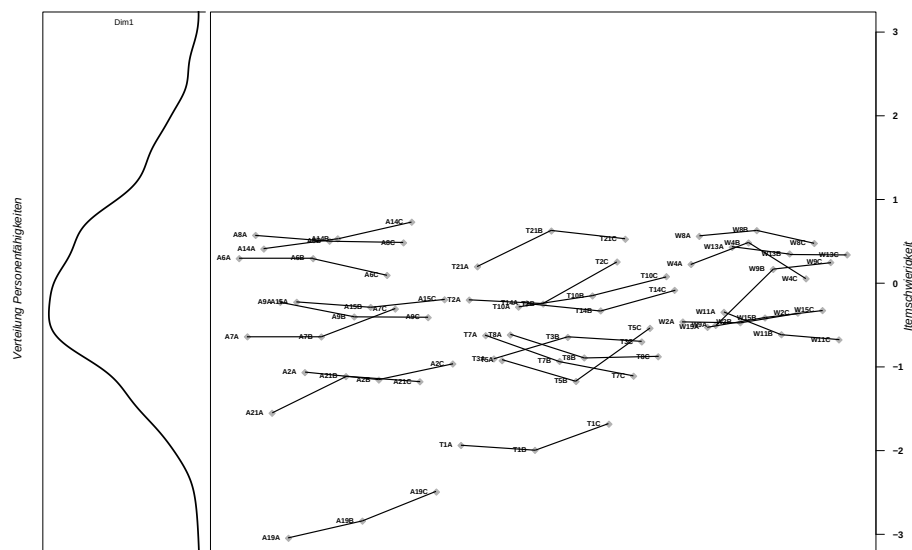


Mittlere Itemschwierigkeiten: A = $-.46$ ($SD = .83$), B = $-.43$ ($SD = .84$), C = $-.35$ ($SD = .76$)

Abbildung 13.9.: Boxplot: Itemschwierigkeiten differenziert nach den sprachlichen Anforderungsniveaus.

Auf der Ebene einzelner Items des fachlichen Textverstehenstests ist ebenfalls keine konsistenten Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus zu beobachten. In der Abbildung 13.10 werden Itemschwierigkeiten durch eine Linie verbunden, die denselben Inhalt abfragen und auf unterschiedlichen sprachlichen Anforderungsniveaus basieren. Die Linien verbinden jeweils die Itemschwierigkeiten eines Items in der Reihenfolge des sprachlichen Anforderungsniveaus von A über B nach C. Eine monoton steigende Linie signalisiert den erwarteten Anstieg der Itemschwierigkeiten simultan zur Steigerung des sprachlichen Anforderungsniveaus. Es zeigen jedoch

nur $n = 6$ Items den erwarteten Verlauf der Itemschwierigkeit auf (A7, A14, A19, T10, W9, W15). Somit weist ein Großteil ($n = 19$) einen nicht erwarteten Verlauf der Itemschwierigkeit in Abhängigkeit vom sprachlichen Anforderungsniveau auf. Die genauere Untersuchung der nicht erwartungskonform verlaufenden Linien zeigt, dass die Itemschwierigkeit von $n = 6$ Items genau entgegengesetzt der Erwartung verläuft. Die Itemschwierigkeit fällt vom sprachlichen Anforderungsniveaus A über B zu C monoton ab (A6, A8, A9, T7, W11, W13). Weiter erzeugt das mittlere sprachliche Anforderungsniveaus B bei $n = 5$ Items die höchste Itemschwierigkeit (A21, T3, T21, W4, W8) und bei $n = 8$ Items die niedrigste Itemschwierigkeit (A2, A15, T1, T2, T5, T8, T14, W2). Insgesamt kann von keiner konsistenten Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf die Itemschwierigkeit und damit das Textverständnis geschlossen werden. Zusätzlich zeigt sich, dass die Veränderung des sprachlichen Anforderungsniveaus in allen Fällen nur zu kleinen Veränderungen der Itemschwierigkeit führt, während durch den abgefragten Inhalt deutlichere Unterschiede zu konstatieren sind.



Linien verbinden die Itemschwierigkeiten eines jeweiligen Items in der Reihenfolge des sprachlichen Anforderungsniveaus von A über B nach C.

Abbildung 13.10.: Wrightmap: Itemschwierigkeiten des fachlichen Textverstehens-test.

Außerdem zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den mittleren Itemschwierigkeiten der einem Text zugehörigen Items und dem sprachlichen Anforderungsniveau. Zur Berechnung werden die Itemschwierigkeiten der Items basierend auf einem Textinhalt separat betrachtet. Es sind keine signifikanten Unterschiede

zwischen den Itemschwierigkeiten in den unterschiedlichen sprachlichen Anforderungsniveaus zu beobachten Tabelle (13.10).

Tabelle 13.10.: Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf die mittlere Itemschwierigkeit bezogen auf separate Textinhalte.

Mittlere Itemschwierigkeit	Sprachliches Anforderungsniveau			ANOVA	
	A	B	C	$F(2, 24)$	p
Teilchenmodell & Aggregatzustände	-.61 ($SD = 1.14$)	-.57 ($SD = 1.06$)	-.47 ($SD = .98$)	.044	.96
Thermisches Verhalten	-.62 ($SD = .61$)	-.64 ($SD = .74$)	-.46 ($SD = .71$)	.18	.83
	A	B	C	$F(2, 18)$	p
Wärmeempfinden	-.09 ($SD = .48$)	-.02 ($SD = .51$)	-.04 ($SD = .43$)	.09	.91

Insgesamt führt die systematische Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus in dieser Studie zu keinen Unterschieden im Textverständnis der Gesamtstichprobe. Die Wirkung der sprachlichen Variation ist minimal und nicht konsistent. Eine differenzielle Analyse soll aufklären, ob diese inkonsistenten Effekte mit Betrachtung von Subgruppen der Gesamtstichprobe erklärt werden können.

Differenzielle Analyse der Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf das Textverständnis

Zur differentiellen Analyse der Ergebnisse des fachlichen Textverstehenstests wird die Gesamtstichprobe in Subgruppen nach leistungsrelevanten Merkmalen unterteilt. Die Merkmale sind allgemeines Textverstehen, Vorwissen, Klassenstufe, Schulform und kulturelles Kapital. Diese fünf Merkmale sind bei der Validierung des fachlichen Textverstehenstest als leistungsrelevant hervorgetreten und werden aus diesem Grund zur Trennung in Subgruppen verwandt. Als Teilungskriterium für Leistungsstärke werden der Median sowie die oberen und unteren 25 % (Quantile) der Personenfähigkeiten des allgemeinen Textverständnis und des Vorwissens verwendet. Ergänzt wird die differenzielle Analyse durch die Aufteilung der Gruppe gemäß den Faktoren in Klassenstufe, Schulform und kulturellem Kapital.

In Tabelle 13.11 sind die mittleren Itemschwierigkeiten sortiert nach den sprachlichen Anforderungsniveaus für die benannten Subgruppen und zugehörige ANOVAs aufgeführt. Es werden die gemittelten Lösungshäufigkeiten angegeben, da die Berechnung von Itemschwierigkeiten im Raschmodell für Subgruppen nicht zielführend

ist. Zudem basieren die gemittelten Lösungshäufigkeiten umgekehrt proportional auf den Itemschwierigkeiten und sind somit vergleichbar. Es zeigt sich, dass in allen berechneten leistungsrelevanten Subgruppen keine signifikanten Unterschiede in der mittleren Lösungshäufigkeit der Items in Abhängigkeit vom sprachlichen Anforderungsniveau zu beobachten ist.

Tabelle 13.11.: Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf die mittlere Lösungshäufigkeit in verschiedenen leistungsrelevanten Subgruppen.

Mittlere Lösungshäufigkeit	Sprachliches Anforderungsniveau			ANOVA	
	A	B	C	$F(2, 72)$	p
Allgemeines Textverstehen					
oberes Quantil ($N = 178$)	.68 ($SD = .13$)	.67 ($SD = .14$)	.67 ($SD = .14$)	.21	.81
oberhalb Median ($N = 363$)	.65 ($SD = .16$)	.64 ($SD = .14$)	.63 ($SD = .14$)	.22	.80
unterhalb Median ($N = 411$)	.52 ($SD = .16$)	.52 ($SD = .16$)	.50 ($SD = .15$)	.07	.93
unteres Quantil ($N = 175$)	.48 ($SD = .16$)	.46 ($SD = .16$)	.45 ($SD = .15$)	.02	.98
Vorwissen					
oberes Quantil ($N = 238$)	.72 ($SD = .12$)	.70 ($SD = .15$)	.70 ($SD = .13$)	.15	.86
oberhalb Median ($N = 403$)	.67 ($SD = .12$)	.66 ($SD = .14$)	.65 ($SD = .13$)	.07	.94
unterhalb Median ($N = 375$)	.51 ($SD = .16$)	.50 ($SD = .17$)	.47 ($SD = .16$)	.25	.78
unteres Quantil ($N = 216$)	.47 ($SD = .16$)	.45 ($SD = .17$)	.44 ($SD = .16$)	.30	.74
Klassenstufe					
Klasse 7 ($N = 295$)	.55 ($SD = .17$)	.53 ($SD = .16$)	.51 ($SD = .17$)	.37	.69
Klasse 8 ($N = 319$)	.59 ($SD = .14$)	.59 ($SD = .15$)	.57 ($SD = .14$)	.15	.86
Klasse 9 ($N = 133$)	.68 ($SD = .14$)	.66 ($SD = .18$)	.68 ($SD = .12$)	.11	.89
Schulform					
Stadtteilschule ($N = 98$)	.42 ($SD = .15$)	.40 ($SD = .17$)	.39 ($SD = .17$)	.20	.82
Gymnasium ($N = 653$)	.61 ($SD = .15$)	.60 ($SD = .15$)	.60 ($SD = .14$)	.14	.87
Kulturellen Kapital					
weniger als 26 Bücher ($N = 95$)	.47 ($SD = .16$)	.45 ($SD = .16$)	.44 ($SD = .15$)	.18	.84
mehr als 200 Bücher ($N = 381$)	.61 ($SD = .15$)	.61 ($SD = .15$)	.60 ($SD = .15$)	.07	.93

Zusammenfassend generiert die systematische Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus keine relevanten Unterschiede in den gemittelten Itemschwierigkeiten bzw. Lösungshäufigkeiten in der Gesamtstichprobe sowie in den leistungsrelevanten Subgruppen. Das sprachliche Anforderungsniveau beeinflusst somit das Textverständnis der Teilnehmenden nicht und die Hypothese (H1) wird auch bei differenzielle Betrachtung von Personengruppen verworfen.

13.3.2. Einfluss des sprachlichen Anforderungsniveaus auf die empfundene Textverständlichkeit

Es zeigt sich, dass die empfundene Textverständlichkeit von der Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus beeinflusst wird (vgl. Tabelle 13.9). Zur Beantwortung der zweiten Hypothese zum Einfluss des sprachlichen Anforderungsniveaus auf die empfundene Textverständlichkeit wird die empfundene Textverständlichkeit ausgewertet. Zur Bestimmung der Unterschiede der empfundenen Textverständlichkeit wird eine ANOVA mit Messwiederholung eingesetzt. Hierbei gelten die Bewertungen der verschiedenen sprachlichen Anforderungsniveaus der Texte als Messwiederholung einer teilnehmenden Person, um die Unterschiede zwischen den Bewertungen der einzelnen Textverständlichkeiten auf individueller Ebene zu berücksichtigen. Die ANOVA mit Messwiederholung zeigt, dass es signifikante Unterschiede in der Bewertung der empfundenen Textverständlichkeit ($F(1512, 2) = 40.24, p < .001$) mit einer mittleren Effektstärke von $f = .23$ gibt. Der post-hoc Paarvergleiche über t-Tests mit Bonferroni-Korrektur zeigt, dass sich die sprachlichen Anforderungsniveaus A und C ($t(778) = -7.82; p < .001$), sowie B und C ($t(778) = -7.26; p < .001$) signifikant voneinander unterscheiden. Wohingegen die Unterschiede der empfundene Textverständlichkeit zwischen den sprachlichen Anforderungsniveaus A und B als nicht signifikant hervortreten ($t(778) = -.53; p = .566$).

Das höchste sprachliche Anforderungsniveau C wird als weniger verständlich im Vergleich zu den beiden anderen sprachlichen Anforderungsniveaus eingeschätzt. Somit sind die Teilnehmenden offensichtlich befähigt, höhere sprachliche Anforderungsniveaus wahrzunehmen. Aus diesem Grund ist die Hypothese (H2) zu bestätigen.

14. Zusammenfassung und Diskussion

Abschließend werden in diesem Kapitel die Ergebnisse der Studie zusammengefasst und diskutiert. Aufgrund der Ablehnung beider aufgestellten Hypothesen erfolgt eine detaillierte Beschreibung aller zur Validität der gesamten Studie beitragenden Schritte.

14.1. Zusammenfassung und Validität der Ergebnisse

In der experimentellen Hauptstudie wird die Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf das fachliche Textverständnis und die empfundene Textverständlichkeit untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass das sprachliche Anforderungsniveau in der vorliegenden Stichprobe trotz der getroffenen Maßnahmen und entgegen der Erwartung zu keinen wesentlichen Unterschieden im fachlichen Textverständnis führt. Allerdings lässt sich feststellen, dass Lernende physikalische Sachtexte auf einem höheren sprachlichen Anforderungsniveau als weniger verständlich wahrnehmen als weniger anspruchsvolle Texte. Bevor mögliche Erklärungen unerwarteter Ergebnisse angeführt werden, wird zusammenfassend die Validität und Aussagekraft der Ergebnisse diskutiert. Dazu werden die einzelnen Validierungsschritte chronologisch aufgeführt und in Abbildung 14.1 schematisch dargelegt.

Die in dieser Studie eingesetzten Texte sind nach dem Karlsruher Textverständlichkeitsmodell (Göpferich 2019) verfasst, das eine Weiterentwicklung des weitläufig bekannten Hamburger Textverständlichkeitsmodells (Langer et al. 1974) darstellt. Die Studie knüpft an den aktuellen Forschungsstand im Bereich der Textverständlichkeit an. Das sprachliche Anforderungsniveau bzw. die Dimension Simplizität hat – so die Studienergebnisse – keinen Einfluss auf die Textverständlichkeit von Sach-

texten. Aktuelle Forschungsergebnisse (z. B. Haag et al. 2015: 48-49; Härtig et al. 2019: 278) aus der Fachdidaktik unterstützen diesen Befund (externe Validität).

Durch die Anwendung des Karlsruher Textverständlichkeitsmodells wird in dieser Studie sichergestellt, dass die sprachliche Anforderung isoliert von anderen Dimensionen der Textverständlichkeit variiert und untersucht werden kann. Die isolierte Untersuchung des sprachlichen Anforderungsniveaus ist aufgrund der erwarteten kleinen Effekte besonders relevant, da diese ansonsten nicht sichtbar bzw. von anderen nicht kontrollierten Effekten überschattet wären. Aus diesem Grund weisen alle eingesetzten Texte über die sprachlichen Anforderungsniveaus hinweg eine vergleichbar hohe Textverständlichkeit auf. Eine Gruppe von Expert:innen der Linguistik bestätigt die inhaltliche Validität der Umsetzung der Textverständlichkeitsdimensionen nach Göpferich (2019) und damit die hohe und vergleichbare Textverständlichkeit aller eingesetzten Sachtexte (vgl. Kapitel 5.3). Ergänzend wurde ein hoher Grad an Verständlichkeit und Authentizität der verfassten Texte durch eine qualitative Vorstudie (vgl. Kapitel 7.3.2) von Lernenden der Zielgruppe (zur Bestätigung der inhaltlichen und ökologischen Validität) belegt.

Der entwickelte fachliche Textverstehenstest besteht aus Items, die nach gängigen kognitiven Prozessen des Textverstehens in Schulleistungsstudien (Hußmann et al. 2017) konzipiert sind. Weitere Grundsätze der Testkonstruktion wie z. B. die Vermeidung von Temporaladverbien und die Fokussierung auf eine Aussage pro Antwortoption (vgl. Kapitel 9.1) wurden ebenso umgesetzt. Hierdurch ist sichergestellt, dass das Konstrukt fachliches Textverstehen inhaltlich valide und nach aktuellen, weitläufig anerkannten Maßstäben erhoben wird. In einer qualitativen Vorstudie wurden alle Items auf allgemeine Verständlichkeit und Lösbarkeit mit Weltwissen hin untersucht und ggf. überarbeitet oder aussortiert (vgl. Kapitel 10.2). In der Hauptstudie wurden nur Items eingesetzt, die für Lernende verständlich und eindeutig formuliert sind. Durch die Vorstudie wurde sichergestellt, dass nur die Items in die Hauptstudie eingeflossen sind, die mittels des im Text präsentierten Wissens zu beantworten sind. Items, die durch Allgemeinwissen und ohne Lesen des Textes zu beantworten sind, wurden aussortiert.

In einem quantitativen Pilot wurde das Instrument auf Raschkonformität überprüft. Items, die nicht den Kriterien genügten, wurden aussortiert oder überarbeitet (vgl. Kapitel 11.2.1). Als Teil der Raschkonformitätsprüfung wurde u. a. die Eindimensionalität des fachlichen Textverstehenstests bestätigt. Da auch in anderen Studien Textverstehen als eindimensionale Fähigkeit hervortritt, gilt dies als Beitrag zur

Konstruktvalidierung des fachlichen Textverstehenstests (z. B. Schmitz 2015: 175; Reiss et al. 2019: 180). In der Hauptstudie wurde die Raschkonformität erneut bestätigt.

Die Variation des sprachlichen Anforderungsniveau als unabhängige Variable erfolgte isoliert und systematisch mithilfe des beschriebenen Sprachmodells. Für alle durch das Modell variierten linguistischen Merkmale bestehen Hinweise für deren schwierigkeitsbezoogene Wirkung (vgl. Kapitel 3.3.5). Das Modell berücksichtigt eine Vielzahl linguistischer Merkmale, um Sprache möglichst authentisch und auf einem möglichst breiten Spektrum zu variieren. Dabei wurde in Kauf genommen, dass das hohe sprachliche Anforderungsniveau mehr und das niedrige sprachliche Anforderungsniveau weniger schwierigkeitsbezoogene linguistische Merkmale enthält als es für Sachtexte üblich ist (vgl. Kapitel 3.3.5). Die linguistischen Merkmale des Modells überschneiden sich dabei mit den linguistischen Merkmalen des Registers Bildungssprache (vgl. Kapitel 3.3.4), wodurch die Ergebnisse dieser Studie übertragen werden können (externe Validität). Die valide Umsetzung des Sprachmodells in den Texten wird durch Expert:innen der Linguistik und über modellinterne sowie -externe Quantifizierungen der linguistischen Merkmale belegt (vgl. Kapitel 12.1 und 12.2). Somit wird die unabhängige Variable sprachliches Anforderungsniveau weitestgehend isoliert, systematisch und valide variiert.

Die Konstruktvalidität der abhängigen Variable fachliches Textverständnis wird in der Hauptstudie u. a. durch moderate bis hohe Korrelationen zu den Konstrukten allgemeines Textverstehen ($r = .39$, $p < .001$) und Vorwissen ($r = .53$, $p < .001$) bestätigt. Das fachliche Textverständnis korreliert erwartungskonform in ähnlichem Maße wie das allgemeine Textverstehen mit weiteren Personenmerkmalen (kulturelles Kapital, Schulform, Klassenstufe etc.), was zur Bestätigung der Kriteriumsvalidität beiträgt (vgl. Kapitel 13.2.3).

14.2. Diskussion

Vergleichbare Studien deuten ebenfalls darauf hin, dass das sprachliche Anforderungsniveau das Textverständnis von Lernenden nicht beeinflusst. Diese Arbeiten stellen keine (Haag et al. 2015: 48-49; Härtig et al. 2019: 278), nicht konsistente (Höttecke et al. 2018: 4), nur kleine (Bird & Welford 1995: 396; Kettler et al. 2012: 101; Kieffer et al. 2012: 15; 245-247 Plath & Leiss 2017: 11; Prophet & Badede 2009)

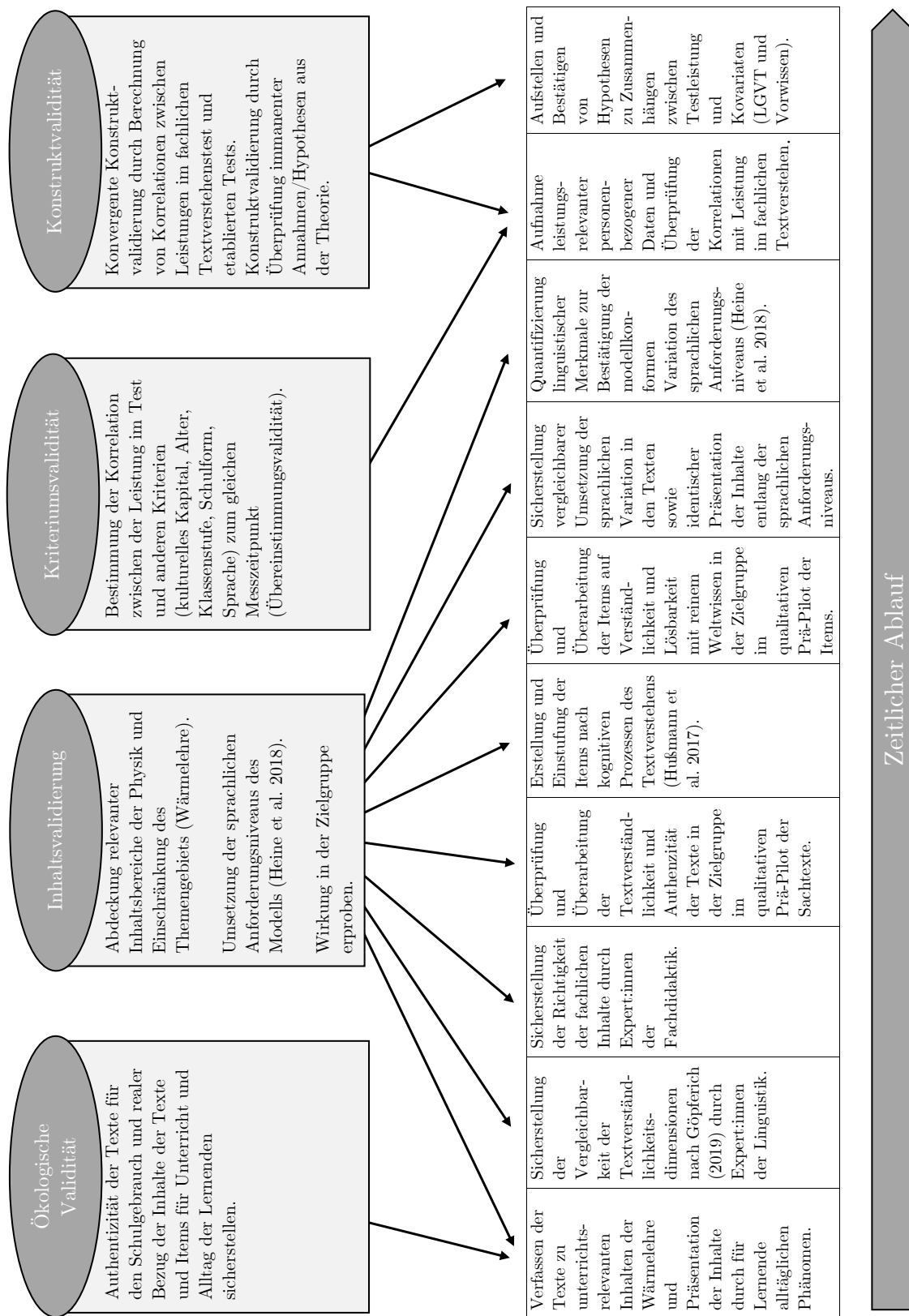


Abbildung 14.1.: Ablauf der verschiedenen Validitätsprüfungen im zeitlichen Verlauf der Studie.

oder sogar gegenläufige Effekte des sprachlichen Anforderungsniveaus auf das Textverständnis von Lernenden bzw. deren fachlicher Leistung fest (z. B. Leiss et al. 2017: 99; Rivera & Stansfield 2004: 101). Nur selten wird ein starker Effekt der sprachlichen Anforderung (bspw. gemessen an der Kohäsion) auf das Textverständnis beobachtet (Schmitz 2015: 179). Bei differenzieller Betrachtung der Kohäsionswirkung zeigt sich, dass diese Wirkung nicht für alle Personengruppen bestehen. Je nach Grad des Vorwissens und der allgemeinen Lesekompetenz wirkt die Kohäsion positiv oder negativ auf das Textverständnis (*expertise reversal effect*) (vgl. Kapitel 3.2.2). Insgesamt ist der Forschungsstand zur Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf fachliches Textverständnis und fachliche Leistung somit inkonsistent und deutet auf kleine Effekte hin.

Die Ergebnisse bezüglich der empfundenen Textverständlichkeit der vorliegenden Studie zeigen, dass Lernende sehr wohl fähig sind, höhere sprachliche Anforderungsniveaus wahrzunehmen. Auch dieses Ergebnis wird durch andere Studien bestätigt, die die Wirkung unterschiedlicher sprachlicher Anforderungen auf die empfundene Textverständlichkeit untersuchen (Starauschek 2003: 144; Tolochko et al. 2019: 12). Empfundene Textverständlichkeit und tatsächliches Textverständnis konfundieren in der vorliegenden Studie nicht. Wohingegen Tolochko et al. (2019: 14) zeigen, dass das Textverständnis vordergründig und die empfundene Textverständlichkeit sogar ausschließlich durch die semantische Ebene beeinflusst wird. Im aktuellen Forschungsstand wird keine eindeutige Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf die empfundene Textverständlichkeit nachgewiesen. Allerdings weisen die Ergebnisse darauf hin, dass Lernende Veränderungen der semantischen Ebene eher wahrnehmen als Veränderungen der syntaktischen Ebene. Lernende können die Veränderung der syntaktischen Ebene nicht beschreiben. Grund hierfür könnte das Fehlen des hierfür nötigen Wissen zur Verbalisierung der Veränderung der Syntax sein. Da das Textverständnis und die empfundene Textverständlichkeit in der vorliegenden Studie nicht konfundieren, sollte grundsätzlich nicht von empfundener Textverständlichkeit auf tatsächliches Textverständnis geschlossen werden. Dies wird bezüglich der Syntax auch von Tolochko et al. (2019) geschlossen.

Lernende aus Regelklassen scheinen ausreichende Fähigkeiten zu besitzen, Texte hohen sprachlichen Anforderungsniveaus in nahezu gleichem Maße zu verstehen wie Texte mittleren oder niedrigen sprachlichem Anforderungsniveaus. Die Vermutung, dass die moderaten bis hohen Korrelationen sprachlicher und fachlicher Leistung in Schulleistungstudien mit dem sprachlichen Anforderungsniveau der eingesetzten

Items oder Texte zusammenhänge, kann in der vorliegenden Stichprobe nicht bestätigt werden. Vielmehr scheint die naturwissenschaftlich-mathematische Leistungsdisparität sprachlich schwacher und sprachlich starker Lernender sprachunabhängig zu sein. Die Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf die empfundene Textverständlichkeit ist im aktuellen Forschungsstand nicht hinreichend untersucht, um eine abschließende Bewertung vorzunehmen.

14.2.1. Adaptieren Lernende den Textverstehensprozess an wahrgenommene höhere sprachliche Anforderung?

Obwohl kein relevanter Effekt der sprachlichen Anforderung auf das Textverständnis festgestellt wird, deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Lernenden einen sprachlich anforderungsreichen Text als weniger verständlich empfinden. Kurz gesagt: Sprachliche Anforderung wird als Herausforderung wahrgenommen, aber beeinflusst das Textverständnis nicht. Dieses Ergebnis wirkt (zunächst) widersprüchlich, ist dennoch plausibel zu erklären. Möglicherweise fühlen sich Lernende besonders herausgefordert, wenn sie einen Text als sprachlich anspruchsvoll wahrnehmen. Infolgedessen lesen sie den Text möglicherweise genauer, langsamer sowie mit gesteigerter Aufmerksamkeit und Konzentration. Diese Vermutung wird schon in Kapitel 3.4 im Zitat von Pause (1984: 9) deutlich, denn wenn „ein Text schwer verständlich ist [trägt dies] gerade zu seiner Wirksamkeit [bei ,] [...] weil wir gezwungen sind, über das Behandelte ernsthafter und länger nachzudenken“. Die Wirkung eines höheren sprachlichen Anforderungsniveaus auf das Textverständnis könnte also durch ein erhöhtes Bewusstsein für eben diese Anforderungen kompensiert werden. Dies könnte u. a. durch Anpassung der Lesestrategien vollzogen werden. Diese Vermutung wird durch die Korrelationen im DIME-Modell (Cromley & Azevedo 2007: 313; Härtig et al. 2022: 13) unterstützt. Im DIME-Modell wird deutlich, dass die Lesestrategie einen erheblichen Einfluss auf das Textverständnis ausübt.

Auf Grundlage des unzureichenden Forschungsstandes zum Zusammenspiel von empfundener Textverständlichkeit und Textverständnis ist zu vermuten, dass die Wahrnehmung hoher sprachlicher Anforderungen zur Anpassung von Lesestrategien mit kompensatorischem Effekt führt. Ob Lesende ihre Lesestrategien in dieser Art anpassen, könnte durch die Motivation und das Interesse der Lernenden an den ihnen präsentierten Inhalten verknüpft sein bzw. mediiert werden. Dies könnte bedeuten, dass die Leistungen in fachlichen Textverständnis- und Kompetenztests

möglicherweise nicht nur mit der Lesekompetenz, sondern auch mit affektiven und motivationalen Merkmalen zusammenhängen. In den Ergebnissen der in Kapitel 11.2 erwähnten Masterarbeit (Höller 2020) wird keine Wirkung des Interesses auf das Textverständnis festgestellt. Allerdings wird kritisch diskutiert, dass die Länge der Erhebung und Positionierung des Interessenfragebogens am Ende der Erhebung zu schlechten Ergebnissen geführt haben könnten. Eine Erhebung, die die Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus und zusätzlich affektiv motivationalen Faktoren auf das Textverständnis untersucht, steht aus.

14.2.2. Wird der Einfluss der sprachlichen Anforderung aktuell überschätzt?

In Anbetracht der Ergebnisse und unter Berücksichtigung des aktuellen Forschungsstands zur Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus scheint die Forderung, Sachtexte sprachlich zu vereinfachen, nicht eindeutig belegbar zu sein. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sowie die Ergebnisse von Härtig et al. (2019) unterstützen die von Pohl (2016: 73) formulierte Folgerung, dass die aktuelle Forschung hierdurch den zweiten Schritt vor dem ersten mache. Aktuell schlagen pädagogische Programme neben der Förderung bildungssprachlicher Kompetenzen auch die sprachliche Vereinfachung durch Vermeidung von bildungssprachlichen linguistischen Oberflächenmerkmale vor (Kapitel 3.2.2), obwohl für deren schwierigkeitsverzeugende Wirkung keine empirischen Belege vorliegen.

Aktuell wird nur für erhöhte Kohäsion ein positiver Effekt auf das Textverständnis festgestellt (Schmitz 2015: 179). Allerdings besteht dieses Ergebnis in anderen Studien bei differenzieller Betrachtung der Kohäsion nicht (vgl. Kapitel 3.2.2). Weiter können im aktuellen Forschungsstand nur Fachbegriffe als eindeutig schwierigkeitsverzeugend ausgemacht werden. Für viele weitere linguistische Merkmale zeigen sich inkonsistente Wirkungen (vgl. Kapitel 3.2.2). In der vorliegenden Studie wird eine Vielzahl linguistischer Merkmale, die nachweislich zu einer höheren kognitiven Belastung führen (einschließlich bildungssprachlicher Merkmale, von denen häufig angenommen wird, dass sie das Textverständnis erschweren) gleichzeitig variiert. Trotzdem zeigt sich kein relevanter Effekt auf das Textverständnis. Härtig et al. (2019) zeigen analog, dass die Variation des sprachlichen Anforderungsniveau mittels mehrerer Oberflächenmerkmale ebenso zu keiner Veränderung im Textverständnis führt. Lernende scheinen demnach ausreichende Ressourcen und Adaptionsmö-

lichkeiten zu besitzen, um Texte mit höherem kognitiven Aufwand zu verarbeiten. Dadurch gelangen sie schlussendlich zu keinem geringeren Textverständnis als bei sprachlich weniger anfordernden Texten. Dies gilt zumindest für relativ kurze Texte. Ob Lernende auch in der Lage sind bei längeren Texten diese kognitiv aufwändige Kompensation aufrecht zu erhalten, kann zumindest diese Studie nicht beantworten. Aktuell wird somit für einen Großteil bildungssprachlicher linguistischer Merkmale eine schwierigkeitsevozierende Wirkung angenommen, die sich empirisch nicht belegen lässt.

Die Interpretationen der kognitiven Belastung sowie eventuell auftretenden kompensatorischer Effekte führt zu der Frage, ob das sprachliche Anforderungsniveau – wie bei dem Modell von Heine et al. (2018) angenommen – wirklich linear auf das fachliche Textverstehen wirkt. Die Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus gemessen anhand des eingesetzten Sprachmodells führte in weiteren Studien zu keinen konsistenten oder nicht relevanten Wirkungen auf die fachliche Leistung (Höttecke et al. 2018; Plath & Leiss 2017). Die simultane Variation einer Vielzahl von sprachlichen Oberflächenmerkmale, die in psychologischen Studien isoliert schwierigkeitssevozierend wirken, führt somit zu keiner eindeutigen Wirkung auf das Textverständnis. Vergleichbar schlussfolgert Mikk (2008: 125) für den Satzbau aus seinen Ergebnissen, dass kurze – und damit tendenziell einfache – Sätze zu einer kognitiven Unterforderung und damit zu weniger Verständnis führen.

Zusammengefasst wird der Einfluss der sprachlichen Anforderung überschätzt. Aus diesen Gründen ist dafür zu plädieren, zunächst die Wirkungen von bildungssprachlichen Merkmalen auf das naturwissenschaftliche Lernen im Allgemeinen und auf das Textverständnis im Besonderen zu fokussieren, bevor weitere pädagogische Konzepte zu dessen Förderung eingebracht werden.

14.3. Limitationen

Aufgrund der begrenzten Testzeit wurden nur zwei das fachliche Textverstehen beeinflussende und damit leistungsrelevante Konstrukte – Vorwissen und allgemeines Textverständnis – durch bestehende Instrumente erhoben. Für eine differenziertere Analyse der Ergebnisse wäre es sinnvoll, Konstrukte wie z. B. das Interesse, die Motivation oder die Lesestrategie zu bestimmen. Mithilfe solcher könnten in weiteren Studien geklärt werden, ob das Zusammenspiel von empfundener Textverständlich-

keit und tatsächlichem Textverständnis über affektive und motivationale Merkmale mediiert wird.

Die Erhebung der Hauptstudie fiel in den Zeitraum der Schulschließung aufgrund der Eindämmungsmaßnahmen der Corona-Pandemie im März 2020, wodurch die Erhebung unterbrochen werden musste. Schon angefragte Schulen und festgelegte Erhebungstermine entfielen teilweise ersatzlos. Weiter zeigte sich, dass die Bereitschaft zur Teilnahme an wissenschaftlichen Studien nach Wiedereröffnung der Schulen im August 2020 deutlich verringert war. Aus diesem Grund beruhen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit auf einer Gelegenheitsstichprobe, in der die Stadtteilschulen mit 13.7 % deutlich unterrepräsentiert sind. Leider war es nicht möglich, noch länger auf die Teilnahme weiterer Stadtteilschulen zu warten, da weitere Schulschließungen oder das Einführen von Wechselunterricht zu befürchten waren. Hierdurch entstand eine Verschiebung der Leistung der Stichprobe. Das Lesen von längeren Texten ist vor allem in den naturwissenschaftlichen Fächern der Stadtteilschulen selten und damit ungewohnt. Dies wurde mehrfach von Lernenden und Lehrenden vor und während der Erhebung deutlich gemacht. Zudem weist die Schülerschaft der Stadtteilschule einen höheren Anteil Lernender mit Migrationshintergrund und geringen familiären Bildungsstand auf. Aus diesem Grund wäre ein höherer Anteil dieser Schulen an der Stichprobe für die Ergebnisse der Studie besonders interessant gewesen.

Auch das Design selbst weist Grenzen auf: Die allgemein hohe Textverständlichkeit des eingesetzten Instruments könnte die präsentierten Ergebnisse teilweise erklären. Möglicherweise führt das Verfassen von physikbezogenen Sachtexten mit Hilfe eines Textverständlichkeitsmodells wie dem von Göpferich (2019) zu einer starken Reduktion der kognitiven Belastung oder sogar zu der Abwesenheit jeglicher kognitiver Überlastung beim Textverstehen unabhängig von der sprachlichen Variation des Anforderungsniveaus. Falls dies zuträfe, führte eine allgemein hohe Textverständlichkeit eines Sachtextes zur Kompensation hoher sprachlicher Anforderungen. Es gibt Hinweise in der Forschung, die diese Annahme bestätigen. Apolin (2014: 16) zeigte in einer klein angelegten Studie, dass die Optimierung von Sachtexten mithilfe des Hamburger Textverständlichkeitsmodells zu höherem Textverständnis und zu einer höheren empfundenen Textverständlichkeit führt. Da das in dieser Studie eingesetzte Karlsruher Textverständlichkeitsmodell nach Göpferich (2019) auf dem Hamburger Textverständlichkeitsmodell basiert, könnten die Ergebnisse übertragbar sein.

Es fallen Unterschiede in naturwissenschaftlichen Leistungen Lernender in fachlichen Tests immer dann größer aus, wenn die eingesetzten Items kognitiv anforderungsreich sind und gleichzeitig die sprachlichen Fähigkeiten der Lernenden große Disparitäten aufweisen (z. B. Prediger et al. 2015: 94). Dies bedeutet, dass das sprachliche Anforderungsniveau nur dann das fachliche Textverständnis reduzierend wirkt, wenn insgesamt betrachtet eine hohe kognitive Belastung im Arbeitsgedächtnis vorliegt. Aus diesem Grund ist zu vermuten, dass die Umsetzung der Dimensionen des Karlsruher Textverständlichkeitsmodells zur Reduzierung der kognitiven Belastung führt und so die hohen sprachlichen Anforderung kompensiert. Die Ergebnisse dieser Studie geben keinen Aufschluss darüber, ob die eingesetzten Sachtexte tatsächlich zu einem höheren Textverständnis im Vergleich zu Schulbuchtexten führen. In den Ergebnissen des Prä-Pilots der Sachtexte sind zumindest Hinweise zu finden, dass die eingesetzten Sachtexte als besser verständlich bewertet werden als vergleichbare Schulbuchtexte. Allerdings kann dies nicht direkt als Maß für das tatsächliche Textverständnis interpretiert werden. Die Interpretation der Ergebnisse des Prä-Pilots der Sachtexte, der Hauptstudie und der Literatur erlaubt jedoch die Deutung, dass die eingesetzten Sachtexte dieser Studie allgemein besser verständlich sind als Schulbuchtexte. Schlussendlich bedeutet dies, dass naturwissenschaftliche Sachtexte deutlich besser von Lernenden verstanden werden, wenn diese nach gängigen Textverständlichkeitsmodellen verfasst werden. Aktuell werden nur in seltenen Ausnahmefällen Expert:innen der Linguistik beim Verfassen von naturwissenschaftlichen Schulbüchern berücksichtigt (Bryant et al. 2017: 303). Die Ergebnisse dieser Studie sind als Hinweis zu sehen, dass bei der Erstellung von Schulbüchern Expert:innen der Linguistik und Sprachforschung sowie Textverständlichkeitsmodelle mit einbezogen werden sollten. Allerdings ist damit noch nicht ausreichend belegt, ob das Verfassen von naturwissenschaftlichen Sachtexten nach einem Textverständlichkeitsmodellen wie dem von Göpferich (2019) tatsächlich zu einem höheren Textverständnis im Vergleich zu gängigen Schulbuchtexten führt. Ob empirische Untersuchungen in experimentellen Laborsituationen schlussendlich dazu geeignet sind komplexe kognitive Abläufe wie die Lesekompetenz umfänglich abzubilden, bleibt zu klären.

14.4. Ausblick

Weitere Forschung ist erforderlich, da nicht abschließend geklärt ist, ob die nach dem Textverständlichkeitsmodell von Göpferich (2019) verfassten Sachtexte des ein-

gesetzten Instruments im Vergleich zu denen aus Schulbüchern verständlicher sind. Studien, die die Sachtexte des eingesetzten Instruments mit denen aus Physikschulbüchern vergleichen, sind aus diesem Grund anzustreben. Wahrscheinlich fördern bestimmte Eigenschaften der für diese Studie verfassten Texte das Verständnis der Schüler unabhängig vom sprachlichen Anforderungsniveau (z. B. die Struktur, die Berücksichtigung von Schülervorstellungen und die Fokussierung auf ein physikalisches Phänomen).

Darüber hinaus ist unklar, wie sich die wahrgenommene Textverständlichkeit eines Textes auf die Lenkung der kognitiven Aufmerksamkeit oder die Motivation der Lernenden auswirkt. Der Einfluss von motivationale und affektionale Faktoren – wie z. B. das Interesse oder die Resilienz einen Text bis zum Ende zu lesen – könnte zudem bei einer Überarbeitung des von Heine et al. (2018) bereitgestellten Modells der sprachlichen Anforderungen Berücksichtigung finden. In psycholinguistischen Studien zeigen sich Wirkungen der singulären Variation von linguistischen Oberflächenmerkmalen auf die kognitive Belastung. Die simultane Variation mehrerer dieser linguistischen Merkmale wirkt sich jedoch nicht auf das Textverständnis aus. Wahrscheinlich wirken motivationale und affektionale Faktoren – wie z. B. das Interesse oder die Resilienz einen Text bis zum Ende zu lesen – moderierend zwischen sprachlicher Anforderung und dem Textverstehen. Möglicherweise führt eine höhere wahrgenommene Textverständlichkeit zu einer Anpassung der Lesestrategien und zu Unterschieden im Textverständnis der Lernenden (Mediation). Im Rahmen der PISA-Studie 2018 wurde hierzu das Aufgabenmanagement eingeführt (Reiss et al. 2019: 28). In zukünftigen Studien zur Untersuchung des Effekts des sprachlichen Anforderungsniveaus auf das fachliche Textverständnis oder die fachliche Leistung sollten daher sowohl die Anpassung von Lesestrategien als auch motivationalen und affektiven Faktoren berücksichtigt werden. Hierbei sind zudem Interaktionseffekte zu berücksichtigen. Bevor groß angelegte quantitative Studien durchgeführt werden, die eine Vielzahl an Konstrukten wie fachliches Textverstehen, Lesestrategiewissen, Wortschatz, empfundene Textverständlichkeit, Interesse, Motivation, Resilienz oder allgemeine kognitive Fähigkeiten messen und z. B. in Strukturgleichungsmodellen darstellen, könnten einzelne Konstrukte zunächst in qualitative Prozessstudien fokussiert werden. Hierzu bieten sich eye-tracking Studien an, die Fixierungszeiten von linguistischen Oberflächenmerkmale sowie Sprünge der Augenbewegung während des Lesens untersuchen. Ein Teilziel dieser eye-tracking Studien sollte sein, zu bestimmen, welche der genannten Konstrukte das fachliche Textverständnis in Abhängigkeit des sprachlichen Anforderungsniveau beeinflussen. Diese Untersuchun-

gen könnten durch Laut-Denk-Studien ergänzt werden, die einen Rückschluss auf den Prozess des Textverstehens zulassen. Allerdings werden durch lautes Denken kognitive Ressourcen gebunden, sodass diese Studien triangulierend zu Methoden eingesetzt werden sollten, die den Textverstehensprozess selbst weniger beeinflussen.

Aus den Studienergebnissen lassen sich aufgrund des experimentellen Designs keine direkten Implikationen zur Unterrichtspraxis ableiten. In sprachlich heterogenen Schulen ist das Vereinfachen der Sprache von Sachtexten im naturwissenschaftlichen Unterricht zur Steigerung des Textverständnisses gängige Praxis. Allerdings ist ein solch defizitärer Ansatz durch den aktuellen Forschungsstand und die Ergebnisse dieser Studie als nicht zielführend zu bewerten, da das Textverständnis Lernender unabhängig vom sprachlichen Anforderungsniveau zu sein scheint. Dies gilt obwohl die sprachliche Gestalt von physikbezogenen Sachtexten vom normalen Sprachgebrauch Lernender divergiert und das Aufbauen von Lesestrategien und Lesekompetenz anhand von Sachtexten wenig geübt wird (Kapitel 3.2.1). Das Bereitstellen von Unterstützungsmöglichkeiten zur Ausbildung und Förderung sprachlicher Kompetenzen im Unterricht ist weiterhin als lernförderlich anzusehen, da sprachliche Fähigkeiten mit dem fachlichen Textverständnis korrelieren. Ressourcen der Unterrichtsplanung und -durchführung sollten fachliche sowie sprachliche Unterstützung fokussieren, während sprachliche Vereinfachung zu vernachlässigen sind. Nichtsdestotrotz sollten Lehrkräfte sensibel für sprachliche Defizite Lernender sowie Hürden des Lerngegenstands sein, um sprachliche Fehler im Unterrichtsgespräch oder bei Einzelberatungen zur Schaffung einer guten Fehlerkultur im Klassenraum wertschätzend und konstruktiv einzubinden. Hierzu bieten sich ggf. sprachliche Umschreibungen eines Fachbegriffs im Sinne des micro-scaffolding an.

In Hinblick auf die Schulbuchgestaltung deuten die Ergebnisse dieser Studie darauf hin, dass die Anwendung von Textverständlichkeitsmodellen wie dem von Göpferich (2019) das fachliche Textverstehen und Lernen unterstützen. Die Ergebnisse der Studie von Apolin (2014) untermauert diese Aussage. Der Einbezug von sprachlichen Expert:innen bei der Schulbuchgestaltung ist leider wenig verbreitet (Bryant et al. 2017: 303), könnte aber helfen, die Textverständlichkeit von Schulbuchtexten zu erhöhen. Hierdurch könnte der gängigen Nutzung von Schulbüchern der Naturwissenschaften als Lehrwerke entgegengewirkt werden, damit diese für Lernende attraktiver werden.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse dieser Studie, dass die Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf Lesen und Lernen im aktuellen Diskurs überschätzt wird. Aus diesem Grund greift die Reduktion von bildungssprachlichen Mitteln in Lehrtexten zu kurz. Vielmehr sollte untersucht werden, was der moderaten bis hohen Korrelation sprachlicher und fachlicher Leistungen in den Naturwissenschaften und der Mathematik zu Grunde liegt. Der aktuelle Forschungsstand deutet darauf hin, dass die Reduktion des sprachlichen Anforderungsniveaus allein diese Disparität nicht beheben kann, sondern dass andere Einflüsse maßgebend sind. Pädagogische Maßnahmen zur gezielten Förderung der bildungssprachlichen Kompetenzen Lernender sind auch im Lichte der hier aufgeführten Ergebnisse weiterhin sinnvoll, da allgemeine sprachliche Fähigkeiten mit dem fachlichen Textverstehen positiv korrelieren. Es ist somit anzunehmen, dass bildungssprachliche Fähigkeiten das Lesen und Lernen in naturwissenschaftlichen Fächern unterstützen.

Literatur

- Ahmed, Y., Francis, D. J., York, M., Fletcher, J. M., Barnes, M., & Kulesz, P. (2016). Validation of the direct and inferential mediation (DIME) model of reading comprehension in grades 7 through 12. *Contemporary Educational Psychology*, 68–82.
- Albrecht, P. (2021). *Anmeldezahlen der 5. Klassen stabil – 14.771 Schülerinnen und Schüler starten im August an staatlichen weiterführenden Schulen*. Verfügbar 27. November 2022 unter <https://www.hamburg.de/bsb/pressemitteilungen/14914414/2021-02-19-anmeldezahlen-stabil/>
- Anderson, J. R. (2007). *Kognitive Psychologie – 6. Auflage*. Spektrum Springer.
- Apolin, M. (2014). Sprache im Physikunterricht. *Plus Lucis*, 1: 15–18.
- Ariasi, N., & Mason, L. (2014). From Covert Processes to Overt Outcomes of Re-futation Text Reading: The Interplay of Science Text Structure and Working Memory Capacity Through Eye Fixations. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12: 493–523.
- Arya, D. J., Hiebert, E. H., & Pearson, P. D. (2011). The effects of syntactical and lexical complexity on the comprehension of elementary science texts. *International Electronic Journal of Environmental Education*, 4(1): 107–125.
- Banks, K., Jaddeni, A., & Walker, C. M. (2016). Assessing the effect of language demand in bundles of math word problems. *International Journal of Testing*, 4: 1–19. <https://doi.org/10.1080/15305058.2015.1113972>
- Baurmann, J. (2006). Texte verstehen im Deutschunterricht. In H. Blühdorn, E. Breindl & U. H. Waßner (Hrsg.), *Text-Verstehen – Grammatik und darüber hinaus* (S. 239–253). de Gruyter.
- Becker-Mrotzek, M., Schramm, K., Thürmann, E., Vollmer & Johannes, H. (2013). *Sprache im Fach – Sprachlichkeit und fachliches Lernen*. Waxmann.
- Berendes, K., Dragon, N., Weinert, S., Heppt, B., & Stanta, P. (2013). Hürde Bildungssprache? Eine Annäherung an das Konzept Bildungssprache unter Einbezug aktueller empirischer Forschungsergebnisse. In A. Redder & S. Weinert

- (Hrsg.), *Sprachförderung und Sprachdiagnostik. Interdisziplinäre Perspektiven* (S. 17–41).
- Berendes, K., Vajjala, S., Meurers, D., Bryant, D., Wagner, W., Chinkina, M., & Trautwein, U. (2017). Reading Demands in Secondary School: Does the Linguistic Complexity of Textbooks Increase With Grade Level and the Academic Orientation of the School Track? *Journal of Education Psychology*, 1–26.
- Berndt, R. S., Mitchum, C. C., Burton, M. W., & Heandiges, A. N. (2004). Comprehension of reversible sentences in aphasia: the effects of verb meaning. *Cognitive Neuropsychology*, 21: 229–244. <https://doi.org/10.1080/02643290342000456>
- Bernholt, S., Härtig, H., & Retelsdorf, J. (2022). Reproduction Rather than Comprehension? Analysis of Gains in Students' Science Text Comprehension. *Research in Science Education*: 1–15. <https://doi.org/10.1007/s11165-022-10066-6>
- Bernstein, B. (1974). Soziale Schicht und sprachliche Entwicklung: Eine Theorie sozialen Lernens. In B. Bernstein (Hrsg.), *Studien zur sprachlichen Sozialisation*, 3. Auflage (S. 115–148). Schwann.
- 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: 389–397.
- Bortz, J., & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation – für Human- und Sozialwissenschaftler*. Springer Medizin.
- Bourdieu, P. (2005). *Was heißt sprechen? Zur Ökonomie des sprachlichen Tausches*. Braumüller.
- Bourdieu, P., & Passeron, J.-C. (1971). *Die Illusion der Chancengleichheit. Untersuchungen zur Soziologie des Bildungswesens am Beispiel Frankreichs*. Ernst Klett.
- Boyatzis, R. E. (1998). *Transforming Qualitative Information*. SAGE Publications.
- Bransford, J. D., & Johnson, M. K. (1972). Contextual Prerequisites for Understanding: Some Investigations of Comprehension and Recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11: 717–726.
- Bransford, J. D., & Johnson, M. K. (2014). Good-enough language processing: evidence from sentence-video matching. *Journal of Psycholinguistics Research*, 43(1): 27–43. <https://doi.org/10.1007/s10936-013-9239-5>
- Brown, B. A., Donovan, B., & Wild, A. (2019). Language and cognitive interference: How using complex scientific language limits cognitive performance. *Science Education*, 103: 750–769.

- Brown, J. D., & Hudson, T. (1998). The alternatives in language assessment. *Teachers of English to Speakers of Other Languages*, 32(4): 653–675.
- Bryant, D., Berendes, K., Meurers, D., & Weiß, Z. (2017). Schulbuchtexte der Sekundarstufe auf dem linguistischen Prüfstand. In M. Henning (Hrsg.), *Linguistische Komplexität – ein Phantom?* (S. 281–309). Stauffenberg.
- Buono, S., & Jang, E. E. (2021). The effect of linguistic factors on assessment of English language learners' mathematical ability: A differential item functioning analysis. *Educational Assessment*, 26(2): 125–144. <https://doi.org/10.1080/10627197.2020.1858783>
- Cassels, J. R. T. (1980). *Language and Thinking in Science. Some Investigations with Multiple Choice Questions*. University of Glasgow.
- Cathomas, R. (2007). Neue Tendenzen in der Fremdsprachendidaktik – das Ende der kommunikativen Wende? *Beiträge zur Lehrerbildung*, 25(2): 180–191.
- Cervetti, G. N., Hiebert, E. H., Pearson, P. D., & McClung, N. A. (2015). Factors that influence the difficulty of science words. *Journal of Literacy Research*, 47(2): 153–185. <https://doi.org/10.1177/1086296X15615363>
- Christmann, U. (1989). *Modelle der Textverarbeitung. Textbeschreibung als Leseverständnis*. Münster.
- Christmann, U., & Groeben, N. (1996). Textverstehen, Textverständlichkeit – Ein Forschungsüberblick unter Anwendungsperspektive. In H. P. Krings (Hrsg.), *Wissenschaftliche Grundlagen der Technischen Kommunikation*. Narr.
- Christmann, U., & Groeben, N. (2002). Anforderungen und Einflussfaktoren bei Sach- und Informationstexten. In N. Groeben (Hrsg.), *Lesekompetenz. Bedingungen, Dimensionen, Funktionen* (S. 150–173). Juventa.
- Collins, A., Brown, J. S., & Larkin, K. M. (1980). Inference in Text Understanding. In R. J. Spiro, B. C. Bruce & W. F. Brewer (Hrsg.), *Theoretical Issues in Reading Comprehension: Perspectives from Cognitive Psychology, Linguistics, Artificial Intelligence And Education* (S. 385–407). Routledge.
- Cooper, B. R., Moore, J. E., Powers, C. J., Cleveland, M., & Greenberg, M. T. (2014). Patterns of early reading and social skills associated with academic success in elementary school. *Early Education and Development*, 25: 1248–1264.
- Cornelis, L. (1996). English and Dutch: The passive difference. *Language Sciences*, 18: 247–264.
- Cromley, J. G. (2009). Reading Achievement and Science Proficiency: International Comparisons From the Programme on International Student Assessment. *Reading Psychology*, 30(2): 89–118.

- Cromley, J. G., & Azevedo, R. (2007). Testing and refining the direct and inferential mediation model of reading comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 99: 311–325.
- Cromley, J. G., Snyder-Hogan, L. E., & Luciw-Dubas, U. A. (2010). Reading comprehension of scientific text: A domain-specific test of the direct and inferential mediation model of reading comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 102: 687–700.
- Cruz Neri, N., Guill, K., & Retelsdorf, J. (2019). Language in science performance: Do good readers perform better? *European Journal of Psychology of Education*. <https://doi.org/10.1007/s10212-019-00453-5>
- Cruz Neri, N., & Retelsdorf, J. (2022). The role of linguistic features in science and math comprehension and performance: A systematic review and desiderata for future research. *Educational Research Review*, (36): 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100460>
- Cummins, J. (1979a). Cognitive/Academic Language Proficiency, Linguistic Interdependence, the Optimum Age Question and Some Other Matters. *Working Papers on Bilingualism*, 19: 198–205.
- Cummins, J. (1979b). Linguistic interdependence and the educational development of bilingual children. *Review of Educational Research*, 49(2): 222–251.
- Cummins, J. (2000). *Language, Power, Pedagogy. Bilingual Children in Crossfire*. Clevedon u. a.
- Cummins, J. (2008). BICS and CALP: Empirical and Theoretical Status of the Distinction. In B. Street & N. H. Hornberger (Hrsg.), *Encyclopedia of Language and Education*, 2nd Edition (S. 71–83). Springer Science + Business Media LLC.
- Daroczy, G., Meurers, W. D., Heller, J., Wolska, M., & Nürk, H.-C. (2022). The interaction of linguistic and arithmetic factors affects adult performance on arithmetic word problems. *Cognitive Processing*, 21(4): 105–125.
- Dempster, E. R., & Reddy, V. (2007). Item readability and science achievement in TIMSS 2003 in South Africa. *Science Education*, 91: 906–925. <https://doi.org/10.1002/sce.20225>
- Deppner, J. (1989). *Fachsprache der Chemie in der Schule: Empirische Untersuchung zum Textverständnis und Ansätze zur sprachlichen Förderung türkischer und deutscher Schülerinnen und Schüler* (Dissertation). Groos.
- Diebold, T. J., & Waldron, M. B. (1988). Designing Instructional Formats: The Effects of Verbal and Pictorial Components on Hearing-Impaired Students' Comprehension of Science Concepts. *American Annals of the Deaf*, 133(1): 30–35.

- Drumm, S. (2013). Vorprogrammierte Lernhindernisse? Kohäsion und Kohärenz von Schulbuchtexten im Fach Biologie. *Information zu Deutsch als Fremdsprache*, 40(4): 388–406.
- Ebner, M., & Schön, S. (2012). Editorial zum Schwerpunktthema – Wandel von Lern- und Lehrmaterialien. *Bildungsforschung*, 9(1): 1–10.
- Eckhardt, A. G. (2008). *Sprache als Barriere für den schulischen Erfolg. Potentielle Schwierigkeiten beim Erwerb schulbezogener Sprache für Kinder mit Migrationshintergrund*. Münster.
- Einhaus, E. (2007). *Schülerkompetenzen im Bereich Wärmelehre – Entwicklung eines Testinstruments zur Überprüfung und Weiterentwicklung eines normativen Modells fachbezogener Kompetenzen*. Logos.
- Ellis, R., & Shintani, N. (2014). *Exploring Language Pedagogy through Second Language Acquisition Research*. Routledge.
- Fang, Z., Schleppegrell, M. J., & Cox, B. E. (2006). Understanding the language demands of schooling: Nouns in academic registers. *Journal of Literacy Research*, 38(2): 247–273.
- Feilke, H. (2012a). Bildungssprachliche Kompetenzen – fördern und entwickeln. *Praxis Deutsch*, 233: 4–13.
- Feilke, H. (2012b). Schulsprache – Wie Schule Sprache macht. In S. Günther, W. Imo, D. Meer & J. G. Scheider (Hrsg.), *Kommunikation und Öffentlichkeit. Sprachwissenschaftliche Potenziale zwischen Empirie und Norm* (S. 149–175). de Gruyter.
- Fenkart, G. (2010). Sachtexte und Sachbücher im Unterricht aller Fächer – Geschlecht und Textsorte in der Leseerziehung. In G. Fenkart, A. Lembers & E. Erlacher-Zeitlinger (Hrsg.), *Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften* (S. 195–211). Studien Verlag.
- Flick, U. (2007). *Qualitative Sozialforschung – Eine Einführung*. Rowohlt.
- Fraas, C. (1998). Lexikalisch-semantische Eigenschaften von Fachsprachen. In L. Hoffmann, H. Kanalverkämper & H. Wiegand (Hrsg.), *Fachsprachen. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft* (S. 428–438). de Gruyter.
- Freie und Hansestadt Hamburg, (2018). *Bildungsplan Gymnasium Sekundarstufe I – Physik*. Behörde für Schule und Berufsbildung.
- Funke, R., Wieland, R., Schünenberg, S., & Melzer, F. (2013). Exploring syntactic structures in first-language education: Effects on literacy-related achievements. *L1 Educational Studies in Language and Literature*, 13: 1–24.

- Fuste-Hermann, B. (2008). *Idiom comprehension in bilingual and monolingual adolescents*. University of South Florida Scholar Commons.
- Gabler, K. (2013). *Wortstellungsvariation im Deutschen: Psycholinguistische Untersuchungen zur Relativsatzposition*. Philipps-Universität Marburg.
- Gailberger, S., & Willenberg, H. (2008). Leseverstehen Deutsch. In E. Klieme (Hrsg.), *Unterricht und Kompetenzerwerb in Deutsch und Englisch – Ergebnisse der DESI-Studie* (S. 60–71). Beltz.
- Gass, S., & Mackey, A. (2017). *Stimulated Recall Methodology in Applied Linguistics and L2 Research – Second Edition*. Routledge.
- Gentner, D. (2010). Bootstrapping the Mind: Analogical Processes and Symbol Systems. *Cognitive Science*, 34(5): 752–775. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1551-6709.2010.01114.x>
- Gogolin, I. (2008). Herausforderung Bildungssprache. *Die Grundschulzeitschrift*, 23: 26.
- Gogolin, I., & Duarte, J. (2016). Bildungssprache. In J. Kilian, B. Brouer & D. Lüttenberg (Hrsg.), *Handbuch Sprache in der Bildung* (S. 478–499). De Gruyter.
- Gogolin, I., & Lange, I. (2011). Bildungssprache und durchgängige Sprachbildung. In S. Fürstenau & M. Gomolla (Hrsg.), *Migration und schulischer Wandel: Mehrsprachigkeit* (S. 107–129). Verlag für Sozialwissenschaften.
- Gogolin, I., & Roth, H.-J. (2007). Bilinguale Grundschule. Ein Beitrag zur Förderung der Mehrsprachigkeit. In T. Anstatt (Hrsg.), *Mehrsprachigkeit bei Kindern und Erwachsenen* (S. 31–46). Attempto.
- Golke, S., Hagen, R., & Wittwer, J. (2019). The Effect of Narratives on Text Comprehension and Metacomprehension. *Learning and Instruction*, 60: 1–19.
- Göpferich, S. (2019). Textverstehen und Textverständlichkeit. In N. Janich (Hrsg.), *Textlinguistik – 15 Einführungen und eine Diskussion (2. Auflage)* (S. 281–301). Narr Studienbücher.
- Greasser, A. C., McNamara, D. S., & Kulikowich, J. M. (2011). Coh-Metrix: Providing multilevel analyses of text characteristics. *Educational Researcher*, 40: 223–234.
- Groeben, N. (1978). *Die Verständlichkeit von Unterrichtstexten*. Aschendorff.
- Groeben, N. (1982). *Leserpsychologie: Textverstehen – Textverständlichkeit*. Aschendorff.
- Groeben, N., & Christmann, U. (1989). Textoptimierung unter Verständlichkeitsperspektive. In H. P. Krings (Hrsg.), *Textproduktion – Ein interdisziplinärer Forschungsüberblick*. Niemeyer.

- Haag, N., Heppt, B., Roppelt, A., & Stanat, P. (2015). Linguistic simplification of mathematics items: effects of language minority students in Germany. *European Journal of Psychology and Education*, 30(2): 145–167.
- Haag, N., Heppt, B., Stanat, P., Kuhl, P., & Pant, H. A. (2013). Second language learners' performance in mathematics: Disentangling the effects of academic language features. *Learning and Instruction*, 28: 24–34.
- Habermas, J. (1978). Umgangssprache, Wissenschaftssprache, Bildungssprache. *Merkur*, 359: 321–342.
- Hacker, H. (1980). Zur Allgemeinen Didaktik des Schulbuchs. In H. Hacker (Hrsg.), *Das Schulbuch – Funktion und Verwendung im Unterricht*. (S. 7–30). Julius Klinkhardt.
- Hall, S. (1997). *Representation. Cultural representations and signifying practices*. The Open University.
- Halliday, M. A. K., & Hassan, R. (1989). *Language, context, and text: Aspects of language in a social-semiotic perspective (2nd ed.)* Oxford University Press.
- Härtig, H. (2010). *Sachstrukturen von Physikschulbüchern als Grundlage zur Bestimmung der Inhaltsvalidität eines Tests*. Logos.
- Härtig, H., Bernholt, S., Fraser, N., Cromley, J., & Retelsdorf, J. (2022). Comparing Reading Comprehension of Narrative and Expository Texts Based on the Direct and Inferential Mediation Model. *International Journal of Science and Mathematics Education*: 1–25. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10302-5>
- Härtig, H., Bernholt, S., Precht, H., & Retelsdorf, J. (2015). Unterrichtssprache im Fachunterricht – Stand der Forschung und Forschungsperspektiven am Beispiel des Textverständnisses. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1): 55–67.
- Härtig, H., Fraser, N., Bernholt, S., & Retelsdorf, J. (2019). Kann man Sachtexte vereinfachen? – Ergebnisse einer Generalisierungsstudie zum Textverständnis. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, (25): 273–287.
- Härtig, H., Heitmann, P., & Retelsdorf, J. (2015). Analyse der Aufgaben zur Evaluation der Bildungsstandards in Physik – Differenzierung von schriftsprachlichen Fähigkeiten und Fachlichkeit. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 18: 763–779.
- Härtig, H., & Kohnen, N. (2017). Die Rolle der Termini beim Lernen mit Physikschulbüchern. In B. Ahrenholz, B. Hövelbrinks & C. Schmellentin (Hrsg.), *Fachunterricht und Sprache in schulischen Lehr-/Lernprozessen* (S. 55–72). Narr Studienbücher.

- Härtig, H., & Neumann, K. (2014). Mit Schulbüchern lernen? – Wie Schulbücher den Wissenserwerb fördern können. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 3(63): 10–14.
- Härtig, H., Pehlke, C., Fischer, H. E., & Schmeck, A. (2012). Sind Fachsprache und Fachwissen bezogen auf Physik unterscheidbar? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18: 381–390.
- Heine, L., Domenech, M., Otto, L., Neumann, A., Krelle, M., Leiss, D., Höttecke, D., Ehmke, T., & Schwippert, K. (2018). Modellierung sprachlicher Anforderungen in Testaufgaben verschiedener Unterrichtsfächer: Theoretische und empirische Grundlagen. *Zeitschrift für angewandte Linguistik*, 69: 69–96.
- Heine, L., & Schramm, K. (2016). Instrospektion. In D. Caspari, F. Klippel, M. Legutke & K. Schramm (Hrsg.), *Handbuch Forschungsmethoden in der Fremdsprachendidaktik* (S. 173–181). Narr.
- Heinen, R., & Heinicke, S. (2018). Stolpersteine aufgedeckt: Gestaltung. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*: 40–44.
- Heinicke, S., Lumer, J., & Heinen, R. (2018). Stolpersteine aufgedeckt: Text. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*: 34–39.
- Heppt, B., Haag, N., Böhme, K., & Stanat, P. (2015). The role of academic-language features for reading comprehension of language-minority students and students from low-SES families. *Reading Research Quarterly*, 50: 61–82. <https://doi.org/10.1002/rrq.83>
- Hoffmann, L. (1998). Syntaktische und morphologische Eigenschaften von Fachsprachen. In L. Hoffmann, H. Kanalverkämper & H. Wiegand (Hrsg.), *Fachsprachen. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft* (S. 416–427). de Gruyter.
- Höller, L. M. (2020). *Der Zusammenhang affektiv motivationaler Faktoren mit fachlichem Lernen, exemplarisch untersucht*. Universität Hamburg.
- Hörmann, H. (1980). Der Vorgang des Verstehens. In W. Kühlwein & A. Raasch (Hrsg.), *Sprache und Verstehen* (S. 17–29). Narr.
- Höttecke, D., Ehmke, T., Krieger, C., & Kulik, M. (2017). Vergleichende Messung fachsprachlicher Fähigkeiten in den Domänen Physik und Sport. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1): 53–69.
- Höttecke, D., Feser, M. S., Heine, L., & Ehmke, T. (2018). Do Linguistic Features Influence Item Difficulty in Physics Assessments? *Science Education Review Letters*, 6(1): 1–6.

- Hövelbrinks, B. (2004). *Bildungssprachliche Kompetenz von einsprachig und mehrsprachig aufwachsenden Kindern. Eine vergleichende Studie in naturwissenschaftlicher Lernumgebung des ersten Schuljahrs*. Beltz, Juventa.
- Hsu, P.-L., & Yang, W.-G. (2007). Print and Image Integration of Science Texts and Reading Comprehension: A Systematic Functional Linguistic Perspective. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5: 639–659.
- Hußmann, A., Wendt, H., Bos, W., Bremerich-Vos, A., Kasper, D., Lankes, E.-M., McElvany, N., Stubbe, T. C., & Valtin, R. (2017). *IGLU 2016 – Lesekompetenz von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich*. Waxmann.
- Hynd, C. (2001). Refutational texts and the change process. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 34: 699–714.
- Hynd, C. (2014). “What Are You Looking at?” An Eye Movement Exploration in Science Text Reading. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12: 241–260.
- Irujo, S. (1993). Steering Clear: Avoidance in the Production of Idioms. *International Review of Applied Linguistics in Language Teaching*, 31(3): 160–212.
- Jian, S., Y. C. (2019). Reading Instructions Facilitate Signaling Effect on Science Text for Young Readers: an Eye-Movement Study. *International Review of Applied Linguistics in Language Teaching*, 17: 503–522.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness*. Cambridge University Press.
- Kachchaf, R., Noble, T., Rosebery, A., O'Connor, C., Warren, B., & Wang, Y. (2016). A closer look at linguistic complexity: Pinpointing individual linguistic features of science multiple-choice items associated with English language learner performance. *Bilingual Research Journal*, 39(2): 152–166. <https://doi.org/10.1080/15235882.2016.1169455>
- Kalverkämper, H. (1998). Fach und Fachwissen. In L. Hoffmann, A. Burkhardt, G. Ungeheuer, H. E. Wiegand, H. Steger & K. Brinker (Hrsg.), *Fachsprachen – Languages for Special Purposes. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft* (S. 1–24). de Gruyter.
- Kamalski, J., Sanders, T., & Lentz, L. (2008). Coherence marking, prior knowledge and comprehension of informative and persuasive texts: Sorting things out. *Discourse Processes*, 45: 323–345.

- Kareva, V., & Echevarria, J. (2013). Using the SIOP Model for Effective Content Teaching with Second and Foreign Language Learners. *Journal of Education and Training Studies*, 1(2): 239–248.
- Kauertz, A. (2014). Entwicklung eines Rasch-skalierten Leistungstests. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 341–353). Springer Spektrum.
- Keenan, J. M., & Kintsch, W. (1974). The identification of explicit and implicit presented information. In W. Kintsch (Hrsg.), *The Representation of Meaning in Memory* (S. 153–165). Wiley.
- 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(3): 176–195.
- Kettler, R. J., Dickenson, T. S., Bennett, H. L., Morgan, G. B., Gilmore, J. A., Beddow, P. A., Swaffield, S., Turner, L., Herrera, B., Turner, C., & Palmer, P. W. (2012). Enhancing the accessibility of high school science tests: a multistate experiment. *Exceptional Children*, 79(1): 91–106. <https://eric.ed.gov/?id=EJ979576>
- Kieffer, M. J., Rivera, C., & Francis, D. J. (2012). *Practical guidelines for the education of English language learners. Research-based recommendations for the use of accommodations in large-scale assessments. 2012 update*. NH: RMC Research Corporation, Center on Instruction.
- Kintsch, W. (1974). *Representation of Meaning in Memory*. Wiley.
- Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. University Press.
- Kintsch, W. (2005). An Overview of Top-Down and Bottom-Up Effects in Comprehension: The CI Perspective. *Discourse Processes*, 29(2-3): 125–128.
- Kintsch, W., & van Dijk, T. A. (1978). Toward a model of text comprehension and production. *Psychological Review*, 85(5): 363–394.
- Kirsch, I. (2001). *The International Adult Literacy Survey (IALS): Understanding What Was Measured*. Educational Testing Service. <https://www.ets.org/Media/Research/pdf/RR-01-25-Kirsch.pdf>
- Klein, W. (1984). Textverständlichkeit – Textverstehen. *Zeitschrift für Literaturwissenschaft und Linguistik*, 55(14): 1–3.
- Kleinschmidt-Schinke, K. (2018). *Die an die Schüler/-innen gerichtete Sprache (SgS): Studien zur Veränderung der Lehrer/-innensprache von der Grundschule bis zur Oberstufe*. de Gruyter.

- Klute, W. (2006). *Sachtexte erschließen. Grundlagen, Texte und Arbeitshilfen für den Deutsch-Unterricht der Sekundarstufe I*. Cornelsen Scriptor.
- Koch, P., & Oesterreicher, W. (1985). Sprache der Nähe – Sprache der Distanz. Mündlichkeit und Schriftlichkeit im Spannungsfeld von Sprachtheorie und Sprachgeschichte. In O. Deutschmann, H. Flasche, B. König, M. Kruse, W. Pabst & W.-D. Stempel (Hrsg.), *Romanistisches Jahrbuch* (S. 15–43). de Gruyter.
- Kohnen, N., Bernholt, S., Retelsdorf, J., & Härtig, H. (2017). Textverständnis im Physikunterricht. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Zürich 2016* (S. 436–439). Universität Regensburg.
- Kohnen, N., Härtig, H., Bernholt, S., & Retelsdorf, J. (2017). Leichte Sprache im Physikunterricht. In B. Bock, U. Fix & D. Lange (Hrsg.), *Leichte Sprache im Spiegel theoretischer und angewandter Forschung* (S. 337–342). Frank & Timme.
- Köhnen, J., Kronenwerth, S., Redder, A., Schuth, E., & Weinert, S. (2015). Bildungssprachlicher Wortschatz – linguistische und psychologische Fundierung und Itementwicklung. In A. Redder, J. Naumann & R. Tracy (Hrsg.), *Forschungsinitiative Sprachdiagnostik und Sprachförderung – Ergebnisse* (S. 67–92). Waxmann.
- Konieczny, L. (2000). Locality and parsing complexity. *Journal of Psycholinguistic Research*, 29(6): 627–645.
- Korpershoek, H., Kuyper, H., & van der Werf, G. (2015). The Relation Between Students' Math and Reading Ability and Their Mathematics, Physics, and Chemistry Examination Grades in Secondary Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, (13): 1013–1037.
- Kröger-Bidlo, H., & Rupp, G. (2013). Textkohäsion als Bedingung des Leseverständnisses bei der Verarbeitung expositorischer Texte. *Didaktik Deutsch: Halbjahresschrift für die Didaktik der deutschen Sprache und Literatur*, 18(35): 83–101.
- Kulgemeyer, C. (2010). *Physikalische Kommunikationskompetenz. Modellierung und Diagnostik*. Logos.
- Kulgemeyer, C., & Starauschek, E. (2014). Analyse der Verständlichkeit naturwissenschaftlicher Fachtexte. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 241–253). Springer Spektrum.

- Lampianou, I. (2020). *Applying the Rasch Model in Social Sciences Using R*. Routledge.
- Langenmayr, A. (1997). *Sprachpsychologie – Ein Lehrbuch*. Hogrefe.
- Langer, I., Schulz von Thun, F., & Tausch, R. (1974). *Verständlichkeit in Schule, Verwaltung, Politik und Wissenschaft*. Reinhardt.
- Lazaraton, A. (1992). Linking ideas with AND in spoken and written discourse. *International Review of Applied Linguistics*, 30(3): 191–206.
- Leisen, J. (2008). Lehrerinnen und Lehrer schreiben Texte. Fachtexte für Schülerinnen und Schüler passend machen. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik*, 104(19): 41–43.
- Leisen, J. (2010). Leseverstehen und Leseförderung in den Naturwissenschaften. In G. Fenkart, A. Lembers & E. Erlacher-Zeitlinger (Hrsg.), *Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften* (S. 212–231). Studien Verlag.
- Leiss, D., Hagen, M., Neumann, A., & Schwippert, K. (2017). Schwer – schwierig – diffizil: Zum Einfluss sprachlicher Komplexität von Aufgaben auf fachliche Leistung in der Sekundarstufe I. In *Mathematik und Sprache – Empirischer Forschungsstand und unterrichtliche Herausforderungen* (S. 99–125). Waxmann.
- Lengyl, D. (2010). Bildungssprachförderlicher Unterricht in mehrsprachigen Lernkonstellationen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 13: 593–608.
- Levy, R., Fedorenko, E., Breen, M., & Gibson, T. (2012). The processing of extraposed structures in English. *Cognition*, 122(1): 12–36.
- Levy, R., & Keller, F. (2004). Length, frequency, and predicability effects of words on eye movements in reading. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16(1-2): 262–284.
- Levy, R., & Keller, F. (2013). Expectation and locality effects in German verb-final structures. *Journal of Memory and Language*, 68(2): 199–222.
- Linderholm, T., Everson, M. G., van den Broek, P., Mischinski, M., Crittenden, A., & Samuels, J. (2000). Effects of causal text revisions on more and less skilled readers? Comprehension of easy and difficult text. *Cognition and Instruction*, 18: 525–556.
- Loewenstein, J., & Gentner, D. (1998). Relational language facilities analogy in children. In M. A. Gernsbacher & S. H. Derry (Hrsg.), *Proceedings of the twentieth annual conference of the cognitive science society* (S. 615–620). Erlbaum.
- Lumer, J., Heinicke, S., & Heinen, R. (2018). Mit Stolpersteinen umgehen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*: 45–50.

- Lutz, B. (2015). *Verständlichkeitsforschung transdisziplinär: Plädoyer für eine anwenderfreundliche Wissensgesellschaft*. V&R Unipress.
- Maaß, C. (2015). *Leichte Sprache: das Regelbuch*. LIT.
- Mason, L., Zaccoletti, S., Carretti, B., Scrimin, S., & Diakidoy, I.-A. N. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86(3): 389–401.
- Mason, L., Zaccoletti, S., Carretti, B., Scrimin, S., & Diakidoy, I.-A. N. (2019). The Role of Inhibition in Conceptual Learning from Refutation and Standard Expository Texts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17: 483–501.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse – Grundlagen und Techniken*. Beltz.
- McClusky, H. Y. (1934). A quantitative analysis of the difficulty of reading materials. *The Journal of Educational Research*, 28(4): 276–282.
- McKoon, G., & Kintsch, W. (1974). Response latencies to explicit and implicit statements as a function of the delay between reading and test. In W. Kintsch (Hrsg.), *The Representation of Meaning in Memory* (S. 166–176). Wiley.
- McNamara, D. S., Kintsch, E., N., S., & Kintsch, W. (1996). Are good texts always better? Interaction of text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text. *Cognition and Instruction*, 14: 1–43.
- McNamara, D. S., & Kintsch, W. (1996). Learning from text: Effects of prior knowledge and text coherence. *Discourse Processes*, 22: 247–288.
- Merton, R. K., & Kendall, P. L. (1979). Das fokussierte Interview. In C. Hopf & E. Weingarten (Hrsg.), *Qualitative Sozialforschung* (S. 171–204). Klett-Cotta.
- Merzyn, G. (1994). *Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht*. IPN.
- Meutsch, D. (1984). Wie entsteht ein verständlicher Text? Einflüsse literarischer und nicht literarischer Kontexte auf zielspezifische Verstehensprozesse. *Zeitschrift für Literaturwissenschaft und Linguistik*, 55(14): 86–112.
- Mikk, J. (2008). Sentence length for revealing the cognitive load reversal effect in text comprehension. *Educational Studies*, 2(34): 119–127.
- Moosbrugger, H., & Kelava, A. (2012). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Springer.
- Morek, M., & Heller, V. (2012). Bildungssprache – Kommunikative, epistemologische, soziale und interaktive Aspekte ihres Gebrauchs. *Zeitschrift für Angewandte Linguistik*, 57(1): 67–101.
- Mosenthal, P. B. (1996). Understanding the strategies of document literacy and their conditions of use. *Journal of Educational Psychology*, 2(88): 314–332.

- Moser, U., Buff, A., Angelone, D., & Hollenweger, J. (2011). *Nach sechs Jahren Primarschule. Deutsch, Mathematik und motivational-emotionales Befinden am Ende der 6. Klasse*. Bildungsdirektion Zürich.
- Neumann, K. (2014). Rasch-Analyse naturwissenschaftsbezogener Leistungstests. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 354–369). Springer Spektrum.
- Nippold, M. A., & Sun, L. (2008). Knowledge of morphologically complex words: A developmental study of older children and young adolescents. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 39(3): 365–373. <https://doi.org/10.1044/0161-14612008/034>
- O'Reilly, T., & McNamara, D. S. (2007a). The Impact of Science Knowledge, Reading Skill, and Reading Strategy Knowledge on More Traditional High-Stakes Measures of High School Students' Science Achievement. *American Educational Research Journal*, 44(1): 161–196.
- O'Reilly, T., & McNamara, D. S. (2007b). Reversing the reverse cohesion effect: Good texts can be better for strategic, high knowledge readers. *Discourse Processes*, 43(2): 121–152.
- Ozuru, Y., Dempsey, K., & McNamara, D. S. (2009). Prior knowledge, reading skill, and text cohesion in the comprehension of science texts. *Learning and Instruction*, 19: 228–242.
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive Load Theory and Instructional Design. *Educational Psychologist*, 38(1): 1–4.
- Paetsch, J., Radmann, S., Felbrich, A., Lehrmann, R., & Stanat, P. (2015). Sprachkompetenz als Prädiktor mathematischer Kompetenzentwicklung von Kinder deutscher und nicht-deutscher Familiensprache. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und pädagogische Psychologie*, 48(1): 27–41.
- Pause, P. E. (1984). Das Kumulationsprinzip – eine Grundlage für die Rekonstruktion von Textverstehen und Textverständlichkeit. *Zeitschrift für Literaturwissenschaft und Linguistik*, 55(14): 38–55.
- Penkin, A. N. (2021). *Einführung und Verwendung von physikalischen Begriffen und Konzepten von aktuellen Schulbücher*. Universität Hamburg.
- Pfeiffer, S. (2008). Das Leben einer Eiche. Sachtexte verstehen und kreativ mit ihnen umgehen. *Grundschulmagazin*, 76(2): 37–41.
- Plath, J., & Leiss, D. (2017). The impact of linguistic complexity on the solution of mathematical modelling tasks. *ZDM Mathematics Education*, 48(7): 1–13.

- Pohl, T. (2016). Die Epistemisierung des Unterrichtsdiskurses – ein Forschungsrahmen. In E. Tschirner, O. Bärenfänger & J. Möhring (Hrsg.), *Deutsch als fremde Bildungssprache. Das Spannungsfeld von Fachwissen, sprachlicher Kompetenz, Diagnostik und Didaktik* (S. 55–80). Stauffenberg.
- Pöhler, B., George, A. C., Prediger, S., & Weinert, H. (2017). Are word problems really more difficult for students with low language proficiency? Investigating percent items in different formats and types. *IEJME – Mathematics Education*, 12(7): 667–687.
- Prediger, S., Wilhelm, N., Büchter, A., Gürsoy, E., & Benholz, C. (2015). Sprachkompetenz und Mathematikleistung – Empirische Untersuchung sprachlich bedingter Hürden in den Zentralen Prüfungen 10. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 36(1): 77–104.
- Prenzel, M., Häußler, P., Rost, J., & Senkbeil, M. (2002). Der PISA-Naturwissenschaftstest: Lassen sich die Aufgabenschwierigkeiten vorhersagen? *Unterrichtswissenschaften*, 30(2): 120–135.
- Prinz, A., Golke, S., & Wittwer, J. (2018). Refutation Texts Compensate for Detrimental Effects of Misconceptions on Comprehension and Metacomprehension Accuracy and Support Transfer. *Journal of Education Psychology*, 111(6): 957–981.
- Prophet, R. B., & Badede, N. B. (2009). Language and student performance in junior secondary science examinations: the case of second language learners in Botswana. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7: 235–251. <https://doi.org/10.1007/s10763-006-9058-3>
- Rabe, T., & Mikelskis, H. F. (2007). Kohärenzbildungshilfen und Selbsterklärungen: Fördern sie das Physiklernen? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, (13): 33–51.
- Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E., & Köller, O. (2016). *PISA 2015 – Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Waxmann.
- Reiss, K., Weis, M., Klieme, E., & Köller, O. (2019). *PISA 2018 – Grundbildung im internationalen Vergleich*. Waxmann.
- Renkl, A. (2009). Wissenserwerb. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 3–26). Springer-Lehrbuch.
- Riebling, L. (2013). Heuristik der Bildungssprache. In I. Gogolin, I. Lange, U. Michel & H. H. Reich (Hrsg.), *Herausforderung Bildungssprache – und wie man sie meistert* (S. 106–153). Waxmann.

- Rincke, K., & Leisen, J. (2015). Sprache im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik – Theorie und Praxis*. 3. Auflage (S. 636–655). Springer Spektrum.
- Rivera, C., & Stansfield, C. W. (2004). The effect of linguistic simplification of science test items on score comparability. *Educational Assessment*, 9: 79–105. https://doi.org/10.1207/s15326977ea0903%5C&4_1
- Robitzsch, A., Kiefer, T., & Wu, M. (2020). *TAM: Test Analysis Modules* [R package version 3.4-26]. Verfügbar 15. September 2022 unter <https://CRAN.R-project.org/package=TAM>
- Roelcke, T. (2010). *Fachsprachen*. Erich Schmidt Verlag.
- Rost, J. (2004). *Lehrbuch Testtheorie – Testkonstruktion*. Hans Huber Verlag.
- Sanford, A. J., & Garrod, S. C. (1981). *Understanding written language: Explorations of comprehension beyond the sentence*. John Wiley; Sons.
- Savolainen, H., Ahonen, T., Aro, M., Tolvanen, A., & Holopainen, L. (2008). Reading comprehension, word reading and spelling as predictors of school achievement and choice of secondary education. *Learning and Instruction*, 18: 201–210.
- Schaffner, E., & Schiefele, U. (2008). The prediction of reading comprehension by cognitive and motivational factors: Does text accessibility during comprehension testing make a difference? *Learning and Individual Differences*, 26: 42–54.
- Schalk, L., Saalbach, H., & Stern, E. (2016). Approaches to foster transfer of formal principles: Which route to take? *PloS one*, 11(2): 1–21. <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0148787>
- Schecker, H., & Duit, R. (2018). Schülervorstellungen und Physiklernen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht* (S. 1–22). Springer Spektrum.
- Schiemann, P. (2011). Fachsprache in biologischen Testaufgaben. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, (17): 115–136. http://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/17_Schmiemann.pdf
- Schleppegrell, M. J. (2001). Linguistic Features of the Language of Schooling. *Linguistics and Education*, 12(4): 431–459.
- Schleppegrell, M. J. (2004). *The Language of Schooling – A Functional Linguistics Perspective*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Schleppegrell, M. J. (2010). The language of schooling. Introduction to the special issue. *Elementary School Journal*, 112: 409–418.
- Schmitz, A. (2015). *Verständlichkeit von Sachtexten – Wirkung der globalen Textkohäsion auf das Textverständnis von Schülern* (Diss.). Springer.

- Schmölzer-Eibinger, S. (2013). Sprache als Medium des Lernens im Fach. In M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann, Vollmer & H. Johannes (Hrsg.), *Sprache im Fach – Sprachlichkeit und fachliches Lernen* (S. 25–40). Waxmann.
- Schnack, J. (2017). Von der Alltags- zur Bildungssprache. *Pädagogik*, 6: 6–7.
- Schneider, W., Schlagmüller, M., & Ennemoser, M. (2007). *LGVT – Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12*. Hogrefe.
- Schnotz, W. (1985). *Elementaristische und holistische Theorieansätze zum Textverstehen*. Forschungsbericht 35 des Deutschen Instituts für Fernstudien.
- Schnotz, W. (1994). *Aufbau von Wissensstrukturen. Untersuchung zur Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Texten (Fortschritte der psychologischen Forschung)*. Beltz.
- Schnotz, W. (2006). Was geschieht im Kopf des Lesers? – Mentale Konstruktionsprozesse beim Textverstehen aus der Sicht der Psychologie und der kognitiven Linguistik. In H. Blühdorn, E. Breindl & U. H. Waßner (Hrsg.), *Text-Verstehen – Grammatik und darüber hinaus* (S. 222–238). de Gruyter.
- Schnotz, W., & Dutke, S. (2004). Kognitionspsychologische Grundlagen der Lesekompetenz: Mehrebenenverarbeitung anhand multipler Informationsquellen. In U. Schiefele, C. Artelt, W. Schneider & P. Stanat (Hrsg.), *Struktur, Entwicklung und Förderung von Lesekompetenz. Vertiefende Analysen im Rahmen von PISA 2000* (S. 61–99). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Snow, C. E. (2010). Academic language and the challenge of reading for learning about science. *Science*, 328: 448–450. <https://doi.org/10.1126/science.1182596>
- Solomyak, O., & Marantz, A. (2010). Evidence for early morphological decomposition in visual word recognition: A single-trial correlation MEG study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22: 2042–2057.
- Starauschek, E. (2003). Ergebnisse einer Schülerbefragung über Physikbücher. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9: 135–146.
- Starauschek, E. (2006). Der Einfluss von Textkohäsion und gegenständlichen externen piktoralen Repräsentationen auf die Verständlichkeit von Texten zum Physiklernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12: 127–157.
- Stekauer, P. (2005). *Meaning Predictability in Word Formation*. John Benjamins.
- Stiller, J., Hartmann, S., Mathesius, S., Straube, P., Tiemann, R., Nordmeier, V., Krüger, D., & Upmeyer, A. (2016). Assessing scientific reasoning: a comprehensive evaluation of item features that affect item difficulty. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 41: 721–732. <https://doi.org/10.1080/02602938.2016.1164830>

- Strobl, C. (2012). *Das Rasch-Modell – Eine verständliche Einführung für Studium und Praxis*. Rainer Hampp.
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. Springer.
- Tamir, P. (1993). Positive and negative multiple choice items: how different are they? *Studies in Educational Evaluation*, 19(3): 311–325. <https://eric.ed.gov/?id=EJ471898>
- Tolochko, P., Song, H., & Boomgaarden, H. (2019). "That Looks Hard!": Effects of Objective and Perceived Textual Complexity on Factual and Structural Political Knowledge. *Political Communication*.
- van Dijk, T. A. (1977). Semantic Macro-Structures and Knowledge Frames in Discourse Comprehension. In M. A. Just & P. A. Carpenter (Hrsg.), *Cognitive processes in comprehension*. Lawrence Erlbaum.
- van Dijk, T. A., & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. Academic Press.
- Vygotsky, L. (1979). *Denken und Sprechen*. Fischer.
- Vygotsky, L. (1986). *Thought and Language*. MIT Press.
- Walkington, C., Clinton, V., Ritter, S. N., & Nathan, M. J. (2015). How readability and topic incidence relate to performance on mathematics story problems in computer-based curricula. *Journal of Educational Psychology*, 107(4): 1051–1074. <https://doi.org/10.1037/edu0000036>
- Weis, M., K., M., Mang, J., Heine, J. H., Mahler, N., & Reiss, K. (2019). Soziale Herkunft, Zuwanderungshintergrund und Lesekompetenz. In K. Reiss, M. Weis, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2018 – Grundbildung im internationalen Vergleich* (S. 129–162). Waxmann.
- Wendt, H., Schwippert, K., & Stubbe, T. C. (2016). Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern mit Migrationshintergrund. In H. Wendt, W. Bos, C. Selter, O. Köller, K. Schwippert & D. Kasper (Hrsg.), *Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (S. 317–331). Waxmann.
- Wendt, H., Schwippert, K., Stubbe, T. C., & Jusufi, D. (2020). Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern mit und ohne Migrationshintergrund. In K. Schwippert, D. Kasper, O. Köller, N. McElvany, C. Selter, M. Steffensky & H. Wendt (Hrsg.), *Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (S. 291–313). Waxmann.

- Wodzinski, R., & Heinicke, S. (2018). Sprachbildung im Physikunterricht – Unterricht gestalten zwischen Fachsprache, Bildungssprache und Sprachförderung. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*: 4–11.
- Yeo, S., & Zadnik, M. (2001). Introductory Thermal Concept Evaluation: Assessing Students' Understanding. *The Physics Teacher*, 39: 496–504.
- Yore, L. D., Hand, B., Goldman, S. R., Hildebrand, G. M., Osborne, J. F., Treagust, D. F., & Wallace, C. S. (2004). New directions in language and science education research. *Reading Research Quarterly*, 39: 347–352.
- Zhang, J., & Stout, W. (1999). The Theoretical Detect Index of Dimensionality and its Application to Approximate Simple Structure. *Psychometrika*, 64(2): 213–249.

A. Erhebungs- und Auswertungsmaterial der Vorstudien

A.1. Entwicklung physikbezogener Sachtexte

Im Folgenden findet sich der Leitfaden zur Erhebung des fokussierten Interviews des Prä-Pilots der Sachtexte, die Erläuterung der Fragen dieses Leitfadens, die Transkriptionsregeln für die Transkription der verbalen Daten der beiden Prä-Pilote, das Kodiermanual für die Inhaltsanalyse des Prä-Pilots der Sachtexte und die Reduktionstabelle als Ergebnis der Inhaltsanalyse des Prä-Pilots der Sachtexte. Daran anknüpfend folgen die Transkripte der Interviews des Prä-Pilots der Sachtexte unter Kapitel A.1.2. Als Abschluss des Verfassens der Texte werden hier die Concept-Maps der finalen Texte auf dem mittleren Anforderungsniveau präsentiert.

Abbildung A.1.: Leitfaden: Fokussiertes Interview.

 Universität Hamburg DER FORSCHUNG DER LEHRE DER BILDUNG	FAKULTÄT FÜR ERZIEHUNGSWISSENSCHAFT
Interview-Leitfaden	
Vorbereitung und allgemeine Hinweise • angenehme Raumatmosphäre schaffen. • Schüler_in grob über Ziel und Zweck informieren. • Schülerantworten im Interview ggf. knapp zusammenfassen und validieren lassen. • Untergeordnete Fragen nicht stellen, wenn diese schon beantwortet wurden. • Wirkungen genau erklären lassen. • Gestik & Mimik des aktiven Zuhörens anwenden.	
Vorbemerkungen — Du erinnerst dich vielleicht noch, dass meine Arbeit die Verständlichkeit von Texten untersuchen möchte. Aus dem Grund habe ich den Text geschrieben, den du gerade gelesen hast. Mit diesem Interview möchte ich nun mehr darüber erfahren, wie verständlich der Text für dich war, wie der Text auf dich gewirkt hat und was für Gedanken du beim Lesen hattest. Es gibt dabei keine richtigen und keine falschen Antworten. Sage einfach das, was dir zu meinen Fragen einfällt. Es kann sein, dass du sehr viel redest und ich viel zuhöre. Das ist vollkommen okay. Ich habe mir einen Leitfaden gemacht, damit ich mich an Fragen, die ich dir stellen möchte, erinnern kann und mache mir evtl. auch Notizen zu dem was du sagst. Lass dich davon nicht stören, du kannst dir meine Notizen auch gerne nach dem Interview ansehen. Wie du weißt, nehme ich unser Gespräch auf, damit ich nichts von dem vergesse, was du sagst. Alles worüber wir hier sprechen, bleibt aber unter uns. Deine Lehrer_in wird nichts davon erfahren, was du sagst. Bist du damit immer noch einverstanden? (Warten) Hast du noch Fragen? —	
Fragen Wir beginnen mit einigen allgemeinen Fragen zum ganzen Text. Du darfst dich dabei auch direkt auf den Text beziehen und mich auf Textstellen hinweisen.	
Text gesamt • Wenn du dem Text eine Note für Verständlichkeit geben dürftest, welche Note würdest du dem Text geben? ◦ Warum diese Note? • Ist dir beim Lesen irgendetwas aufgefallen? Ist an dem Text etwas besonders? ◦ War der Text (sprachlich [nennen, wenn Sprache thematisiert wird]) wie andere Texte im Physikunterricht/NWU? ◦ Was fällt dir zur Verständlichkeit des Textes ein? Hast du den Text verstanden, wenn ja, warum?	
Fragen zu Wirkungen (wenn möglich, Reaktionen/Empfindungen/Wirkungen aufgreifen) • Du hast XYZ Wirkung erwähnt, kannst du sagen, wo dir dies im Text aufgefallen ist? • Wo war im Text etwas für dich kompliziert, unverständlich? ◦ Welche Textstellen hast du mehrmals gelesen? ◦ Gab es verwirrende Stellen im Text? • Was findest du am Text besonders interessant? ◦ Welche Stelle war besonders informativ?	



Universität Hamburg
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

FAKULTÄT
FÜR ERZIEHUNGSWISSENSCHAFT

- War der Text an Stellen langweilig?

Fragen zu Textstellen (wenn möglich genannte Textstellen nochmal aufgreifen)

- Du hast XYZ Stelle vom Text erwähnt, kannst du sagen, wie deine Entfindung / Wirkung / Gedanken dazu war?
 - Wie findest du die Zwischenüberschriften/Aufteilung der Texte?
 - In den Texten sind mehrere Phänomene/Beispiele, kannst du mir etwas über die Phänomene/Beispiele erzählen?
 - Im Text steht etwas von XYZ, kannst du mir sagen, war das für dich (un)verständlich?

Fragen zum Verständnis

- Gut, wir haben jetzt schon viel über die Texte geredet. Mit Sachtexten soll man etwas lernen können. Wenn du dich nochmal zurückerinnerst an das Lesen von dem Text, was meinst du ist der Inhalt bzw. was kann man mit dem Text lernen?
- Wenn du dir jetzt noch einmal die Zwischenüberschriften anguckst, kannst du jeweils zu jedem Abschnitt sagen, was der Inhalt von den Abschnitten war bzw. was man in den Abschnitten lernen konnte?

Abschluss

- Würdest du etwas an den Texten ändern wollen, wenn du könntest?
- Gibt es noch etwas, das du wichtig findest und das bisher nicht genügend besprochen wurde?

A.1.1.1. Erläuterung der Fragen des Leitfadens

1. **Text gesamt** Dieser Teil beinhaltet unstrukturierte Fragen zum gesamten Text ohne Vorgabe einer Wirkung oder Textstelle. Die Interviewten sollen selbst Schwerpunkte setzen und frei von Beeinflussung und Vorgaben den Text bewerten bzw. beschreiben (*Nichtbeeinflussung*).
 - **Wenn du dem Text eine Note für Verständlichkeit geben dürftest, welche Note würdest du dem Text geben?** Diese Frage soll die Schüler:innen direkt nach dem Lesen des Textes dazu motivieren den Text bzw. dessen Verständlichkeit subjektiv zu bewerten (*Spezifität*). Die Frage nach einer Note und nicht nach einer allgemeinen Bewertung erfolgt deshalb, weil Noten für die Interviewten ein bekanntes Bewertungssystem darstellen und diese so zu einer eindeutigen Wertung im Vergleich zu einer wagen Einschätzung motiviert werden (*Tiefgründigkeit*). Gleichzeitig ist eine Benotung im schulischen Kontext meistens mit Bewertungskriterien bzw. einer Begründung verknüpft, sodass die Schüler:innen ohne Nachfrage der Interviewleitung dazu angeregt werden, ihre Benotung zu begründen. Es wird absichtlich nicht direkt nach der Begründung im Sinne der *Nichtbeeinflussung* gefragt. Falls eine Begründung nicht erfolgt, wird folgende Nachfrage gestellt.
 - **Warum diese Note?** Die Formulierung dieser Frage im Interview erfolgt nur, wenn die Interviewten keine Begründung zu ihrer Benotung vornehmen. Zu erwarten ist, dass bei den Begründungen Wirkungen oder Textstellen benannt werden, die dann im Verlauf des Interviews wieder aufgenommen werden (*Tiefgründigkeit*).
 - **Ist dir beim Lesen irgendetwas aufgefallen? Ist an dem Text etwas besonders?** Diese Frage soll die Interviewten motivieren, die für sie bedeutsamen, interessant oder besonderen Stellen im Text zu nennen und möglicherweise schon mit einer Wirkung zu beschreiben. Im Sinne der retrospektiven Introspektion werden die Interviewten durch die Frage nach Auffälligkeiten an das Lesen samt zugehörigen Wirkungen erinnert. Weiter ist es möglich, dass die Schüler:innen den vorliegenden Text mit ihnen bekannten Texten aus dem Physikunterricht oder anderen naturwissenschaftlichen Unterricht vergleichen. Falls dies nicht durch diese Frage erfolgt, wird die hieran anschließende Frage gestellt.
 - **War der Text (sprachlich [nennen, wenn Sprache thematisiert wird]) wie andere Texte im Physikunterricht/NWU?** Insbesondere bei dieser Frage sind Aussagen der Interviewten passend zu den Textverständlichkeitsdimensionen zu erwarten, da die Texte unter Beachtung dieser Dimensionen verfasst sind und sich von Schulbuchtexten unterscheiden. Der angestrebte Vergleich erleichtert zudem die Formulierung von Besonderheiten und Eigenschaften des Textes für die Interviewten. Der Bezug zur Sprache soll nur erfolgen, wenn die Interviewten vorher im Interview schon Aussagen zur sprachlichen Ausgestaltung des Textes vorgenommen haben.
 - **Was fällt dir zur Verständlichkeit des Textes ein? Hast du den Text verstanden, wenn ja, warum?** Diese Frage stellt den Abschluss der unstrukturierten

rierten Fragen dar und wird nur gestellt, wenn die Interviewten in ihren Ausführungen noch keine Aussagen zu der Verständlichkeit des Textes gemacht haben. Dies kann vorkommen, wenn diese z. B. nur rein inhaltlich argumentieren und keine Begründungen zur Verständlichkeit liefern.

2. **Halbstrukturierte Fragen zu Wirkungen (wenn möglich, Reaktionen / Empfindungen / Wirkungen aufgreifen)** Ziel dieses Abschnittes ist, Wirkungen zu Textstellen zuzuordnen. Dabei werden erwähnte Wirkungen der Interviewten wieder aufgegriffen oder von der Interviewleitung vorgegeben.
 - **Du hast XYZ Wirkung erwähnt, kannst du sagen, wo dir dies im Text aufgefallen ist?** Nachfrage im Sinne der Tiefgründigkeit und zur Zuordnung der von Interviewten genannten Wirkungen zu Textstellen für die spätere Bewertung und Überarbeitung der jeweiligen Textstellen. Ziel ist, allgemeine Aussagen auf spezifische Textstellen beziehen zu lassen, aber auch detailliertere Informationen zu den Wirkungen zu erhalten.
 - **Wo war im Text etwas für dich kompliziert, unverständlich?** Die Frage nach komplizierten bzw. unverständlichen Stellen im Text soll Verständnisschwierigkeiten aufzeigen und ist damit die erste Frage, die eine Wirkung vorgibt. Zudem stellt die Frage eine Gegenfrage (zur Frage) nach der Verständlichkeit dar, sodass eine differenziertere Bewertung des Textes von den Interviewten induziert wird. Weiter wird erwartet, dass hierdurch ein möglichst breites Spektrum von positiven bis negativen Wirkungen der einzelnen Interviewten entsteht.
 - **Welche Textstellen hast du mehrmals gelesen?** Anschließend an die vorherige Frage wird hierdurch nach (weiteren) komplizierten Stellen gefragt, falls die vorherige Frage nicht oder nur unzureichend beantwortet wurde. Besonders Stellen die durch zwei- oder mehrmaliges Lesen nicht mehr als kompliziert oder unverständlich von den Interviewten bewertet werden, sollen durch diese Frage sichtbar werden.
 - **Gab es verwirrende Stellen im Text?** Diese Frage stellt nur eine Variation der Formulierung im Vergleich zu den vorherigen beiden Fragen dar, um die nötige *Tiefgründigkeit* im Interview zu erreichen.
 - **Was findest du am Text besonders interessant?** Durch diese Frage wird herausgefunden, ob Aspekte des Textes für die Interviewten motivierend wirken. Die Frage intendiert Interviewte anzuregen, Aussagen bzgl. der Bekanntheit des fachlichen Inhalts, der im Text behandelten Phänomene und Beispiele zu formulieren. Der Fokus liegt hierbei vordergründig auf den Phänomenen. Wichtig ist, dass ein Bezug zu bestimmten Textstellen ersichtlich wird.
 - **Welche Stelle war besonders informativ?** Eine Variation der vorherigen Fragestellung, um die nötige *Tiefgründigkeit* zu erzielen, die aber nur bei Bedarf gestellt wird. Der Fokus bei dieser Frage liegt allerdings eher auf dem Inhalt und nicht auf den Phänomenen.
 - **War der Text an Stellen langweilig?** Mit dieser Frage soll das Spektrum von positiven und negativen Aussagen möglichst breit abgefragt werden, um insgesamt eine differenzierte Bewertung des Textes zu erhalten. Erwartet werden

Antworten in Bezug zum Inhalt, zu den Phänomenen und den Beispielen, aber auch Vergleiche zu Texten, die gewöhnlich im Physikunterricht eingesetzt werden, sind denkbar.

3. Halbstrukturierte Fragen zu Textstellen (wenn möglich genannte Textstellen nochmal aufgreifen)

Ziel dieses Abschnittes ist es Textstellen Wirkungen zuzuordnen. Dabei werden Textstellen, die schon von den Interviewten genannt wurden, wieder aufgegriffen oder es werden neue von der Interviewleitung vorgegeben.

- **Du hast XYZ Stelle vom Text erwähnt, kannst du sagen, wie deine Empfindung / Wirkung / Gedanken dazu war?** Zu erwarten ist, dass die Interviewten bestimmte Textstellen im Laufe des Interviews nennen, aber nicht detailliert genug oder nur sehr oberflächlich mit einer Wirkung beschreiben. Mit dieser Frage wird versucht, im Sinne der *Spezifität* und *Tiefgründigkeit* die schon benannten Textstellen mit einer detaillierteren Wirkungsbeschreibung zu belegen. Das erneute Lesen der Textstelle ist hier ausdrücklich erwünscht, was bei Bedarf auch verbalisiert wird.
 - **Wie findest du die Zwischenüberschriften/Aufteilung der Texte?** Mit dieser Frage werden die Zwischenüberschrift bzw. indirekt auch die Aufteilung der Texte als zu bewertender Gegenstand benannt. Diese Frage zielt darauf ab, eine Aussage bezüglich der Struktur des Textes zu erlangen.
 - **In den Texten sind mehrere Phänomene/Beispiele, kannst du mir etwas über die Phänomene/Beispiele erzählen?** Die Formulierung dieser Frage entfällt, wenn im oberen Abschnitt schon ausreichend Informationen zu den Phänomenen und Beispielen generiert wurden. Diese Frage dient somit der spezifischen Nachfrage zu den Phänomenen und Beispielen im Text. Es wird nach etwas zeitlichem Abstand zu den oben gestellten Fragen zum Interesse und Informationsgehalt gehalten, damit die Wirkung nicht beeinflusst wird.
 - **Im Text steht etwas von XYZ, kannst du mir sagen, war das für dich (un)verständlich?** Diese Frage stellt eine generelle Nachfrage zu Aussagen, die Interviewten während des Gesprächs gemacht haben, aber nicht ausreichend detailliert mit Wirkungen belegten. Ziel ist tiefergründiger auf bestimmte Abschnitte einzugehen.
- ### 4. Fragen zum Verständnis
- Ziel dieses Abschnittes ist, allgemeine Aussagen zum Inhalt des Textes zu erhalten.
- **Gut, wir haben jetzt schon viel über die Texte geredet. Mit Sachtexten soll man etwas lernen können. Wenn du dich nochmal zurückerinnerst an das Lesen des Textes, was meinst du, ist der Inhalt bzw. was kann man mit dem Text lernen?** Diese Frage dient dazu, die Interviewten anzuregen, die Kernaussagen des Textes zu formulieren, um herauszufinden, wie hoch das Verständnis des jeweiligen Interviewten ist. Hiermit sollen die Aussagen vorher in Relation zum empfundenen Verständnis des jeweiligen Interviewten gesetzt werden. Dabei geht es um keine Bewertung des Textverstehens der Interviewten, sondern nur um die Einordnung der Aussagen. Zudem können in der Auswertung subjektive und objektive Inhalte bzw. Kernaussagen des Textes verglichen werden. Dieser Vergleich ermöglicht

herauszufinden, ob intendierte Kerninhalte auch von den Interviewten wahrgenommen werden.

- **Wenn du dir jetzt noch einmal die Zwischenüberschriften anguckst, kannst du jeweils zu jedem Abschnitt sagen, was Inhalt von den Abschnitten war bzw. was man in den Abschnitten lernen konnte?** Diese Frage soll die vorherige Frage unterstützen und die Interviewten bei der Wiedergabe der Inhalte des Textes unterstützen. Die Frage ermöglicht herauszufinden, wo die Interviewten den Fokus beim Lesen der einzelnen Abschnitte setzen, welche Gedanken und Wirkungen während des Lesens der einzelnen Abschnitte erzeugt werden und ob es große Differenzen oder Einigkeit zwischen den Interviewten gibt.
5. **Abschluss** Ziel dieses Abschnittes ist, abschließend auf konkrete Verbesserungsvorschläge bezüglich der Textverständlichkeit oder noch nicht ausreichend behandelte Themen der Interviewten einzugehen.
- **Würdest du etwas an den Texten ändern wollen, wenn du könntest?** Es sollen Änderungswünsche abgefragt werden, um den Text für die Interviewten möglichst verständlich zu gestalten. Dabei können nur Textstellen genannt werden, ohne einen Änderungsvorschlag zu formulieren. Ziel ist, zusammenfassend am Ende des Interviews zu erörtern, was die Interviewten negativ beim Lesen bewerten und somit Anlass zur Überarbeitung bietet.
 - **Gibt es noch etwas, das du wichtig findest und das bisher nicht genügend besprochen wurde?** Dies stellt die abschließende Frage dar, die das Interview beendet und den Interviewten die Möglichkeit bietet, noch nicht formulierte Gedanken zu äußern.

Abbildung A.2.: Transkriptionsmanual: Prä-Pilote der Sachtexte und der Items.

Transkriptionsmanual

Die Transkription erfolgt wortwörtlich, auch umgangssprachliche Worte und Laute des aktiven Zuhörens sowie dialektische Ausdrücke werden transkribiert. Nicht vollständig ausgesprochene Wörter, grammatikalische Fehler, Satzabbrüche sowie Gedankensprünge werden wie gesprochen transkribiert. Besondere Betonungen, Pausen, Seufzen, Aufstoßen und weitere parasprachlichen Ausdrücke werden im Transkript gekennzeichnet.

Bezeichnung	Beispiel(e)	Beschreibung
Wortwörtliche Transkription	Dann (.) beginnen wir erstma- mit ganz allgemein- Frag-n zum ganzen (.) Text. (.) N-ja, du darfst dich auch immer darauf beziehen...	Anwendung literarischen Umschrift: Beibehalten von Dialekt, Umgangssprache, fehlerhafte Ausdrücke, fehlerhafter Satzbau, Satzabbrüche etc.
Lautäußerungen	Okay. Also auch sprachlich gesehen, (.) waren die ähm (.) gut verständlich. (zustimmend) mhm (+) (verneinend) mhm (+)	Ausdrücke des Denkens werden transkribiert (z.B. Mhm, Ähm etc.) Lautäußerungen oder Wörter die zustimmend/verneinend sind werden durch diese Klammer am Anfang markiert.
Interaktion des Interviewers	Aber das (.) ham sie auch erklärt sozusagen. (.) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Das find- ich sehr gut.	Zuhörersignale und kurze Anmerkungen des _der Interviewers _Interviewerin werden fett und in Klammern im Fließtext markiert.
Pausen	(.) (..) (...)	Pause von ca. 1 Sek. Pause von ca. 2 Sek. Pause ab ca. 3 Sek.
Wortabbrüche	Wor- Schul- äh -buch	abgebrochenes Wort Wiederaufnahme von einem abgebrochenem Wort
Satzabbrüche	Da war... (.) du hast ja eben schon gesacht:	Unvollendete bzw. auslaufende Sätze werden mit ... markiert.
Non-verbale Äußerungen	(lacht), (seufz)	Parasprachliche Ausdrücke werden in Klammern im Fließtext markiert.
Besondere Betonung	(fragend) Darf ich kurz was vergleichen? (+)	Der Beginn einer besondere Betonung (lachend, kritisch, traurig, ironisch ...) wird durch die Art der Betonung in Klammern gekennzeichnet und durch ein (+) beendet.
Handlungen	Ne, (liest) wenn das im Winter länger kalt ist, (...) (+)	Der Beginn einer Handlung wie Schreiben, Lesen, etc. wird durch die Art der Handlung in Klammern gekennzeichnet und durch ein (+) beendet.
Geräusche	(Telefon klingelt)	Hörbare Hintergrundgeräusche werden als Kommentar im Fließtext in Klammern markiert.
Unsichere Transkription	(?) (mein?)	Unverständliches Wort bzw. Worte Unverständliches, gedeutetes Wort
Gleichzeitiges Sprechen	Befragter: (..) (fragend) <u>Wie</u> jetzt-? (+) Interviewer: <u>Vom Inhalt</u> ja, aber ich mein- so von der Wirkung auf dich.	Gleichzeitiges Sprechen wird durch unterstreichen der gleichzeitig ablaufenden Passagen statt.

Abbildung A.3.: Kodiermanual des Prä-Pilots der Sachtexte

Kodier-Manual

- Jedes Segment darf kodiert werden.
- Zusammenhängende Aussagen über mehrere Segmente werden mit einer durchgängigen Kodierung kodiert.
- Ein Segment kann durch mehrere Kodierungen bestimmt sein.
- Wenn eine Aussage der Lernenden ohne Fragestellung des Interviewenden nicht verstehen ist, ist diese mit zu kodieren.

Titel	Definition	Abgrenzung zu anderen Kategorien	Ankerbeispiel
1. Interesse	Aussagen, die das Interesse am Text bzw. den Informationsgehalt des Textes bewerten sowie Aussagen die die Bekanntheit/Unbekanntheit von Textinhalten beinhalten.	Aussagen zu Phänomenen und Beispielen im Text sind zusätzlich durch 3. zu kodieren.	Ich kannte (lachend) das Thema davor nicht... (+) Also ich fand- den ganzen Text eigentlich ganz interessant. (Atom_HH_Text Z.24)
2. Struktur	Aussagen, die die Gliederung, die Zwischenüberschriften, Reihenfolge der Textinhalte und den Aufbau des Textes bewerten.	Aussagen zur Lesbarkeit/Perzipierbarkeit/Schrift/Layout sind mit 7. zu kodieren. Aussagen zur Länge des Textes sind ebenso mit 7. zu kodieren.	Joar also, (.) natürlich war es hilfreicher, weil du dann nochmal (...) besser nachgucken konntest, wenn du was einzelnes nachlesen möchtest. Da konntest du (.) dir einfach die Überschriften angucken. (Atom_HH_Texte Z. 56)
3. Phänomene	Aussagen, die sich auf die im Text beschriebenen Phänomene und Beispiele beziehen.	Hierbei kann es sich um Bewertungen der Phänomene handeln. Aussagen, die ebenso die Bekanntheit bzw. das Interesse an Phänomenen betreffen sind zusätzlich mit 1. zu kodieren.	Also ich fand- dies-s Beispiel halt: (liest) An kalten Getränken-... Getränkflaschen sammeln sich von außen flü-... flüssige Wassertropfen an. (+) Gut, weil man trinkt öfter aus Flaschen. (Atom_Joh_Texte Z. 20)
4. Ausführlichkeit	Aussagen, die sich auf die Ausführlichkeit, Erklärung und Beschreibung der Textinhalte beziehen. Auch Aussagen die sich auf die Prägnanz beziehen.	Aussagen zur Länge des Textes sind hiermit nicht gemeint und sind mit 7. zu kodieren	Also das is-... manchmal is- es ja auch so das man... ich... also... (.) das es Texte gibt mit über-... wo überall Fachbegriffe sind. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Aber man die nicht-... nicht- versteht, deswegen. Und hier is- das so, hier sind auch welche drinne, aber man versteht sie trotzdem. (Kalt_Joh_Texte Z. 78)
5. Vergleich anderer Texte	Aussagen, die den vorliegenden Text in Beziehung zu bekannten Schulbuchtexten setzen und hiermit vergleichen.	Aussagen, die den Vergleich weiter begründen, sind zusätzlich durch andere Kategorien zu kodieren.	Also ich fand- den jetzt schon sehr verständlich, also der is- ja anders als andere Texte, weil auch

			manche Sachen dann nochmal extra erklärt wurden. (Atom_Joh_Texte Z. 6)
6. Note	Aussagen, in denen die Benotung der Texte deutlich wird.	Die Begründung der Benotung ist nicht Teil dieser Kategorie und ist durch die anderen Kategorien zu kodieren.	Deswegen (.) ähm (.) würd- ich der Verständlichkeit (.) ne (.) zwei geben. (Kalt_HH_Texte Z. 2)
7. Verständlichkeit	Aussagen, die sich allgemein auf die Verständlichkeit der Texte beziehen und nicht in den anderen Kategorien einzuordnen sind.	Doppelte Kodierungen mit anderen Kategorien sind zu vermeiden, jedoch bei eindeutigen Aussagen zu einer anderen Kategorie und einer Aussage zur allgemeinen Verständlichkeit in einem Segment möglich.	Weil ähm (.) ich find-... er is- schon verständlich nur manchmal... (.) ich weik nich-, ob-s normal is-, aber (.) ähm (.) ich kann mir halt manchmal auch nich-... muss man halt immer nochmal sich -n Satz... kann man halt nich- schnell lesen. (Kalt_Joh_Texte Z. 10)
8. Inhalt	Aussagen, die den Inhalt des Textes oder einzelner Textabschnitte zusammenfassen oder paraphrasieren.	Keine Aussagen, die nur eine Zuordnung einer Wirkung zu einem Textabschnitt beschreiben, sondern nur Aussagen zum Textinhalt.	Und Wärmestrahlung is-... das is- einfach... (.) das is- fast wie Wärmeströmung, sondern einfach nur, dass es sehr warm is- neben der Heizung oder neben der Tasse, (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) weil dort halt Wärmestrahlung stattfindet. (Wärmeüb_Joh_Texte Z. 74)
9. Schwierigkeitserzeugende sprachliche Mittel	Aussagen, die sich auf die sprachliche Ausgestaltung der Texte beziehen.	Nur Aussagen, die eindeutig der sprachlichen Ausgestaltung zuzuordnen sind. Allgemeine Aussagen zur Verständlichkeit sind mit 7. zu kodieren.	Mhm. (+) Also ich ham noch... (.) also bisher hab ich noch gar- gar-kein kompliziertes Wort gefunden... (Thermisch_HH_Texte Z. 21)

Abbildung A.4.: Reduktionstabelle des Prä-Pilots der Sachtexte

Reduktionstabelle				
	Teilchenmodell und Aggregatzustände	Wärmeübertragung	Thermisches Verhalten	Wärmeempfinden
Struktur	Zwischenüberschriften sind verständlich, gut formuliert, fassen Abschnitte zusammen, helfen beim Nachschlagen und helfen beim Verstehen. Aufteilung ist übersichtlich, hilft beim Verstehen. Zwischenüberschriften nicht ausführlich genug. Andererseits gut, dass es auch Eis und festes Aggregatzustand steht. Überschrift erklärt sich (nur) durch Lesen von Text.	Zwischenüberschriften sind hilfreich, gut formuliert, helfen beim Nachschlagen, sind sinnvoll und fassen Abschnitte zusammen. Abschnitte machen Text kurzweilig. Abschnitwechsel klar durch Fettschrift erkennlich. Gliederung so, dass aufkommende Fragen beim Lesen geklärt werden. Abschnittwechsel ohne Lesen von Zwischenüberschrift unklar.	Zwischenüberschriften fassen Abschnitt zusammen und unterteilen den Text gut. Erster Abschnitt stellt Grundlage dar. Überschrift erklärt sich durch Lesen vom Text. Unterschied von Lösungsausscheidung und Wärmeausscheidung minimal. Inhalt von "Ausnahme Wasser" überschneidet sich mit "Volumenausscheidung". Einleitung mit Fragen an Anfang stellen.	Zwischenüberschriften fassen Abschnitte zusammen und helfen beim Nachschlagen. Abschnitte teilen Text gut. Überschrift fasst Text zusammen. Aufteilung durch fett gedruckte Zwischenüberschriften gut. Warum die Überschrift?
Prägnanz des Textes	Gute Erklärung der Übergänge der Aggregatzustände und des Teilchenmodells. Erklärung der Fachbegriffe. Text ist gut erklärt, verständlich, ausführlich, detailliert und ohne Fachbegriffe. Text gibt alles wieder, was man wissen muss. Text ist lang.	Erklärungen sind verständlich, gut, einfach und mit Beispielen. Text ist gut erklärt, detailliert, verständlich und bildlich vorstellbar. Text gibt alles wieder, was man wissen muss. Viele, aber nicht zu viele Informationen.	Fachbegriffe verständlich erklärt. Gute Beschreibung durch Beispiel Wasser. Erklärung verständlich.	Gute Erklärung. Erklärung für Fachbegriffe. Alles besser definiert als in anderen Texten. Text ist verständlich für alle Klassenstufen, ausführlich, detailliert, reich an Informationen und prägnant. Text sagt alles, was man wissen muss. Redundanz (Wärmekapazität und spez. Wärmekapazität)
Phänomene	Erklärungen mit Beispielen sind interessant und verständlich. Beispiele helfen beim Verstehen, sind verständlich, bekannt, alljährlich und gut erklärt. Gutes Beispiel mit Wasser, Eis und Schnee. Phänomene besser erklären.	Beispiele helfen beim Verstehen, beim Vorstellen, beim Denken, sind gut, interessant, lehrreich, alle zu einem Thema, alljährlich und erklären das Thema gut. Beispiel Heizung steht zu weit unten.	Erklärungen mit Beispielen sind gut. Beispiele sind gut beschrieben, vorstellbar, bekannt, alljährlich, gut interessant. Wärmeausscheidung ist informativ und unbekannt, Dehnungsfugen sind unverständlich. Beispiele Brücke und Eierturm sind wenig interessant, aber bekannt.	Beispiele sind logisch, neu, verständlich, alljährlich, gut vorstellbar, informativ und interessant. Wärmekapazität ist interessant. Wärmeempfinden ist vorstellbar. Alle Themen sind interessant.
Vergleich andere Texte	Text ist,... ...gleich und kürzer als andere Texte. ...leichter, besser, verständlicher, einfacher, ausführlicher, weil er in Abschnitte aufgeteilt ist und durch Beispiele erklärt wird. ...anders und erklärt Aggregatzustände ausführlich.	Text ist,... ...gleich. ...einfacher und besser, weil weniger Fachbegriffe und weniger schwierige Wörter.	Text ist,... ...nicht kompliziert. ...ohne Hilfe lesbar. ...gut geschrieben.	Text ist,... ...anders, verständlicher, besser aufgebaut, logischer, detaillierter, ausführlicher, angenehmer zu lesen, mit weniger Konzentration zu verstehen. Text hat weniger Fachbegriffe, weniger Formeln. Solche Texte sollen ins Schulbuch.
Motivation	Beispiele sind interessant und alljährlich. Text sagt alles, was man wissen muss. Übergänge und Beschreibung der Aggregatzustände sind interessant. Unbekanntes Thema ist interessant. Bekanntes Thema bisschen uninteressant.	Beispiele sind informativ, gut vorstellbar, interessant und helfen beim Verstehen. Fachbegriffe werden erklärt. Im Text steht alles, was man wissen muss. Begriff Materie unbekannt.	Alles ist unbekannt, informativ und interessant. Volumenausscheidung von Flüssigkeiten und Gase ist informativ. Wärmeausscheidung von Körpern und Dehnungsfugen sind unbekannt. Beispiele sind alljährlich. "Ausnahme Wasser" bekannt.	Wärmeempfinden am Tisch ist informativ. Beispiele sind alljährlich, interessant und neu. Alles interessant.
Lesbarkeit / Perzipierbarkeit	Blockatz wie Zeitung.	Überschrift, Zwischenüberschrift sind fett gedruckt gut erkennbar. Zwischenüberschrift fett gedruckt, teilt Abschnitte sichtbar		

Sprachliche Mittel	Wenig Fachbegriffe. Fachbegriffe sind gut erklärt bzw. besser erklärt. Sprachlich gut verständlich. Seltene Wörter erklärt.	Wenig bis keine Fachbegriffe. Wenig schwere Wörter. Materie unbekannt, in Klammer erklären. Begriff Wärmestrahlung unbekannt.	Wenig Fachbegriffe. Fachbegriffe verständlich erklärt. Sätze kurz und einfach. Nur ein schweres Wort. Kein schweres Wort.	Fachbegriffe sind verständlich erklärt. Wenig bis keine Fachbegriffe. Keine seltenen Wörter.
Sonstige	Guter, ausführlicher, verständlicher Text. Text nicht ändern. Teilchenmodell (oberer Abschnitt) nur beim zweiten Lesen verstanden. Text kürzen, zu lang, um alles zu merken. Beim zweiten Lesen alles verstanden.	Keine komplizierten, unverständlichen Stellen. Alles verständlich. Manchmal zweimal gelesen: "Allgemein gilt, je ausgeglichener der Unterschied zwischen zwei Körpern ist, desto mehr und desto schneller überträgt sich die Wärme von wärmeren zum kälteren Körper." Wärmestrahlung, letzter Teil von Wärmekleitung.	Nur ein Thema. Alles verständlich, wenig unverständlich, keine schweren Wörter. Nichts zweimal gelesen. Manchmal zweimal gelesen: "Ausnahme Wasser", letzter Abschnitt: "Bei vielen Körpern nimmt die Größe bei steigenden Temperaturen zu und nimmt bei fallenden Temperaturen ab." Viel Text.	Alles verständlich. Nichts kompliziert. Alles sofort verstanden. Wenige Stellen kompliziert. Mehrmals gelesen, um besser zu merken z.B. oberem drei Zeilen und "wenn sich die Temperatur eines Körpers verändert." Unterer Teil mit Zahlen und Petroleum komplizierter und redundant. Viele wichtige Wörter zum Merken. Beim schnellen Lesen verhaspelt an einigen Stellen.
Note	1, 1-2, 2, 1 1,875	3+, 3, 2, 2- 2,5	1, 2, 3, 2- 2,15	1, 2+, 2, 2 1,675

A.1.2. Transkripte der Interviews des Prä-Pilots der Sachtexte

Atom_1

Interviewer: Ich würde jetzt mit der Aufnahme beginn-. Und wir beginn- mit ähm ganz allgemein zum gesamten Text. Äh da darfst du dich natürlich wieder drauf beziehen, wenn du dich auf den Text beziehen möchtest. Du darfst auch gerne mal was nachlesen, wann immer du möchtest. Ähm (fragend) wenn du dem Text eine Note für Verständlichkeit geben würdest, welche Note wäre das? (+) #00:00:24-7#

Befragter: Ich würde dem Text (.) ähm so eine drei geben. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Ma- kann den schon verstehen, aber paar Wörter sind halt so schwierig, um den zu verstehen. Wie zum Beispiel Sieden oder Sublimieren. #00:00:38-0#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) (..) genau also (.) verständlich, aber ein paar Wörter sind schwierig. Du has- ja noch mehr Sachen da markiert: (fragend) Sind da noch mehr Wörter, wo du sachst, die sind schwierig? (+) #00:00:45-3#

Befragter: Ähm (...) also (...) diese Wörter hab- ich nur so... so eingetragen, damit ich mir das merken kann. #00:00:56-1#

Interviewer: (zustimmend) Okay, mhm. (+) (..) (fragend) Was has- du eben gesagt? Sieden oder... was war das? (+) #00:01:00-6#

Befragter: Sublimieren. #00:01:00-6#

Interviewer: Sublimieren. Das sind schwierige Wörter. (fragend) Könntest du denn jetzt mit dem Text sagen, was das ist ungefähr? #00:01:07-8#

Befragter: Ja, also das... es geht um Aggregatzustand... äh -zustand.

Es wird erklärt, wie-s von Eis... äh zum Eis äh dann zum äh Wasser. Und dann auch zum Wasserdampf wird.

Also gasförmigen, flüssiger Aggregatzustand und fester Aggregatzustand wird... also wird hier erklärt. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Und über die Teilchen... (..) und ja, das (...) äh (..) das halt äh das Wasser fest und flüssig und halt gekocht sein kann. #00:01:38-4#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) und (fragend) was wäre jetzt Sieden zum Beispiel? Was ist das? (..) Das Wort, wird das da erklärt? Und was ist das? (+) #00:01:46-2#

Befragter: Äh (...) äh (...) wenn dieser ähm Wasser so nicht so flüssig wäre-, so das, wenn das über hundert Grad ist. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Also wenn-s von hundert Grad ist, also hundert Grad warm ist-, dann heißt es so Sieden. #00:02:20-5#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) genau, wenn es über hundert Grad wird, dann siedet das Wasser. Genau, also steht das da so-n bisschen ähm (.) beschrieben. (.) Wenn du (.) dich an-s Lesen zurückerinnerst, ähm (fragend) war der Text wie andere Texte in Physikbuch? Oder wenn du sonst Texte in Naturwissenschaften, Chemie, Biologie oder so liest, im Vergleich dazu, wie is-der Text dann? (+) #00:02:40-2#

Befragter: Ähm, ich finde der Text is- gleich. Das is- genauso. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Es gibt -ne Überschrift, dann wird das so beschrieben.

Und die Texte sind so manche-... ähm immer so lang. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Also nich- so kurz. Nich- so kurz, nich- so kurz so aufgefasst. #00:02:56-7#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) (fragend) is- dir sonst noch was aufgefallen beim lesen? (+) #00:02:56-4#

Befragter: Mh (.) bei-... beim Lesen is- mir aufgefallen, dass es so wie -ne Zeitung is-, immer so Blocksatz. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Und immer -n Titel, dann wird-s so beschrieben. (...) Und das find- ich so gut. #00:03:14-9#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) (..) ähm (...) du has- ja eben schon gesacht, dass da -n paar Wörter sind, die schwierig sind. (fragend) Gab-s noch andere Sachen, die du schwierig fandest? #00:03:23-6#

Befragter: (...) Mh (..) also ich fand-s nur hier so schwierig, weil das (.) ähm (..) (räuspert sich) weil man konnt-s es irgendwie nich- so gut verstehen. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Erst beim zweiten Lesen hab- ich das etwas besser verstanden. #00:03:41-8#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) im oberen Teil, da wo... (fragend) was wird da beschrieben so ungefähr? Was war schwierig? (+) #00:03:42-9#

Befragter: Ähm da wird so beschrieben, dass halt diese... dass bei ähm Wasser halt so welche kleine Teilchen (.) gibt. Und das sind halt so Millionen von Teilchens. Zum Beispiel ein Tropfen hat so Trilliarden Teilchen da drin. Und äh man hat der Ordnung d- d- der Teilchen von Stoffen... man nennt das so Aggregatzustand. #00:04:05-1#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) (..) der Teil war- -n bisschen schwierig und musstest du zweimal lesen. (fragend) Gab-s noch andere Bereiche, die du zweimal gelesen hast? (+) #00:04:11-9#

Befragter: Nein, nein, sonst hab- ich nu-... nur markiert, was da so wichtich war. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Oder auch schwierig war. #00:04:18-6#

Interviewer: Okay, ähm (..) (fragend) gab-s denn Stellen, die besonders interessant oder informativ waren da drinne? (+) #00:04:27-4#

Befragter: Äh, ja ich fand das... das hier war für mich... die drei waren für mich interessant (zeigt auf drei unteren Abschnitte). Und das mit diese Trilliarden Teilchen: Das... das in... in Wassertropfen ähm Mil- äh Trilliarden von Teilchen enthalten... das war für mich interessant, das wusste ich nicht. #00:04:40-8#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) und in diesen drei Abschnitten hast du eben gesucht, die fandest du auch interessant. (fragend) Was genau irgendwie von den Abschnitten? Oder einfach alles? (+) Dass du das einmal erklärst. #00:04:52-9#

Befragter: Das... das von mir war-s interessant, dass es mir ja... das es vom festen so zum flüssigen ähm... (.) zu- vom festen, also Eis, dass es dann so kleine (.) Kristalle so gibt. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Und die sich dann immer so... äh so vermehren. Und dann das so zu Schnee wird. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Das war für mich interessant.

Und hier war-s für mich dann interessant, dass (..) äh (.) dass bei diese... diese... (...) dass bei diese Wasser (.) auch ähm so welche (näher?). (...) Das man diese vom gasförmigen zum flüssigem Aggregatzustand, dass man das Kondensieren... Kondensieren, so nennt. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Das finde ich auch interessant. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Und hier fand ich das interessant: Das halt bei dem... beim Kochen (..) dass da auch so Wassertropfen sind. Und das man das so ähm... (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) (.) diese gasförmige Aggrega... Aggregatzustand nennt. #00:05:57-4#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) und dann sind da ja irgendwie Beispiele. (fragend) Kannst du diese Beispiele? Oder kannst du dir die gut vorstellen, die da beschrieben sind? (+) #00:06:06-1#

Befragter: Ähm, wart da wo... da muss ich noch erst mal die Beispiele nochmal suchen. (..) #00:06:12-6#

Interviewer: Mh, die Beispiele waren ungefähr das, was du eben auch erzählt hast mit dem... (.) ähm (.) mit dem Kochen oder mit dem Schnee. Das sind so die Beispiele, wo das ja passiert. #00:06:19-4#

Befragter: Achso, ja... #00:06:20-7#

Interviewer: Das sollen die Beispiele sein sozusagen. #00:06:24-1#

Befragter: Also die Beispiele ähm die kann man noch etwas besser erklären. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Man kann bessere Beispiele machen. #00:06:31-7#

Interviewer: Okay, ähm (...) ja. (..) (fragend) Was gibt's sonst noch zu fragen, ich muss mal eben auf meinen Zettel gucken. (+) (.) Die Zwischenüberschriften hast du ja eben auch schon genannt. Ähm (.) (fragend) wie findest du die? Helfen die (..) beim Verstehen, weil das so aufgeteilt ist oder so? (+) #00:06:50-5#

Befragter: (..) Also die drei ähm Zwischenüberschriften, die kann man gut verstehen. Denn Eis, Wasser, Wasserdampf, das kennt man. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Aber hier (.) das

kann man nich- so gut verstehen. (Interviewer: (zustimmend) Mhm, ganz oben. (+)) Da muss man erstma- den Text lesen, um das gut zu verstehen. #00:07:05-5#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, okay. (+) Ähm (..) genau. (fragend) Möchtest du sonst noch was sagen zur Aufteilung oder? (+) #00:07:17-5#

Befragter: Also... (...) diese Text is- etwa- zu lang, da muss man etwas markieren. (Interviewer: (zustimmend) Ja. (+)) Man kann nich- so alles im Kopf haben. (.) Man muss sich selber etwas markieren.

Und sonst... hier sind... diese Texte sind gut. Sin- klar und gut aufgefasst. Also so gut erklärt.

Nur die Beispiele können etwas besser werden. #00:07:36-1#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, okay. (+) Ähm (..) ja, dann ham wir schon viel über die Texte schon geredet. (fragend) Möchtest du noch irgendwas zur Verständlichkeit dazu sagen? (+) #00:07:43-3#

Befragter: (...) Mh, ne. #00:07:46-9#

Interviewer: Mhm (fragend) Möchtest du noch... ne, wenn du den Text ändern könntest, würdest du da was dran ändern wollen? (+) #00:07:51-8#

Befragter: (...) Ich muss -n bisschen überlegen. #00:08:00-6#

Interviewer: Ja klar. #00:08:02-7#

Befragter: (...) Also ich würde diese Wörter hier (Interviewer: (zustimmend) Ja. (+)) besser erklären. Man die... also Sublimieren. Und hier das Sieden auch. (...)

Und ich würde auch (..) ja diesen Text auch etwas kleiner machen (zeigt auf oberen Abschnitt). (Interviewer: (zustimmend) Mhm, den oberen. (+)) etwas kleiner.

Aber gut erklärt (..) und nich- so lang. Und das war-s. #00:08:29-7#

Interviewer: Mhm, okay. (fragend) Sollst-... äh möchtest du sonst noch irgendetwas sagen, was wir noch nicht besprochen haben oder was du noch nich- gesacht hast? (+) #00:08:35-1#

Befragter: (...) Nein. #00:08:41-0#

Interviewer: Super, dann vielen Dank.

Atom_2

Interviewer: Okay. Dann beginnen wir mit einigen allgemeinen Fragen zum ganzen Text. Ähm, da darfst du dich auch immer auf den Text beziehen und irgendwelche Stellen nennen, wenn die dazu passen. #00:00:14-9#

Befragter: Ja. #00:00:14-9#

Interviewer: (fragend) Wenn du dem Text eine Note für Verständlichkeit geben würdest, was für eine Note wäre das? (+) #00:00:18-7#

Befragter: Also in Schulnoten. #00:00:20-9#

Interviewer: Genau, in Schulnoten. #00:00:22-9#

Befragter: Mh eins bis zwei. #00:00:26-0#

Interviewer: (fragend) Und warum? (+) #00:00:26-0#

Befragter: Also ich hab- da eigentlich alles verstanden. Also es waren keinen schwierigen Begriffe. Alles umschrieben, so dass man es verstehen konnte. #00:00:34-9#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) (fragend) was meinst du mit umschrieben? (+) #00:00:36-2#

Befragter: (.) Ja also es wurd- halt nich- mit Fachbegriffen, sondern (.) es wurde alles genauer erklärt, sozusagen. #00:00:43-3#

Interviewer: (..) (zustimmend) Mhm (+) also keine schwierigen Begriffe drinne. Ähm alles genau erklärt. (fragend) Fällt dir noch was anderes ein zur Verständlichkeit? Ü #00:00:51-9#

Befragter: (.) Mh (..) ne, jetzt- erstma- grad- nich-. #00:00:59-7#

Interviewer: Mhm. (fragend) War der Text irgendwo an einigen Stellen... auch wenn du jetzt- gesucht hast, dass der (.) wirklich verständlich war... doch vielleicht an irgendwelchen Stellen kompliziert? (+) #00:01:09-9#

Befragter: (...) Nein, nich- kompliziert. Aber ich würd- schon sagen, dass der (..) obere Abschnitt schwieriger zu verstehen is- als der Rest. #00:01:37-8#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) der obere Abschnitt is- schwieriger zu verstehen, als der Rest. (fragend) Ähm has- du irgendwelche Stellen mehrmals gelesen oder einen Satz? (+) #00:01:46-1#

Befragter: Ja, hier hab- ich mehrmals gelesen. #00:01:47-4#

Interviewer: Ja, also auch der obere Teil. #00:01:50-2#

Befragter: Ja. #00:01:50-2#

Interviewer: Wo es um... (..) ja worum geht-s... #00:01:51-1#

Befragter: Ich würd- sagen, da geht-s generell um die Allgemeinheit. #00:01:54-5#

Interviewer: Genau, der Anfang oben weiter. Ähm (..) (fragend) gab-s irgendwelche Stellen wo du gesucht hast, die waren besonders interessant oder informativ? (+) #00:02:02-9#

Befragter: (..) Informativ war-s halt dann (..) wenn... also es geht ja um die Aggregatzustände... (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) und ich fand-s dann informativ wenn sozusagen... also wenn man-s jetz- nich- wüsste (.) wo dann die Erklärung steht ähm... hier so ähm die Fachbegriffe, wo man die Aggregatzustände wechselt (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) sozusagen. (..) Also zum Beispiel hier unten steht ja: (liest) Der Schnee ändert dann seinen Aggregatzustand direkt vom festen zum gasförmigen. Man nennt diesen Übergang sublimieren. (+) #00:02:34-6#

Interviewer: Okay, also so Bereiche, wo... (.) #00:02:37-2#

Befragter: Das erklärt wird, wie das heißt. #00:02:37-0#

Interviewer: Genau, wie das dann heißt. Super. (fragend) War der irgendwo langweilig? Weil du gesacht hast, das kanntest du schon oder das war total (.) uninteressant, konntest du dir nicht vorstellen? (+) #00:02:45-7#

Befragter: Ne, also (.) es war gut zu lesen, auch wenn man-s kannte war-s trotzdem informativ. #00:02:52-0#

Interviewer: (fragend) Und die Beispiele die da drinne vorsch-... (.) also vorkommen? (+) #00:02:56-3#

Befragter: Mit denen konnte man das sich halt besser vorstellen. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Auch wenn man das schon kannte. #00:02:59-7#

Interviewer: Ja also die Beispiele, oder Phänomene heißt das ja in Physik oft äh... #00:03:03-4#

Befragter: Waren verständlich. #00:03:07-6#

Interviewer: Okay. (fragend) Und die waren auch so, dass man die... (.) oder das du die kanntest zum Beispiel? (+) #00:03:10-5#

Befragter: (.) Ja zum Beispiel, ich weiß jetz- nich- grad- wo, aber hier war irgendwo -n Beispiel mit Schnee, also mit Eis. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Äh mit Wasser, das äh unter null Grad, dass das zu Eis gefriert, das is-, sag- ich mal, ein oft verwendetes Beispiel. #00:03:25-3#

Interviewer: (zustimmend) Mhm (+) (..) genau, super. Ähm (.) (fragend) und wie findest du die Aufteilung von dem Text? (+) #00:03:33-8#

Befragter: (..) Gut. (.) #00:03:37-0#

Interviewer: Oder Abschnitte. #00:03:37-0#

Befragter: Joa, gut, weil hier wird-s erstmal allgemein erklärt. Dann gibt-s hier einmal von ähm (.) flüssig zu fest. (..) Hier (.) also hier is- ja gasförmich. (.) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Also ich wollt sagen: Ich fand-s gut, dass es in alle drei Aggregatzustände das ganze irgendwie... das alle drei Aggrega-... Aggregatzustände einen Abschnitt wo das erklärt wurde. Also war übersichtlich. #00:04:03-8#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) (fragend) und die Überschriften dafür? (+) #00:04:03-8#

Befragter: (...) Da hab- ich jetz- gar nich- so drauf geachtet, aber (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) wenn man sich die mal anguckt, sind die eigentlich passend. So. #00:04:14-4#

Interviewer: Okay, ähm. (.) (fragend) Fällt dir sonst noch was zur Verständlichkeit ein, was du grad- noch nich- gesacht hast? #00:04:20-9#

Befragter: (..) Ne, es is- halt gut aufgeteilt. Das (..) hilft auch nochmal beim besseren verstehen. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Ich denke halt auch, dass i- in Büchern besonders (.) das da viele Informationen einfach in Texten geschrieben werden und ohne Absätze und ohne Überschriften und dass das sozusagen mehrere Informationen, die man daraus entnehmen soll, dass es dann schwieriger is-, als das jetz- hier, wo es stark unterteilt wurde. #00:04:48-3#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) (fragend) hast du noch -n anderen Vergleich zu (.) Texten, die du aus-er Naturwissenschaft, Chemie oder Physik kennst? Also kannst du da noch andere Vergleiche ziehen? Oder den Text hier einfach damit vergleichen? (+) #00:05:00-1#

Befragter: (.) (fragend) Wie meinen sie das? (+) #00:05:02-8#

Interviewer: Ähm, du has- ja... du liest ja da auch Texte. #00:05:04-7#

Befragter: Ja. #00:05:04-7#

Interviewer: (fragend) Und is- der Text anders und warum? Oder warum nich- anders? (+) #00:05:07-5#

Befragter: Ja, der is- einfacher zu verstehen,

weil-s halt deutlicher, abgegrenzt sozusagen is-. Weil-s sozusagen für jeden Informationsteil (.) einen eigenen Abschnitt mit -ner eigenen Überschrift gibt. #00:05:20-2#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, okay. (+) Ähm dann has- du eben schon ähm... oder bist du eben schon auf den Inhalt eingegangen. Was oben und weiter unten steht, da brauchen wir gar nich- jetz- noch weiter drauf eingehen. (fragend) Würdest du an dem Text irgendwas ändern wollen, wenn du könntest? (+) #00:05:35-1#

Befragter: (.) Nä, also ich fand- den schon gut. (..) Kann man... damit... also wenn man als sozusagen nich- Wissender den liest, also dann würd- man schon die Aggregatzustände sehr gut verstehen. #00:05:50-3#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, gut. (+) (fragend) Gibt-s sonst noch irgendwas, was du (.) dazu sagen möchtest? (+) #00:05:54-2#

Befragter: Is- -n guter Text. #00:05:53-7#

Interviewer: (..) Gut, dann vielen Dank schon. Dann sind wir schon am Ende. #00:05:58-4#

Atom_3

Interviewer: Dann (.) beginnen wir erstma- mit ganz allgemein- Frag-n zum ganzen (.) Text. (.) N-ja, du darfst dich auch immer darauf beziehen... #00:00:08-8#

Befragter: (zustimmend) Mhm (+) #00:00:08-8#

Interviewer: Auf irgend- -ne Textstelle und sagen: Da fand- ich das besonders... (.) oder da is- mir das aufgefallen. (..) Und als erstes würd- ich wissen, wenn du den Text jetzt anguckst: (.) (fragend) Wie verständlich findest du den (..) in Schulnoten gesehen, also eins bis sechs? (+) #00:00:22-7#

Befragter: Äh (.) also ich... (..) #00:00:26-5#

Interviewer: Ne Schulnote dem Text geben. #00:00:26-4#

Befragter: (fragend) Darf ich kurz was vergleichen? (+) #00:00:27-3#

Interviewer: (zustimmend) Ja klar. (+) #00:00:27-9#

Befragter: Also zu anderen Texten war der einfacher.

Er hat sehr viel wieder-(.) gegeben, was man halt wissen muss. Auch was Aggregatzustände sind, was ich (lachend) mh (+) (.) davor nicht wusste.

(.) Und ich finde den Text einfacher geschrieben als normale Schul... (.) Schul... (Interviewer: (fragend) Schulbuchtexte (+)) (zustimmend) Ja. (+) (Interviewer: (zustimmend) Mhm (+)) Schultexte.

Und ich würd- sagen, er hat -ne zwei. #00:00:57-5#

Interviewer: Okay, ne zwei, begründet hast du das auch schon. Ähm (.) und (.) du hast der war jetzt- (..) einfacher oder besser zu verstehen. #00:01:04-8#

Befragter: (zustimmend) Mhm (+) #00:01:04-8#

Interviewer: (fragend) Woran machst du das fest? Wo... (..) Was war einfacher für dich so? Gibt-s irgendwelche (.) besonderen Merkmale dafür? (+) #00:01:13-3#

Befragter: Ich finde sie ham den... (.) äh zuerst kommt das so (.) viel rüber, (.) aber wenn man (?) durchlesen, man kann den gut verstehen, (.) weil da nich- so viele Fachbegriffe benutzt wurden. Und, joar... #00:01:26-6#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Und, wenn du Fachbegriffe schon sagst, (fragend) komm- da denn Fachbegriffe vor? (+) Wo du jetzt- sag-n... #00:01:30-8#

Befragter: Zum Beispiel Aggregatzustände. Aber das (.) ham sie auch erklärt sozusagen. (.) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Das find- ich sehr gut. #00:01:35-6#

Interviewer: Genau, also das (.) wirkt dann sozusagen verständlich. #00:01:43-0#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:01:43-0#

Interviewer: Wenn du das... ja... so zeigen würdest. Ähm (..) du hast ja eben beim Lesen schon gesacht, du hast erst oben gelesen. Also einfach von oben runter. #00:01:51-8#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:01:51-8#

Interviewer: Und da gibt-s so verschiedene Bereiche, wenn du dir die ähm (.) anguckst... und du hast ja gesacht, der Text ist verständlich... gibt-s da irgendwie besondere Bereiche, wo du sagst, das war ganz verständlich, das konnt- ich gut verstehen, das war (.) anders als sonst. #00:02:06-1#

Befragter: (lachend) Also der ganze Text war anders. (+) #00:02:07-3#

Interviewer: Ja, ja, genau. Also der ganze Text, das glaub- ich. Aber wenn du nochmal... darfst auch irgendwas raussuchen, wo du jetzt- sachst: Da war... (..) du hast ja eben schon gesacht: Es gibt wenich Fachbegriffe, die aber dann erklärt werden, wenn sie vorkommen. #00:02:19-2#

Befragter: Hier auch (liest) Resublimieren (+). Keine Ahnung was das is- aber dann ham sie ja erklärt: (liest) Diesen Übergang von gasförmig- zu fest- (..) äh zu festen Aggregatzuständen (.) heißt Resublimieren. (+) Das heißt, es wurde sehr gut erklärt. #00:02:35-3#

Interviewer: Gut. Und ähm (..) (fragend) war der Text interessant an bestimmten Stellen? (+) Dass du sagst: (..) An der Stelle (.) hab- ich so-n Aha-Moment. (fragend) Also das es so interessant war? (+) #00:02:49-4#

Befragter: (...) Ich kannte (lachend) das Thema davor nich-. (+) Also ich fand- den ganzen Text eigentlich ganz interessant. #00:02:56-6#

Interviewer: (fragend) Und die (.) Beispiele mit Wasser? (+) Das ging ja alles um Wasser. #00:02:58-0#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:02:58-0#

Interviewer: (.) Ähm (.) (fragend) war das interessant, dass Thema Wasser? (+) Oder war das total (.) langweilig, weil es geht ja auch am Anfang so um Wasserbeispiele. #00:03:10-8#

Befragter: Langweilig fand- ich-s jetzt- nich-, aber (..) (lachend) joar. (+) #00:03:11-5#

Interviewer: (...) Gut, langweilich nich-. Keine langweiligen Stellen so wirklich, sondern eher interessante Stellen. #00:03:24-1#

Befragter: Ja, es gab- keine so richtige Stelle, wo-s dann mal langweilig wurde, sondern wurde alles ganz spannend gehalten. #00:03:27-5#

Interviewer: Aber, dann mal andersrum gefragt: (fragend) Gibt-s irgendwo -ne Stelle wo du sachst, die is- eher nich- verständlich oder die musstest du zum Beispiel zweimal lesen? (+) #00:03:35-5#

Befragter: Ne. #00:03:36-9#

Interviewer: (vergewissernd) Nix zweimal? (+) Also die Sätze (.) konntest du (..) lesen und verstehen? #00:03:40-8#

Befragter: Gut. Ausführlich. Verständlich. #00:03:42-3#

Interviewer: Okay. Also auch sprachlich gesehen, (.) waren die ähm (.) gut verständlich. Und der ganze Bereiche war für dich ja... also der Thema... das Thema war eher neu, has- du gesagt. #00:03:54-6#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:03:54-6#

Interviewer: Mh und trotzdem konntest du (.) verstehen, worum es geht. #00:03:56-7#

Befragter: Ja. #00:04:00-3#

Interviewer: Okay. Ähm du siehst jetz- ja noch, dass der Text diese Zwischenüberschriften hat. #00:04:07-3#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:04:07-3#

Interviewer: Sozusagen die, die Absätze teilt. (..) (fragend) Gibt es da mh (..) Unterschiede zwischen den Bereichen? (+) #00:04:14-5#

Befragter: (..) (fragend) Wie jetz-? (+) #00:04:18-2#

Interviewer: Vom Inhalt ja, aber ich mein- so von der Wirkung auf dich. #00:04:22-0#

Befragter: (fragend) Wie unterschiedlich? (+) #00:04:22-0#

Interviewer: (..) Ja du has- ja gesagt, der ganze Text is- (.) interessant und den konntest du gut verstehen. #00:04:28-2#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:04:28-2#

Interviewer: Aber gibt-s vielleicht Unterschiede, (fragend) dass der obere oder mittlere Teil interessanter war als der andere? (+) Und warum oder nich- interessanter oder... #00:04:32-9#

Befragter: Äh (...). Da muss ich jetz- erstma-... #00:04:42-0#

Interviewer: Kannst du gerne nochmal angucken, den Text. #00:04:42-5#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) (...) (lachend) Ich versteh- die Frage nich-. (+) (lacht) #00:04:51-6#

Interviewer: Ja, das war-... also dann siehst du sozusagen eher keinen Unterschied zwischen den einzelnen Bereichen, wie... #00:04:59-9#

Befragter: (zustimmend) Mh, ne. (+) #00:04:59-9#

Interviewer: Dass die unterschiedlich geschrieben sind. Oder (.) im oberen ... Die Frage sollte eigentlich sozusagen heißen:

(fragend) Gibt-s oben irgendwelche Bereiche, in dem Teil, die besonders einfach oder schwer waren? (+) Sind hier irgendwelche besonders einfach oder schwer. Oder da... (fragend) also keine Unterschiede? (+) #00:05:13-3#

Befragter: (zustimmend) Ne. (+) #00:05:14-2#

Interviewer: Okay. (...) Gut, (.) dann ähm (fragend) fandest du denn die Überschriften, die hier zwischen war-n... (..) war das (.) hilfreich, dass die da verstehen, oder hat das eher gestört? (+) #00:05:24-9#

Befragter: Joar also, (.) natürlich war es hilfreicher, weil du dann nochmal (...) besser nachgucken konntest, wenn du was einzelnes nachlesen möchtest. Da konntest du (.) dir einfach die Überschriften angucken.

Aber ich hätte die ähm (..) (fragend) wie sacht man? (+). Überschriften -n bisschen ausführlicher und -n bisschen (.) (fragend) wie soll man das nennen? (+) (Interviewer: (fragend) Mhm. (+)) (liest) Eis zu festen Aggregatzuständen (+) zum Beispiel, (..) fand- ich jetz- so, (fragend) wie soll man das nennen? (+) (..) Ähm (...) fand- ich jetz- (.) is- nich- (fragend) so ausführlich war (+), aber man wusste, was damit gemeint wurde. #00:06:08-6#

Interviewer: Mhm, (fragend) hast du -n anderen Vorschlag? (+) Wenn du jetz- sachs-, das war nich- ausführlich, was... (.) Ne, muss auch noch nich- perfekt formuliert sein. Aber sachtst... du -n Vorschlag hast, was da besser passt. #00:06:06-6#

Befragter: (lachend) Nein. (+) #00:06:17-7#

Interviewer: Ne, okay. Ähm (..) was verständlich war (..) oder nich- verständliche Stellen hattest du ja nich- so richtig-.

Ähm (..) in dem Text komm- aber ja Phänomene vor, also (.) ein Phänomen is- etwas, was man halt irgendwie beobachten kann und dann wurd- das ja beschrieben. (..) Da sind ja mehrere Phänomene, kannst du mir irgendwas über die (.) erzählen, (fragend) ob du die vielleicht kanntest, oder nicht kanntest? (+) #00:06:43-3#

Befragter: Also Schmelzen kenn- ich. Das kann- ich. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Zum Beispiel im Sommer, wenn du dir -n Eis kaufst...

(fragend) soll ich das erklären? (+) #00:06:49-9#

Interviewer: (zustimmend) Ja, genau. (+) Alles erklären ruhig. #00:06:49-9#

Befragter: Wenn du dir im Sommer -n Eis kaufst und es dann einfach zehn Se... zehn Minuten lang in der Sonne festhält, (.) (fragend) dass es dann schmilzt. (+) #00:06:57-0#

Interviewer: (zustimmend) Genau. (+) Und dann hast du ja den Begriff sozusagen Schmelzen... okay, den kanntest du vielleicht schon. #00:07:03-2#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:07:03-2#

Interviewer: Äh gelernt. Und andere (..) (fragend) Phänomene, die da drinne beschrieben wurden? (+) #00:07:07-9#

Befragter: (.) (liest leise) Ähm (liest leise) Kondensieren kannt- ich auch schon. #00:07:22-6#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)

Und also die Begriffe kanntest du und auch (fragend) was da passiert? Das auch? (+) #00:07:27-0#

Befragter: (zustimmend) Mhjoar (+) (Interviewer: (zustimmend) Genau. (+)) Also ich kannt- jetzt- nur Kondensieren und (lachend) Schmelzen. (+) #00:07:29-5#

Interviewer: Okay, aber die anderen, wie wär-... was... #00:07:33-5#

Befragter: Resublimieren. #00:07:33-2#

Interviewer: Ja, Resublimieren das Wort nich-, (fragend) aber das was da passiert? (+) Da wird ja was beschrieben, wann das passiert. #00:07:40-8#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:07:40-8#

Interviewer: Ne, (liest) wenn das im Winter länger kalt ist, (...) (+) #00:07:44-3#

Befragter: (liest leise) (fragend) Wo jetzt? (+) #00:07:49-7#

Interviewer: Hier. (Zeigt auf eine Stelle auf dem Text) #00:07:52-3#

Befragter: (liest leise) #00:08:03-1#

Interviewer: Noch nich- gesehen. Okay, aber hätte ja sein können, dass man (.) das auch schonmal gesehen hat.

Okay, ähm (.) wenn du jetzt- nochmal (...) an den Text zurückdenkst, wie du den gelesen hast. Gibt-s ja (.) wieder diese Zwischenüberschriften. Ähm (..) und du has- ja gesucht, du hast damit was gelernt, weil du das noch nich- kanntest. (fragend) Was is- denn so der Kerninhalt von dem... von jedem einzelnen (.) Absatz. Also von dem eins, zwei, drei, vier. Was is- für dich... #00:08:32-2#

Befragter: (fragend) Soll ich (.) das allgemein beschreiben oder zu jedem Absatz gen-... (+) #00:08:35-6#

Interviewer: Genau, zu jedem Absatz einmal sagen, was steht... was is- der Kerninhalt. (fragend) Was is- so der Kern vom Ersten? Worum gehts da hauptsächlich? (+) #00:08:41-2#

Befragter: Da werden erklärt, was Aggregatzustände sind. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))
(..) Joar. (.)

(fragend) Soll ich...? (+) (Interviewer: Ja, mach- einfach weiter. Genau.) Ähm (..) von gasförmig
zu fest im Nächsten wird beschrieben. Der Aggregatzustand heißt ja Resublimieren.

In dem Absatz wird beschrieben, von gasförmig zu fest. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) (.)

Äh, ja. (.) Der Übergang von gasförmig zu flüssig (.) wird äh (.) heißt ja Kondensieren. Und (.) ja
schon.

Der Aggregatzustand von fest zu gasförmig heißt Sublimieren. (Interviewer: (zustimmend) Mhm.
(+)) Ja. (...) #00:09:28-6#

Interviewer: Und das sind dann die Inhalte von den vier Kapit-... #00:09:30-2#

Befragter: Da wird beschrieben (.) wie das passiert, wann das passiert und wie das bezeichnet wird.
#00:09:35-1#

Interviewer: Mhm, also der Name, (.) wie und wann das passiert, (.) genau. Und genau. Wenn du
jetzt irgendwas ändern könntest an dem Text. #00:09:46-0#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:09:46-0#

Interviewer: (fragend) Was würdest du ändern? Würdest du was ändern? (+) #00:09:47-3#

Befragter: Außer die Überschriften, die würd- ich ausführlicher schreiben, aber sonst fand- ich den
Text eigentlich sehr gut gehalten. #00:09:53-4#

Interviewer: Okay, also die Zwischenüberschriften vielleicht anders machen, länger, mit -n bisschen
mehr Information. Ja.

(fragend) Möchtest du noch irgendwas anderes sagen? Was du noch nich- gesagt hast, zu dem
Text?(+) Mh, ja hast ja auch schon gesagt, der war anders (.) als (.) Schulbuchtexte. Das war ja
schonmal schön. #00:10:12-0#

Befragter: Ausführlicher. #00:10:11-6#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) #00:10:14-5#

Befragter: Wobei ausführlicher is- jetz- nich- schlimm gemeint, sondern es is- einfach (.) ins Detai-...
ins Detail gegangen. (.)

Zum Beispiel würde in -nem Schulbuch, glaub ich, Aggregatzustände noch nich- mal erklärt werden.

Aber wenn sie hier (.) von gasförmig zu fest den Aggregatzustand beschreiben, ham sie auch in
der..., ich glaube (fragend) das hier is- die Einleitung? (+) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))
Ham sie auch beschrieben, was Aggregatzustände sind. #00:10:38-9#

Interviewer: Genau, ja. #00:10:40-7#

Befragter: Das fand- ich sehr gut. #00:10:39-2#

Interviewer: Okay, vielen Dank, dann bist du schon fertig.

Atom_4

Interviewer: Dann nehm- ich auf und (.) wir beginn-n mit so ganz allgemeinen Fragen zum Text. Und du darfst dich auch immer auf den Text beziehen. #00:00:10-3#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:00:10-3#

Interviewer: Oder auf bestimmte Stellen im Text. Dann suchte irgendwie (.) eher im oberen oder unteren Bereich. Und wenn ich nich- weiß wo, frag- ich nochma- nach wo das war. (.) Ähm (.) wenn du dem Text eine Note für Verständlichkeit geben würdest, (.) (fragend) was für eine Note würdest du dem Text geben? (+) #00:00:26-7#

Befragter: (fragend) Von eins bis zehn? Also, achso, also als Note. Also -tschuldigung... #00:00:30-2#

Interviewer: No... Schulnote kannst du machen. Ein bis sechs, ja genau. Kannst... #00:00:32-8#

Befragter: Also ich fand- den jetzt schon sehr verständlich, also der is- ja anders als andere Texte, weil auch manche Sachen dann nochmal extra erklärt wurden.

(..) Deswegen würd- (lachend) ich dem eigentlich -ne eins oder so geben.

Also (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) ich hab- jetzt- nichts was ich nich- verstanden hab- eigentlich. #00:00:50-1#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) gut, da hast du schon gesucht, du fandst den sehr verständlich. #00:00:53-6#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:00:53-6#

Interviewer: Kannst- das noch weiter aus-... also du hast- ja gesucht: Verständlich und da sind Sachen erklärt. (fragend) Kannst du das noch... (.) noch weiterbeschreiben? (+) #00:00:58-5#

Befragter: Ja also, ähm (...) so manche ähm (...) bestimmte Wörter, die nich- so oft (.) k-... in Texten vorkommen, (.) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) wurden nochmal erklärt.

Ähm (..) oder hier steht ja auch: (.) (liest) Eine Trilliarde Teilchen enthalten... diese Zahl besteht dann aus 22 Stellen (+) oder so. Würde in anderen Büchern, glaub- ich jetzt- nich- nochmal so stehen. (.)

Und ähm (.) auch wie das aufgeteilt is-. Also, dass es nich- ein Text is-, (.) den man dann einmal runterliest. Sondern (.) immer (.) mehrere Überschriften quasi (.) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) die dann (.) nochmal genau erklären. #00:01:37-2#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Und noch irgendwelche anderen Dinge, die beim ganzen Text beim Lesen aufgefallen sind? Oder besonders sind? Also... du has- schon Vieles gesacht. #00:01:46-1#

Befragter: (...) Also aufgefallen is- mir jetzt- nich- so wirklich was. Also halt, (.) dass der auf jeden Fall verständli-... ver- ver- verständlicher is- als (.) in so... (.) ähm (.) hätte das jetzt- in -nem Buch gestanden so... (.) ähm (.) hät- man-s ja wahrscheinlich nich- so verstanden. #00:02:13-0#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Also verständlicher. Und (.) du has- ja schon gesacht, dass manche Begriffe, Wörter, oder auch Fachbegriffe nennt man die ja oft, drinne vorkommen und aber dann erklärt werden. (.) #00:02:23-7#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:02:23-7#

Interviewer: (fragend) Sind noch andere (.) Aspekte in dem Text aufgefallen, die besonders verständlich waren? (+) #00:02:26-8#

Befragter: (...) Ja, also hier (.) immer ähm (.) halt diese Aggregat- (.) zustände, wurden halt immer wie das passiert.

Oder Beispiele oder so. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Hier ein- kalte Getränkeflasche. (.) Ähm (..) und ähm (...) ja. (..) #00:02:59-4#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Und du kannst auch noch was zu den Beispielen sagen auch ruhich. #00:03:01-2#

Befragter: Ähm. (..) #00:03:02-2#

Interviewer: Wie die waren, wie du die fandest. #00:03:07-2#

Befragter: (..) Also ich fand- dies-s Beispiel halt: (liest) An kalten Getränken-... Getränkeflaschen sammeln sich von außen flü-... flüssige Wassertropfen an. (+) Gut, weil man trinkt öfter aus Flaschen. (Interviewer: (zustimmend) Ja. (+)) Und ähm... (..) ähm sieht das dann im Sommer oder so auch (.) öfters (..), dass dann Außen halt so Wasser quasi schon fast runterläuft. (..) Aber die dann immer noch kalt sind. Ja. #00:03:30-6#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Also -n Beispiel, (fragend) was man selber kennt. (+) #00:03:34-5#

Befragter: (zustimmend) Ja. Mhm. (+) #00:03:35-8#

Interviewer: (fragend) Deswegen is- es vielleicht auch interessant, in gewisser Weise. (+) #00:03:39-1#

Befragter: (zustimmend) Ja. (+) #00:03:39-1#

Interviewer: (fragend) Gibt-s irgendwas anderes was du da sagen würdest, das war interessant? (+) #00:03:41-7#

Befragter: (...) Äh (...) (lachend) also (.) ich (+) find- ähm, also ich hatte das schonmal im Unterricht. (..) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) (..) Ähm (...) ich kann jetzt- nichts genaues sagen, irgendwie wie (..) also wie interessant ich das finde. Also (..) es interessiert mich jetzt- nich- so sehr (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) aber ähm (...) (lachend) ja. (+) (..) Äh (...) #00:04:37-1#

Interviewer: Okay, also nich- so sehr interessant. Aber die Beispiele hattest du jetzt-... zumindest das mit dem Wasser- (.) tropfen an der kalten Glasflasche, ja genannt, dass du das irgendwie kanntest. #00:04:44-0#

Befragter: (zustimmend) Ja. (+) #00:04:42-5#

Interviewer: Dann war das ja in... (.) in gewisserweise interessant. #00:04:48-2#

Befragter: Ja, (lachend) ja. (+) #00:04:48-2#

Interviewer: Sagen wir mal so, vielleicht auch nich- super interessant, aber (..) irgendwie so, dass man-s vielleicht verstanden... verstehen konnte. #00:04:54-6#

Befragter: Ja. #00:04:55-9#

Interviewer: Gut. (.) Ähm und andersrum gefragt: (fragend) Gibt es etwas, was da kompliziert war? Oder unverständlich? (+) Könnten zum Beispiel (..) Bereiche, die du mehrmal gelesen hast. #00:05:06-9#

Befragter: (...) Also (...) mit diesem Teilchenmodell. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) (..) Hab- ich jetzt- noch nich- so ganz verstanden. Ähm (..) was das so is-. Aber das kommt wahrscheinlich davon, dass ich den jetzt- nur einma- so gelesen hab- runter. Und ähm (...) also ich hab- jetzt- noch nich- ganz verstanden, was das Teilchenmodell is-, ob... also (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) (.) ja. (...) #00:06:06-2#

Interviewer: Also die Stelle war eher (..) schwierig dann zu verstehen. Dass man da nich- genau weiß, (.) wie das so is-. (..) Okay. Ähm (..) also war die Stelle... das is ja eher im oberen Bereich dann, wo das Teilchenmodell steht. Da würdest du sagen, (fragend) das war (..) schwieriger zu verstehen als der Rest, oder? (+) #00:06:24-5#

Befragter: Ja, aber vielleicht auch, weil man da jetzt- angefangen hat und dann eher schnell und dann es... (.) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) da dann genauer gelesen hat. (...) #00:06:34-7#

Interviewer: (fragend) Und die Zwischenüberschriften, (+) die kommen ja auch vor, die hast du auch schon erwähnt eben. #00:06:37-3#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:06:38-9#

Interviewer: (fragend) Kannst du da noch was zu sagen, was du daran jetz- (..) naja besonders... aber ich will nich- vorgeben, was du dazu sagen sollst. #00:06:45-4#

Befragter: (lacht) #00:06:45-4#

Interviewer: Also was is- mit den Zwischenüberschriften? #00:06:46-0#

Befragter: Also ich fand- das sehr gut, weil (..) ähm die nochmal gesagt ham, worum-s jetz- genau in dem Abschnitt geht. Weil, wenn man oft so Texte liest, dann liest man-s runter (..) und denkt aber gar nicht darüber nach in dem Moment. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Und ähm (..) ja, deswegen fand- ich das immer gut. (liest) Eis (+) also (liest) Fester Aggregatzustand (+) oder halt: Man kann ja halt nur auch schreiben: Flüssiger Aggregatzustand, aber dann auch: (liest) Wasser, Eis und Wasserdampf. (+) (..) Und, ja, also ich find- das sehr gut, dass da noch so Zwischenüberschriften sind. #00:07:20-4#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) (..) Uuund (..) dann hast du eben schon über das Beispiel mit der Wasserflasche geredet. #00:07:30-8#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:07:30-8#

Interviewer: (fragend) Gibt-s noch andere (..) Phänomene, Beispiele, die da drinne vorkommen, die du (..) kanntest aus dem Alltag? (+) #00:07:37-8#

Befragter: (...) Ja, hier: (liest) Bei anhal-... anhaltender Kälte im Winter kann man beobachten, dass Schnee langsam verschwindet ohne zu Schmelzen. (+) (lachend) Is- mir auch schon öfter aufgefallen, dass er dann einfach weg war. (+) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Und ähm (...) ja, das ka-... kommt halt auch einfach im Alltag immer... also einmal im Jahr vor. #00:08:02-2#

Interviewer: Zumindest im Winter, genau. #00:08:04-9#

Befragter: (lachend) Ja, genau. (+) Und da wird ja dann auch nochma- erklärt, dass der sein Aggregatzustand ändert von fest zu gasförmig. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Und nicht schmilzt, sondern ähm ... also nich- zu Wasser wird, sondern einfach (lachend) aufsteigt. (+) #00:08:20-5#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, super. (+) Gut. Dann ähm (..) schließen wir jetz- eigentlich so bisschen ab, mit so Fragen zum Verständnis. #00:08:26-3#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:08:26-3#

Interviewer: Hast du eben auch schon eigentlich -n Teil von gesucht: Das im unteren Text beschrieben wird, der... zum Beispiel der Übergang zwischen fest zu gasförmig. #00:08:38-7#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:08:38-7#

Interviewer: Nämlich bei dem ähm Schnee. Wenn du jetz- die anderen Abschnitte nochmal anguckst, kannst du da einmal erzählen, was steht so (..) im oberen Bereich hauptsächlich, im (..) darunterfolgenden und so weiter. (fragend) Was ist so der Kern? (+) #00:08:49-3#

Befragter: Okay. Also (...) oben wird halt das Teilchenmodell angesprochen.

(Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Und (.) ähm (...) wie viele Teilchen in ähm (.) ein- Wassertropfen sind. Also (.) ähm (.) ja, dass is- mehr so da oben. Also (.) ja.

(lachend) Und (+) ähm dann kommt ja die... die Aggregatzustände.

Und dann halt erst der feste Aggregatzustand ähm (.) mit Eis und so. Und (...) hier ja... also da geht-s halt auch wieder -n Beispiel: (liest) Schnee is- ebenso diesem Aggregatzustand zuzuordnen, da er auch halt aus Eiskristallen besteht. (+)

(Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Und dann kommt halt der Flüssige, Wasser und (..) ähm (...) wie sich... ab wann es dann... ab wann es Wasser wird von Eis jetz- zum Beispiel. (.) Ähm jetz- oberhalb von null Grad.

Und ähm ja dann kommt halt der Wasserdampf, gasförmiger. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

(..) Und (.) ja, das wird halt alles so nacheinander von fest zu nichts mehr da, sag ich jetz- mal beschrieben. #00:10:22-5#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) (..) Genau und wenn du was ändern könntest am Text, (fragend) fällt dir da irgendwas ein, was du da ändern würdest? (+) #00:10:30-1#

Befragter: (...) Mh (...) mh nö, also das unten würd- ich auf keinen Fall also ändern. Halt das (zeigt auf den Teil oben) hab ich jetz- einfach nich- so richtig verstanden. #00:10:54-7#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Also den oberen Teil. #00:10:54-7#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) Mh (...) und von da unten würd- ich jetz- auf jeden Fall nichts ändern. Und da wüsst-, ich jetz- nich- genau wie man das ändern könnte. #00:11:04-9#

Interviewer: (fragend) Kannst du sagen... oder könntest du sagen, mh (..) (fragend) warum das schwierig war zu verstehen? Fällt dir da was ein? (+) #00:11:11-2#

Befragter: (...) Mh (...) also ich da wird- jetz-, glaub- ich, so erklärt, dass ... also ich hab- jetz- diesen Satz hier gerade nochmal gelesen, ähm dass Stoffe aus mehreren... also das alle... alle Aggregatzustände quasi (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) aus mehreren Teilchen bestehen dann. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Ähm (...) wüsste jetz- gar nich- so richtig, wie und was man da jetz- ändern könnte. (...) (lachend) Liegt vielleicht ja auch einfach an mir. (+) #00:12:00-2#

Interviewer: Muss ja auch nich-. Also... naja, is- ja nur -ne Frage, ob dir das vielleicht einfällt. Gut, dann wär-s das jetz- eigentlich gewesen. Es sei denn dir fällt noch irgendwas ein, was du noch sagen möchtest, zum Text, zu... egal was. #00:12:12-4#

Befragter: Nö, also ich fand- den auf jeden Fall sehr viel besser als andere Texte. (..) Und (...) äh ja. #00:12:20-2#

Interviewer: Okay. Wenn das das war, dann vielen Dank.

Thermisch_1

Interviewer: Dann würd- ich beginn-. Und wir beginn- mit ganz allgemein- Fragen zum gesamten Text. (.) Du darfst dich dabei auch jetz- und bei den anderen Fragen auch immer auf den Text beziehen. Und sagen: Das stand da und da oder das und das Wort mein- ich damit. Ähm (..) genau. (...) (fragend) Wenn du dem Text eine Note für Verständlich geben würdest, welche Note wäre das? (+) #00:00:26-9#

Befragter: Eine eins. #00:00:29-3#

Interviewer: Mhm, (fragend) und warum genau? (+) #00:00:27-6#

Befragter: Weil (.) es (.) nur ein Wort gab, was ich eigentlich auch schon wusste, aber mir nicht-sicher war. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Der Rest wusst- ich alles. Das liegt vielleicht daran, dass ich einfach nur (.) viel lese. #00:00:45-7#

Interviewer: Mhm, du liest viel, dass is- ja auch schonma- (.) interessant. Ähm und (fragend) welches Wort war das, was dir jetz- Schwierigkeiten bereitet hat? (+) #00:00:48-4#

Befragter: Die Überschrift. Weil ich wollt erstma- wissen worum es im Allgemeinen geht. Und weil ich schon -n bisschen wusste, dass das so um Temperaturen geh-n. Wollt ich nochma- sicher gehen, dass das auch... #00:01:03-4#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) also thermisches Verhalten. (fragend) Wüsstest du denn jetz-nachdem du den Text gelesen hast... also kannst du mit dem Begriff was anfangen? (+) #00:01:08-8#

Befragter: Ja. Also hät- ich sie nicht- gefragt und einfach gelesen, würd- ich jetz- schon wissen, was das bedeutet. Weil es ging ja nur um Temperaturen und über Kälte und noch über (..) andere Sachen halt. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Und ich würd-s dann wissen. #00:01:21-8#

Interviewer: Okay, ähm (fragend) is- dir sonst noch was aufgefallen beim Lesen? (+) #00:01:25-2#

Befragter: Ähm (...) eigentlich nicht-. (..) Also bei einer Textstelle, da war... fand- ich irgendwie, dass der Satz kein Sinn hatte. Das... (.) der... (.) ich weiß grad- nicht- wo de... wo das is-. (.) Aber das war so: (..) Der hat irgendwie ein... etwas gesagt und dann ei... einfach ein Komma und dann weitergeschrieben. Und das hat irgendwie nicht- gepasst. Ich weiß grad- nicht- wo das is-. #00:01:49-8#

Interviewer: Mhm, (fragend) vielleicht findest du das ja nochma- wieder? (+) #00:01:48-0#

Befragter: (...) Mhm (...) find- ich nicht- nochma-. #00:02:19-5#

Interviewer: Ja, vielleicht findest das ja auch ähm gleich nochmal wieder. Wir sitzen ja noch -n bisschen hier. Wenn du gleich nochmal rüber guckst, vielleicht dir ja dann wieder ein oder (.) auf, beim Lesen. Ähm (.) (fragend) is- dir beim Lesen sonst noch irgendwas anderes aufgefallen, ist irgendwas besonders an dem Text? (+) #00:02:34-1#

Befragter: (...) Wenn sie mich jetzt- so direkt fragen,... #00:02:40-5#

Interviewer: (..) Wie gesagt: Es gibt keine richtigen, keine falschen Aussagen. Kannst du einfach so sagen, (..) so direkt besonders (.) is- dir nichts aufgefallen, oder... #00:02:52-9#

Befragter: Konnte man au-... sollte man auch auf Rechtschreibfehler achten? Weil ich hab kein- gefunden. #00:02:52-6#

Interviewer: Ne, (.) es sol-... es sollte keiner drin sein, hoff- ich. #00:02:57-3#

Befragter: Okay, (...) mhja, es geht immer nur um ein Thema und mehr nich-. #00:03:12-4#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, okay. (+) (fragend) War der Text wie andere Texte im Physik- unterricht oder im Naturwissenschaftsunterricht. Ja, Bio, Physik, Chemie im Vergleich dazu. (+) #00:03:23-3#

Befragter: Ne, also in Chemie... (..) also d- da ham wir, also glaub- ich, ham wir noch nie wirklich so-n Text bekommen. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Aber in Physik ham wir ab und zu so Texte. Aber die sind dann anders, weil da komm- so mehr Fachbegriffe vor. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Hier komm- zwar auch welche vor, glaub- ich, aber die sind halt nich- so unverständlich. Die sind so kindergerecht also. Ich finde, (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) man versteht da mehr. #00:03:52-0#

Interviewer: (..) Da komm- Fachbegriffe vor, ja. #00:03:54-4#

Befragter: Ja, schon. #00:03:55-7#

Interviewer: Son paar, vielleicht nich- so viele, das stimmt. (.) Genau, (.) ähm und (fragend) was meinst du jetzt- mit ähm mh (..) für euch geschrieben. Woran (..) könntest du das festmachen? (+) Wenn du jetzt-... has- du-... vielleicht fällt dir ja auch -n Fachbegriff auf und war-... warum is- das jetzt- (..) hier anders- als in ein-m anderen Text. #00:04:16-0#

Befragter: (atmet laut ein) (...) Keine Ahnung. #00:04:41-5#

Interviewer: Mhm, ähm (..) (fragend) möchtest du sonst noch was sagen zum gesamten Text zur Verständlichkeit? (+) #00:04:48-0#

Befragter: Ich finde die Sätze waren nich- so... (...) so schwer. Die waren mehr kurz also k-... kürzer. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) So, weniger me-... also es gab- schon paar Kommas. Aber ich fand-, dass man immer zum Beispiel: Immer ein Satz, eine Aussage und dann Punkt. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Immer so. #00:05:07-0#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) (...) genau. Gut ähm du has- eben schon gesucht, dass du den eigentlich wirklich verständlich findest. (fragend) Gab es irgendwelche Stellen die du informativ und interessanter fandest da drinne? (+) #00:05:17-4#

Befragter: Ja, ich fand- sehr (..) interessant also... das mit dem Ausnahme Wasser, das wusst- ich schon. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Aber ich wusste nich-, dass sich zum Beispiel sich ausdehnt, (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) wenn-s kälter oder wärmer wird. Oder halt mit... mit... mit also halt Körper so. (..) Wusst ich nich-, ich dachte immer, dass wär nur bei Wasser so. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) (..)

Und das der Eiffelturm sich halt so (..) in die Länge (..) ausdehnt. #00:05:46-1#

Interviewer: (..) Genau, also das war interessant. Und andersrum gefragt; (fragend) Gab-s irgendwie etwas, was unverständlich oder kompliziert war? (+) #00:05:52-1#

Befragter: (...) Mh (...) (verneinend) mhm. (+) #00:06:08-4#

Interviewer: (fragend) Gab-s irgendwelche Stellen, die du zweimal lesen musstet? (+) Also has-gelesen den Satz und dachtest: Mh, den les- ich lieber nochmal. #00:06:15-4#

Befragter: Ja, dieser eine Satz, (..) wo dieser Komma so komisch wa-. (...) Hät- ich mir das unterstrichen, man. (...) #00:06:29-4#

Interviewer: (lacht) Ja, dann hätten wir jetz- drüber reden können. Aber das wusstest du ja vielleicht noch nich-, dass wir... oder, dass das... dass das wichtig is-. #00:06:31-8#

Befragter: (...) Das war was mit -ner Flasche. (..) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Das muss dann... (..) #00:06:56-8#

Interviewer: Ich glaub- hier irgendwo, da. #00:06:56-5#

Befragter: Ja. (...) hä, hier! (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) (..) Wobei, wenn ich mir das jetz- lese, hört sich das doch ordentlich an: (liest) Wär- eine Getränkeflasche bis oben gefüllt sowie geschlossen, und man würde sie erwärmen... (+) ja doch, dass is- schon richtig. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Dann... #00:07:41-1#

Interviewer: Aber trotzdem musstest du ihn zweimal lesen. #00:07:41-1#

Befragter: Ja. #00:07:41-1#

Interviewer: Also war der irgendwie komplizierter offensichtlich. Das is- ja äh (..) das is- ja auch -ne wichtige Information, dass man weiß, dass der Text... oder die Textstelle, der Satz (..) ähm, komplizierter war. (Schulglocke ertönt) Gut, wir sind gleich auch schon fast am Ende von äh den Fragen. (Räuspert sich) (fragend) Wenn du den Text nochma- anguckst, da sind ja so Absätze und Zwischenüberschriften. Was kannst du dazu sagen? (+) #00:08:06-1#

Befragter: Ähm (...) ich finde die Überschriften einigermaßen passend, nur (...) bei der... ich finde, das hat kein Unterschied bei... (..) also ich finde das hat bei... die Überschriften könnten eigen... müssten nicht so viele sein also. Weil das hat meistens was miteinander zu tun. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Das die Volumenausdehnung und so halt, man... es wird ja halt erzählt, wie viel und so in welche Länge das sich ausdehnt.

Ich finde, man könnte zum Beispiel sagen: Längenausdehnung und danach könnte man den... diese Überschrift weglassen und darüber auch weitererzählen. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Und bei Ausnahmen von Wasser, würd- ich dann auch bei.... Zum Beispiel hier steht: Bei Flüssigkeiten und Gasen, das würd- ich dann auch hier mit zu packen. Hier sind so ein paar Textstellen, die mehr hierhin passen würden. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) (..) Sonst is- alles okay. #00:09:11-2#

Interviewer: Mhm, genau (..) okay. (..) #00:09:15-8#

Befragter: Ich hab- noch... #00:09:15-8#

Interviewer: Na klar, gerne. #00:09:15-8#

Befragter: Und ich fand- die ein-... also die ham gleich mit einer Brücke und Stahl angefangen. Ich würd- eher sagen, dass bei Textverstehen in Büchern is- das immer so, der macht- so -ne Einleitung. Zum Beispiel der sagt: Ja, (..) zum Beispiel die stellen am Anfang dann Fragen. Zum Beispiel: Warum würde das so und so sein? Dann würden die das alles einfach erklären. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Das war irgendwie so gleich ins... das ging gleich direkt ins Thema. #00:09:42-5#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, genau, mhm. (+) (..) Ähm, da sin- ja so Beispiele drin-, has- du eben auch schon genannt, dass du die teilweise interessant findet. (fragend) Kannst du sonst noch was zu den Beispielen sagen? (+) Also sowas wie mit dem Eiffelturm, mit der Brücke oder mit der Flasche. Irgendwas zu den Beispielen #00:09:50-5#

Befragter: (..) Mh (...) sie fragen mich jetzt- so, aber mir fällt da nix ein. #00:10:12-7#

Interviewer: So, ob du dir das vorstellen konntest. #00:10:12-1#

Befragter: Ja, ja doch. #00:10:12-1#

Interviewer: Ob du das interessant fandest, ob du das (..) schonma- gesehen hattest oder so. #00:10:16-6#

Befragter: Also... (..) den Eiffelturm hab- ich ma- gesehen. (..)

Und also mit der Flasche, das hab- ich sogar selbst mal ausprobiert, das fand- ich auch so gut. Weil, wenn man was so selber ausprobieren kann, is- das besser (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) im Texten, dann kann man das besser verstehen.

(..) Ähm mit den Brücken, das war so: Das also, als ich das gelesen hab, wusst- ich das zum Beispiel nich- mit den Brücken. (.) Ähm ich konnt- mir das dann so besser vorstellen, wieso so Brücken Lücken haben müssen. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Zum Beispiel wenn ich so unter einer Brücke so bin und das mir anschau, dann würd- ich das besser verstehen. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Ich fand-... ich fand- der Text war sehr informativ. #00:10:57-1#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) jetzt- has- du auch schon ganz viel dazu gesagt, was in den Text drin steht. Ich glaub- darau-... weil das eigentlich auch -ne Frage is-, ich glaub- wir müssen die gar nich- mehr dann bearbeiten, weil du eigentlich schon die Teile gerade wieder zusammengefasst hast, was da drinne steht. Ähm (...) genau, (fragend) würdest du an dem Text etwas ändern wollen, wenn du daran was ändern könntest? (+) #00:11:20-8#

Befragter: (...) Mh (...) nö. #00:11:31-5#

Interviewer: Okay. (fragend) Gibt es sonst noch etwas, was du (.) wichtig findest, aber worüber wir bis jetzt- noch nich- genug gesprochen haben? (+) #00:11:36-8#

Befragter: (...) (verneinend) Mhm. (+) #00:11:45-4#

Interviewer: Gut, dann sind wir am Ende. Vielen Dank!

Thermisch_2

Interviewer: Dann würd- ich beginnen mit ähm (.) ganz allgemeinen Fragen zum gesamten Text erstmal. Da darfst du dich auch immer wieder auf den Text beziehen. Wenn du also sagst, das i-wie in dem oder dem Bereich oder das Wort oder so, dass dazu passt, dann kannst du das einfach nennen. (fragend) Wenn du dem Text eine Note für Verständlichkeit geben würdest, welche Note wäre das? (+) #00:00:27-5#

Befragter: (..) (fragend) Also eins is- das Beste? (+) #00:00:30-9#

Interviewer: Genau, ganz normale Schulnoten. Eins bis sechs. #00:00:31-7#

Befragter: (...) Zwei. (..) Ja. #00:00:38-2#

Interviewer: Mhm, (fragend) und wie kommst du dazu, dass du sachst zwei? (+) #00:00:38-2#

Befragter: Ähm also (.) ich find-s halt verständlicher als (.) normal im Physikbuch,

weil erstens ich am Anfang, wenn man so ins Thema reinkommt, sind nich- so viele Fachbegriffe. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Also, dass man-s leicht versteht.

Und ich find-s gut, dass es auch mit -n Beispiel erklärt wird. Mit-n Eiffelturm. #00:01:02-4#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Und wenn du schon das Beispiel sagst, Eiffelturm oder da sind ja noch andere drin. (fragend) Wie sind so die Beispiele? (+) #00:01:09-5#

Befragter: Also, (fragend) welche es alle gibt? Welche alle drinne war-n? (+) #00:01:15-6#

Interviewer: Ne, die sollst du nicht nennen, sondern sagen, wie du die findest, die Beispiele. Kannst aber sagen: Das eine find- ich gut, das andere nich-. Das kannt- ich, das kenn- ich nich-. #00:01:18-0#

Befragter: (.) Also das mit dem Eiffelturm, fand- ich gut, weil ich kann mir das gut vorstellen im Kopf. (Interviewer: (fragend) Ja? (+) Super.) Mit -n Eiffelturm. (..) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Und das war auch, dass was mir am Meisten noch im Gedächtnis geblieben is-. #00:01:42-5#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, okay. (+) (fragend) Is- dir sonst noch was aufgefallen beim lesen? (+) #00:01:49-0#

Befragter: Äh (...) achso ja das mit der Brücke. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Da wusst- ich am Anfang nich-, wie genau, die da liegen (..) aber das konnt- ich mir auch vorstellen, das Beispiel. #00:02:19-7#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. okay. (+) Du has- eben ja schon... #00:02:21-5#

Befragter: Das fand ich auch interessant, das zu wissen. #00:02:25-7#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Also Brücke is- auch interessant. Ähm (.) und du has- eben schon angefangen darüber zu reden: Wenn du den Text mit Schulbuchtexten vergleichst, die du sonst so liest, (fragend) Ja? (+) Gib-s da noch andere Unterschiede? (+) #00:02:38-2#

Befragter: Mh, wenn da so Fachbegriffe verwendet werden, dann find- ich, sin- die auch gut umschrieben. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Also das man das leicht versteht. #00:02:50-8#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, gut. (+) Ähm (fragend) sonst noch irgendwas allgemein (.) zum Text? (+) #00:02:55-4#

Befragter: (...) Mh (..) ich find- das gut, dass das so unterteilt is- mit so verschiedenen Überschriften. Also das nich- einfach (liest) Thermisches Verhalten (+) überall steht und der ganze Text aufgelistet wird. Sondern, dass man (.) das unterteilt halt. #00:03:18-6#

Interviewer: Genau, super. Ähm (,) und andersrum gefragt: (fragend) Gib-s irgendwelche Stellen im Text, die kompliziert oder unverständlich war-n? (+) #00:03:30-2#

Befragter: Nö, eigentlich nich-. (..) #00:03:31-2#

Interviewer: (fragend) Gib-s irgendwelche Stellen die du mehrmals gelesen hast? (+) #00:03:37-2#

Befragter: (...) Ähm (fragend) also jetz- eben mit den Fragen davor? Was ich nochmal nachlesen musste, oder...? (+) #00:03:43-3#

Interviewer: Ne so beim Lesen. Du has- den Tex-... den Satz gelesen. Hab- ich nich- verstanden. Muss ich nochma- lesen. #00:03:47-5#

Befragter: Ja, irgendwo am Anfang. (..) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) (...) Das ähm: (liest) bei vielen Körpern nimmt die Größe bei steigenden Temperaturen zu und nimmt bei fallenden Temperaturen ab. (+) (.) Dann: (liest) Dieses Phänomen wird allgemein der Wärmeausdehnung zugeordnet. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Das hab- ich mir noch -n zweites Mal durchgelesen. #00:04:13-7#

Interviewer: Okay, der Teil wär- dann eventuell etwas komplizierter, weil du das nochmal gelesen hast. #00:04:13-6#

Befragter: Ja, aber war auch dann verständlich. #00:04:20-1#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Ähm (fragend) gab-s irgendwelche besonders interessanter oder informativen Teile in dem Text? (+) #00:04:23-4#

Befragter: (...) Also (.) da... ich wusste davor halt noch gar nich-, dass es das gibt. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Und deswegen (..) ähm (..) ich wusste halt sozusagen noch gar nichts davon. #00:04:56-0#

Interviewer: Also alles war irgendwie neu. #00:04:57-5#

Befragter: Ja, alles hat mir soweit geholfen -n bisschen. #00:04:57-8#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) (fragend) Gab-s irgendwo was langweiliges? (+) Wo du gesacht hast: Ja, (.) das war langweilich, hab- ich gar nich- richtig konzentriert gelesen. #00:05:07-4#

Befragter: Mh nö. (...) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Eigentlich nich-. #00:05:13-9#

Interviewer: Gut. Die Zwischenüberschriften hast du ja eben auch schon erwähnt, dass der Text so aufgeteilt is- und dass das dadurch (.) ja, gut aufgeteilt is-. (fragend) Kannst du da noch was sagen? Was dir da noch zu einfällt? (+) #00:05:32-6#

Befragter: (...) Mh (...) also ich finde das bei den ersten hier... (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) bei dem ersten Teil wird so... also... den Teil brauch- man sozusagen, weil wenn man den Teil nich- hätte, (.) dann hätte man gar nichts mit dem anderen anfangen können. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Und wenn ich zum Beispiel das hier, mit Ausnahme Wasser, wenn ich das nich- gelesen hätte, wenn der wegfallen würde, wäre das nich- so schlimm gewesen. #00:06:07-3#

Interviewer: (zustimmend) Mhm (+) weil das noch sozusagen, ja, tiefer ins Detail geht als oben. #00:06:13-5#

Befragter: Und das is- alles so-n bisschen zusammengefasst. #00:06:13-5#

Interviewer: (zustimmend) Mhm (+) (fragend) und die Zwischenüberschriften, die darüber stehen, von der Formulierung her, passen die zu den Abschnitten? (+) #00:06:21-6#

Befragter: (...) Äh (...) ja, eigentlich schon. Nur (.) am Anfang, wenn man nur die Überschriften liest un- nich- den Text gelesen hat, dann fragt man sich halt zum Beispiel bei: Thermisches Verhalten,

da wusst- ich zum Beispiel zu Anfang gar nich- was das is-. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) (...) Aber wenn man sich dann den Text durchgelesen hat, is- die Überschrift eigentlich gut. #00:06:53-6#

Interviewer: Okay, super. Dann haben wir schon viel über die Wirkung geredet. Jetzt- soll-s am Ende nur nochmal kurz darum geh-n, (fragend) was war so der Inhalt von dem Text? (+) Da kannst du gerne einfach den Text in den vier Abschnitten unterteilt sehen. Und einfach einmal sagen, was is- beim ersten der Inhalt zusammengefasst, beim zweiten, beim dritten, beim vierten. #00:07:16-4#

Befragter: (..) Okay, ähm (..) beim ersten geht es darum (..) allgemein das halt ähm wenn die Temperatur n bisschen höher is-, dass die Sachen sich dann -n bisschen vergrößern. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Wenn die Temperatur niedriger is-, werden die halt kleiner. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) N bisschen und ziehen sich zusammen. Und das halt, umso länger die sind, umso mehr geh-n die auseinander. (Interviewer: (zustimmend) Mhm, genau. (+)) Das war im ersten. (...) Achso, das war auch noch im zweiten -n bisschen. #00:07:52-6#

Interviewer: Genau, da hast du ersten und zweiten schon so mehr oder weniger zusammengefasst. Macht aber nichts. #00:07:56-1#

Befragter: Im zweiten war dann auch noch das mit der Brücke das Beispiel. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) (..)

Im dritten (...) geht es (..) darum (..) das man diese Wärmeausdehnung halt Volumenausdehnung nennt im Fachbegriff. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

(..) Und da wurde das mit der Trinkflasche erklärt. Dass man die nich- bis oben hin füllen kann, weil wenn man sie dann zu macht und es dann (fragend) wärmer oder erkälter wird? (+) (..) äh (...) achja, wenn das wärmer wird, dann würde die platzen. (Interviewer: (zustimmend) Genau. (+)) (...).

Vierte Teil: Da geht es darum, (..) dass zum Beispiel, wenn ein See einfriert, (..) friert er von oben bis unten ein. Und ähm (..) das mit vier Grad. Das es (..) halt das es unten am Meeresboden is- es wärmer -n bisschen das Wasser. (Interviewer: (zustimmend) Genau. (+)) Und deswegen könn- die Tiere auch überleben. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Im Winter. #00:09:25-8#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, super. (+) Dann äh letzte Frage: (fragend) Würdest du an dem Text irgendwas ändern wollen? (+) #00:09:29-5#

Befragter: (...) Mh (...) ich glaube, ich hätte -n bisschen was am letzten Abschnitt was geändert. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Weil das war der eigentlich der am mehr meisten kompliziert war noch. #00:09:58-4#

Interviewer: Okay. Ja. Dasnehm ich dann auf jeden Fall mit. (fragend) Haben wir dann über irgendwas noch nich- gesprochen, über das du reden möchtest? (+) #00:10:03-4#

Befragter: Nö, alles gut. #00:10:08-9#

Interviewer: Okay, dann vielen Dank.

Thermisch_3

I: Dann beginnen wir, und (.) die erste Frage gilt einfach allgemein um den ganzen Text ers-mal. Da darfst du auch gleich mal auch irgendwo im Text (.) drauf... (.) na nich drauf zeigen, sondern sagen, (.) wo du dich drauf beziehst in dem Text (.) und die Frage is- ers- mal, (fragend) wenn du dem Text eine Note geben würdest, welche Note wäre das? (+) #00:00:23.6#

B: (...) Eine Drei-minus. #00:00:32.8#

I: (zustimmend) Mhm. (+) (fragend) und warum? (+) (.) (Solltest?) du einma- erklär-n! #00:00:38.0#

B: Ähm, weil es (.) viel Text für mich is-. #00:00:39.1#

I: (vergewissernd fragend) Viel Text? (+) #00:00:38.9#

B: (zustimmend) Ja. (+) #00:00:39.3#

I: (zustimmend) Mhm. (+) #00:00:39.4#

I: (...) Und weiter,... wenn wir jetz- sag-n: vielleicht ham wir nur die Hälfte... wär kürzer,... aber, (.) ähm,... (..) so vom Text selba her,... nich- nur die Länge, sondern (.) vom Text selba her,... (fragend) wie is- der... wie verständlich is- der? (+) #00:00:55.4#

B: Hm, da-s eig-ntlich, ähm, (.) ganz normal. (..) Is- nich- so kompliziert wie n Buch, imma. #00:01:02.0#

I: (zustimmend) Mhm. (+) (.) (wiederholend) Nich- so kompliziert wie n Buch, aber ganz normal. (+) (.) (fragend) Was is- denn normal sozusagen,... was wäre ähnlich, was du meinst? (+) #00:01:10.7#

B: (ausatmend) Pff. (+) Das man das bessa versteh-n kann. #00:01:14.1#

I: (zustimmend) Mhm. (+) (...) (fragend) Gibt-s da auch n- Grund? (.) Oder irgendwas, was dir aufgefall-n ist? (+) #00:01:20.0#

B: Da- s- nich- so kom-... also nich- so län-...lange Wörter wie im Buch. #00:01:24.4#

I: (wiederholend) Nich- so lange Wörter, (+) oder (.) so,... (.) man nennt die imma Fachwörter. (.) (fragend) Was is- damit, kennst... (.) kannst du dazu was sag-n? (+) #00:01:32.8#

B: Nein! #00:01:33.6#

I: Ok. Ähm, (.) (fragend) is- denn sons- noch irgendwas besonders an dem Text? (..) Was dir aufgefall-n ist? (+) #00:01:42.5#

B: (...) (verneinend) Mhm. (+) #00:01:48.8#

I: (zustimmend) Mhm. (+) Und, (.) ähm, du hast ja gesagt: der is- nich so (..) schlecht oder (..) unverständlich wie im (.) Buch.

B: (zustimmend) Mhm. (+)

I: (fragend) Kannst du da sag-n, was daran vielleicht anders is-, oder wie das... (.) ne besondere Stelle oder so..., irgendwas was dir jetzt-besonders auffällt, im Vergleich dazu? (+) #00:02:07.0#

B: (überlegend) Mhm. (+) Also ich ham noch... (.) also bisher hab ich noch gar- gar-kein kompliziertes Wort gefunden... #00:02:13.4#

(I: (zustimmend) Mhm. (+) #00:02:13.9#

B: Und eigentlich n Buch da brauch-n wir immerhin mehr Hilfe von Lehra, um dieses Wort zu versteh-n,... (I: (zustimmend) Mhm. (+)) obwohl hier hab ich,...(.) (leise sprechend) also hier braucht ich keine Hilfe. (+) #00:02:23.3#

I: (zustimmend) Ok, (+) (fragend) also sind jetzt- keine Wörter drinne wo du sagst, die du noch nich-,... (.) oder nicht ver-standen hast? (+) Die Wörta konntest du versteh-n. (fragend) Und wenn Du jetzt- so Sätze anguckst, wusstest du auch was in den Sätz-n steht, wie die zueinander... (..) ja,... (.) was die Aussage sozusagen von dem Satz wa-, das ... (+) #00:02:38.3#

B: Hm, ich hab das nur denn n- bisschen späta,... äh, n bisschen (.) späta verstand-n. #00:02:43.9#

I: (..) (fragend) Weil du manche Sach-n nochmal geles-n hast, oda?... (+) #00:02:48.0#

B: (zustimmend) Ja. (+) #00:02:48.8#

I: (zustimmend) Mhm. (+) (fragend) Und weißt du auch ungefähr (.) welche Sachen (.) du jetzt- nochmal gelesen hast, weil die (.) schwierig wa-n? (+) #00:02:54.5#

B: (...) Hm, ich hab- (zeigt) hier, (..) hier (+) (hab ich?) einma- diesen Text noch ma- no- nochma-n-eu geles-n. #00:03:01.6#

I: (zustimmend) Mhm. (+) (fragend) Also, beim Anfang von (.) (liest) Läng-ausdehnung, (+) die erst-n Sätze? (+) #00:03:06.7#

B: (zustimmend) Ja. (+)

I: (zustimmend) Mhm. (+) (...) Ähm, (.) und du hast ja gesagt, der hat sone Drei-minus und hier war-s also schon bisschen kompliziert-a, weil, da musstest nochmal lesen. (fragend) Gabs- noch wo anders was, wo du denn gesagt hast: das is- auch kompliziert? (+) #00:03:20.3#

B: (..) Hm. (zeigt) Hier (+) hab ich glaub ich noch mal (.) wieder-holt und (.) (zeigt) hier (+). #00:03:27.2#

I: (zustimmend) Mhm. (+) (.) Also im unteren Teil bei: (liest) Ausnahme vom Wasser (+) (.) da wo (.) (liest) vier Grad (+) steht, also auch im oberen Bereich. Was das mit vier Grad (.) zu tun hat, ähm (..) und, (.) das wär-n jetzt- Stell-n, die du mehrmals gelesen hast.

(fragend) Gibt-s auch wirklich welche, die verwirrend war, wo du garnich- (.) nochmal gelesen hast, sondern gesucht hast: hab ich nich- verstand-n, brauch- ich garnich- noch ma- les-n? (+) #00:03:49.7#

B: (..) Na, am A... Anfan-g kam... kam ich nich- so richtig mit. (.) (I: (zustimmend) Mhm. (+)) (.) U-nd dann hab ich,... dann hab ich mich mehr bisschen angestrengt mitzukomm-. #00:03:58.2#

I: Ok. (.) Gut... also da fehlte am Anfang vielleicht (.) ähm, (.) bisschen mehr Erklärung, oder (.) Beispiele, die man sich vorstell-n könnte, vielleicht, oder... #00:04:08.0#

B: (zustimmend) Ja.

I: (zustimmend) Ja. (+) (fragend) Und was is- mit der, (.) mit der Brücke, oder...(+) (..) am Anfang geht-s ja hauptsächlich um die Brücke und n bisschen um den Eiffelturm, (fragend) is- das interessant? (+) #00:04:17.4#

B: (..) (überlegend) Hm. Also, (.) hmm, (+) naja. #00:04:21.7#

I: Naja, (nee?) du kannst wirklich ganz ehrlich sag-n wenn das uninteressant is-. Darum geht-s jetzt- ja. #00:04:25.8#

B: (lacht) (+)

B: Naja, nich- so interessant! #00:04:29.7#

I: (zustimmend) Mhm. (+) (..) (fragend) Und das mit dem Dehnungsfug-n? (.) Hast du das schon ma- irgendwo vielleicht geseh-n? (+) #00:04:35.0#

B: (überlegend) Hm, nein! (+) #00:04:36.2#

I: (zustimmend) Mhm. (+) (..) (fragend) Also war auch Dehnungsfug-n eigentlich, das Brück-n sone Lücken hab-n, (..) was Neues? (+) #00:04:42.0#

B: (.) (zustimmend) Mhm. (+) #00:04:44.4#

I: (zustimmend) Mhm. (+) (.) Ähm,... (...) (fragend) und war-n irgendwelche Bereiche vielleicht (..) doch interessant? (+) Also, wir ham jetzt- ja eh-r gesucht, da warn welche uninteressant oder kompliziert, (fragend) irgendwas was du interessant fandest?... (+) #00:04:57.1#

B: (schmunzelnd) Hm, nein! (+) #00:04:57.9#

I: (fragend) Oder was du informativ fandest? Wo du (gedacht hattest?), dass is-, is- nich- un-nich- unbedingt in mei-m Interesse, aber (.) da war viel Information drinne, die mal..., (.) vielleicht brauch ich die mal. #00:05:08.8#

B: (..) (verneinend) Mhm. (+) #00:05:11.4#

I: (zustimmend) Ok. (+) (..) Ähm, (...) dann ham wir jetz- ja schon ganz viel üb-a die Wirkung von dies-n Text-n geredet und dass der eh-r unverständlich für dich war. (fragend) Könntest du noch ma- sag-n, ähm, (.) worum der Text (...) ging, oder was,... wenn der jetz- im ähm, Buch steh-n würde, wann würd- das irgendwie vorkomm-,... (.) wozu wahrscheinlich? (+) #00:05:33.0#

B: Ich glaub- in (.) in diese... Trans-... (.) ich glaube... (..) Na, weiß ich nicht. #00:05:41.0#

I: (zustimmend) Mhm. (+) Nee, sach ruich, also das war ja schon garnich- falsch. #00:05:44.7#

B: (..) Ich glaube (?) mit Hitze irgendwas. #00:05:49.0# I: (zustimmend) Mhm. (+) Also mit Wärme, genau. (+) So, (.) heißt das in Physik: mit Wärme. #00:05:52.4# B: Also (mit?) Wärme und (lachend) Kälte. (+) I: (zustimmend) Genau, das geht um Wärme und Kälte, ja. (+) Ähm, (.) (fragend) sonst noch was? (+) #00:05:59.7# B: Nein. #00:06:00.8#

I: Wenn du jetz- noch ma- die Zwisch-nüberschrift-n anguckst, (fragend) könntest du sag-n (.) was in den einzelnen Text-n so... na- ganz grob nur,... was so der Inhalt war, in den einzelnen Bereichen? #00:06:12.2#

B: Also, (..) (zeigt) hier ging es um äh den (..) son Flaschen glaub ich. (.) Mit (..) weiß ich nicht... und da weiß ich... bei dies-m Text weiß ich das nicht!

I: (zustimmend) Mhm. (+) Der Mittlere. #00:06:29.2#

B: (..) (überlegend) Hmm. (+) #00:06:33.4#

I: Ok. Also, ob-n auch nich- mehr so,... also unt-n eh-r um Flaschen und oben (.) nich- mehr sowas. (fragend) Was würdest du denn am Text ändern woll-n? #00:06:42.0#

B: Das nich- so viel Text is-. #00:06:44.1#

I: Nich so viel Text, das is- zu lang. #00:06:45.5#

B: Ja. #00:06:46.2#

I: Genau. (.) (fragend) Noch irgendwas? #00:06:47.9#

B: (.) (überlegend) Hm, (+) nein! #00:06:50.4#

I: (Nä?) also du hattest gesacht Wörta konntest du gut versteh-n, die Sätze an sich auch so, also wenn du ein Satz geles-n hast... #00:06:56.5#

B: (..) Ja, musst ich manchmal wiederhol-n. #00:07:00.3#

I: (zustimmend) Mhm. (+) Manchma- muss man sich wiederhol-n. Ok. (fragend) Und (..) wie... (..) also, gabs noch besondere (.) Stell-n, wo du noch irgendwas zu sagen möchtest, was dir aufgefall-n ist? (+) #00:07:11.7#

B: Nein! #00:07:14.1#

I: (fragend) Irgendwas, was wir noch nich- besproch-n hab-n? (+) Es geht ja um Verständlichkeit. Das du noch irgendwelche Tipps hast, außer: der is- zu lang.

B: (lacht). (schmunzelnd) Ähm, (+) (..) nein! #00:07:26.9#

I: (fragend) Und das Thema? War das denn, ... es ging ja um ähm, Brücken und Getränkeflaschen und dann am Ende noch n bisschen um (.) n- See. (..) Die Them- sind... (.) (fragend) oder wie sind die für dich so... is- die Frage (+) #00:07:41.2#

B: (..) (überlegend) Hm. (...) Hm. (+) Weiß ich nicht. (...) Ich kann das schwer... #00:07:55.8#

I: (zustimmend) Mhm. (+) (fragend) Al-, kannst du dir das vorstell-n, oder (.) schon ma- gehört, schon ma- geles-n? (+) #00:08:00.1#

(..)

B: Ich hab das von mein Bruda einmal gehört. #00:08:03.8#

I: (zustimmend) Mhm. (+) (..) Aber sonst... #00:08:06.7#

B: Sonst nix. #00:08:08.0#

I: Ok. (.) Und, (.) ja. (.) Doch, etwas du ändern wolltest, hattest du auch noch gesacht. (fragend) Sonst noch irgendwas, was du noch sag-n möchtest, zu dem Text, oder... ? (+) #00:08:16.3#

B: Hm, nee! #00:08:17.3#

I: Gut. Dann dank ich dir.

Thermisch_4

Interviewer: Dann geht-s auch los. Und wir beginnen mit einigen Fragen für... zum ganzen Text erstmal. Ähm da darfst du dich trotzdem schon immer auf Textstellen beziehen oder bestimmte Wirkungen formulieren. (fragend) Wenn du den Text eine Note für Verständlichkeit geben würdest, welche Note würdest du dem Text dann geben, in Schulnoten? (+) #00:00:23-6#

Befragter: Also ich würde dem Text so -ne zwei minus geben.

(Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Ähm für mich war das eig-n-lich ganz gut verständlich. (..) Und (.) nur bei manchen Sachen vielleicht so-n bisschen unverständlich. Aber sonst war das sehr gut. #00:00:44-3#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) (fragend) Kannst du einfach noch weiter begründen? (+) Wenn du schon sachst: Eigentlich ganz verständlich, dann kannst du auch sagen, was verständlich is- oder die anderen Stellen, die du g-rad- meintest, was nich- so ganz verständlich is-. Einfach nochmal weiter (.) beschrieben. #00:00:54-3#

Befragter: Ähm (..) also (.) es is- sehr gut beschrieben, wie das mit dem Wasser (.) is-.

Also (.) ja, das hab- ich alles eigen-lich gut verstanden. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

(..) Mh (.) mit dem (..) Brückenbau und so und dem Eifelturm, da hab- ich so... -n bisschen nich- so gut verstanden ... (..)

jetz- mit dem Eifelturm, das... (.) also ich hab- schon verstanden, dass bei Sommer... (..) also wenn Sommer is-, dass es dann... dass der dann höher wird, weil da nix im Weg... da gibt-s nix was man dann (.) da -ne Abgrenzung oder so. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Aber (..) ich hab- da nich- so gut verstanden, warum das nich- so breiter auch n bisschen sein könnte.

Und bei den Brücken hab- ich schon verstanden, dass es nich- länger geht, weil da eben zwei Abstände sind. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Ja. #00:02:04-6#

Interviewer: (zustimmend) Genau (+) ähm has- jetzt schom Stellen genannt, wo du gesagt hast... wo das -n bisschen (.) schwierigriger zu verstehen war, was gut zu verstehen war. (fragend) Ähm is- dir sonst noch irgendwas aufgefallen am Text? (+) #00:02:18-1#

Befragter: (...) Ähm (.) ich find- der is- gut für Kinder geschrieben, sodass (.) auch (.) ja schwierige Wörter dabei waren, die man dann nich- so gut verstan-... verstehen kann oder so. #00:02:31-8#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Also die Sprache (.) is- ja noch mehr als Wörter, auch Sätze. (fragend) Is- da noch irgendwas aufgefallen. #00:02:39-8#

Befragter: (...) Ne eigentlich nich-. #00:02:39-7#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Also eigentlich ganz gut verständlich für dich so geschrieben. #00:02:45-7#

Befragter: (zustimmend) Ja, mhm. (+) #00:02:45-7#

Interviewer: Ähm (..) (fragend) wenn du das jetz- vergleichst mit anderen Texten. Kannst du da was zu sagen? (+) Also nich- (.) irgendwelche Texte sondern Schulbuchtexte. #00:02:56-0#

Befragter: Also (.) da find- ich den auch besser, weil (..) in den Schultexten is- halt (.) so... sind so komische Wörter.

Und da muss (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) man noch besprechen, was das bedeutet und so. Dann dauert das noch länger. Und hier sind eigentlich nur Wörter drin, die man kennt und wo man auch versteht, was die meinen. #00:03:16-3#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Super. Das is- ja schonma- erfreulich. Ähm (.) du has- jetz- gesacht, dass der verständlicher is-. (fragend) Gibt-s noch andere ähm (...) ja, Wirkungen auf dich? (+) Die du sagen könntest. Wie interessant oder sowas? #00:03:35-1#

Befragter: Jaor, der is- auch schon interessant, weil man das auch nich- immer (..) so richtig weiß, meist-... die meisten Sachen. (..)

Und bei manchen Texten in Schule... aber das is- (.) auch bei wenigen... da weiß man dann schon manche Sachen und die werden dann nochmal (.) genannt und so. Das is- dann manchmal so-n bisschen (.) blöd. #00:03:59-2#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Dann eher langweilig, okay. Ähm (...) ist in dem Text... du hast ja gesacht zwei minus... und... du has- ja gesacht hauptsächlich is- der verständlich... aber irgendwie auch kompliziert. (fragend) Wo war es denn eher (.) kompliziert oder (.) unverständlich in dem Text. #00:04:20-3#

Befragter: (..) Ähm (.) mit den ganzen Fugen, also (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) mit den Dehnungsfugen. (..) Ja, das war so-n bisschen unverständlich, was das jetzt- genau... (..) also ganz genau is-. #00:04:40-1#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Das war ja irgendwas bei den Brücken. #00:04:40-4#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:04:41-3#

Interviewer: (fragend) Ja? (+) (..) Ähm, das war eher kompliziert.

(fragend) Hast du denn manche Textstellen auch mehrmals gelesen? (+) #00:04:47-7#

Befragter: (...) Ne, eigentlich nich-. (.) Also ich hab- das schon so gelesen. Dann dacht- ich mir: Okay, (..) ma gucken, vielleicht kommt ja n- noch weiter im Text irgendwas (..) darüber vor. #00:05:08-2#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Also die Stelle war vielleicht auch ein bisschen verwirrend (.) mit den Dehnungsfugen.

(fragend) Andere (.) Stellen (.) die verwirrend, schwierig, unverständlich waren? (+) #00:05:13-0#

Befragter: Ne, sonst nichts. (...) #00:05:20-9#

Interviewer: Dann (.) anders-rum gefragt: (fragend) Stellen die besonders interessant waren? (+) Da hast du eben schon gesacht: Das mit dem Wasser unten (.) konntest du sehr gut verstehen. #00:05:28-0#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:05:28-0#

Interviewer: (fragend) Gab-s noch andere Bereiche, die du (.) besonders informativ fandest? (+) #00:05:31-3#

Befragter: (...) Ähm (...) ich fand- das auch informativ mit den (.) Flüssigkeiten und den Gasen. (.) Das... ähm (..) das die halt (.) wenn-s wärmer wird, dass die sich dann auch sehr ausbreiten.

(..) Das fand- ich auch (..) informativ. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Wenn... dann... ja.
#00:06:06-0#

Interviewer: (fragend) Und das Beispiel mit dem See? (+) Und... ähm das kam ja bei Wasser vor. Das fandest du dann ja wahrscheinlich ganz gut, wenn du das gut verstanden hast. (fragend) Was ist mit den anderen Beispielen, die da so genannt wurden? (+) Da gab-s ja eigentlich (..) mehrere.
#00:06:17-0#

Befragter: (..) Mit der Getränkeflasche war es auch gut ver- ähm zu verstehen. Und das dann halt viel Wasser in den meisten Sachen sind.

(Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Und Wasser sich sehr doll ausdehnt, wenn-s kälter wird. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Joar, das hat man... also hab ich sehr gut verstanden.
#00:06:39-7#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) (fragend) Hat man die anderen Beispiele... das war jetzt- ja auch unten... die woanders auch noch drinne- vorkommen ähm (..) (fragend) has- du die auch schonmal (..) mitbekommen selber? (+) Weil ich mein-, See has- du bestimmt schonma- gesehen irgendwo. Ne Getränkeflasche bestimmt auch. Und da sind ja noch andere Dinge... (fragend) sind die auch (..) bekannt? (+) #00:06:57-3#

Befragter: Äh (..) also das die Sachen sich ausdehnen... (..) oder (..) größer werden oder so... das wusste- ich jetzt- noch nich- und das hab- ich auch noch nie irgendwo gesehen. #00:07:12-2#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) (fragend) Aber das Beispiel? (+) Das wäre... das was du gesucht has-, das sich ausdehnen... das wäre eher so der Inhalt, das Thema, aber das Beispiel an denen das beschrieben wurde, das meint- ich jetzt. #00:07:24-7#

Befragter: (..) Ähm (...) (fragend) bei den Flüssigkeiten? (+) #00:07:31-0#

Interviewer: Zum Beispiel. Allgemein einfach (...) im ganzen Text die Beispiele, die Phänomene, die da beschrieben werden. #00:07:38-4#

Befragter: (zustimmend) Achso. (+) Ähm (...) das (..) hab- ich jetzt- noch nich- mitbekommen.
#00:08:00-6#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Okay, ähm (...) ja wir haben jetzt- ja auch schon über bestimmte Bereiche geredet, besonders um den äh... (..) um den unteren Beriech. (fragend) Gibt-s noch andere Stellen zu denen du (..) was sagen möchtest (..) die da drinne- vorkommen? (+)
#00:08:16-6#

Befragter: (..) Mh (..) außer das es sonst (..) ganz verständlich war und auch ganz gut beschrieben war, eigentlich nichts. #00:08:26-1#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) (..) Dann äh gehen wir nochmal -n Schritt weiter (..) und (..) (fragend) kannst du zu den einzelnen Abschnitten, die hier vorkommen... die ham ja immer

Überschriften... (fragend) kannst du irgendwas dazu sagen, zu den Überschriften? (+) #00:08:43-6#

Befragter: (...) Ähm (...) die Überschriften passen (..) gut zu den Abschnitten, finde ich. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) (.) Joar und, da hat- man (.) wenn man die Überschriften gelesen hat, hat man schon bemerkt, (..) worüber es jetzt- in dem Abschnitt gehen... eigentlich gehen müsste. #00:09:06-4#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Also, wenn du das mit -ner Wirkung beschreiben würdest. (fragend) Was sind die Überschriften für dich, wie findest du die? (+) #00:09:14-8#

Befragter: Die Überschriften (..) äh (.) beschreiben mir, was ich jetzt- im Text, den ich jetzt- lesen soll, was ich in dem Text wahrscheinlich so finden werde. Was für Sachen. #00:09:30-5#

Interviewer: (zustimmend) Genau, super. Okay, dann zum Abschluss nur noch die Fragen: Hier sind ja vier Bereiche. (fragend) Was ist- so der Inhalt von den einzelnen Bereichen? (+) Da hast du teilweise auch schon was zu gesucht. Besonders zu dem unteren. (fragend) Aber was ist- so der Inhalt von einzelnen (.) Abschnitten? (+) #00:09:49-8#

Befragter: (.) Also bei- dem ersten Abschnitt: (liest) Thermisches Verhalten. (+) (..) Da ist- ähm sehr viel mit dem (..) Eiffelturm, also mit der... mit Stahl, also wie sich das ausdehnt. (.) Also wie sich das verändert eben. (..) Und, dass es im Winter nicht-... nicht- höher oder breiter oder so wird. Sondern im Sommer höher und breiter. Oder auch irgendwie anders wird. Und joar... #00:10:20-3#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) (fragend) Nächster Abschnitt? (+) #00:10:22-9#

Befragter: (...) Mh (...) da wurde (...) auch nochmal so beschrieben (.) bisschen mit den... (.) also da wurde eher mit der Ausdehnung in die Länge beschrieben, dass ähm (.) sich auch die Körper vergrößern (.) ähm wenn die Temperatur ansteigt. Und (.) ja. #00:10:59-7#

Interviewer: (..) (zustimmend) Mhm. (+) Weiter. #00:10:59-7#

Befragter: Äh (...) bei dem dritten wurde beschrieben, dass sich die Flüssigkeiten... die Flüssigkeiten und die Gase (.) am wenn-s warm wird auch (..) ähm (.) ausdehnt. (...) Ähm und das die halt überall hingehen kann. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Und bei dem Wasser (..) ist- halt beschrieben, dass das Wasser (.) ähm bei kälter als 4 grad ähm sich ausdehnt und (..) dann (..) wenn-s weit unter-... also wenn-s unter 0 grad ist-, dass sich dann auch Eis bilden kann. Aber dann unten im See noch 4 grad ist-. #00:12:02-0#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Super. Und (..) (fragend) würdest du an dem irgendwas ändern, wenn du könntest? (+) #00:12:09-5#

Befragter: (...) Ne, eigentlich nicht-. #00:12:17-6#

Interviewer: (fragend) Gibt-s sonst noch irgendwas was du zu dem Text abschließend sagen möchtest, was wir noch nicht besprochen haben? (+) #00:12:18-7#

Befragter: (...) Nö. Nur, dass der gut geschrieben is- und (..) bisschen besser als die Texte von den Schulbüchern. #00:12:36-8#

Interviewer: (interessiert) Mhm. (+) Okay dann vielen Dank.

Wärmeempfinden_1

Interviewer: Wir beginnen mit einigen allgemeinen Fragen zum gesamten Text. Du darfst dich (.) dabei (.) immer bei allen Fragen auch auf den Text beziehen. Und Wörter, Sätze oder Abschnitte irgendwie nennen. #00:00:12-4#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:00:12-4#

Interviewer: Wenn du dich... äh ja wenn dir die dazu einfallen. Ähm (fragend) wenn du dem Text eine Note für Verständlichkeit geben dürftest, welche Note würdest du dem Text geben? (+) #00:00:26-1#

Befragter: (..) Um genau zu sagen: -Ne eins,

weil die sind viel verständlicher als normale Physikbücher, die wir im Unterricht benutzen.

Weil da sin- manche Fachbegriffe, die sehr unverständlich für mich sind.

Und deswegen (.) halt diese Note, die eins. #00:00:46-0#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) also du sachst jetz- schon Fachbegriffe sind in Physikbüchern mehr drinne. (fragend) Is- sonst noch irgendwas anders? (+) #00:00:50-1#

Befragter: (..) Na, die wer-... so wie gesagt: Ich versteh- das manchmal nich- so wirklich, was da geschrieben wird. Die Sätze sin- manchma- unverständlich für mich. Und ja. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Dazu fand- ich den Text hier viel verständlicher, da wurde alles genau erklärt und... (..) #00:01:09-0#

Interviewer: Mhm, also es wurde alles irgendwie genau erklärt. (fragend) Is- dir sonst noch was aufgefallen beim Lesen? (+) #00:01:12-1#

Befragter: (..) Äh ja, es wurde ganz oft... also es wurde ganz oft drauf geachtet, (..) dass das Verständnis wirklich klar bei... also das man alles versteht. Das, dass... zum Beispiel in vielen Klassen auch verstehen kann und so. (..) Und ja, das wurde gut beachtet. #00:01:31-9#

Interviewer: Mhm, (fragend) war... (+) (..) hab- ich ja gerade gefragt, war sonst noch irgendwas besonders. Ähm (fragend) fällt dir sonst noch was zu der Verständlichkeit des Textes ein? Irgendwas anderes, warum du sachst, deswegen is- der verständlich, was du grad- noch nich- gesagt hast. (+) #00:01:43-9#

Befragter: (..) Weil hier sind auch weniger Fachbegriffe enthalten. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Hier wird alles besser definiert. (..) Und ja. #00:01:56-8#

Interviewer: Gut. (..) (fragend) War irgendwas an dem Text kompliziert? (+) #00:02:00-3#

Befragter: (...) Nein, eigentlich nicht. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Ich hab- so aller verständlich... für mich war das... #00:02:09-2#

Interviewer: Also die nächste Frage wäre dann gewesen: (fragend) War irgendwas unverständlich? (+) #00:02:10-6#

Befragter: Nein. #00:02:13-2#

Interviewer: (fragend) Gibt es Stellen im Text, die du mehrmals gelesen hast? (+) Also, war-s am Lesen, has- den Satz gelesen und dann dachtest du: Mh, hab- ich nicht ganz verstanden, den Satz lies- ich lieber nochmal. #00:02:23-3#

Befragter: Äh, eigentlich nicht. Ich hab alles beim ersten Schlag gelesen, außer (.) ich hab- mir den letzten Satz nochmal durchgelesen. #00:02:33-1#

Interviewer: (..) Mhm, also die unteren... (..) den unteren Teil, wo das mit dem... also mit Zahlen und so kommt, ja? #00:02:37-2#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:02:35-3#

Interviewer: Ähm (..) (fragend) gab- es irgendwelche verwirrenden Stellen? (+) #00:02:45-1#

Befragter: (...) Nein, eigentlich nicht. #00:02:48-5#

Interviewer: (..) Äh, (fragend) gab- es besonders informative oder interessante Stellen im Text? (+) #00:02:54-3#

Befragter: Ja, und zwar wo beschrieben wurde: (.) Also mit dem Wärmeempfinden über dem Tisch und (.) so den Metallstangen hier so. (Interviewer: (zustimmend) Ja. (+)) Und ja, das war sehr informativ. #00:03:07-8#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) (fragend) andere Beispiele? (+) Weil das war jetzt- ja auch schon n Beispiel. Mit der Holzplatte und dem Stuh-... äh Metallbein sozusagen. (fragend) Andere Beispiele, wo du noch was zu sagen kannst? (+) #00:03:17-8#

Befragter: Dann wurde halt noch über das Wärmeempfinden bei der Haut gesprochen und die Stellen halt. Und ja. #00:03:26-0#

Interviewer: (.) (zustimmend) Mhm, (+) ja und die Beispiele, die sonst noch vorkommen, wir ham ja gerade über Wärmeempfinden und den Tisch gesprochen und da sind ja auch noch andere (..) Beispiele drinne. (...) #00:03:44-3#

Befragter: Also ums genau zu sagen: Wie gesagt das mit dem Tisch und dem Stuhl war seh-... äh wirklich interessant, weil vorher wusste ich das jetzt noch gar nicht. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Ich hab mich damit noch nicht beschäftigt. Und man nimmt das tatsächlich so wahr, dass das Metall nunja... das war sehr aufklärend. #00:04:01-4#

Interviewer: Okay, super. Ähm (..) du siehst ja auch in dem Text, dass der so -ne Überschrift und Zwischenüberschriften hat. #00:04:07-9#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:04:07-9#

Interviewer: Dass das so Abschnitte sind. (fragend) Kannst du da irgendwas zu sagen, zu dieser Aufteilung? (+) #00:04:11-0#

Befragter: (.) Äh ja, hier wird dann ja jeweils bei den Überschriften... also bei diesen Zwischenschritten beschrieben, um was geht. Kalt, warm oder heiß? Wärmeempfinden und Thermometer, Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität. Damit man schonmal -n Bild bekommt, um was es geht. #00:04:27-0#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) (fragend) und könntest du jetzt die Zwischenüberschriften beschreiben? (+) (...) Also musst du nicht, sondern du sollst nur sagen: Könntest du die beschreiben, schon mit dem Wissen, was du jetzt durch das Lesen erhalten hast? #00:04:44-7#

Befragter: (.) (fragend) Also sozusagen so gesagt, um was es da geht? (+) (.)

Also bei (..) kalt, warm oder heiß: Wird das mit dem Stühlen und Tischen gesagt. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Wird das, wie gesagt, genau erklärt. (.)

Ähm dann bei Wärmeempfinden geht's darum noch, wie wir das wahrnehmen.

Beim... bei Wärmeleitfähigkeit wird zum Beispiel gesagt, dass das Metal gut leiten kann oder so. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Und ja. Bei der Wärmekapazität (..) da müsst ich mir, glaub ich, nochma durchlesen, um das genauer zu verstehen nochma-. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Also ich hab's gut verstanden, ich muss -n Text nur manchma zweima durchlesen, damit ich alles... (Interviewer: (zustimmend) Ja. (+)) damit ich mir alles merken kann. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Und ja. #00:05:24-6#

Interviewer: Also würdest du sagen: (fragend) Vielleicht im unteren Bereiche (.) ähm (.) wurde das vielleicht noch nicht ganz klar, was das ist? (+) #00:05:29-9#

Befragter: Doch! Doch! Es wurde alles gut erklärt, aber ich kann mir nur meistens Bruchteile merken davon, oder so. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Nicht alles. #00:05:35-2#

Interviewer: Okay, ähm (...) genau, jetzt haben wir schon gesucht (..) wie du den Text fandest. Was so deine Empfindungen und Gedanken davon waren. Und was in den einzelnen Abschnitten steht.

(fragend) Möchtest du sonst noch etwas sagen zu der Verständlichkeit? (+) Hatten wir am Anfang ja schon, aber fällt dir noch irgendwas neues ein vielleicht? #00:05:55-1#

Befragter: Ne. Es wär- gut, wenn das irgendwie durchgeführt werden kann, das so in Zukunft die Physikbücher aussehen. Damit das (..) wie gesacht, alles verständlich is-, damit man es gut versteht, gute ... gut die Aufgaben bearbeiten kann und ja. #00:06:09-4#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) (fragend) würdest du an dem Text etwas ändern wollen, wenn du könntest? (+) #00:06:11-2#

Befragter: (..) Nein eigentlich nicht. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Ich find- den vollkommen gut. #00:06:18-8#

Interviewer: (fragend) Gibt es sonst noch irgendwas, über das wir jetz- noch nicht genug gesprochen haben, was du aber noch gerne erzählen möchtest? (+) #00:06:21-5#

Befragter: (...) Nein. #00:06:28-4#

Interviewer: Okay, dann Vielen Dank.

Wärmeempfinden_2

Interviewer: So, dann beginnen wir. (..) Und wir beginnen mit -ner Frage zum (.) ganzen (.) Text. Du darfst dich dabei auch immer auf den Text irgendwie beziehen und sagen: Es war an der und der Stelle oder (.) das Beispiel oder was auch immer ähm (..) hat- dich dazu gebracht, das zu denken oder zu sagen. Wenn du dem eine Note für Verständlichkeit geben würdest, (fragend) welche Note wäre das? (+) #00:00:23-6#

Befragter: (..) Mh (...) (atmet laut aus) zwei... (.) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) zwei... zwei plus so. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Zwei plus. #00:00:36-8#

Interviewer: (zustimmend) Mhm (+) (fragend) und warum? (+) #00:00:36-8#

Befragter: (..) Weil man eigentlich alles gut versteht. (.)

Nur es gibt da so-n paar Stellen, ich kann die jetz- nich- mehr finden, (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) aber, da gab-s so-n paar Stellen da hab- ich das nich- so richtig gecheckt. (Interviewer: (zustimmend) Okay. (+))

Aber... aber sonst kann man das versteh-n. #00:00:49-8#

Interviewer: Okay und diese Stellen, die du vielleicht mehrmals gelesen hast oder die -n bisschen kompliziert waren, (..) ja wär- doch interessant, wenn du mich sachst welche das wären. Also grob zumindest. #00:01:00-2#

Befragter: Grob, (fragend) aber...? (+) #00:00:59-7#

Interviewer: Oder warum... oder warum du sachst: Das war (..) schwieriger. #00:01:03-9#

Befragter: (..) Oahr, ich hab- echt keine Ahnung wo das is- (lacht leise) #00:01:07-9#

Interviewer: (fragend) Ja? (+) #00:01:07-9#

Befragter: Ich weiß nich... erstma- eins war-s hier, glaub- ich. Und irgendwie noch eins hier unten, aber ich... #00:01:14-7#

Interviewer: (zustimmend) Mhm (+) also eher in den unteren beiden Bereichen. Aber (..) (fragend) was war da- jetz- ander? (+) Wenn du sachst: Der Text warsonst eigentlich gut verständlich und du konntest den gut verstehen, (fragend) was war da anders? (+) #00:01:19-7#

Befragter: (..) Ja also so... da sin- ganz normale Wörter drinne und dann komm- so ri-...richtiche Wörta, die ich eigentlich noch nie so ri-...richtich gehört hab- so. #00:01:29-8#

Interviewer: (zustimmend) Aha (+) und (fragend) welche sin- das? (+) #00:01:31-3#

Befragter: Ja ach, weiß ich nich- mehr (lacht leise) #00:01:32-4#

Interviewer: Ja die musst du rausfinden, das wär- jetz- ganz...wirklich wichtich, dass du mir sachst, welche Wörta, da schwierig sin-. #00:01:37-0#

Befragter: (...) Wo war das nochma-? (...) Ah ja, (fragend) Petroleum (+) #00:02:05-0#

Interviewer: Petroleum, aha. #00:02:05-0#

Befragter: -Öl oder so. Das i-... keine Ahnung was das is-. (Lacht leise) #00:02:08-4#

Interviewer: Ein besonderes Öl, eine bestimmte Art von Öl. (fragend) Und was noch? Hier war ja auch irgendwo was, meintest du? (+) #00:02:11-8#

Befragter: Ja, das ähm... das is- ähm... (...) ähm... (...) (lacht) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) (lachend) ich such-. (+) Keine Ahnung wo das denn wa-... das... die... da... (...) (fragend) oder war es doch da? (+) Ich guck- gleich ma-. (...) (fragend) Hä...? (+) (...) (?). (...) Find- ich nich- (Interviewer: (zustimmend) Okay. (+)) Also is- wech. (lacht) #00:03:21-9#

Interviewer: Aber... macht ja auch nix-. #00:03:25-6#

Befragter: Vielleicht hab- ich eb- nur falsch gelesen. Keine Ahnung. (Lacht) #00:03:25-8#

Interviewer: Ähm (..) (fragend) is- dir sonst noch irgendwas aufgefallen beim lesen? (+) #00:03:32-3#

Befragter: Mh (..) (fragend) Wie? (+) #00:03:35-3#

Interviewer: Ganz allgemein, so zur Verständlichkeit. (fragend) Is- dir irgendwas dabei aufgefallen? (+) #00:03:43-2#

Befragter: Is- anders geschrieben. #00:03:43-2#

Interviewer: (fragend) Anders als? (+) #00:03:45-5#

Befragter: Die Schulbücher. #00:03:47-5#

Interviewer: Und- waru-... #00:03:47-5#

Befragter: Auf jeden Fall!. #00:03:47-5#

Interviewer: Und waru-... (fragend) was is- daran anders? (+) #00:03:52-1#

Befragter: Ja das is- -n... das -n... also das-n... kein- A-... ja, wie soll ich das sag-n. Nä. #00:03:53-5#

Interviewer: Versuch! #00:03:54-8#

Befragter: Schulbücher sin- (.) ganz komisch auf-... aufgebaut so. Also werd-n (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) ganz grob erzählt so. Unverständlich. (..)

Wenn man da dann was liest, das... dann kann man-s verstehen, weil jede Einzelheit so... (.) dran- kommt so. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Und nich- wie bei Schulbüchern, zwei Sachen und dann sin- da sechs Sachen oder so. (lacht) #00:04:13-9#

Interviewer: Okay, also hier sind die Sachen eher (.) schritt für schritt beschrieben oder erklärt irgendwie. #00:04:19-8#

Befragter: Genau, genau. #00:04:19-8#

Interviewer: Und bei Schulbücher is- das ... #00:04:22-3#

Befragter: Grob, einfach eine Sache... (...) und... (..) #00:04:27-2#

Interviewer: Komplizierter beschrieben sozusagen. #00:04:28-4#

Befragter: Ja, genau, #00:04:28-4#

Interviewer: Ähm (.) (fragend) noch andere Dinge, die beim Schulbuch anders sind? (+) #00:04:32-4#

Befragter: (..) Ähm (.) nein, (lacht) #00:04:39-8#

Interviewer: (fragend) Was war denn so mit besonderen Wörtern, has- du eben schon gesacht. (+) Das eine mit Petroleum-Öl, (fragend) was is- noch mit anderen Wörtern? (+) In Schulbüchern komm- ja auch immer viele Begriffe vor... Fachbegriffe heißen die dann ja oft. (fragend) Wie is- das damit, wenn du das damit vergleichst? (+) #00:04:53-8#

Befragter: (...) Ja... d- d- d- da is- das -n bisschen besser. #00:04:58-3#

Interviewer: (fragend) Wie besser? Was besser? (+) #00:04:58-3#

Befragter: (..) Bei Schulbüchern komm- nur... komm- die Titelwörter vor. Nur... (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) das mag- ich nich-. (Lacht) #00:05:07-6#

Interviewer: (zustimmend) Mhm (+) und hier- komm- ja irgendwie Begriffe vor wie Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit... #00:05:14-3#

Befragter: Ja, das is- besser. #00:05:12-7#

Interviewer: ...das sin- ja auch Fachbegriffe. (fragend) Wie sind die dort? (+) Also... #00:05:20-6#

Befragter: (...) (fragend) Wie? (+) #00:05:21-4#

Interviewer: Die komm- hier ja auch vor. #00:05:23-1#

Befragter: Ja. #00:05:23-1#

Interviewer: Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität komm- in diesem Text ja auch vor. #00:05:26-4#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) (...) #00:05:26-4#

Interviewer: Ja, (fragend) was is- mit den Begriffen hier in dem Text? (+) Werden die... (...) (fragend) komm- die da einfach vor? Weißt du jetzt- was das is-? (+) #00:05:33-5#

Befragter: (..) Also... (..) zuerst kommt ja der Fachbegriff... (..) (Interviewer: (zustimmend) Ja. (+)) und dann wird das gleich so gesagt so. #00:05:42-0#

Interviewer: (fragend) Gesagt, meinst du mit...? (+) #00:05:43-1#

Befragter: Erklärt. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) (..) Und in Schulbücher nich-, da wird-s nur gesagt. (Lacht) #00:05:48-5#

Interviewer: Also hier würdest du sagen, die Fachbegriffe die da drinne vorkommen, (..) werde erklärt. #00:05:54-0#

Befragter: Ja. #00:05:54-0#

Interviewer: Und in Schulbüchern sind die einfach da. #00:05:54-0#

Befragter: Einfach da, ja genau. #00:05:54-4#

Interviewer: Okay, gut. Ähm (...) du has- ja gesucht, dass der besser is-. (fragend) Kannst du da irgendwelche Stellen (.) nennen, wo du sachst, daran wird das besonders deutlich? (+) #00:06:05-4#

Befragter: (..) Oahr, puh. (.) #00:06:12-6#

Interviewer: Oder Inhalte. #00:06:12-6#

Befragter: Ja hier, wie zum Beispiel die Stelle. (liest) Von menschlichen Körper als verschiedene (..) warm... äh... wahrgenommen. (+) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Ja. #00:06:20-6#

Interviewer: (fragend) Weil (..) du dir das vorstellen kannst? Weil...? (+) #00:06:23-6#

Befragter: Ja weil... weil ich mir das vorstellen kann. #00:06:27-6#

Interviewer: (zustimmend) Mhm (+) (..) da sind ja noch andere Beispiele drinne, die da drinne vorkommen. (fragend) Kannst du da irgendwas zu sagen? (+) #00:06:33-0#

Befragter: (..) (fragend) Beispiele? (+) Mh (..) das hier was auch zum unterstrichen war, da...das fand- isch auch sehr gut. #00:06:40-6#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) #00:06:45-7#

Befragter: (liest) Können sehr feine Unterschiede wahrgenommen werden. (+) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Das einfach, das... das... (lacht) #00:06:50-2#

Interviewer: Okay, ähm (fragend) gibt-s irgendwelche Textstellen, die du mehrmals gelesen hast? (+) Weil du gemerkt hast beim lesen: Okay, hab- ich nich- verstanden, les- ich nochma- den Satz. #00:06:57-3#

Befragter: Hier ganz oben. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Ähm, da hab- ich das nicht richtig gelesen. Und da muss- ich das nochmal und nochmal les-n. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) So hier so, die ersten drei Dinger so. #00:07:06-5#

Interviewer: (zustimmend) Mhm (+) (fragend) gab-s sonst noch irgendwo anders verwirrende Bereiche? (+) #00:07:08-5#

Befragter: Ne. #00:07:11-3#

Interviewer: (fragend) Irgendwelche besonders informativen, interessanten Bereiche? (+) #00:07:14-3#

Befragter: (..) Mh (.) ja, warte, das war hier. (..) Warte (.) hier: (liest) Folgendes Beispiel. Wenn man Wasser in einem Topf auf einem Herd von zwanzig Grad auf hundert Grad erwärmen möchte, dann... dä... dann benötigt man zwei Kilogramm Wasser im Vergleich zu ein- Kilogramm Wasser genau die doppelte Menge an Wärme. (+) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Genau. #00:07:38-2#

Interviewer: Okay, das fandest du besonders interessant. Ähm, (fragend) und irgendwas, was langweilich war, wo du gesacht hast: Das interessiert mich gar nich-? (+) #00:07:36-5#

Befragter: Eigentlich nich-, ich... ich les- gerne. #00:07:46-9#

Interviewer: Okay. (..) Ähm (...) (fragend) wie findest du die Zwischenüberschriften? Die sind ja so aufgeteilt. (+) #00:07:55-8#

Befragter: (...) Äh (..) was soll ich sagen. Is- auch wie ganz normal. (..) Zum Beispiel das Thema, das Thema, das Thema, das Thema. #00:08:09-0#

Interviewer: (zustimmend) Mhm (+) (..) (fragend) Passt die Überschrift zu dem Thema, zu dem Abschnitt? Wie is- das mit den Abschnitten? Gibt-s da irgendwelche Unterschiede oder...? #00:08:17-5#

Befragter: Ne also... Kalt, warm oder heiß, wird hier ja gesagt. Das da wird das hier-.... Hier gesagt. Wärmeleitfähigkeit wird auch hier gesucht. Und das kommt auch noch hier so... #00:08:24-3#

Interviewer: (zustimmend) Mhm (+) (...) ähm (fragend) Und die Aufteilung allgemein? (..) Is- die hilfreich? Bringt die was? (...) Oder sollt- das einfach nur ein Text sein von oben bis unten runter? (+) #00:08:40-0#

Befragter: Ne, das is- schon besser. Da kann man ja ähm zum Beispiel jetzt-... (..) wenn da irgendwie steht, paar Aufgaben, dann kann man genau dann da nachlesen welche Aufgabe das is- und so und dann weiß man genau. #00:08:47-9#

Interviewer: (zustimmend) Mhm (+) ähm, (fragend) willst du sonst noch irgendwas zu der Verständlichkeit sagen, was dir dazu einfällt? (..) Oder zu den Phänomenen, die da drinne vorkommen? (+) #00:08:55-7#

Befragter: (lachend) Phänomene. (+) #00:08:57-9#

Interviewer: Ja, Phänomene sind sowas wie diese Beispiele, (fragend) ja? (+). In der Physik... sowas wie... (.) da muss ich nochma- eben genau gucken, was da drinne vorkommt. (..) #00:09:05-5#

Befragter: (lachend) Polarlichter. (+) #00:09:05-5#

Interviewer: Das is- ein-... zum Beispiel ein Phänomen, was man dann mit der Physik erklärt. Aber das, was da drinne wär-, wär- jetzt-, das man das mit dem Holz anfässt. Oder äh... anfässt... oder Metal anfässt und, dass das dann unterschiedlich warm is-. #00:09:17-2#

Befragter: (zustimmend) Und das is- n Phänomen, ja.(+) #00:09:20-9#

Interviewer: Genau, das -n Phänomen. Und da sin- auch andere Phänomene drinne. (fragend) Wie findest du diese Phänomene? (..) Kann man sich das vorstellen? Sind die (..) für dich logisch? (.) Hast du das vielleicht schonma- gemacht? (+) #00:09:31-0#

Befragter: (fragend) Schonma- gemacht? (+) (lacht) (lachend) Holz anfassen. (+) (lacht) (..) Ja, äh (...) kann man sich schon vorstellen so. (..) Gibt-s jetzt- nichts wo ich sagen w-: Nä, das geht doch gar nich- oder so. (..) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) (.) (lacht). #00:09:47-7#

Interviewer: (...) Ähm dann ham wir schon viel über die (.) Wirkung von Texten geredet. (fragend) Kannst du nochmal sagen, was sozusagen der Inhalt der einzelnen Abschnitten grob is-? (+) Weil man mit so-m Text ja irgendwas lernen soll. (fragend) Was konnte man aus den einzelnen Abschnitten irgendwie lernen? (+) Einmal so zusammengefasst. #00:10:09-4#

Befragter: (..) Aus dem ersten (.) kalt, wärmer oder heiß. (Lacht) (..) #00:10:10-1#

Interviewer: Ja, (fragend) und was bedeutet das? (+) #00:10:11-3#

Befragter: Ja, also kalt für Kälte, also so, dass es kalt ist, dass man friert oder so. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Ja, warm, dass es warm is- so-n bisschen. Heiß is- schon, wenn man so sehr sehr heiß is- so (..) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) vierzig Grad. (Lacht) (..) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

(...) Ja und Wärmeempfinden und Thermometer: Also Wärmeempfinden, glaub- ich is- so, wenn das als Wärme empfindet. Also das es jetzt- (fühlt hörbar den Tisch an) (..) gar nichts eigentlich. (Lacht) (..)

Ja und Thermometer: Das is- das Teil halt, ich weiß das. #00:10:45-9#

Interviewer: (fragend) Mhm und was is- -n Thermometer? Was kann das? (+) #00:10:45-9#

Befragter: Ja, ja... ähm... (fragend) was? (+) #00:10:49-9#

Interviewer: (fragend) Was kann das? Das Thermometer? (+) #00:10:49-5#

Befragter: Das kann... keine Ahnung?... (fragend) Messen äh wie viel Grad das hat? (+) Zum Beispiel... #00:10:54-8#

Interviewer: Genau, (fragend) kanns- das mit der Hand? (+) #00:10:54-9#

Befragter: (..) Nein. #00:10:57-6#

Interviewer: Nein, genau. Das soll... #00:10:59-8#

Befragter: Ah! Okay. #00:11:01-4#

Interviewer: ...der Teil da eher zeigen: Das Thermometer kann genau -n Zahlenwert messen und mit der Hand kannst- du nur sagen, es is- warm oder kalt oder (..) irgendwie angenehm, nicht-angenehm. (..) Genau. (..) (fragend) Und weiter? (+) #00:11:08-7#

Befragter: (..) Wärmeleitfähigkeit. (...) (unverständliches Gemurmel) #00:11:17-5#

Interviewer: (auffordernd) Versuch! (+) #00:11:17-1#

Befragter: Okay äh... (..) Wärmeleitfähigkeit, ich weiß nicht... oh Gott... #00:11:24-0#

Interviewer: Gibt-s ja nichts falsches oder nichts richtiges, was du jetzt- sagen kannst, einfach versuchen. #00:11:27-3#

Befragter: Einfach versuchen, okay. #00:11:27-3#

Interviewer: Ja. #00:11:27-3#

Befragter: (..) (lacht) (..) Äh (...) ja (...) hier das (...) zum Beispiel, wenn ich jetzt- (...) den Tisch anfasse (..) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) also nur so lange, dann wird-s auch wärmer, weil meine Hand is- wärmer als die Raumtempera-... -temperatur. (Interviewer: (zustimmend) Mhm.

(+)) Und dann, wenn man das anfässt, dann geht-s auch hier... hier is- auch warm, dann wird-s automatisch wärmer. #00:12:05-5#

Interviewer: (zustimmend) Mhm (+) und der Tisch nimm-... mhm, genau. #00:12:14-1#

Befragter: Und bei Wärmekapazität (...) da gib-... da gibts- doch... (fragend) Kann ich kurz was fragen? Da gibt-s doch eine Sache, warum muss man das verdoppeln? (+) Das hab- ich nicht- rausgelesen. #00:12:27-1#

Interviewer: Wenn man das verdoppelt, dann brauch man doppelt so viel Wärme, um das zu erwärmen. Bei einem Liter musst du so und so viel Wärme reinstecken, um es zu erwärmen und bei zwei Liter musst du doppelt so viel an Wärme reinstecken. #00:12:36-8#

Befragter: Ah okay, okay okay. (..) (fragend) Was heißt nochmal Kapazität? (+) Das hab- ich grad- vergessen. (lacht) #00:12:41-2#

Interviewer: Das soll darin stehen (..) im Text. (..) Das soll der sozusagen erklärt haben der Text. #00:12:44-2#

Befragter: Achso. #00:12:47-7#

Interviewer: Hoffentlich #00:12:47-7#

Befragter: (...) Mh (...) ja Kapazität is- doch das hier mit diesem verdoppeln, oder nicht-? (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Auch, oder? (lacht) (...) (fragend) Relevant heißt e-... so egal, nää, so... #00:13:16-0#

Interviewer: Das Gegenteil, is- wichtig. #00:13:14-2#

Befragter: Das Gegetei-... Achso. #00:13:16-2#

Interviewer: Relevant heiß- is- wichtig. #00:13:18-3#

Befragter: Achso und (fragend) was is- negativ so? (+) #00:13:18-1#

Interviewer: Irrelevant. #00:13:24-5#

Befragter: Irrelevant, ja genau. (Lacht) #00:13:26-9#

Interviewer: Ja, genau, mhm. #00:13:27-8#

Befragter: Das find- ich nichts. #00:13:31-5#

Interviewer: Okay. (fragend) Würdest du irgendwas an dem Text ändern wollen? (+) #00:13:31-7#

Befragter: Äh (.) ja. #00:13:36-9#

Interviewer: (fragend) Und was? (+) Also du muss- nicht- sagen, wie du das ändern würdest. Aber einfach nur sagen wo. #00:13:42-2#

Befragter: Hier so-n bisschen da. #00:13:42-2#

Interviewer: (fragend) Unten? (+) Mhm, den Teil mit dem Petroleum und so. #00:13:40-7#

Befragter: Ja, weil äh hier oben wurd- das schon erklärt mit dem doppelten. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Und dann wird-s nochmal gesagt. Das is eigentl... eigentlich äh (.) irrelevant. (Lacht) #00:13:54-9#

Interviewer: Okay, mhm. (..) (fragend) Sonst noch irgendwas? (+) #00:14:01-0#

Befragter: Nä. (...) #00:14:03-2#

Interviewer: (fragend) Ham wir über irgendwas, was du zu dem Text noch sagen möchtest oder könntest? (+) Dann können wir da jetz- drüber reden nochma-. #00:14:07-3#

Befragter: (...) (fragend) Was ich noch sagen will, was ich noch nich- gesagt hab-? (+) #00:14:11-5#

Interviewer: Mhm, genau. Irgendwas, was du noch nicht gesagt hast, noch was neues oder du kannst auch nochma- was wiederholen, zu der Verständlichkeit vom Text. #00:14:18-2#

Befragter: (Räuspert sich) Okay, ich hau raus, ich hau raus, okay. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Der Text is- reich an Informationen. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) (..)

Gut verständlich. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Ich hab- dem -ne zwei plus gegeben, ja. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) (..) Und äh ja (..) (fragend) auch negativ ? Ja äh nein, (fragend) ja? (+) #00:14:43-4#

Interviewer: Auch, ja alles. #00:14:45-4#

Befragter: Wie ich schon gesacht hab: Nich- Sachen wiederholen, (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) einmal reicht. Das is- gut. (..) Ja und äh...(.) vorbei!. #00:00:01-6#

Interviewer: Okay, dann äh, vielen Dank.

Wärmeempfinden_3

I: Dann würd- ich beginnen und (.) es soll erst ma- allgemein um den Text geh-n. (.) Ähm. Da darfst du dich auch imm-a darauf bezieh-n, irgendwie (auf ne?) Textstelle nenn- und sagen: der Bereich war besonders oder so, oder darauf bezieh- ich mich jetzt. (.) Ähm, (.) (fragend) wenn du jetzt den Text (.) eine Note für Verständlichkeit geb-n würdest, (.) was für eine Note wäre das? #00:00:23-1#

B: Also, (.) ich finde, dass er sehr verständlich war, weil er halt auch mit viel-n Beispiel-n gearbeitet hat.

Das man halt auch immer diesen Vergleich hatte und ähm (.) dadurch halt auch, (.) ähm (.) ja, das halt besser verstanden hat.

Deswegen (.) ähm (.) würd- ich der Verständlichkeit (..) ne (.) zwei geben. #00:00:42-9#

I: (zustimmend) Mhm. Gut. (+) (.) Dann wär- nämlich auch schon meine nächste Frage ge-wesen: (fragend) Warum diese Note? (+) Hast du ja schon (.) n- Teil zu gesacht. (fragend) Möchst- du da noch mehr zu sag-n, warum die Zwei? (+) #00:00:50-1#

B: Ja, also ich finde... (.) ich finde das der (.) Teil (.) also, das es schon verständlich is-. Aber (.) ähm (.) ja. #00:00:59-7#

I: (zustimmend) Mhm. (+) (.) Ok, (fragend) und warum? (+) Hast du ja gesacht: die Beispiele komm-n da vor, (fragend) noch irgendwas anderes? (+) #00:01:05-6#

B: (zustimmend) Ja, (+) (.) weil, (.) weil-s halt auch auf ähm (.) so (.) auf den Alltag bezieht. Also, zum Beispiel im Klassenzimmer, dass dann die Möbel erwähnt worden und nicht einfach (.) die Stoffe nur an sich. #00:01:16-1#

I: (zustimmend) Mhm. (+) Also nicht einfach Metall, sondern wirklich (.) wie (.) der Stuhl-bein hier, der gerade vor uns steht. (zustimmend) Genau. (+) (.) Ähm, (fragend) ist dir sonst noch irgendwas aufgefall-n beim Lesen? (+) #00:01:27-4#

B: (..) Ähm, (.) also manchma- hab ich mich halt n- bisschen verhaspelt, weil ich mich beeil-t habe. (I: (zustimmend) Mhm. (+)) Ähm, (..) ja also es is- halt (..) (schnieft) (+) so viel mehr is- mir garnich- aufgefall-n... (I: (zustimmend) Mhm. (+)) ...bei dem Text. #00:01:39-3#

I: (fragend) Is- irgendwas besonders? (+) #00:01:42-2#

B: Ja, ich find halt besonders an der Text, dass er halt (.) ähm... (.) oder das zumindest die Fachbegriffe die da drin sind, ähm (.) auch (.) verständlicher erläutert werd-n... (I: (zustimmend) Mhm. (+)) ...meiner Meinung nach. #00:01:53-1#

I: (zustimmend) Genau, (+) hast du ja eb-n schon auch gesacht: immer mit so-m Beispiel dazu meistens.

Ähm, (.) und wenn du irg-ndwo gesacht hast: du hast dich manchma- verhas-b-lt (.) weil du zu schnell geles-n hast, (.) (fragend) kannst dazu auch sag-n wo das vielleicht war, dass du noch ma- lesen musstest? (+) #00:02:06-5#

B: Ähm, (.) also es wa- halt (..) vor all-m im mittleren Teil... (I: (zustimmend) Mhm. (+)) ...weil ich mich halt auch n- (schmunzelnd) bisschen beeil-n wollte. (+) #00:02:14-3#

I: (zustimmend) Ja, ok, (+) also bei der Wärmeleifähigkeit irgendwie (.) (fragend) ganz besondere Stell-en oder (.) war das nich- wegen na Stelle sondern... (+) #00:02:22-1#

B: (verneinend) Nee, das war eigentlich nich- wegen na Stelle. (+) #00:02:23-6#

I: Ok. Einfach nur weil-s (.) schnell-a geh-n sollte. Gut. (.) Ähm, (.) (fragend) war der Text wie andere Texte die du schon kennst oder gabs da n Unterschied? (+) #00:02:33-5#

B: Also aus den Physik-tests äh -texten die ich davor gelesen habe, find- ich den (.) ähm, angenehmer zu lesen, weil er (.) für mich halt logischer is- auch irgendwie..., weil man dann auch nich- so viele Fachbegriffe auf einma- bekommt und (.) die die man dann bekommt auch bess-a... (Schulglocke erklingt) #00:02:51-8#

I: Sind gleich sofort fertig, dauert nicht mehr lang-, (fragend) ja, ok? (+) #00:02:55-3#

B: ...be-arbeit-n kann. #00:02:56-8#

I: (zustimmend) Genau, (.) bess-a dran arbeit-n. (+) (informierend) Gut, wir sin- d gleich sofort fertig. (+) Ähm, (..) du hast jetzt- schon erwähnt, dass der besserer war, wegen den Beispiel-n und weil die Fachbegriffe nicht so (.) aus dem Nix komm- sondern ma- erklärt wurd-n. Ähm. (.) Stell-n die du mehrmals gelesen hast in der Mitte kam auch schon vor.

(fragend) Gab es denn sonst noch verwirrende Stell-n? (+) #00:03:17-5#

B: (überlegend) Hm, eigentlich nich-. (+) #00:03:20-3#

I: (zustimmend) Mhm. (+) (fragend) Gabs denn was besonders interessantes? (+) #00:03:22-8#

B: Ähm, also ich fand das hier unt-n interessant, beim (liest) Wärme-kapazität... (+) (I: (zustimmend) Mhm. (+)) ...das, ähm, da halt dann... das man für (.) verschiedene Dinge, verschiedene (...) (lachend) Dinge braucht,... (+) (I: (zustimmend) Mhm. (+)) ...um auf die gleiche Temp- auf die gleiche... (+) (I:(zustimmend) Mhm. (+)) ...Reaktion zu komm. #00:03:40-3#

I: Also verschied-ne Meng-n Wärm- braucht (.) bei verschied-nen Körpern, was die m- verschiedene Wärme speichern könn-, (zustimmend) genau. (+)(feststellend) Das war interessant, ja! (+) (fragend) (Weil ?) irgendwo ganz langweilig,... das Beispiel war blöd, oder (..) lieber-n anderes, oder? (+) (Klopf Geräusch) #00:03:54-6# #00:03:55-1#

I: (fragend) Ja? (+) #00:03:55-1#

B: Eigentlich nich-. #00:03:56-0# #00:03:56-1#

I: Ok. Ähm, (.) dann (.) noch (.) eine Frage zu Zwisch-nüberschrift-n. (fragend) Findest du die so sinnvoll, hab-n die was (.) ge-holf-n? (+) #00:04:04-2#

B: (zustimmend) Ja, (+) also ich find-es gut, weil man dann immer weiß, so (.) dass ist jetzt (.) ein Abschnitt, (klopfendes Geräusch) und... (.) (I: (flüsternd) Mach ich gleich. (+)) ..damit ähm, kann ich jetzt je-den Text sozusag-n abschließ-n und (fäng?) jetzt mit nem neu-n an, obwohl-s trotzdem noch zum gleich-n Thema, a-lso Überthema is-. #00:04:18-9#

I: (zustimmend) Mhm. (+) (fragend) Und die Überschrift-n war-n auch... (.) #00:04:20-4#

B: (zustimmend) Ja! (+) #00:04:21-7#

I: (.)..sinnvoll? (+) #00:04:21-7#

B: Also... (I: Also hast du... (+)) B: Fand- ich schon. Und, ähm, ich finde halt auch wenn man dann dazu dann Frag-n machen muss, auf Arbeitszett-l, kann man dann glaub ich besser arbeit-n, weil man dann halt (.) genau weiß, wenn man jetz- was nich- weiß ne Frage, dass man dann genau dies-n Text noch ma- n-achliest und nich- den, noch ma- den ganz-n Text lesen muss. #00:04:37-8#

I: (zustimmend) Mhm. (+) Und du hast ja was von Beispiel-n gesacht. Ich nenn- das jetz- ma Phänomene, die da drinne vorgekomm-n sind, ähm, (.) (fragend) kannst du mir irgendwas darüber sag-n noch? (+) #00:04:46-5#

B: (zustimmend) Ja, (+) also ich finde, dass die Beispiele sehr (.) logisch warn, weil (.) ähm, sie halt auch im Alltag teilweise vorkam- und man so dann auch (.) so selb-a geseh-n hat, dass man das, dass es ha- wirklich so is-,

weil (.) manchma- is es ja so, dass man die Experimente noch nie (.) irgendwie... (I: (zustimmend) Mhm. (+)) ...geseh-n hat. Oder die Beispiele und dann ist es ja auch irgendwie noch ma- schwerer dann. #00:05:06.0#

I: (zustimmend) Genau, da kann man garnich- irgendwie anknüpf-n dann, wenn man-s garnich- kennt. (+) #00:05:09.6#

B: (zustimmend) Ja. (+) #00:05:10.1#

I: Ähm, (.) Wir ham jetz- schon ganz viel drüb-a geredet. (.) Wenn wir jetz- noch mal (.) uns davon trenn- wie verständlich der is, sondern einfach um den Inhalt guck-n, (fragend) könntest du mit sag-n, was in den einzelnen Kapiteln, oder nee, Kapiteln sind falsch, ähm, Abschnitt-n so (.) der (.) Inhalt war. Also beim ersten worum ging-s da hauptsächlich, hier, dort und da. (+) Nich- (.) lang, sondern einfach nur (.) kurz was du meinst? #00:05:33.1#

B: (überlegend) Mm. (+) Also (...) ich (.) könnte es sag-n, ich könnte es jetz- aber noch nicht richtig ausführlich sage-n, aber das hag-, hän-gt nich- mit der Verständlichkeit von den Text-n zusamm-, sonan einfach, (atmet ein) dass ich (.) ähm, jetz- sehr schnell geles-n habe. #00:05:46.0#

I: (zustimmend) Mhm. (+) (..) Ok. (.) (fragend) Also, (.) gibt-s noch was, was du ändern würdest an den Text-n? (.) Was anders machen? (+) #00:05:51.5#

B: (..) Hm, (+) (.) eigentlich nich-, also (.) höchstens dann vielleicht noch mal die Wörta, die dann wirklich die Fach-begriffe sind die dann erklärt werd-n, noch irgendwie mal markier-n oda dicka (I: (zustimmend) Mhm. (+)) druck-n oder so. #00:06:05.4#

I: (zustimmend) Mhm. (+) Ok. (.) (fragend) Und, irgendwas was wir noch nich- besproch-n ham, was du noch sag-n möchtest? (+) #00:06:09.8#

B: (überlegend) Hm, (+) nee, eigentlich nich-. #00:06:12.4#

I: Ok, dann (.) viel-n, viel-n Dank dafür...#00:06:15#

Wärmeempfinden_4

Interviewer: Gut, dann würden wir beginnen und es geht erstmal um Fragen die ganz allgemein zum ganzen Text sind. Du darfst dich auch immer dabei auf den Text beziehen und sagen wo das dadrin vorkommt. #00:00:16-5#

Befragter: Ja. #00:00:16-5#

Interviewer: (fragend) Wenn du dem Text eine Note für Verständlichkeit geben würdest, welche Note wäre das? (+) #00:00:19-2#

Befragter: (..) Also es is- auf jeden Fall (..), ich glaub-, (...) zwei. #00:00:36-2#

Interviewer: Genau, du kannst sagen, welche Note du -mpfindest für den Text. #00:00:37-5#

Befragter: Ja. #00:00:39-6#

Interviewer: Das hat ja keine Auswirkung, du darfst hier sagen was du meinst. #00:00:39-8#

Befragter: Ja. #00:00:38-2#

Interviewer: (fragend) Und warum sagst du jetzt zwei? (+) #00:00:42-3#

Befragter: Weil ähm (..) ich find-... er is- schon verständlich nur manchmal... (..) ich weiß nich-, ob-s normal is-, aber (..) ähm (.) ich kann mir halt manchmal auch nich-... muss man halt immer nochmal sich -n Satz... kann man halt nich- schnell lesen. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Sondern, wenn... wenn man schnell liest, muss man vielleicht nochmal wieder nach oben gucken (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) wie es da steht. Aber ansonsten... #00:01:07-9#

Interviewer: Genau, geht ja auch darum was du findest, (zuversichtlich) nä! (+) Das is- egal was normal is- oder was nich- normal is-. Geht wirklich nur darum was du findest-, das kannst du einfach so erzählen. Ähm (fragend) is- dir irgendwas besonderes aufgefallen beim Lesen? (+) #00:01:17-0#

Befragter: (...) Mh (...) also (.) es is-... (...) es sind halt (.) viele... es werden viele... (...) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) viele Sachen sozusagen in wenigen Worten, sag- ich ma- erklärt. #00:01:47-1#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Viel Information. (fragend) Und is- sonst noch was aufgefallen? (+) Nä-, du kommst ja irgendwie dazu... zu -ner Benotung, die du sachst, die is- zwei. (fragend) Is- auch irgendwas gut? (+) #00:02:01-0#

Befragter: (.) Ja ähm (..) das... das ähm (..) sieht man auch das ähm... is- halt verschiedene (.) Abschnitte gibt. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Und also um verschiedene Themen.

Und das ähm es... das es auch ähm (.) nich- einfach so erklärt worden is-, sondern es auch Beispiele... (..) #00:02:26-3#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Also mit Beispielen erklärt worden is-. Ähm und wenn du den Text jetzt- vergleichst zu anderen Texten in der Schule, vielleicht auch aus -ner Naturwissenschaft, is- da... (fragend) also kannst du dazu was sagen, wenn du die vergleichst? (+) #00:02:38-3#

Befragter: (.) Also (..) im vi-... in Physikbüchern oder so (.) is- es... (.) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) muss man sich nochmal mehr... mehr konzentrieren, um -s wirklich zu verstehen. #00:02:50-7#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) (fragend) Kannst du auch sagen, warum du glaubst, dass man sich mehr konzentrieren muss? (+) #00:02:53-6#

Befragter: Weil... weil ähm (.) zum Beispiel diese... ich weiß grad- nicht wie das heißt... es sind auch oft solche (.) Zeichen (..) oder... (.) #00:03:05-9#

Interviewer: (zustimmend) Mhm (+) Formeln, Begriffe. #00:03:07-2#

Befragter: Ja genau sowas. Sowas drin- was ähm (.) ich jetzt- nich- immer verstehe. #00:03:11-5#

Interviewer: Mhm. (..) Genau ähm (..) du has- jetzt- ja schon gesacht, da sind so Abschnitte, (fragend) kannst du da noch was zu sagen? Zu den einzelnen Abschnitten? (+) #00:03:20-1#

Befragter: (.) Also es wird sozusagen (..) ähm die Überschriften davon wird... (.) nochmal erklärt (..) und wie... wie das halt so abläuft. #00:03:38-0#

Interviewer: Mhm. Ähm (fragend) fandest du irgendwas an dem Text kompliziert oder unverständlich, was du da drinne- gesehen hast? (+) #00:03:44-8#

Befragter: Ähm (...) manchmal z-... zu-... zum Beispiel jetzt-... weil hier sind... sind ähm... also nicht richtig verständlich aber... nich- unverständlich, aber... es sind halt sehr viele Zahlen, deswegen muss man immer (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) genau gucken. Aber... #00:04:16-3#

Interviewer: Da unten bei der... der Wärmekapazität, die Teile mit den Zahlen. #00:04:16-3#

Befragter: Wärmekapazität, genau. #00:04:21-2#

Interviewer: Ja, das war also (.) also, schwieriger zu lesen. Und du hast eben schon gesacht, du has- manche Stellen auch mehrmals lesen müssen. #00:04:26-8#

Befragter: Ja. #00:04:26-8#

Interviewer: (fragend) Kannst du auch sagen, wo das war? (+) #00:04:26-8#

Befragter: (.) Einmal ähm (...) ähm wo war das? (...) Hier (.) bei den... (..) ab (...) wenn sich die... (liest) wenn sich die Temperatur eines Körpers verändert. (+) Bis... (..) bis ähm (..) mit bis hier äh Stahl. #00:04:59-3#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Also im oberen bei Wärmeempfinden und Thermometer, da so ein Bereich der deutlich... also naja, nich- deutlich komplizierter, aber einfach zweimal gelesen werden musste. (fragend) Ja? (+) #00:05:09-5#

Befragter: Ja. #00:05:09-5#

Interviewer: Damit man den besser versteht. (fragend) War es denn verwirrend in dem Bereich, oder? (+) #00:05:14-9#

Befragter: Es war nich- richtich verwirrend, aber es war einfach so, wenn ich das... wenn ich-s lese, das ich-s einfach sofort wieder vergessen habe. #00:05:21-0#

Interviewer: Mhm, und deswegen hast es dann nochmal gelesen. #00:05:25-5#

Befragter: Ja. #00:05:25-5#

Interviewer: (fragend) Noch irgendwas anders, was du kompliziert oder mehrmals gelesen hast? (+) #00:05:26-9#

Befragter: (...) Das einzige, was ich schon gesagt hab-, war hier bei den Zahlen, hab- ich -n bisschen langsamer. #00:05:35-1#

Interviewer: Okay, super. (fragend) Fandest du denn irgendwas besonders interessant?(+) Oder ganz unbekannt? Wo du gesagt hast, das is- jetz- wirklich interessant da dran. #00:05:45-2#

Befragter: Das (...) ähm ich hätte jetz- nich- gedacht, dass (.) es ähm... das es, auf der gleiche... wenn es auf der gleichen Temperatur is-, dass es unterschiedlich warm wahrgenommen wird. Das, ja. #00:05:56-0#

Interviewer: Mhm, also hättest du gedacht, vielleicht -n anderen Grund, warum das... #00:06:02-6#

Befragter: Ja. #00:06:02-6#

Interviewer: Wenn wir jetz- das Bein hier anfassen und den Tisch, merkt man ja dass das eine -n bisschen wärmer und -n bisschen kälter anfühlt. #00:06:10-7#

Befragter: Ja. #00:06:10-7#

Interviewer: Gut. (fragend) War irgendwas langweilig? (+) Sozusagen der Gegenteil davon. #00:06:13-2#

Befragter: (..) Ne, eigentlich nich-. #00:06:17-1#

Interviewer: Gut. Ähm, die Zwischenüberschriften, hast du ja eben schon gesacht, dass das das so unterteilt. (fragend) Passen die, wie die geschrieben sind? Und passt die Unterteilung, wie das da so is-? (+) #00:06:29-7#

Befragter: Ja, auf jeden Fall. #00:06:29-7#

Interviewer: Sonst noch irgendwas, was du zu den Zwischenüberschriften oder der Aufteilung sagen kannst? (+) #00:06:34-3#

Befragter: (...) Ähm (...) eigentlich, man erkennt ja alles, weil (.) mit diesen Absätzen. Also eigentlich nich-. #00:06:45-2#

Interviewer: Mhm. (.) (fragend) Helfen die? (+) #00:06:48-9#

Befragter: Ja, auf jeden Fall. (..) #00:06:48-9#

Interviewer: (fragend) Wobei? (+) #00:06:48-9#

Befragter: Weil ich würde sagen, wenn... es is- auch ziemlich wichtig, dass die Sachen (.) groß gedruckt sind oder... oder Abstände sind, denn sonst, wenn das nich-... nich- wär-, eins von beiden, dann wüsste man... könnte man... hier sich schon denken, dass es is-, aber es könnte auch einfach sein, dass es -n, ja. #00:07:10-6#

Interviewer: Also, das man weiß wo Dinge... äh Ideen sozusagen anfangen und aufhören. Und du has- ja eben schon gesacht, es komm- da... also ganz am Anfang has- du was gesacht zu Beispielen, die da drinne vorkommen. (fragend) Kannst du das noch weiter beschreiben, was für Beispiele, oder welche interessant waren? (+) #00:07:25-1#

Befragter: Ja, und zwar (..) ähm (...) das hier mit... hier mit Holz und Stahl. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Und ja, (.) ähm, da is- (..) #00:07:42-5#

Interviewer: Das mit den Tischen und Stühlen. #00:07:42-3#

Befragter: Genau. #00:07:45-2#

Interviewer: (fragend) Noch irgendwas? (+) Also die nennt man auch Phänomene in der Physik. Phänomene sind Dinge, die halt vorkommen und dann versucht man die halt physikalisch zu beschreiben. Das wäre eins davon. (fragend) Und gibt-s noch andere Phänomene, die dir einfallen? (+) #00:07:56-3#

Befragter: (..) Ja ich... (...) hier ähm mit dem... (..) mit dem... (..) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) mit dem Wasser. Also mit... #00:08:15-5#

Interviewer: Wasserkoch oder so... #00:08:15-1#

Befragter: Genau. (..) Hier... (..) #00:08:19-8#

Interviewer: Mh. (fragend) Also wie findest du das... das Phänomen? Das Beispiel? (+) #00:08:21-4#

Befragter: (..) Es is- halt... es is- halt sinnvoll an dieser Stelle. #00:08:27-3#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Ähm (..) genau jetzt- hab-n wir schon viel über die Texte eigentlich geredet, wie du die fandest. Und mit Sachtexten... das hier is- -n Sachtext, der beschreibt etwas... soll man ja auch was lernen können. Wenn du dich jetzt- nochmal an das Lesen zurückerinnerst: (fragend) Was meinst du, kannst du mit dem Text lernen? (+) Dabei kannst du auch gerne einfach sagen... also auf die Abschnitte dich beziehen. #00:08:51-6#

Befragter: Also... (.) Ich kann als erstes die Fachbegriffe verst-... gut... kann man gut verstehen.
(Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Aber man kann ha-... versteht halt auch (..) wie, wa-... warum... warum das so passiert. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Weil (.) es is- halt (.) gut erklärt, würd- ich sagen. #00:09:08-8#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) (fragend) Und was is- sozusagen der Inhalt wirklich was du lernen konntest? (+) #00:09:17-1#

Befragter: Ähm (..) ich konnte lernen, das ähm man... das man zum Beispiel... (..) das es halt immer unterschiedliche... (..) das es sich unterschiedlich anfühlt auch wenn-s... wenn-s ähm... (..) #00:09:36-1#

Interviewer: (fragend) Gleiche Temperatur hat? (+) #00:09:36-1#

Befragter: Genau, aber es sind halt auch ähm die... es halt auch manchmal... ich verste-... kann hier halt nich- alles merken, aber trotzdem sind da auch viele Wörter drin, die man sich nicht merken kann, aber die trotzdem, glaub- ich wichtig sind, damit man sich die ander-n Sachen merken kann. #00:09:49-0#

Interviewer: (zustimmend) Mhm (+) du has- g-rad- nochma- was gesacht zu Fachbegriffen. Ähm (fragend) sind da... (.) oder was kannst du zu Fachbegriffen sagen? (+) #00:09:55-5#

Befragter: Ja, ich weiß nich-, ob das jetzt-... (.) #00:10:00-1#

Interviewer: Ne, sach das ruhich. #00:10:01-4#

Befragter: Aber ähm (.) hier sowas bei... (..) bei... (...) für hier bei... Wärmekapazität. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Weiß auch, wenn man-s nich- weiß... weiß man (.) auch wenns-s jetzt nich- da richtig steht: Wärmekapazität is- das und das, glaub- ich. Aber... sondern eher es zeigt wie viel... (..) es is- halt nich- so kompliziert geschrieben. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Sach ich mal. #00:10:32-4#

Interviewer: (fragend) Also würdest du sagen, dass da Fachbegriffe vorkommen? (+) #00:10:37-5#

Befragter: Ja. #00:10:37-5#

Interviewer: (fragend) Und was is- denn... also stehen die Fachbegriffe da und du sachst: Das is- nich- so kompliziert geschrieben. Was... was heißt das in Bezug auf Fachbegriffe? (+) #00:10:44-3#

Befragter: Also das is-... manchmal is- es ja auch so das man... ich... also... (..) das es Texte gibt mit über-... wo überall Fachbegriffe sind. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Aber man die nich-... nich- versteht, deswegen. Und hier is- das so, hier sind auch welche drinne, aber man versteht sie trotzdem. #00:10:59-6#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) (fragend) Warum versteht man-s? (+) #00:11:03-2#

Befragter: Weil-s halt im... besser... es wurd-... is- halt besser... es is- halt so das is das und das... so ganz lang geschrieben, das man sich nich-... sondern es is- kurz... kurz ähm... (..) kurz geschrieben, dass man sich halt gut merken kann. #00:11:21-9#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) (fragend) Würdest du sagen, die Fachbegriffe die da drinne vorkommen, ähm muss man die vorher wissen? Oder...? (+) #00:11:30-1#

Befragter: Nein. #00:11:30-1#

Interviewer: Also sind da Fachbegriffe drinne, (..) ähm (..) die aber erklärt werden sozusagen. #00:11:35-1#

Befragter: Ja. #00:11:35-1#

Interviewer: Okay. (fragend) Wenn du irgendwas an dem Text ändern könntest, würdest du irgendwas ändern wollen? (+) #00:11:39-8#

Befragter: (...) Ähm (...) Wenn ich was... eigentlich... ne. (..) #00:11:50-7#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, okay. (+) Ähm... #00:11:53-4#

Befragter: Od-... #00:11:51-7#

Interviewer: Ja, du kannst gerne, bitte. #00:11:51-7#

Befragter: Bestimmt gibt es noch irgendwas, was man (..) irgendwie besser machen könnte, aber... #00:11:59-5#

Interviewer: Du musst auch nich- sagen, wie du das ändern möchtest. Sondern vielleicht einfach nur wo... irgendwie sagen, vielleicht is- das noch nich-... #00:12:03-9#

Befragter: Ne, ich weiß es jetz- nich-, aber ähm... ich find- jetz- nichts. #00:12:09-3#

Interviewer: Aber wenn... ich mein- ja nur, wenn du irgendwas... aufgefallen wärest, wo du gesacht hast: Das find- ich irgendwie seltsam, dann kannst ja sagen... da hätte man vielleicht nochmal was anders machen können, sozusagen. #00:12:17-3#

Befragter: Ja. #00:12:18-4#

Interviewer: Hast du teilweise ja auch schon gesagt, aber (..) nur so nochmal gefragt. #00:12:21-9#

Befragter: (..) Ähm (...) höchstens vielleicht nochmal... (...) ähm vielleicht nochmal irgend- anderes Beispiel. Aber sonst eigentlich nichts. #00:12:50-9#

Interviewer: Okay, (fragend) gibt-s sonst noch irgendwas, was wir noch nich- besprochen haben? (+) #00:12:51-3#

Befragter: (...) Mh (...) warum die Überschrift so heißt. #00:13:06-1#

Interviewer: Mhm, okay. (..) Ja,nehm- ich auf jeden Fall mit, dass ich die vielleicht irgendwie anders schreibe. Das weiß ich auch noch nicht, ob die so bleibt. Aber mir fällt auch noch keine ein. #00:13:11-2#

Befragter: Ja. #00:13:12-9#

Interviewer: Okay. Ja, dann äh Danke dafür.

Wärmeübertrag_1

Interviewer: Dann beginn- wir. Ich leg- das mal hier hin. Wir beginn- mit ganz allgemein- Fragen zum ganzen Text. Du darfst bei allen Fragen immer auch nochma- auf den Text beziehen. Wörter, Sätze oder Abschnitte nennen. Ähm (fragend) wenn du dem Text eine Note für Verständlichkeit geben dürftest, welche Note würdest du dem Text geben? (+) #00:00:23-2#

Befragter: (...) (fragend) Also für mich? Oder auch für andere? Was soll ich sagen? (+) #00:00:25-5#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) nur für dich, es geht um... wie du den Text findest, Die Verständlichkeit. #00:00:29-8#

Befragter: Drei plus. #00:00:28-7#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) (fragend) kannst du das auch erklären? (+) #00:00:33-9#

Befragter: Weil manchma- muss ich schon (..) nochmal nach oben gehen. Also eine Zeile nach oben und nochma- lesen. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Aber ich glaube, das is- normal bei Texten. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Das passiert einfach mal. (..) Ja, so is- das. #00:00:45-3#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) (fragend) kannst du auch sagen, wo du nochmal äh... ja mehrmals lesen musstest? In welchen Bereichen sozusagen? (+) #00:00:52-6#

Befragter: Also hier so, in dem Bereich. #00:00:55-1#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) immer au-... muss- du einma- immer au- sagen, dass ich das später auch noch weiß. Also eher (..) unterer Teil vom ersten Abschnitt so, ja. #00:01:02-9#

Befragter: Unterer Teil vom ersten Abschnitt und dann (.) in dritten Abschnitt, auch ma-... nochmal den unteren Teil. #00:01:08-3#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) (fragend) also bei der Wärmeströmung, oder meinst du ganz unten? (+) #00:01:11-3#

Befragter: Ja, mehr hier so. #00:01:13-4#

Interviewer: Also bei der Wärmeströmung, der untere Teil. #00:01:15-2#

Befragter: Ja, da. #00:01:15-2#

Interviewer: Okay, also die Bereiche war-n -n bisschen ähm (.) komplizierter. (fragend) Is- dir sonst noch irgendwas beim Lesen aufgefallen? (+) #00:01:24-4#

Befragter: Äh, nö. Sonst war eigentlich alles find- ich (.) gut verständlich, gut erklärt. (.) Also ich hab-s auch gut verstanden, find- ich. #00:01:31-2#

Interviewer: Mhm, (fragend) war der Text wie andere Texte im Physikunterricht oder Chemie, Biologie, also Naturwissenschaften is-... wie is- der im Vergleich zu diesen Texten? (+) #00:01:40-6#

Befragter: Wir hatten ja jetz- noch nich- so viele Texte. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Aber [Lehrkraft] mach- das halt immer mit Wörter, sach- ich mal so. Aber wir hatten letzstens auch ein- Text und (.) ich finde (.), der Text is- auch so gleich wie die anderen, (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Texte im Buch. #00:01:57-5#

Interviewer: Ähm, okay. (Räuspert Sicht) (fragend) Fällt dir sonst noch irgendwas (.) ähm zur Verständlichkeit des Textes ein? (+) Du has- ja gesacht, den kanntest du eigentlich ganz gut verstehen. (fragend) Fällt dir da irgendwas noch zu ein? Vielleicht warum, oder? (+) #00:02:11-7#

Befragter: Ähm, ja. (..) Find- das die Beispiele tun gut. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Also damit find- ich auch, dass man das besser erkennen kann. (..) Und, ja. (..) Sonst find- ich das (.) so eigentlich schon so selbsterklärend. Ja. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Ja. #00:02:29-7#

Interviewer: Also, der erklärt gut der Text. Und du has- jetz- die Beispiele nochma- erwähnt, ähm, da sind ja mehrere drin. Oder hauptsächlich immer geht-s um ein (.) äh Beispiel. Oder das könnt... (.) ja, (fragend) Kannst du einfach nochma- was zu den Beispiel- erzählen? (+) #00:02:41-1#

Befragter: (.) Ähm (.) das... die Tasse Tee, das fand- ich auch gut.

(..) Ähm (.) zum Beispiel die Heizung, (.) das fand- ich, das es auch gut erklärt ist. Zum Beispiel wie auch eine Heizung funktioniert und dann kann man auch, (.) ... zum Beispiel wie eine Eselsbrücke machen. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Dass man weiß, wenn ich zum Beispiel eine Heizung angucken: Aha, so is- es. So wird die Wärme in die Luft übertragen (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) und das fand- ich ziemlich interessant. #00:03:05-9#

Interviewer: Okay, also das sind auch Beispiele, die du (..) (fragend) dir vorstellen konntest? Oder die du (..) schonma- gemacht hast, oder so? (+) #00:03:11-6#

Befragter: Joar. #00:03:13-8#

Interviewer: Also Dinge die du... ja... wo du (.) dir das vorstellen konntest. #00:03:19-7#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:03:19-7#

Interviewer: Okay, ähm (..) (fragend) gab es in dem Text irgendetwas für dich, was kompliziert oder unverständlich war? (+) #00:03:25-7#

Befragter: (..) Mh (..) ich weiß nich- irgendwie, als ich den Text gelesen hab, (..) zwischen den Wärmeleitung, Wärmeströmung und Wärmestrahlung (Interviewer: (zustimmend) Ja. (+)) is- es irgendwie so verwischt. Also ich hatte irgendwie kein eindeutiges Zeichen, wo jetzt heißt: Stop, jetzt- is das fertich und jetzt- kommt das nächste. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) (..)

Vielleicht liegt das daran, dass ich das... die Teilüberschriften ober-... ja überlesen haben... habe. (..) Und das nich- irgendwie so mitgekriegt habe. Aber (..) es is- alles halt so-n bisschen verwischt gewesen. Also (..) wenn ich jetzt- Wärmeleitung gelesen hab- und dann kam die Wärmeströmung, dann war das also... (..) okay, jetzt- is- schon nächstes, das war mir -n bisschen so selber zu schnell, aber... (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) das glaub- ich liegt an mir. #00:04:11-3#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, okay. (+) Kann sein, weiß ich nich-. (..) Ähm jetzt- has- du ja die Abschnitte, Zonen schon benannt irgendwie, darüber was gesucht. (fragend) Kannst du da noch irgendwie was mehr zu sagen? Wie das is-? Also die Zwischenüberschriften, ob die dir helfen? Oder (..) ... #00:04:29-1#

Befragter: Also... (..) #00:04:29-1#

Interviewer: Ja genau. #00:04:29-1#

Befragter: Schon. Also ich muss selber noch sagen, ich hab- die jetzt- nich gelesen die Teilüberschriften. Aber (..) wenn jemand das anderes, glaub- ich, das lesen würde, der würde schon drauf achten. (..) Deswegen find- ich das eigentlich auch so gut. Also so gut dann gemacht. #00:04:42-8#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, okay. (+) (fragend) Gibt es verwirrende Stellen im Text? (+) #00:04:50-5#

Befragter: (..) Ähm (...) ne, also (..) ich finde jetzt- für mich nichts verwirrend. #00:05:00-4#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) (fragend) besondere... (..) ne, Stellen die im Text besonders informativ oder interessant waren? (+) #00:05:04-9#

Befragter: (..) Ähm (..) die Beispielen waren, fand- ich, ziemliche informativ.

(..) Weil die ham mir auch dann das gut mit dem Thema erklärt. (..) Ham mir auch dann (..) ja gut erklärt, wie das und das funktioniert. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Und bei-äh... anhand den Beispielen weiß man ja schon was das is-. Und (..) kann man sich auch schon so selber als Mensch denken, das is- so und so. #00:05:29-2#

Interviewer: (zustimmend) Okay, super. (+) Ähm (..) (fragend) war der Text an irgendwelchen Stellen langweilig? (+) #00:05:31-7#

Befragter: (..) Ähm (...) nö, also ich find- nich-, dass der irgendwo langweilich war. Ich find-, besonders durch die Beispiele, fängt ein Mensch, also jemand anderes an zu denken: Aha, das

kenn- ich doch. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Und dann kommt Langweile nich- so her. #00:05:51-6#

Interviewer: Super. (..) Ähm, die Zwischenüberschriften ham wir schon. Ich muss hier nochma- eben gucken, was ich noch auf meinem Zettel hab-. Ähm (..) die Beispiele hast du jetz- auch schon viel zu erzählt. (..) Äh (.) du hattest ja hier oben und dort so Bereiche, wo du gesucht hast, die waren (.) schwieriger oder die musstest du zweimal lesen. F-... falls du das weißt, oder falls du irgendwas sagen kannst, warum das ist, ähm (.) würd- mir das natürlich auch weiterhelfen. Du kannst gerne nochma- gucken, ob da irgendwas is-. #00:06:22-4#

Befragter: Ich glaube, ich hab- zu schnell angefangen. Also, was heißt zu schnell. Ich hab-s zu schnell gelesen. Also ich hab- einfach die Wörter gelesen, gelesen, gelesen und dann hab- ich irgendwie auch nicht- drauf geachtet, was heißen die Wörter. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Und deswegen, glaub- ich, hab- ich das auch bisschen so verwischt. Aber (..) sonst, (...) nö, sonst hat- das eigentlich gut erklärt. #00:06:44-8#

Interviewer: (zustimmend) Okay, (+) ähm (.) das- ja ein Sachtext (.) und mit Sachtexten soll man ja auch was lernen. Und das hast du eben auch schon ganz viel zu gesucht, aber (fragend) kannst du nochmal zusammenfassen, was man mit dem Text jetzt lernen konnte? (+) Kannst du auch gerne in den Abschnitten einfach erzählen. #00:07:02-8#

Befragter: (fragend) Also soll ich jetz- sagen was ich gelernt habe- über den... mit dem Text? (+) #00:07:06-8#

Interviewer: Genau, was man mit dem Text lernen konnte. Oder was du gelernt hast. Ähm und (.) damit das vielleicht einfach is- kannst du auch einfach sagen: Im ersten, zweiten, dritten Abschnitt so kurz was da drinne steht. #00:07:15-2#

Befragter: Im ersten Abschnitt hab- ich (.) gelernt wie irgendwas... wie Wärme irgendwie übertra- gen wird. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Was, glaub- ich, irgendwie die Wärme macht. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Ähm im zweiten Abschnitt hab- ich eben gelernt wie... ähm... (..) ja, wie wenn man ein- Löffel in den Tee steckt. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Wie auch... wie der... der Tee... der heiße Tee die Hitze überträgt. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) In die Wärmeströmung (.) das is- glaub- ich, mit der Luft, wo die Luft dann erhitzt wird, glaub- ich. (Interviewer: (zustimmend) Mhm, ja. (+)) Erinner- ich mich.

Und bei Wärmestrahlung, also das vierte: (..) Ähm ich glaube wo man... wie man die Hitze empfängt (.) und sie spürt, (.) glaub- ich. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) So ungefähr. #00:07:58-6#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, okay super. (+) Ähm (.) ja. (fragend) Würdest du an dem Text (.) etwas ändern wollen, wenn du das könntest? (+) #00:08:04-7#

Befragter: (..) Ähm ich würde irgendwie (.) die Teilüberschriften... also die einzelnen Abteile ir- gendwie (.) mehr... wie soll ich das sagen? (..) So (.) das war das der Teil. Und jetz- kommt das

nächste so. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Weil das war mir irgendwie so zu übergängig. Also zu doll bei... also dann hab- ich das bisschen so vermischt, die Sachen. #00:08:26-3#

Interviewer: (zustimmend) Okay. (+) Ja, also das man die stärker trennt irgendwie. #00:08:30-8#

Befragter: Ja. #00:08:30-8#

Interviewer: Mhm, das versuch- ich dann mal auch äh zu berücksichtigen. Ähm (fragend) gibt es sonst noch irgendetwas, ähm (.) das du wichtig findest, über das wir noch nich- gesprochen ham? Was du noch erzählen möchtest? (+) #00:08:41-7#

Befragter: (..) Eigentlich nich-, also ich fand- den Text so informativ gut. (..) Und (.) ich kann mich halt... (.) irgendwie nich-... wie soll ich sagen? Nich- beschwer-n oder so darüber. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Das war -n guter Text. Ich hab- gut darüber was... (..) mich informieren können. (..) Und damit find- ich auch... könnt ich auch gut arbeiten mit. #00:09:03-8#

Interviewer: Super, okay. Vielen Dank.

Wärmeübertrag_2

Interviewer: Dann würd- ich beginnen mit der Aufnahme. Und wir beginnen mit einer Frage ganz allgemein zum ganzen Text. Du darfst dich dabei auch immer auf den Text beziehen und sagen: Da oder da äh stand das. #00:00:13-4#

Befragter: Mhm. #00:00:13-4#

Interviewer: Ähm, (fragend) wenn du dem Text eine Note für Verständlichkeit geben dürftest, welche Note würdest du dem Text geben? (+) #00:00:24-6#

Befragter: (fragend) Was is- das Beste? (+) #00:00:26-6#

Interviewer: Eins bis sechs, wie in der Schule. #00:00:25-4#

Befragter: Okay, ähm (.) drei. #00:00:32-0#

Interviewer: (fragend) Und warum diese Note? (+) #00:00:32-0#

Befragter: Weil der Text war sehr... konnte man sich sehr gut bildlich vorstellen. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Also (.) und es war genau erklärt. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Ja. #00:00:40-5#

Interviewer: (..) Also kann man sich bildlich vorstellen und war erklärt. (fragend) Kannst du noch sagen, was irgendwie erklärt war? #00:00:45-9#

Befragter: (..) Ja zum Beispiel bei der Wärmestrahlung das mit der Lippe, dass man die dichter ranhalten muss, in die Nähe und dann wird die halt heiß. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Ja. #00:00:56-8#

Interviewer: (fragend) Und noch was? (+) #00:00:56-8#

Befragter: (..) Ja, wenn man ein- Löffel in eine heiße Teetasse reinstellt, dass da auch der Griff warm wird, so zum Beispiel. Oder (..) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Ja. #00:01:07-7#

Interviewer: (...) (fragend) Und was sind das für Beispiele, die du grad- genannt hast? Kannst du die noch weiter beschreiben? (+) #00:01:13-6#

Befragter: Ja, alle gehören zu dem halt. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Was hier oben halt da drinne steht. (..) Also alles, sag- ich jetz- ma- so, ein Thema. Nur verschieden erklärt. Das ist gut. #00:01:26-9#

Interviewer: (..) (fragend) Und konntest du dir das B- Beispiel vorstellen? (+) #00:01:27-8#

Befragter: Ja. #00:01:28-7#

Interviewer: (fragend) Weil...? (+) #00:01:29-8#

Befragter: Weil das auch im Alltag passiert. #00:01:31-9#

Interviewer: Genau, nä. Also ist irgendwie etwas, was du (..) vielleicht selber schon ma- gesehen hast. Oder auf jeden Fall prüfen könntest. Ähm (fragend) is- dir beim Lesen noch irgendwas aufgefallen? Is- irgendwas besonders? (+) #00:01:42-7#

Befragter: (.) Mh (..) da war-n jetz- nich- so viele schwere Wörter drin, so wie im... (.) in den Büchern bei uns. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Ja. #00:01:52-2#

Interviewer: (.) (fragend) Noch was anderes, was dir im Vergleich zu Schulbüchern einfällt? (+) #00:01:53-7#

Befragter: Ja, der war sehr detailreich. Der Text war sehr detailreich. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Ja. #00:02:01-8#

Interviewer: (..) Genau, also im Vergleich zum Schulbuch kei-... nich- so viele (.) schwierige Wörter. #00:02:09-8#

Befragter: Ja. #00:02:09-8#

Interviewer: Detailreich und (..) viele Erklärung mit Beispielen. Das war so was... was du jetz- so ungefähr gesucht hast. #00:02:16-8#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:02:16-3#

Interviewer: Ähm (..) (fragend) gibt- es irgendwelche Stellen im Text, die kompliziert sind? (+) #00:02:22-0#

Befragter: Mh, find- ich jetz- nicht. #00:02:20-2#

Interviewer: (fragend) Unverständlich? (+) #00:02:23-5#

Befragter: Ne, eigentlich nich-. #00:02:22-7#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) (fragend) gibt-s irgendwelche Stellen, die du mehrmals gelesen has-? Also: Has- n Satz gelesen, has- gedach-: Oh, den uns ich nochmal lesen, hab- ich nicht ganz verstanden? (+) #00:02:30-3#

Befragter: Eigen-lich nich-. #00:02:32-1#

Interviewer: Okay. Ähm (fragend) is- da irgendwas besonders interessant oder informativ an dem Text? (+) #00:02:41-0#

Befragter: (..) (fragend) Nein. (+) (..) Aber is- halt -n Text, den man gut verstehen kann so. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Der ha-... sagt alles, was man wissen muss. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Für die Aufgaben da. #00:02:53-6#

Interviewer: Ja, okay. Also würdest -sagen den Text... (.) ähm (..) in dem Text selber steht alles drinne, was man wissen muss, um den Text zu verstehen. (fragend) Oder musstest du Wissen vorher haben? (+) #00:03:00-5#

Befragter: Nein, eigentlich nichts. Hätte ich jetz- gesagt. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Ja. #00:03:02-7#

Interviewer: Ähm und (.) der Text hat der so Zwischenüberschriften, (fragend) diese Absätze. Kannst du dazu irgendwas sagen? (+) #00:03:12-7#

Befragter: Ja, ich find- das gut, weil dann is- es nicht so ein langes Stück. Sondern man kann auch ein Absatz nochma- lesen halt, zu einem genauen Thema. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Man muss nicht den ganzen Text nochmal lesen, wenn man zum Beispiel was über die Wärmestrahlung oder (.) so... #00:03:27-9#

Interviewer: (..) (zustimmend) Mhm, (+) (fragend) und die Überschriften dazu, die da stehen? (+) #00:03:29-5#

Befragter: Die passen auch eigentlich gut. #00:03:32-2#

Interviewer: Ok, gut, ähm über die Beispiele ham wir ja auch schon gesprochen. (..) Mh (...) über die (..) Abschnitte auch. (.) Glaub- wir ham dann über ganz viel schon geredet. (fragend) Könntest du nochmal sagen, was man mit dem Text eigentlich lernen konnte? (+) Also so-n Sachtext im Physikbuch is- ja dafür da, dass man irgendwas lernt. (fragend) Was konnte man mal damit lernen? (+) Da kannst du dich jetz- auch auf die einzelnen Abschnitte beziehen. Das du sachst: Hier war das der Inhalt, hier der Inhalt... so ganz grob. #00:04:03-5#

Befragter: Okay, beim ersten das man... das, wenn man heißes Wasser... ein Glas mit heißem Wasser hat, dass das... dass das Glas warm wird und das Wasser kälter. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Dann, wenn man das da rein kippt. Beim zweiten das mit dem Löffel, wenn man den da rein steckt, dass der Löffel auch oben heiß wird, nich-... nicht nur wo-s sich berührt. (Interviewer: (zustimmend) Ja. (+))

(..) Das bei der... beim dritten mh (...) das ähm die heiße Luft auch von unten halt so um den Becher kommt. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Darum... deswegen kühlt das ab, wie bei der Heizung. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+))

Und beim dritten das mit dem... mit der Sonne. Auch, dass wenn die ganz weit weg is- von der Erde, trotzdem wärmt sie halt die Erde. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Ja. #00:04:44-0#

Interviewer: Genau, super. Ähm (fragend) würdest du an dem Text irgendwas ändern wollen, wenn du das könntest? (+) #00:04:51-4#

Befragter: Nein eigentlich nicht. #00:04:51-8#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, (+) ähm (..) du musst auch nicht sagen, wie du das ändern sollst, sondern nur eine Stelle, wo du sachst, vielleicht würd- ich das anders schreiben. Das reicht schon. Nich- genau sagen, wie ändern. Sondern sagen, die Stelle war vielleicht... #00:05:03-1#

Befragter: Ja, nein. Eigentlich war alles so gut. #00:05:08-2#

Interviewer: Gut, okay. Gibt es sonst noch irgendwas, was du noch nich- gesagt hast? Dafür, dass du (.) äh, ja den bewertest mit -ner 3. Und dann haben wir jetz- ganz viel darüber geredet? Über die einzelnen Dinge: Über Phänomene, Beispiele.... #00:05:24-3#

Befragter: Ne, eigentlich nichts. #00:05:24-3#

Interviewer: (fragend) Sonst hast du alles gesagt dazu? (+) #00:05:24-3#

Befragter: Ja. #00:05:25-6#

Interviewer: Okay, dann (.) vielen Dank.

Wärmeübertrag_3

I: Dann, könn- wir wieder beginn-. (.) Und, wir beginn- ma- mit na...einer ganz allgemein- Frage zum Text. (.) Ähm, da darfst du dich auch gerne auf den Text wieder bezieh-n und sagen wo dir das aufgefall-n is-. #00:00:11.2#

B: Ok. #00:00:12.1#

I: (fragend) Was für eine Schulnote würdest du dem Text für Verständlichkeit geb-n, also wie gut hast du den verstanden, in Schulnoten? (+) #00:00:19.3#

B: (überlegend) Ähm, (+) (..) verständlich hab- ich den... sch... sehr gut verstanden und ich w-ürd- dafür ne (.) zwei,... würd ich sag-n. #00:00:29.0#

I: (zustimmend) Mhm. (+)

B: Zwei. #00:00:29.5#

I: (fragend) Und warum diese Note? (+) #00:00:31.1#

B: (überlegend) Ähm, weil ich hab- Vieles verstanden, nur,... (.) ähm, (..) eins, zwei Wört-a hat ma- nich-... (.) (das?) kennt- jetzt nich- glaub ich jeder und dann ... #00:00:42.1#

I: (Guck ma-?) die kannst du auch rui-ch sag-n die Wört-a ... (das is-?)

B: Materie weiß glaub ich auch nich- jeder...

I: (zustimmend) Mhm. (+)

I: Genau.

B: Also, (...) ja. #00:00:50.3#

I: (zustimmend) Mhm. (+) (.) Und, (.) wenn du jetz- sa-chst, der is- wirklich gut verständlich,... du konn-st da wirklich viel von versteh-n, außer son paar Wört-a, ähm (..) (fragend) is- dir da irgendwas aufgefall-n, was Besonderes is- beim Lesen? Warum war das jetz- verständlich für dich,... warum Zwei? (+) #00:01:05.5#

B: Ähm, (.) weil, (..) (?) wenn ich irgendwie (.) im Kopf hatt- ich ja auch n paar Fragen so,... (.) so jetz- bei Wärmeleitung, da hab ich mir son paar Fragen. .. und dann konnt- ich... und dann hab ich mir den Text durchgeles-n und hab geguckt, ob davon ne Fragen von mir... die ich fragen... ich hatte, äh,... durch diesen Text gelöst wurd-n. (.) Und, das hat (.) sehr gut eigentlich funktioniert. #00:01:28.1#

I: (zustimmend) Mhm. (+) Also, Fragen, die dir gekomm- sind, beim Lesen, wurden dann beantwortet, dann konntest du das... (B: Ja.) gut versteh-n, das heißt also so in der Reih-nfolge gut Sinn gemacht, so (zustimmend) Mhm. (+)

(fragend) Und ist (.) noch neben den Begriff-n jetz- wie Materie, irg-ndwas anderes Besonderes aufgefall-n? (+) #00:01:44.5#

B: (verneinend) Nö, (+) also, (.) Wärmestrahlung.

I: Hört man sonst auch wahrscheinlich nich-. B: Ja. #00:01:52.3#

I: Ja. (..) Aber wenn wir noch ma- Wärmestrahlung... das war ja auch ein Unterkapit-l... (.) (fragend) Könntest du jetz- sag-n was das ist? (+) Also... #00:01:59.2#

B: Ja, könnte ich.

I: (zustimmend) Mhm. (+) Also musst du auch nich-. Es geht nur da-drum (...) wie du das verstand-n hast sozusag-n,... ob das verständlich war. #00:02:07.1#

B: Gut.

I: (..) (zustimmend) Mhm. (+) (fragend) Also hast du den gut verstanden? (+) ... #00:02:11.8#

B: Ja.

I: (fragend) Noch irgend- ne Begründung warum? (+) Du hast ja gesa-cht: die Frag-n die dir aufkomm- (..) ... wurd-n beantwortet im Text (..) (fragend) und (..) konntest du dir das gut vorstell-n was da stand oder wa-rum konntest du dir das gut vorstell-n was da steht? (+) #00:02:25.2#

B: (überlegend) Äh, (+) weil ich hab- mir das von Kopf so vorgestellt wie, äh... (..) um eine Tasse Tee zu koch-n,... da hab ich mir dann vorgestellt, als würd- ich ne Tasse Tee koch-n und ja, dann würd- ich halt...hab ich halt so nach m Text... hab ich dann so (..) mir das vorgestellt, wie das dann ausseh-n würde und...(..) #00:02:44.4#

I: (zustimmend) Mhm. (+) (fragend) Also konntest du dir das gut vorstell-n, weil... wahrscheinlich hast du dir schon mal Tee gekocht? (+) #00:02:49.0#

B: (nickend)

I: Ja. (..) Ok. (..) Und, du hattest ja noch... jetz- gesa-cht, zum Beispiel Materie war kompliziert.

(fragend) Gibts noch andere komplizierte Stell-n? (+) Das muss nich- nur n Wort sein, das kann auch n Satz, oder mehrere Abschnitte oder Bereiche sein. #00:03:02.3#

B: Nö. (..) Nö. Fiel mir jetz- nichts mehr auf. #00:03:06.5#

I: (fragend) Hast du irgendwelche Bereiche mehrmals gelesen, weil... (..) war so interessant oder nich- so...? #00:03:11.7#

B: Ich hab- äh, n paar Momente hab-... musst- ich noch ma- wiederhol-n, weil ich (..) ...entweder ich hab-... bin dann irgendwie ne Zeile runtergerutscht od-a, (..) ähm, ... weil ich-s dann nicht- richti-ch verstand-n hab- und dann noch mal gelesen hab-, damit ich-s dann versteh-. (..) Joa. #00:03:26.4#

I: (fragend) Kannst du auch sag-n wo ungefähr? Oder, welchen Bereich? (+) #00:03:30.0#

B: Ja, ähm, (..) in der Nähe vo- ... Wärmeströmung da hab- ich dann bei... (..) (ließt) zunächst geht Wärme in der um- un-mittelbarer Umgebung der heiße Tasse zu (+) ... Also und da,... den Text musste ich... hab ich mir denn noch ma- durchgeles-n, weil ich den nich- ganz (..) verstand-n hab-.

I: (zustimmend) Mhm. (+) (..) Gut. (fragend) Und gab-s irgendwo (..) besonders interessante oder informative Stell-n wo du (..) so gesa-cht hast: Das is- aber jetz- interessant, (..) oder...? (+) #00:03:59.8#

B: Ja. (.) Äh, (..) am Ende, so bei Wä- Wärmestrahlung, das... (.) das hab ich auch s-... noch f-ast noch nie gehört und dadurch hab- ich mir das noch- ma- n bisschen... (.) gut angeguckt, damit ich (..) ... damit ich jetz- weiß, dass das auch richti-ch is-. #00:04:16.2#

I: (zustimmend) Mhm. (+) (fragend) Und irgendwas,... war da irgendwas langweili-ch vielleicht? (+) #00:04:19.9#

B: Nö, also (..) es wurd- ja auch... im Text wurd- ja so gesa-cht... son Beispiel genom-...wie Teetasse und ja, dadurch wurd- das noch- komplett langweili-ch, son-... dadurch hat man noch was... etwas gelernt. #00:04:34.1#

I: (zustimmend) Mhm. (+) (..) Ähm, (.) die Zwischenüberschrift-n die hier so aufgeschrieb-n sind,... (B: Ja.) das sind ja drei Stück. Ähm. (.) (fragend) Wie findest du die Aufteilung? Machen die Überschrift-n Sinn? (+) #00:04:48.3#

B: Ja, sie machen Sinn, weil ähm, (.) wenn... wenn... das Gute is- auch, dass sie dicke Schrift... dick gedruckt sind, weil äh, wenn sie jetz- genau so geschrieben wär-n wie der normale Text, dann wüsst- ich ja nich-, dass das ne Überschrift is- und dann (.) würd ich ja st-... äh, das lesen und wundern warum kommt das denn da nächste Überschrift, weil ich da auf einma- dann n Punkt hab und dann Wärmestrom und dann weiß ich ja nich- direkt, dass das die Überschrift is- und dann (.) denk ich (..) dass das irgendwas anderes jetz- is-. Weil... (I: (zustimmend) Mhm. (+)) da wechselt ja auch automatisch ja vom... vom ein Thema auf den ander-n und dann (.) is- es son bisschen überfragend. #00:05:27.1#

I: (zustimmend) Mhm. (+) Also das konnt- man (?)... gut (B: Ja.) ein Thema abschließen und dann weiß man: jetz- geht was Neues los. (.)

Gut. Ähm (.) Wir ham ja jetz- schon viel über den Text und wie du den so findest, wie der auf dich gewirkt hat, ähm geredet. Und mit som Text soll man ja was lern- und du hast gesa-cht: der war gut verständlich. (B: Ja.)

(fragend) Könntest du einmal erzähl-n... wenn wir uns jetz- ma- die Bereiche angucken,... das sind jetz- so eins, zwei, drei und vier. Die vier Bereiche... (B: Ja.) was steht (.) ganz grob nur... nich- jetz-... nich- a- Wort wörtlich alles erzähl-n, sondern einfach nur: was steht in den einzelnen Bereichen (.) drinn-e, was ist der Inhalt? #00:06:02.6#

B: In dem ersten Bereich steht ja auch erstma- ähm, (..) was ähm... (.) son bisschen... (.) was Wärmeüb-a-tragung überhaupt is-... (I:(zustimmend) Mhm. (+)) und was es alles... es gibt ja drei Art-n, steht da ja drin, und es werden ja drei Art-n gleichzeitig (..) genutzt sag ich ma-...

I: (zustimmend) Mhm. (+) (?)

B: Und, joa,... Wärmeleitung zum Beispiel is- auch äh,... (..) ja da (..) is-... da weiß man auch gleich: (..) ok, Wärmeleitung,... wenn ich ein Gegenstand... n kalt-n Geg-nstand geg-n n heißen Geg-nstand halte, (..) denn geht die heiße Wärme in den kalten Ge-g-nstand. (..) Und, (.) ja. N Teil der kalten Wärme denn in den Warm,... (I: (zustimmend) Mhm. (+))

od-a Wärmeströmung auch ähm, (.) ja, ds- kann auch über Materie... (.) (I: (zustimmend) Mhm. (+)) äh, (..) verbund-n sein... (I: (zustimmend) Mhm. Genau (+)) od-a Raumluft od-a (...) wenn n Tee-..., Teetasse langsam abkühlt, ähm,... (.) ja. #00:07:16.9#

I: (zustimmend) Mhm. (+) Genau, nä, also, (.) kommt überall was zu vor... (B: Ja) Zu- fast am Ende. (fragend) Würdest du an dem Text irgendwas ändern wolln-? Wenn du den jetz- so anguckst...?(+) #00:07:27.4#

B: (..) Äh, nö, ich würd- daran jetz- nichts ändern außer vielleicht son bisschen so kleine Klammern schreiben. Zum Beispiel bei Materie, da würd- ich dann hinschreib-n-, äh: Materie is- das und das. Dann wüsste ich (I: (zustimmend) Mhm. (+)) zumindestens was is Materie. #00:07:41.9#

I: (zustimmend) Mhm. (+) Ok, das Materie (..) erklär-n, (fragend) und (.) gibt-s sonst noch irgendwas Wichtiges was dir fehlt, was wir auf jed-n Fall nich- genug gesprochen hab-n über den Text? (+) #00:07:51.8#

B: Nö, mir hat jetz- nichts großarti-ch gefehlt, also (.) bis bis auf diese Materie fand ich eigentlich ja alles gut,... (I: (zustimmend) Mhm. (+)) alles verständlich. (.) Joa. #00:08:07.2#

I: Super, dann viel-n Dank...

Wärmeübertrag_4

Interviewer: Dann beginnen wir und wir beginnen mit (.) äh ganz allgemeinen Fragen zum ganzen Text. Du darfst dich auch immer dabei auf den Text beziehen und Stellen nennen, (.) auf die du dich dann beziehst. #00:00:13-5#

Befragter: Ja. #00:00:13-5#

Interviewer: Wenn du dem Text eine Note für Verständlichkeit geben würdest, (fragend) was für eine Note wäre das? (+) #00:00:19-6#

Befragter: Also, ich glaub- das wär- so -ne zwei. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Zwei, zwei minus, also ja doch eher schon zwei. #00:00:28-6#

Interviewer: (zustimmend) Mhm (+) und (fragend) warum? Kannst du das begründen? (+) #00:00:29-8#

Befragter: Also (..) tja da in dem Text stehen zwar sehr viele Information-, aber du kannst... also es sind nich- zu viele.

Also natürlich sind-s sehr sehr sehr viele für so-n Text, weil da ja (..) sehr viele ähm ja... Wärmeleitung, Wärmeströmung und alles. Wärmeübertragung.

(.) Aber... (..) also da gibt-s eigentlich fast gar keine Begriffe, die jetz- man nich- kennt. Außer, ich glaube das war, Materii, das hab- ich noch nich- gehört (Interviewer: (zustimmend) Mhm Materie.

(+) Aber... Materie... (.) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) und aber sonst kannt- ich, glaub- ich, fast jeden Begriff. #00:01:00-4#

Interviewer: Also schonmal über... #00:01:05-5#

Befragter: (zustimmend) Ja. (+) #00:01:05-5#

Interviewer: Begriffe oder Fachbegriffe, die (.) wenich vorkommen. (fragend) Is- dir noch irgendwas aufgefallen am Text, (..) was den Text verständlich macht für dich? (+) #00:01:08-5#

Befragter: (...) Also, ja es wir-... es wurden halt keine Fachbegriffe richtig benutzt. Und deshalb, glaub- ich, war der ziemlich (.) einfach. Weil irgendwie langsam abkühlen, vielleicht gibt-s da ja noch irgendwie Begriffe oder so. #00:01:26-5#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Bestimmt gibt-s auch noch Worte für irgendwelche Wörter, die da drinne vorkommen. Ähm (..) (fragend) wenn du den Text vergleichst mit anderen Texten, die du sonst in der Schule liest, vielleicht in Naturwissenschaften... (+) #00:01:36-9#

Befragter: (zustimmend) Ja. (+) #00:01:36-9#

Interviewer: Ähm (fragend) wie is- der dann, was is- da... (.) im Vergleich dazu zu sagen? (+) #00:01:41-2#

Befragter: Also da is- er, glaub- ich, -n bisschen einfacher, weil (..) hier steh- äh... steh-n halt keine Fachbegriffe drin und die muss man ja eigentlich immer lern-.

Und wenn (.) ma-... wenn man ein- Text liest, dann find- ich das immer blöd, wenn die Lehrer sagen: So ja (.) die ihr nicht kennt, könnt- ihr ma- versuchen das... und dann is- es immer noch so-n bisschen schwierig. Manchmal kann man sich das zwar denken, aber es is- schon manchmal ziemlich schwierig, wenn man dann nich- -n Begriff weiß und dann mach- der Satz auch kein- Sinn und so. #00:02:10-6#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Und (.) andersrum gefragt, du hast jetzt- ja -ne zwei gegeben, was ja wirklich gut is-. (fragend) Gibt-s denn irgendwelche Bereiche oder etwas, was du sagen kannst, was -n bisschen unverständlich oder nich- so gut war. Materie has- du auch schon gesucht, als ein Wort. (+) #00:02:21-6#

Befragter: Ja genau, aber das... puh. #00:02:21-6#

Interviewer: (fragend) Aber irgendwelche ander-n Dinge? (+) #00:02:27-1#

Befragter: Also eigentlich... sonst war eigentlich, (..) glaub- ich, (.) alles ziemlich verständlich. (fragend) Oder? (+) Puh. (..) Ja, ich glaub- schon. #00:02:33-7#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) (fragend) Irgendwas kompliziert? (+) #00:02:36-5#

Befragter: (...) Nö. #00:02:37-1#

A. Erhebungs- und Auswertungsmaterial der Vorstudien

Interviewer: (fragend) Oder gab-s irgendwelche Stellen, die du vielleicht zwei mal gelesen hast? (+) Weil du dann dachtest: N-ja, das les- ich lieber nochmal. #00:02:41-7#

Befragter: Ja, hier oben war das irgendwie. (...) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Warte (...) hier: (liest) Allgemein gilt, je ausgelehnter der Unterschied zwischen zwei Körpern ist, desto mehr und desto schneller überträgt sich die Wärme vom wärmeren zum kälteren Körper. (+) Und da hab- immer also... überträgt sich vom wärmeren... vom wärmeren zum kälteren... (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Da hab- ich aber... (.) Ja. #00:03:08-5#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Der is- auch relativ lang, deswegen... Wenn du den gerade vorliest, fällt mir das auch auf. #00:03:09-8#

Befragter: Ja. #00:03:08-1#

Interviewer: Ähm, (fragend) gab-s irgendwelche Stellen, wo du gesacht hast: Das war interessant oder informativ, weil das... (.) oder neu oder (.) besonders interessant war? (+) #00:03:19-4#

Befragter: Ja, das war ja schon interessant und das war halt sehr einfach er-(.)-klärt. Also (.) gute Erklärung, sach ich ma-. Hier jetzt- zum Beispiel:

(liest) Wenn man die Lippen (.) sehr nah an eine heiße Teetasse hält. Dann spürt man die dritte Art der Wärmeübertragung, die Wärmestrahlung. (+) Und dann kann man sich das auch denken, das macht man ja auch selber manchmal-. Wenn man irgendwie (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Tee trinkt und dann is- das ja richtig heiß. Und ja, deshalb... das fand- ich halt sehr gut erklärt. #00:03:43-5#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) (fragend) Gab-s noch irgendwo anders (.) mmh, was du auch so kanntest? (+) #00:03:48-8#

Befragter: Ja. #00:03:48-8#

Interviewer: Weil das war ja jetzt- so-n Beispiel, wo du gesacht hast: Okay... #00:03:50-1#

Befragter: Ja, dann hab- ich hier mit dem Löffel, das kannt- ich natürlich auch.

(..) Und (..) äh (...) ja, (fragend) Wärmeströmung, was war das für-n Beispiel? (+) (...) Ja da war ja kein- an-... da war kein an-... Beispiel, aber (.) mit den beiden Beispielen konnte man sich das sehr gut denken. #00:04:10-8#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Genau, also has- du schonma- -n bisschen... das sind- Phänomene, sozusagen. Also das sagt man in Physik oft, das sind Phänomene, die man dann versucht mit der Physik zu beschreiben. Und das war-n Phänomene, die du... (.) ja vorstellen k-... oder selber schonma- erfahren hast, sozusagen. #00:04:24-2#

Befragter: (zustimmend) Mhm. (+) #00:04:24-2#

A. Erhebungs- und Bewertungsmaterial der Vorstudien

Interviewer: Ja, das ja schonma- (.) gut. (fragend) War der Text irgendwo langweilig? (+) Weil du geschacht- hast, das kenn- ich schon oder das Phänomen oder das Beispiel war total uninteressant. #00:04:31-9#

Befragter: Also nich- langweilig. Es is- halt, sach- ich ma-, -n Text in der Schule, also... (..) #00:04:38-9#

Interviewer: (belustigt) Relativ gesehen, für -n Text in der Schule. (+) #00:04:38-9#

Befragter: Genau, also es war jetzt- besser als, wenn man da irgendwie, find- ich, als wenn da nur Fachbegriffe stehen.

Und wenn da irgendwie in drei (.) gefühlt Zeil-n und dann direkt fertig. Und dann weiß man eigentlich gar nich- was da steht, sondern, wenn man das einma- kurz gelesen hat.

Und das war jetzt- auch nich- irgendwie eine Seite über (.) Wärmeleitung, sondern auch immer so in Abschnitten, wo-s nich- zu viel und nich- zu wenig. #00:05:01-6#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, okay. (+) Dann hast du ja so zu bestimmten Stellen schon geschacht, wie du den findest. Was für Wirkungen oder Gedanken du dazu hattest. Ähm, (fragend) wie findest du denn die Zwischenüberschriften? (+) Hast du ja eben auch schon geschacht, dass das so unterteilt. Aber dies- Zwischenüberschriften, die sin-... (fragend) passen die? Helfen die? (+) #00:05:17-8#

Befragter: Ja, also ich denke schon, weil sonst würde das nich- stehen, dann würd- ich mich jetzt- fragen, wo ich überhaupt bin. Also so-n Paragraphen, sag- ich ma-, (.) is- (.) gut, weil dann weiß man imma, was zu... also ich wüsst... ich hätte jetzt- irgendwie nicht- gewusst, (..) wann da irgendwie der Unterschied wär. (.) Also wann... wann da (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) -n neues Thema anfängt. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Deshalb glaub- ich, dass is- ziemlich gut. #00:05:39-1#

Interviewer: (fragend) Und sind die auch... (..) na treffen die (.) Zwischenüberschriften... #00:05:45-4#

Befragter: Na so heißen die ja. #00:05:45-4#

Interviewer: Okay. #00:05:45-4#

Befragter: Also, (fragend) oder? (+) #00:05:47-1#

Interviewer: Ja. #00:05:48-1#

Befragter: Genau, deshalb treffen die ja. #00:05:49-8#

Interviewer: Also ich will das nur wissen, ob man das versteht... ob man versteht, dass die Überschrift, die da is-. Das zusammenfasst oder so, also dass das passt. #00:05:54-7#

Befragter: Ja, das versteht man. #00:05:55-8#

A. Erhebungs- und Auswertungsmaterial der Vorstudien

Interviewer: Okay, gut ähm Dann haben wir schon viel über die Wirkung geredet. Das reicht dann auch schon fast über die Wirkung. Aber, wenn du dann nochmal überlegst: (fragend) Was konnte man mit dem Text denn eigentlich lernen? (+) Und das kannst du gerne unterteilen in den oberen, (..) ja zweiten, dritten und vierten Teil, was man da jeweils irgendwie lernen konnte. Was war so der Inhalt? #00:06:15-4#

Befragter: (..) Also bei Wärmeübertragung, da hat man gelernt, das wenn man eine Tasse Tee... (.) also dann is- es halt hundert Grad heiß und (.)... also mit -n Teebeutel. Und (.) nach einiger Zeit, zeigt das halt, das is- deutlich gesunken. Und dann...(.) das heißt halt einfach, (.) wegen der Luft. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) (fragend) Oder ne, oder ne, das war nich- wegen der Luft. (+) #00:06:42-2#

Interviewer: Kannst gern nochmal- lesen. #00:06:42-2#

Befragter: Doch, (.) warte. (...) Achso ähm, er gibt also Wärme ab. (.) Und... (...) und äh ein Körper mit einer hohen Temperatur überträgt halt (.) dabei Wärme an ein- Körper mit geringer Temp-etur äh Temperatur. #00:07:14-2#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) Genau, erster Teil. (fragend) Was stellt sonst noch so drin...? (+) #00:07:19-7#

Befragter: Ja. #00:07:21-3#

Interviewer: Ne, ich mein- das war ja der erste Teil so grob. #00:07:22-2#

Befragter: Ja, genau. #00:07:24-3#

Interviewer: Näch, (fragend) was steht noch drinne in den nächsten Teilen dann? (+) #00:07:24-3#

Befragter: Also Wärmeleitung, da steht halt drin, das, wenn man einen Löffel in eine heiße Tasse Tee stellt, das der Löffel schnell die Temperatur des Tees annimmt. Aber nur an dem Löffel, der... also an dem Teil der nich- in der... (.) in dem Wasser steht, weil... (.) ähm (...) weil... (...) ah ne! Der erwärmt sich auch unter... unten. Nur, weil die Wärme wird übertragen (..) auf den oberen. Ja. #00:08:18-7#

Interviewer: (zustimmend) Mhm, genau, super. (+) #00:08:22-9#

Befragter: (..) Und bei Wärmestromung: (...) Also (...) da steht halt drin, dass äh... (...) also äh die Teetasse, wenn die langsam abkühlt, das heißt also das die Wärme... (.) also die (..) (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) die zählt halt immer ab, weil die Wärme halt irgendwie mitgenommen wird. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Also das kann ich jetz- nich- richtig erklären. #00:09:05-7#

Interviewer: Ja, (fragend) und von wem wird sie mitgenommen? (+) #00:09:05-8#

Befragter: (fragend) Von der Luft? (+) #00:09:06-3#

Interviewer: Genau, ja. #00:09:09-7#

Befragter: Also ich weiß jetzt- nicht- warum... war-m die mitgenommen wird, aber... #00:09:09-8#

Interviewer: Die wird übertragen, von der Tasse auf die Luft und dann wird die Luft warm.
#00:09:15-2#

Befragter: Achso, ja. (..) Ja wie beim Heizkörper halt. #00:09:24-7#

Interviewer: Genau. #00:09:24-7#

Befragter: Das is- wenn.... Also da wird-s eigentlich nur in der Ecke warm, aber dann... wo die Heizung steht... aber dann wird-s übertragen. Achse, das is- auch -n gutes Beispiel. #00:09:34-5#

Interviewer: Gut. #00:09:34-5#

Befragter: Nur ich find- das -n bisschen schade, dass das -n bisschen weit unten steht. #00:09:36-8#

Interviewer: (fragend) Ja. (+) #00:09:36-8#

Befragter: Vielleicht, wie hier bei den Lippen, dann glaub- ich, wär-s noch -n bisschen...(.)
#00:09:39-0# #00:09:39-0#

Interviewer: Okay, wenn das weiter oben stehen würde mit dem Heizkörper. #00:09:40-7#

Befragter: Ja. #00:09:40-7#

Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+) #00:09:41-9#

Befragter: Und Wärmestrahlung is-... das is- einfach... (.) das is- fast wie Wärmeströmung, sondern einfach nur, dass es sehr warm is- neben der Heizung oder neben der Tasse, (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) weil dort halt Wärmestrahlung stattfindet. #00:09:54-0#

Interviewer: Genau, nä. Dann sind wir auch schon bei dem Teil, was du gerade schon angefangen has-: (fragend) Ähm, würdest du irgendwas ändern an dem Text, wenn du das ändern könntest? (+) Hast du ja schon gesacht, mit dem Heizkörper vielleicht... #00:10:07-2#

Befragter: Ja, dass man immer so Beispiele nach oben tut. (Interviewer: (zustimmend) Mhm. (+)) Dass man sich das schnell merken kann. (.) Kann man-s irgendwie besser erklären. #00:10:13-5#

Interviewer: Okay, also unten da wär- das ja mit den Lippen auf jeden Fall. #00:10:16-5#

Befragter: Ja. #00:10:16-5#

Interviewer: Der Heizkörper muss vielleicht irgendwie weiter nach oben. #00:10:20-0#

Befragter: Hier auch mit dem Löffel. #00:10:20-3#

Interviewer: Ja #00:10:22-3#

Befragter: Heizkörper nach oben. Und da gibt-s ja eigentlich kein Beispiel, weil... (.) #00:10:23-9#

A. Erhebungs- und Auswertungsmaterial der Vorstudien

Interviewer: Genau, am Anfang gibt-s kein. Gut, das hab ich noch. (fragend) Willst du noch irgendwas sagen, was du bis jetz- noch nich- gesagt hast? (+) #00:10:28-3#

Befragter: (...) Puh (..) Nä. #00:10:35-7#

Interviewer: Gut, alles gesacht, dann dank- ich dir dafür.

A.1.3. Concept-Maps – Vernetzungsgrad

Das Diagramm stellt die Zusammenhänge zwischen Aggregatzuständen, Temperatur, Stoffeigenschaften und Teilchenbewegungen dar. Es ist in drei Hauptbereiche unterteilt: **Aggregatzustände und Phasenübergänge**, **Teilchenbewegungen und Aggregation** sowie **Stoffeigenschaften und Temperatur**.

Aggregatzustände und Phasenübergänge: Dieser Bereich zeigt die Zustände von Wasser (fest, flüssig, gasförmig) und die Übergänge zwischen ihnen (Schmelzen, Gefrieren, Verdampfen, Kondensieren, Sublimieren, Resublimieren). Er ist mit Temperaturangaben (0°C, 100°C) und Aggregatzuständen (fest, flüssig, gasförmig) beschriftet. Ein zentraler Punkt ist die Aggregation, die den Abstand zwischen Teilchen beschreibt.

Teilchenbewegungen und Aggregation: Hier wird die Bewegung von Teilchen (Wassertröpfchen, Trillarde, Wassertröpfchen) und die Aggregation (Anziehung, Zähl) dargestellt. Es zeigt, wie Teilchen durch Anziehung zu größeren Strukturen (Wassertröpfchen, Wassertröpfchen) aggregieren können. Ein zentraler Punkt ist die Aggregation, die den Abstand zwischen Teilchen beschreibt.

Stoffeigenschaften und Temperatur: Dieser Bereich beschreibt die Eigenschaften von Stoffen (festes Eis, flüssiges Wasser, Dampf) und die Temperatur (Temperatur, Ordnung, Modell). Er zeigt, wie die Temperatur die Eigenschaften von Stoffen beeinflusst. Ein zentraler Punkt ist die Aggregation, die den Abstand zwischen Teilchen beschreibt.

Das Diagramm ist durch Pfeile und Linien vernetzt, die die Beziehungen zwischen den verschiedenen Konzepten verdeutlichen. Es ist eine komplexe Darstellung der Zusammenhänge zwischen Aggregatzuständen, Teilchenbewegungen und Stoffeigenschaften.

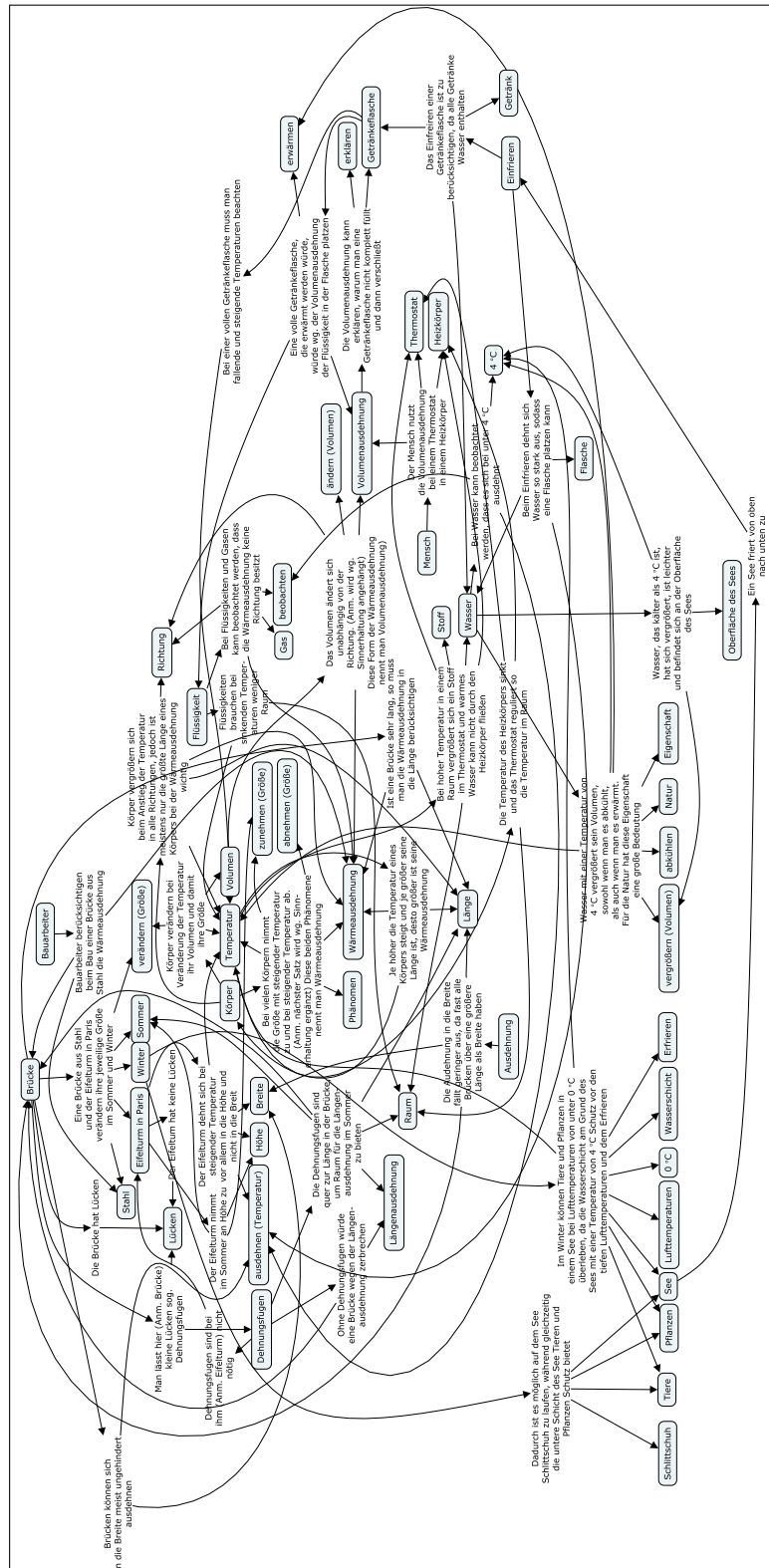
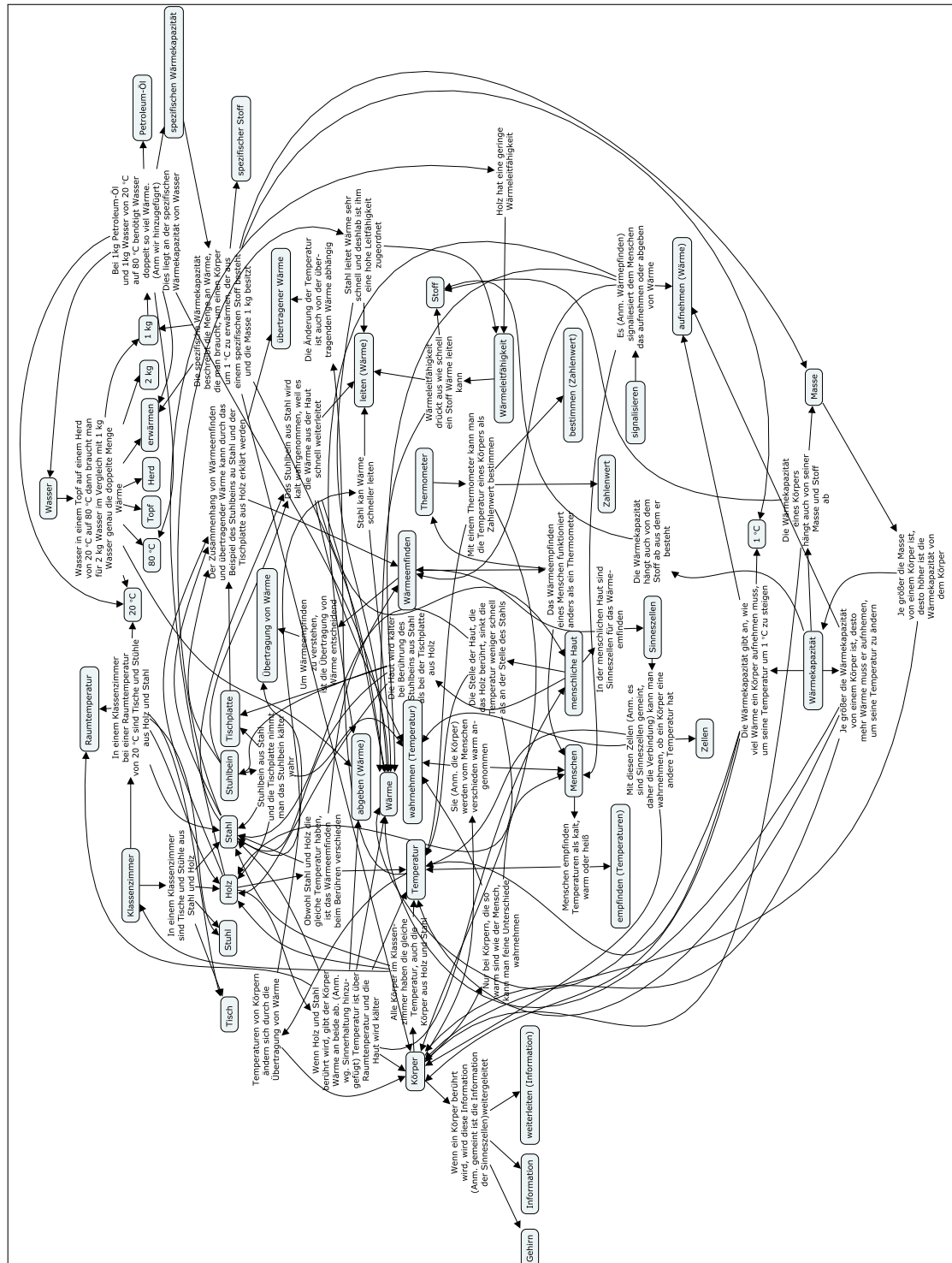


Abbildung A.7.: Concept-Map: Text *Wärmeempfinden*.


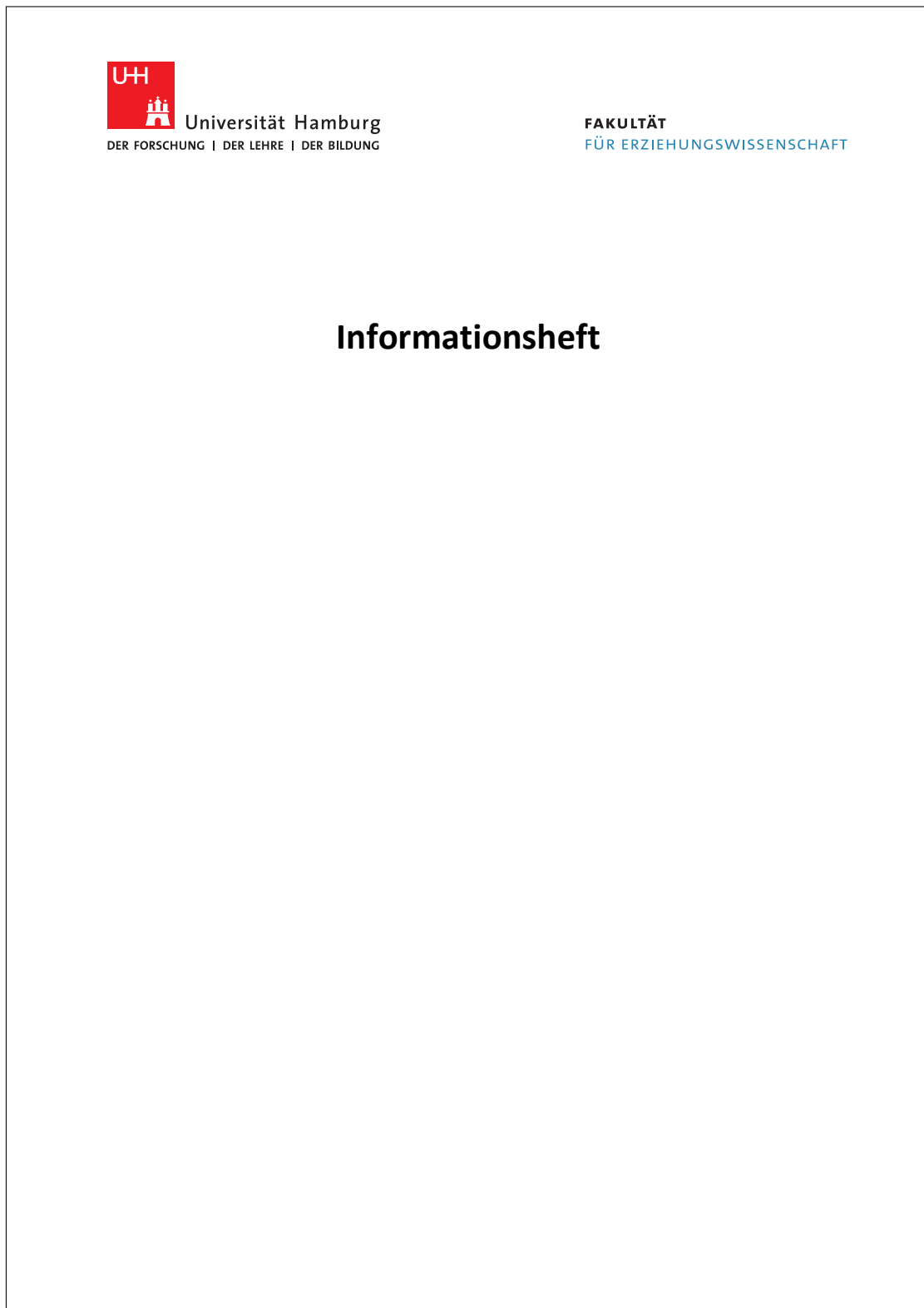
A.2. Entwicklung des Tests zum Messen des fachlichen Textverständnisses

Im Folgenden findet sich der Leitfaden zur Erhebung des stimulated-recall Interviews des Prä-Pilot der Items, das Informations- und Antwortheft des Prä-Pilots der Items sowie des Pilots, die Beschreibung der Überarbeitung der Items aufgrund der Ergebnisse des Prä-Pilots der Items, die Tabellen der Itemauswahl des Pilots und die tabellarische Übersicht der Überarbeitung der Items auf Grundlage der taten des Pilots.

Abbildung A.8.: Leitfaden: Stimulated-recall Interview.

 Universität Hamburg DER FORSCHUNG DER LEHRE DER BILDUNG	FAKULTÄT FÜR ERZIEHUNGSWISSENSCHAFT
Prä-Pilot Items (Stimulated Recall)	
Vorbereitung und allgemeine Hinweise	
• angenehme Raumatmosphäre schaffen. • Schüler_in grob über Ziel und Zweck informieren. • Wärmelehretext und Aufgabenblatt an Schüler_in verteilen. • Aufnahmegerät positionieren, einschalten und Batterie überprüfen.	
—	Aufgabe 1: Bitte lies den Text, wie du ihn auch im Unterricht lesen würdest. Du darfst Dir zum Beispiel etwas unterstreichen oder markieren.
—	Aufgabe 2: Bitte lies jeweils eine Aufgabe samt Antwortoptionen auf dem Aufgabenblatt und kreuze die für dich richtige Antwortoption an. Ich werde dir danach ein paar Fragen stellen und dich anschließend bitten, die nächste Aufgabe zu bearbeiten.
Fragen für den stimulated recall	
—	1) Kannst Du mir erklären, warum du gerade diese Lösung gewählt hast? 2) Was hast du zum Lösen der Aufgabe gebraucht? Beziehe dich dabei gerne auf den Text. 3) Wenn Lösung nicht der Musterlösung entspricht: a. <i>Mit Musterlösung konfrontieren.</i> Die meisten kreuzen bei dieser Aufgabe diese Lösung an. Kannst Du mir erklären warum jemand das für die richtige Lösung hält? b. Kannst Du Dich dieser Lösung anschließen, oder findest Du Deine Lösung besser? (Erläutern lassen!)

Abbildung A.9.: Erhebungsmaterial Pilot: Informationsheft





Universität Hamburg
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

FAKULTÄT
FÜR ERZIEHUNGSWISSENSCHAFT

Arbeitsauftrag:

Bitte lesen Sie den Text einmal vollständig durch und beantworten Sie dann die Fragen auf S. 4 bis S. 8 im Answerheft.

Sie dürfen zum Beantworten der Fragen im Text nachlesen.

Teilchenmodell und Aggregatzustände

Man kann mit festem Eis Getränke kühlen, Schnee im Winter beobachten, flüssiges Wasser konsumieren und Dampf beim Kochen aufsteigen sehen. Wasser und andere Stoffe können fest, flüssig oder gasförmig sein. Die Eigenschaften von Wasser sind dabei verschieden, obwohl es immer der gleiche Stoff ist. Wie kann man das erklären?

Das Teilchenmodell dient den Naturwissenschaften seit über 200 Jahre zur Erklärung vom Aufbau von Stoffen und deren Eigenschaften. Nach diesem Modell stellt man sich vor, dass alle Stoffe aus sehr kleinen Teilchen bestehen. Diese sind so klein, dass selbst in einem kleinen Wassertropfen mehr als eine Trilliarde Teilchen enthalten sind. Diese Zahl besteht aus 22 Stellen. Wenn ein Teilchen die Ausmaße von einem Menschen hätte, dann wäre der Wassertropfen größer als die Erde. Dem Modell nach besteht ein Stoff aus identischen Teilchen, die je nach Temperatur eine verschiedene Ordnung haben und dadurch dem Stoff verschiedene Eigenschaften geben. Man hat der Ordnung der Teilchen von Stoffen den Namen Aggregatzustand gegeben und in fest, flüssig und gasförmig aufgeteilt. Es gilt allgemein, dass sich die Teilchen eines Stoffes bei höherer Temperatur stärker bewegen. Beim Übersteigen einer bestimmten Temperatur ändert sich dann der Aggregatzustand. Die verschiedenen Eigenschaften von festem Eis, flüssigem Wasser und gasförmigem Wasserdampf kann man also mit dem Teilchenmodell erklären. Im Folgenden werden die drei Aggregatzustände und die sechs Übergänge zwischen ihnen beschrieben.

Eis – Fester Aggregatzustand

Bei Temperaturen unter 0 °C wird flüssiges Wasser zu festem Eis. Man nennt den Übergang vom flüssigen zum festen Aggregatzustand Erstarren. Die Teilchen haben im festen Aggregatzustand einen geringen Abstand zueinander, befinden sich in strenger Ordnung, bewegen sich kaum und zwischen ihnen herrscht eine starke Anziehung. Der feste Aggregatzustand von Stoffen tritt allgemein bei niedrigen Temperaturen auf. Schnee ist ebenso diesem Aggregatzustand zugeordnet, da er aus kleinen festen Eiskristallen besteht. Schneeflocken entstehen in der Atmosphäre aus gasförmigem Wasserdampf. Wasserdampfteilchen sammeln sich an kleinen Teilchen, z.B. Staubteilchen, in der Luft an und erstarren zu einem festen sternförmigen Eiskristall. Dieser Übergang vom gasförmigen zum festen Aggregatzustand heißt Resublimieren.

Wasser – Flüssiger Aggregatzustand

Oberhalb von 0 °C ändert Wasser den Aggregatzustand vom festen Eis zum flüssigen Wasser. Diesen Übergang nennt man Schmelzen. Beim Schmelzen wird die Anziehung zwischen den Teilchen geringer und sie können sich gegeneinander verschieben. Flüssiges Wasser kann sich aber auch aus gasförmigem Wasserdampf bilden: An kalten Getränkeflaschen sammeln sich von außen flüssige Wassertropfen an. Dieses Wasser stammt aus dem gasförmigen Wasserdampf aus der Luft. Diesen Übergang vom gasförmigen zum flüssigen Aggregatzustand bezeichnet man als Kondensieren.

Wasserdampf – Gasförmiger Aggregatzustand

Im gasförmigen Aggregatzustand folgen die Teilchen keiner Ordnung, befinden sich in großem Abstand zueinander und besitzen nur geringen Zusammenhalt. Ab einer Temperatur von 100 °C gibt es bei normalem Luftdruck kein flüssiges Wasser mehr, denn das gesamte flüssige Wasser ist in den gasförmigen Aggregatzustand übergegangen. Dieser Übergang heißt Verdampfen. Aber gasförmiger Wasserdampf ist unsichtbar. Wenn man das Verdampfen von flüssigem Wasser beobachtet, dann glaubt man gasförmigen Wasserdampf zu erkennen. Tatsächlich nimmt man aber sehr feine flüssige Wassertropfen wahr, die mit dem unsichtbaren gasförmigen Wasserdampf aufsteigen.

Bei anhaltender Kälte im Winter kann man beobachten, dass Schnee langsam verschwindet ohne zu schmelzen. Der Schnee ändert dann seinen Aggregatzustand direkt vom festem zum gasförmigen. Man nennt diesen Übergang Sublimieren.



Universität Hamburg
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

FAKULTÄT
FÜR ERZIEHUNGSWISSENSCHAFT

Arbeitsauftrag:

Bitte lesen Sie den Text einmal vollständig durch und beantworten Sie dann die Fragen auf S. 9 bis S. 13 im Antwortheft.

Sie dürfen zum Beantworten der Fragen im Text nachlesen.

Thermisches Verhalten

Eine Brücke aus Stahl und der Eiffelturm aus Stahl in Paris verändern ihre Länge zwischen Winter und Sommer. Die Brücke besitzt zum Ausgleich an bestimmten Stellen Lücken. Der Eiffelturm dagegen hat keine Lücken. Warum ist das so?

Körper verändern beim Variieren der Temperatur ihr Volumen und damit ihre Größe. Bei vielen Körpern nimmt die Größe bei steigender Temperatur zu und nimmt bei fallender Temperatur ab. Dieses Phänomen wird allgemein der Wärmeausdehnung zugeordnet. Je stärker die Temperatur eines Körpers steigt und je größer seine Länge ist, desto größer ist seine Wärmeausdehnung. Der Eiffelturm ist sehr hoch und vergrößert so beim Ansteigen der Temperatur besonders seine Höhe und nur wenig seine Breite.

Längenausdehnung

Die Wärmeausdehnung wird zum Beispiel beim Bauen einer Brücke aus Stahl berücksichtigt. Brücken können sehr lang sein, sodass man ihre Wärmeausdehnung in die Länge unbedingt beachten muss. Uns begegnen hier kleine Lücken, sogenannte Dehnungsfugen. Diese Dehnungsfugen werden quer zur Länge in Brücken eingebaut, um Raum für die Längenausdehnung im Sommer zu bieten. Ohne diese Dehnungsfugen würden diese Brücken aufgrund der Längenausdehnung brechen. Die Brücken vergrößern sich natürlich auch in die Breite. Allerdings ist die Ausdehnung hier deutlich geringer, da fast alle Brücken eine größere Länge als Breite besitzen. Außerdem können sich Brücken in die Breite meistens ganz ungehindert ausdehnen. Der Eiffelturm nimmt im Sommer am stärksten in der Höhe an Größe zu. Dehnungsfugen sind bei ihm nicht nötig, weil er sich nach oben ohne Begrenzung vergrößern kann. Viele Körper vergrößern sich beim Anstieg der Temperatur in alle Richtungen, jedoch ist meistens nur die größte Länge eines Körpers bei der Wärmeausdehnung relevant.

Volumenausdehnung

Bei Flüssigkeiten und Gasen kann man beobachten, dass die Wärmeausdehnung nicht auf eine Richtung beschränkt ist, da sich ihr Volumen unabhängig von der Richtung vergrößert. Diese Form der Wärmeausdehnung nennt man Volumenausdehnung. Die Volumenausdehnung ermöglicht einem zu erklären, warum man eine Getränkeflasche nie randvoll füllen und dann verschließen darf. Wäre eine Getränkeflasche bis oben hin gefüllt sowie verschlossen und man würde sie erwärmen, dann würde sie aufgrund der Volumenausdehnung der Flüssigkeit platzen. Dem Menschen nützt die Volumenausdehnung von Stoffen. Als Beispiel dient das Thermostat an einem Heizkörper. Bei ausreichend hoher Temperatur in einem Raum vergrößert sich ein Stoff im Thermostat so stark, dass der Durchfluss an warmem Wasser im Heizkörper gestoppt wird. Dadurch sinkt die Temperatur des Heizkörpers und die Temperatur im Raum wird reguliert.

Ausnahme Wasser

Bei einer Getränkeflasche muss man aber nicht nur die Zunahme der Temperatur, sondern auch die Abnahme der Temperatur beachten. Generell gilt, dass Flüssigkeiten bei sinkender Temperatur weniger Raum benötigen. Bei Wasser beobachtet man jedoch anderes Verhalten, weil sich Wasser unterhalb von 4 °C wieder vergrößert. Somit ist auch das Einfrieren einer Getränkeflasche zu beachten, da alle Getränke Wasser enthalten. Beim Einfrieren dehnt sich Wasser so stark aus, dass eine Flasche platzt. Wasser mit einer Temperatur von 4 °C vergrößert sein Volumen also, sowohl wenn man es abkühlt, als auch wenn man es erwärmt.

Für die Natur hat diese Eigenschaft von Wasser große Bedeutung. Im Winter können Tiere und Pflanzen in einem See bei Lufttemperaturen von weit unter 0 °C überleben. Denn die Wasserschicht am Grund des Sees bietet mit einer Temperatur von 4 °C Schutz vor den tiefen Lufttemperaturen und dem Erfrieren. Wasser, das kälter als 4 °C ist, hat sich vergrößert, ist leichter und befindet sich an der Oberfläche des Sees. Ein See friert somit immer von oben nach unten durch. Dadurch ist es im Winter möglich auf dem See Schlittschuh zu fahren, während gleichzeitig die untere Schicht des Sees mit 4 °C kaltem Wasser Tieren und Pflanzen Schutz bietet.



Universität Hamburg
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

FAKULTÄT
FÜR ERZIEHUNGSWISSENSCHAFT

Arbeitsauftrag:

Bitte lesen Sie den Text einmal vollständig durch und beantworten Sie dann die Fragen auf S. 14 bis S. 18 im Antwortheft.

Sie dürfen zum Beantworten der Fragen im Text nachlesen.

Wärmeempfinden

In einem Klassenzimmer trifft man oft auf Tische und Stühle aus Holz und Stahl. Ein Stuhlbein aus Stahl wird von einem Menschen deutlich kälter wahrgenommen als eine Tischplatte aus Holz. Tatsächlich befinden sich alle diese Körper im Klassenzimmer auf der gleichen Temperatur, also auch das Holz und der Stahl. Sie werden aber vom menschlichen Körper als verschieden warm wahrgenommen. Wie kann man das erklären?

Menschen empfinden Temperaturen als kalt, warm oder heiß. Bei Körpern, die ungefähr so warm sind wie der menschliche Körper, können sehr feine Unterschiede wahrgenommen werden.

Die menschliche Haut und das Thermometer

Die menschliche Haut beinhaltet Sinneszellen für das Wärmeempfinden. Die Sinneszellen können fühlen, ob ein Körper wärmer oder kälter als die eigene Körpertemperatur ist. Wenn man einen Körper berührt, wird diese Information ans Gehirn geleitet. Ein Thermometer dagegen kann einem die Temperatur eines Körpers als genauen Zahlenwert angeben.

Wenn sich die Temperatur eines Körpers verändert, geschieht dies durch die Übertragung von Wärme, die für das Wärmeempfinden des Menschen entscheidend ist. Um einen den Zusammenhang von Wärmeempfinden und übertragener Wärme zu erklären, hilft das Beispiel mit der Tischplatte aus Holz und den Stuhlbeinen aus Stahl.

Wärmeleitfähigkeit

In einem Klassenzimmer befinden sich Tische und Stühle aus Holz und Stahl bei Raumtemperatur von ca. 20 °C. Obwohl sich Holz und Stahl auf der gleichen Temperatur befinden, ist das Wärmeempfinden beim Berühren verschieden. Wenn man Holz und Stahl mit dem menschlichen Körper berührt, wird Wärme an beide abgegeben. Das passiert, weil unsere Körpertemperatur oberhalb der Raumtemperatur liegt. Die Haut wird gleichzeitig kälter. Die Haut, die ein Stuhlbein aus Stahl berührt, wird kälter, als wenn die Haut die Tischplatte aus Holz berühren würde. Stahl kann Wärme nämlich sehr gut leiten. Das Stuhlbein aus Stahl wird also als kalt wahrgenommen, weil es die Wärme aus der Haut gut weiterleitet. Das Holz dagegen wird als warm wahrgenommen, weil es Wärme nicht gut weiterleitet. An der Stelle der Haut, die das Holz berührt, sinkt die Temperatur weniger im Vergleich zu der Stelle, die den Stahl berührt. Wie gut ein Stoff Wärme leitet, beschreibt man mit dem Begriff Wärmeleitfähigkeit. Stahl leitet Wärme gut, deswegen ist ihm eine hohe Wärmeleitfähigkeit zugeordnet. Holz dagegen besitzt eine geringe Wärmeleitfähigkeit. Das Wärmeempfinden des Menschen funktioniert also nicht wie ein Thermometer. Vielmehr signalisiert es dem menschlichen Körper, wo und wie gut dieser Wärme aufnimmt oder abgibt.

Wärmekapazität

Für die Änderung der Temperatur eines Körpers ist jedoch auch die Menge an übertragener Wärme relevant. Die sogenannte Wärmekapazität des Körpers gibt an, wie viel Wärme dem Körper zugeführt werden muss, damit seine Temperatur um 1 °C steigt. Je höher die Wärmekapazität des Körpers ist, desto mehr Wärme muss dieser zum Ändern der Temperatur aufnehmen. Wie stark sich die Temperatur eines Körpers beim Übertragen einer bestimmten Menge Wärme ändert, hängt von dessen Masse und dem Stoff ab, aus dem der Körper besteht. Dies erläutert folgendes Beispiel: Wenn man Wasser in einem Topf auf einem Herd von 20 °C auf 100 °C erwärmen möchte, dann benötigt man für 2 kg Wasser im Vergleich zu 1 kg Wasser genau die doppelte Menge an Wärme. Es gilt also: Je größer die Masse des Körpers ist, desto höher ist dessen Wärmekapazität. Die Wärmekapazität hängt aber auch von dem Stoff ab, aus dem er besteht. Wenn man zum Beispiel 1 kg Petroleum-Öl und 1 kg Wasser von 20 °C auf 80 °C erwärmen möchte, dann benötigt man für Wasser mehr als doppelt soviel Wärme, weil es eine höhere spezifische Wärmekapazität hat. Die spezifische Wärmekapazität beschreibt die Menge an Wärme, die nötig ist, um einen Körper, der aus diesem spezifischen Stoff besteht und die Masse 1 kg besitzt, um 1 °C zu erwärmen.

Abbildung A.10.: Erhebungsmaterial Pilot: Antwortheft



Universität Hamburg
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

FAKULTÄT
FÜR ERZIEHUNGSWISSENSCHAFT

Antwortheft

Ausfüllhinweise:

- Wähle immer die am besten zu Fragestellung passende Antwortoption aus.
- Es ist immer nur eine Antwortoption richtig.
- Die meisten Fragen sind durch Ankreuzen zu beantworten:
 - Markiere bitte deine Antworten in folgender Weise: ☐ ☐ ☐ ☒
 - Wenn du eine Antwort korrigieren möchtest, füllst Du die falsch markierte Antwort vollständig aus und setzt ein neues x: ☐ ☒ ☐ ☐
- Dieses Antwortheft besteht aus vier Teilen: 1. Vorwissenstest zur Wärmelehre, 2. Fragen zum fachlichem Textverstehen und 3. Fragebogen zum Interesse.
- Im Informationsheft findest du die Texte zum 2. Teil, den Fragen zum Leseverstehen.
 - Bitte lese den Text erst ganz durch und bearbeite danach die zugehörigen Fragen.
 - Beim Beantworten der Fragen, darfst du im Text nochmal nachlesen.
- Du findest in beiden Heften Hinweise in welcher Reihenfolge du Texte und Aufgaben bearbeiten sollst.

Bitte erstelle deinen anonymisierten Fragebogen-Code:
Notiere hierzu...

- den ersten Buchstaben des Vornamens deines Vaters,
- den ersten Buchstaben des Vornamens deiner Mutter
- deine Hausnummer.

(z.B. B/G/101 oder G/S/003)

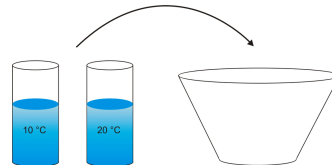
(_ / _ / _ _ _)



Blättere erst um, wenn du dazu aufgefordert wirst.

Vorwissenstest zur Wärmelehre

1. Auf dem Tisch stehen zwei Gläser mit 0,2 l Leitungswasser der Temperaturen 10 °C und 20 °C.

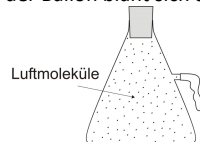


Das Wasser aus beiden Gläsern wird nun schnell zusammen in eine große Schale geschüttet. Wie groß ist etwa die Temperatur der Mischung in der Schale direkt nach dem Umrühren?

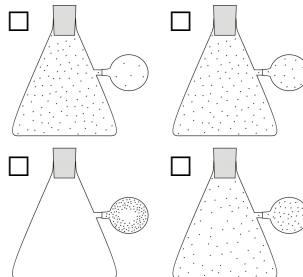
- ☐ 10 °C
☐ 15 °C
☐ 20 °C
☐ 30 °C
2. Maria nimmt Eis aus ihrem Gefrierfach. Das Eis lag schon mehrere Tage im Gefrierfach. Maria misst schnell die Temperatur des Eises und erhält –10 °C.
- a) Welche Temperatur hat die Luft im Gefrierfach?
-
- b) Außerhalb des Gefrierfachs erwärmt sich das Eis auf 0 °C und fängt an zu schmelzen. Was geschieht mit den Teilchen des Eises, wenn sich die Temperatur von –10 °C auf –1 °C ändert?
- ☐ Sie werden größer.
☐ Sie bewegen sich schneller.
☐ Sie schmelzen.
☐ Sie werden wärmer.
3. Sebastian sagt, dass er nicht gerne auf Stühlen aus Metall sitzt, weil sie kälter als Plastikstühle sind. Seine Freunde diskutieren. Welche der Aussagen sind physikalisch richtig bzw. falsch? Umkreise deine Auswahl.

Die Metallstühle sind kälter, weil Metall immer etwas kälter ist als Plastik.	richtig / falsch
Die Metallstühle sind nicht kälter. Die Stühle haben die gleiche Temperatur.	richtig / falsch
Die Metallstühle sind nicht kälter. Sie fühlen sich nur kälter an, weil sie schwerer sind.	richtig / falsch
Die Metallstühle sind kälter, weil Metall weniger Wärme abgeben kann als Plastik.	richtig / falsch
Die Metallstühle fühlen sich kälter an, weil Metall ein besserer Wärmeleiter ist als Plastik.	richtig / falsch

4. Stell dir folgenden Situationen vor und kreuze an, in welchem Fall die ausgetauschte Wärmemenge am größten ist. Ein Plastikbecher mit 0,5 l Wasser...
- ☐ ... wird im Kühlschrank von Raumtemperatur (22 °C) auf 8 °C abgekühlt.
 - ☐ ... der Temperatur 14 °C steht auf dem Schreibtisch und erwärmt sich auf Raumtemperatur (22 °C).
 - ☐ ... der Temperatur 38 °C kühlt an einem heißen Sommertag auf die Raumtemperatur 30 °C ab.
 - ☐ ... steht in der Sonne und wird von Raumtemperatur (22 °C) auf 30 °C erwärmt.
5. Eine Flasche mit Luft wird mit einem Luftballon verbunden. Dann wird die Luft in der Flasche mit einer Kerze erhitzt und der Ballon bläht sich auf.



Kreuze die Abbildung an, die am besten die Verteilung der Luft beschreibt, nachdem der Ballon aufgeblasen ist.



6. Marita kocht Eier in siedendem Wasser. Danach kühlt sie die Eier in kaltem Wasser ab. Welche der folgenden Erklärungen beschreibt den Abkühlprozess am besten?
- ☐ Die Eier geben Temperatur an das kalte Wasser ab.
 - ☐ Die Kälte des Wassers zieht in die Eier.
 - ☐ Heiße Dinge kühlen von Natur aus ab.
 - ☐ Es fließt Wärme von den Eiern ins Wasser.
7. Auf dem Herd steht ein Topf ohne Deckel mit 2 l Wasser. Nach einer kurzen Zeit fängt das Wasser an zu kochen. Fünf Minuten später kocht das Wasser immer noch. Wie hoch ist die Temperatur des Wassers jetzt?
- ☐ 90 °C
 - ☐ 100 °C
 - ☐ 110 °C
 - ☐ 120 °C

8. Ein festgeschraubter Metalldeckel auf einem Gurkenglas lässt sich leichter lösen, wenn er unter heißes Wasser gehalten wird. Ein Grund dafür ist, dass das heiße Wasser...
- ☐ ... das Glas zusammenzieht.
 - ☐ ... den Metalldeckel zusammenzieht.
 - ☐ ... das Glas stärker ausdehnt als den Metalldeckel.
 - ☐ ... den Metalldeckel stärker ausdehnt als das Glas.
9. Stell dir vor, du legst 100 g gefrorenes Eis der Temperatur 0 °C und 100 g flüssiges Wasser der Temperatur 0 °C in ein Gefrierfach. Welches der beiden wird die größere Menge Wärme abgeben?
- ☐ Die 100 g Eis.
 - ☐ Die 100 g Wasser.
 - ☐ Keines von beiden, weil beide die gleiche Wärmemenge enthalten.
 - ☐ Es gibt keine Antwort, weil Eis keine Wärme enthält.
 - ☐ Es gibt keine Antwort, denn es gibt kein flüssiges Wasser von 0 °C.
10. Die Temperatur eines Körpers steigt. Was bedeutet das für die Teilchen, aus denen der Körper besteht?
- ☐ Ihre Masse nimmt zu.
 - ☐ Ihre mittlere Temperatur nimmt zu.
 - ☐ Ihre mittlere Geschwindigkeit nimmt zu.
 - ☐ Ihr Volumen nimmt zu.



Bitte warten
Blättere erst um, wenn du dazu aufgefordert wirst.

Aufgaben zum Text Teilchenmodell und Aggregatzustand

Kreuzen Sie immer die Antwort an, die die Frage am besten beantwortet.

A.1) Wovon handelt der gesamte Text? Der gesamte Text handelt von...

- ☐ ... der Ordnung von Teilchen bei verschiedenen Temperaturen.
- ☐ ... den Übergängen zwischen dem Aggregatzustand fest und flüssig.
- ☐ ... dem Einsatz von Wasser im Haushalt.
- ☐ ... der Erklärung der Eigenschaften von Stoffen mit dem Teilchenmodell.
- ☐ ... der Entwicklung des Teilchenmodells in den letzten 200 Jahre.

A.3) Wie heißen die zwei Übergänge zwischen den folgenden Aggregatzuständen:

a) Von gasförmig zu flüssig: _____

b) Von flüssig zu gasförmig: _____

A.6) Der Aggregatzustand eines Stoffes ändert sich immer, wenn...

- ☐ ... ein Teil der Teilchen entfernt werden.
- ☐ ... neue Teilchen hinzugefügt werden.
- ☐ ... eine bestimmte Temperatur unterschritten oder überschritten wird.
- ☐ ... ein Stoff stark durchmischt wird.
- ☐ ... die Teilchen sich verändern.

A.7) Flüssiges Wasser wird von 20 °C auf 60°C erhitzt. Die Wasserteilchen...

- ☐ ... bewegen sich weniger.
- ☐ ... ändern ihre Ordnung.
- ☐ ... bewegen sich stärker.
- ☐ ... ändern ihre Eigenschaft.
- ☐ ... verdampfen.

A.8) Eisen verdampft bei einer Temperatur von 2862 °C. Was gilt für Eisen, wenn es noch heißer wird?

- ☐ Die Teilchen ziehen sich stark an.
- ☐ Die Teilchen verdampfen.
- ☐ Die Teilchen werden flüssig.
- ☐ Das Eisen sublimiert.
- ☐ Das Eisen ist gasförmig.

A.12) Eine Getränkeflasche wird aus einem 5 °C kalten Kühlschrank genommen. Nach und nach beschlägt die Getränkeflasche und es sammeln sich Wassertropfen von außen an der Flasche.

Wie heißt der Übergang, der hier auftritt?

A.18) Wie heißt der Übergang vom gasförmigen zum festen Aggregatzustand?

- ☐ Verdampfen
- ☐ Resublimieren
- ☐ Sieden
- ☐ Kondensieren
- ☐ Sublimieren

A.11) Der Aggregatzustand eines Stoffes wird verändert durch...

- ☐ ... Austauschen von Teilchen.
- ☐ ... Umordnen von Teilchen.
- ☐ ... Umformen von Teilchen.
- ☐ ... Hinzufügen von Teilchen.
- ☐ ... Entfernen von Teilchen.

A.14) Welche Aussage beschreibt Stoffe im festen Aggregatzustand am besten? Stoffe im festen Aggregatzustand...

- ☐ ... entstehen bei einer Temperatur unter 0 °C.
- ☐ ... bestehen aus Teilchen mit starker Anziehung untereinander.
- ☐ ... bestehen aus Teilchen, die weit auseinanderliegen.
- ☐ ... können nur aus dem flüssigen Aggregatzustand entstehen.
- ☐ ... bestehen aus Teilchen, die in Kristallen geordnet sind.

A.21) Wie heißt der Übergang vom flüssigen zum festen Aggregatzustand?

- ☐ Erstarren
- ☐ Resublimieren
- ☐ Schmelzen
- ☐ Kondensieren
- ☐ Sublimieren

A.9) Was ist der physikalische Unterschied zwischen Eiswürfeln und Schnee?

- ☐ Eiswürfel entstehen beim Resublimieren und Schnee entsteht beim Sublimieren.
- ☐ Eiswürfel haben einen anderen Aggregatzustand als Schnee.
- ☐ Eiswürfel werden künstlich hergestellt und Schnee ist natürlich.
- ☐ Eiswürfel entstehen aus flüssigem Wasser und Schnee entsteht aus gasförmigem Wasserdampf.
- ☐ Eiswürfel entstehen bei einer anderen Temperatur als Schnee.

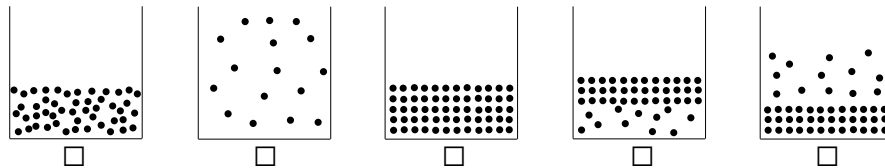
A.10) Wolken entstehen aus unsichtbarem, gasförmigem Wasserdampf. Am Himmel kann man Wolken aber sehen. Was passiert mit dem gasförmigen Wasserdampf am Himmel?
Der gasförmige Wasserdampf...

- ☐ ... wird durch die starke Sonneneinstrahlung im Himmel sichtbar.
- ☐ ... kondensiert an kleinen Teilchen in der Luft zu flüssigem, sichtbarem Wasser.
- ☐ ... verdampft an kleinen Teilchen in der Luft zu flüssigem, sichtbarem Wasser.
- ☐ ... erwärmt sich beim Aufsteigen in den Himmel und wird dadurch sichtbar.
- ☐ ... reagiert auf den niedrigen Sauerstoffgehalt und wird dadurch sichtbar.

A.19) Wie lange gibt es das Teilchenmodell schon?

- ☐ Mehr als 20 Jahre
- ☐ Mehr als 100 Jahre
- ☐ Mehr als 200 Jahre
- ☐ Mehr als 500 Jahre
- ☐ Mehr als 2000 Jahre.

A.15) Welche Abbildung stellt am besten die Teilchen eines Stoffes im flüssigem Aggregatzustand dar?



A.2) Im Text ist die Rede von einer Zahl mit 22 Stellen. Sie weist daraufhin, dass...

- ☐ ... sehr viele Teilchen in einem Wassertropfen sind.
- ☐ ... im Teilchenmodell sehr viele Teilchen zu finden sind.
- ☐ ... die Teilchen sehr groß sind.
- ☐ ... viele Personen auf der Erde sind.
- ☐ ... eine Trilliarde eine kleine Zahl ist.

A.20) Wie viele verschiedene Übergänge zwischen den drei Aggregatzuständen gibt es insgesamt?

- ☐ Drei
- ☐ Vier
- ☐ Fünf
- ☐ Sechs
- ☐ Sieben



Bitte warten
Blättere erst um, wenn du dazu aufgefordert wirst.

Aufgaben zum Text Thermisches Verhalten

Kreuzen Sie immer die Antwort an, die die Frage am besten beantwortet.

T.1) Wovon handelt der gesamte Text? Der gesamte Text handelt...

- ☐ ... von der Funktionsweise eines Thermostats eines Heizkörpers.
- ☐ ... von Vorgaben, die beim Bauen von Brücken und anderen großen Gebäude beachtet werden müssen.
- ☐ ... vom Verhalten von Körpern, Flüssigkeiten und Gasen bei Temperaturänderung.
- ☐ ... von dem Grund, warum Getränkeflaschen nicht vollständig gefüllt werden.
- ☐ ... von dem Nutzen der Wärmeausdehnung in der Tier- und Pflanzenwelt.

T.4) Dehnungsfugen sind kleine Lücken in Brücken ...

- ☐ ..., die bei hoher Temperatur im Sommer entstehen.
- ☐ ..., die zur Belüftung dienen.
- ☐ ..., in denen das Wasser abfließen kann.
- ☐ ... quer zu ihrer Länge.
- ☐ ... quer zu ihrer Breite.

T.18) Auf vielen Spraydose steht „Nicht in der Sonne liegen lassen“. Warum?

- ☐ In Spraydosen finden bei Sonneneinstrahlung Reaktionen statt, die den Inhalt verändern.
- ☐ Die Spraydose bekommt bei Sonneneinstrahlung Risse. Der Inhalt kann entweichen.
- ☐ Der Inhalt der Spraydose zieht sich bei Sonneneinstrahlung sehr stark zusammen. Die Dose kann Dellen bekommen.
- ☐ Der Inhalt der Spraydose dehnt sich bei Sonneneinstrahlung sehr stark aus. Die Dose kann platzen.
- ☐ Durch die starke Sonneneinstrahlung kann sich der Inhalt der Spraydose chemisch verändern und wertlos werden.

T.2) Was passiert mit einer langen, dünnen Stahlstange, wenn ihre Temperatur abnimmt?

- ☐ Der Körper verliert an Masse.
- ☐ Die Länge der Stange nimmt zu.
- ☐ Die Länge der Stange verringert sich.
- ☐ Die Breite der Stange vergrößert sich.
- ☐ Die Temperatur des Körpers wird geringer, sonst nichts.

T.21) Alkohol gefriert bei $-114,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Was gilt für Alkohol bei noch tieferen Temperaturen?

- ☐ Alkohol dehnt sich bei noch tieferen Temperaturen aus.
- ☐ Alkohol verändert sich bei so tiefen Temperaturen.
- ☐ Alkohol bekommt bei noch tieferen Temperaturen Gefrierbrand.
- ☐ Alkohol verringert bei noch tieferen Temperaturen sein Volumen.
- ☐ Alkohol verliert bei noch tieferen Temperaturen an Qualität.

T.7) Wasser ist anders als alle anderen Flüssigkeiten, weil es sich ...

- ☐ ... bei Temperaturen über 4 °C ausdehnt.
- ☐ ... bei Temperaturen unter 4 °C ausdehnt.
- ☐ ... bei Temperaturen unter 4 °C zusammenzieht.
- ☐ ... bei Temperaturen über 0 °C ausdehnt.
- ☐ ... bei Temperaturen über 0 °C zusammenzieht.

T.3) Folgende Gegenstände bestehen aus demselben Material und werden um 20 °C erwärmt. Welcher Gegenstand verändert seine Länge am stärksten?

- ☐ 
- ☐ 
- ☐ 
- ☐ 
- ☐ 

T.5) Beim Bauen einer langen Brücke aus Stahl muss man...

- ☐ ... die Umgebungstemperatur beachten.
- ☐ ... die Wärmeausdehnung in die Breite beachten.
- ☐ ... auf ausreichend Lücken zum Abfließen von Wasser achten.
- ☐ ... dass alle Teile aus rostfreiem Stahl sind.
- ☐ ... die Wärmeausdehnung in die Länge beachten.

T.8) Die Volumenausdehnung...

- ☐ ... hat eine bestimmte Richtung.
- ☐ ... ist nur für Spraydosen wichtig.
- ☐ ... beschreibt die Ausdehnung von Flüssigkeiten bei Temperaturen unter 4 °C.
- ☐ ... beschreibt die Wärmeausdehnung in Flüssigkeiten und Gasen.
- ☐ ... beschreibt nur die Ausdehnung von Wasser.

T.16) Der Eiffelturm hat keine Dehnungsfugen, weil

- ☐ ... er sich in die Höhe ungehindert ausdehnen kann.
- ☐ ... er sich stärker in die Breite als in die Höhe ausdehnt.
- ☐ ... er aus besonderem Stahl ist, der sich nur sehr wenig ausdehnt.
- ☐ ... er so aufgebaut ist, dass er sich nicht in die Höhe ausdehnt.
- ☐ ... er aus besonders flexiblem Stahl ist und keine Dehnungsfugen braucht.

T.9) Getränkeflaschen werden nicht vollständig mit Flüssigkeit gefüllt, damit sich ...

- ☐ ... ein Unterdruck in der Getränkeflasche bilden kann.
- ☐ ... die Luft oben in der Flasche bei Temperaturänderung zusammenziehen kann.
- ☐ ... die Flüssigkeit in der Flasche bei Temperaturänderung ausdehnen kann.
- ☐ ... die Kohlensäure oben in der Getränkeflasche sammeln kann.
- ☐ ... die Getränkeflasche bei Temperaturänderung ausdehnen kann.

T.10) Getränkeflaschen sollte man nicht einfrieren, weil...

- ☐ ... Getränke nicht unter 4 °C gelagert werden dürfen.
- ☐ ... Getränke beim Einfrieren Gefrierbrand bekommen.
- ☐ ... die Qualität der Getränke beim Einfrieren abnimmt.
- ☐ ... sich das Getränk ausdehnt und die Getränkeflasche platzen kann.
- ☐ ... das Glas der Getränkeflasche sich zusammenzieht, bis es platzt.

T.14) Was passiert mit den meisten Gasen, Flüssigkeiten und festen Körpern, wenn die Temperatur verringert wird?

- ☐ Die Wärmeausdehnung steigt.
- ☐ Sie verringern ihr Volumen.
- ☐ Sie dehnen sich aus.
- ☐ Die Volumenausdehnung steigt.
- ☐ Es entstehen Dehnungsfugen.

T.17) Ein See gefriert zuerst...

- ☐ ... oben an der Oberfläche.
- ☐ ... in der Mitte auf halber Tiefe des Sees.
- ☐ ... unten am Grund des Sees.
- ☐ ... überall gleichzeitig.
- ☐ ... an Pflanzen, Steinen und anderen Gegenständen im See.



Bitte warten
Blättere erst um, wenn du dazu aufgefordert wirst.

Aufgaben zum Text Wärmeempfinden

Kreuzen Sie immer die Antwort an, die die Frage am besten beantwortet.

W.1) Wovon handelt der gesamte Text? Der gesamte Text handelt...

- ☐ ... von kalten und warmen Gegenständen.
- ☐ ... von Gegenständen aus Holz und Metall.
- ☐ ... von der Messung von Temperaturen.
- ☐ ... vom Wärmeempfinden von Gegenständen und dessen Ursachen.
- ☐ ... vom Erwärmen von Wasser und Petroleum-Öl.

W.2) Metall fühlt sich bei Raumtemperatur kalt an, weil...

- ☐ ... Metall sich immer kalt anfühlt.
- ☐ ... Metall eine geringe Wärmeleitfähigkeit hat.
- ☐ ... Metall besonders kalt an der Oberfläche ist.
- ☐ ... Metall eine hohe Wärmeleitfähigkeit hat.
- ☐ ... Metall eine große Wärmekapazität hat.

W.4) Sitzflächen von Stühlen und Tischplatten von Tischen sind oft aus Holz und nicht aus Metall, weil...

- ☐ ... sich Holz bei Raumtemperatur wärmer anfühlt.
- ☐ ... sich Metall bei Raumtemperatur zu heiß anfühlt.
- ☐ ... Holz eine höhere Wärmeleitfähigkeit hat als Metall.
- ☐ ... Holz eine geringere Wärmekapazität hat als Metall.
- ☐ ... Holz eine größere Wärmekapazität hat als Metall.

W.7) Welche Eigenschaft eines Körpers bestimmt, wie viel Wärme dieser aufnehmen kann?

- ☐ Die Wärmeübertragung.
- ☐ Der Wärmespeicher.
- ☐ Die Wärmekapazität.
- ☐ Die Wärmeleitfähigkeit.
- ☐ Die Wärmeaufnahme.

W.8) Stell dir vor, du berührst 40 °C warmen Stahl. Der Stahl fühlt sich warm an, weil...

- ☐ ... sich Stahl immer warm anfühlt.
- ☐ ... Stahl eine hohe Wärmekapazität hat.
- ☐ ... Stahl eine geringe Wärmekapazität hat.
- ☐ ... Stahl eine hohe Wärmeleitfähigkeit hat.
- ☐ ... die Wärmeleitfähigkeit von Stahl mit der Temperatur ansteigt.

W.15) Zwei Körper derselben Temperatur fühlen sich unterschiedlich warm an. Dies ist ein Hinweis auf...

- ☐ ... eine unterschiedlich große Wärmekapazität der Körper.
- ☐ ... eine unterschiedlich große Dichte der Körper.
- ☐ ... ein unterschiedlich großes Volumen der Körper.
- ☐ ... eine unterschiedlich große Wärmeleitfähigkeit der Körper.
- ☐ ... eine unterschiedlich große Masse der Körper.

W.3) Holz fühlt sich bei Raumtemperatur warm an, weil...

- ☐ ... Holz keine Wärmekapazität hat.
- ☐ ... Holz an der Oberfläche besonders warm ist.
- ☐ ... Holz eine hohe Wärmeleitfähigkeit hat.
- ☐ ... Holz eine geringe Wärmeleitfähigkeit hat.
- ☐ ... Naturstoffe wie Holz sich immer warm anfühlen.

W.14) Körper mit hoher Wärmekapazität...

- ☐ ... leiten Wärme gut.
- ☐ ... leiten Wärme schlecht.
- ☐ ... speichern Wärme gut.
- ☐ ... speichern Wärme schlecht.
- ☐ ... speichern Temperatur gut.

W.5) Man berührt einen Körper bei Raumtemperatur. Welche Eigenschaft des Körpers ist für das Wärmeempfinden wichtig?

- ☐ Die Wärmekapazität.
- ☐ Die Masse.
- ☐ Das Volumen.
- ☐ Die Wärmeleitfähigkeit.
- ☐ Die Dichte.

W.12) Die Masse eines Körpers beeinflusst...

- ☐ ... die Wärmeleitfähigkeit des Körpers.
- ☐ ... das Wärmeempfinden des Körpers beim Menschen.
- ☐ ... die Wärmekapazität des Körpers.
- ☐ ... das Maß, wie schnell Wärme übertragen wird.
- ☐ ... die Temperatur des Körpers.

W.6) Ein Mensch berührt einen Körper. Das Wärmeempfinden des Menschen ermöglicht es, zu fühlen...

- ☐ ... welche exakte Temperatur ein Körper hat.
- ☐ ... wie die Oberfläche eines Körpers beschaffen ist.
- ☐ ... wie groß die Wärmekapazität eines Körpers in etwa ist.
- ☐ ... wie gut Wärme mit einem Körper ausgetauscht wird.
- ☐ ... wie viel Temperatur mit einem Körper ausgetauscht wird.

W.9) Wieso benötigt Wasser mehr Wärme als Petroleum-Öl um von 20 °C auf 80 °C aufgewärmt zu werden?

- ☐ Weil Wasser eine niedrigere spezifische Wärmekapazität hat als Petroleum-Öl.
- ☐ Weil Wasser eine höhere spezifische Wärmekapazität hat als Petroleum-Öl.
- ☐ Weil Wasser eine höhere spezifische Wärmeleitfähigkeit hat als Petroleum-Öl.
- ☐ Weil Wasser eine höhere Wärmeleitfähigkeit hat als Petroleum-Öl.
- ☐ Weil Wasser eine niedrigere Wärmeleitfähigkeit hat als das Petroleum-Öl.

W.11) Der Begriff Wärmeleitfähigkeit beschreibt am besten, ...

- ☐ ... wie gut ein Stoff Wärme leiten kann.
- ☐ ... wie viel Masse ein Körper hat.
- ☐ ... wie viel Wärme ein Stoff aufnehmen und abgeben kann.
- ☐ ... wie groß der Temperaturunterschied zur Umgebung ist.
- ☐ ... wie viel Volumen ein Körper hat.

W.13) Die Wärmekapazität eines Körpers hängt...

- ☐ ... nur von seiner Masse ab.
- ☐ ... nur von seiner Temperatur ab.
- ☐ ... nur von dem Stoff ab, aus dem er besteht.
- ☐ ... von seiner Masse und seiner Temperatur ab.
- ☐ ... von seiner Masse und und dem Stoff, aus dem er besteht, ab.



Bitte warten
Blättere erst um, wenn du dazu aufgefordert wirst.

Fragebogen zur Person

Kreuzen Sie das Zutreffende an.

A	Ich gehe auf ein(e):	☐ Stadtteilschule	☐ Gymnasium
B	Ich bin:	☐ weiblich	☐ männlich ☐ _____
C	Jahrgang	☐ 7.	☐ 8.
D	Ich habe das Thema Wärmelehre schon mal im Physikunterricht behandelt.	☐ ja	☐ nein

Wie sehr stimmst du den folgenden Aussagen zu? Kreuze an.

	stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt ganz genau
1. Ich finde das Fach Physik cool.	☐	☐	☐	☐
2. Für mich ist Physik ein notwendiges Übel.	☐	☐	☐	☐
3. Es ist Zeitverschwendung, für das Fach Physik zu lernen.	☐	☐	☐	☐
4. Ich finde das Fach Physik langweilig.	☐	☐	☐	☐
5. Ich finde das Fach Physik wichtig.	☐	☐	☐	☐
6. Ich lege großen Wert darauf, in Physik gut zu sein.	☐	☐	☐	☐

A.2.1. Überarbeitung der Items mit Verbesserungspotential nach dem Prä-Pilot der Items

Item A.3 Die Fragestellung des Items wird von einer Interviewten nicht richtig verstanden, wie das folgende Beispiel zeigt:

Ich versteh nich- so ganz die ähm Aufgabe drei. (liest) Wie heißen die zwei Übergänge zwischen den Agg- Aggre- Aggregatzuständen gasförmig und flüssig beziehungsweise flüssig und gasförmig. [...] Also von Übergang bis gasförmig. Versteh ich nicht was damit meint. (Atom_1_Barm_18:11 - 09:36)

Erst nachdem der Interviewende die Frage paraphrasiert wiederholt und zusätzlich ein Beispiel angeführt, wird die Frage verstanden:

I: (fragend) Das heißt also der Übergang zwischen diesem ein- Aggregatzustand gasförmig zu flüssig. Wenn etwas gasförmig ist, Luft (.) (B: Ja. (..) (?) (+)) zum Beispiel und dann wird das flüssig. (fragend) Wie das heißt. Der Übergang hat einen Namen. (Atom_1_Barm_1 9:36 - 9:48)

In der überarbeiteten Version des Items wird verdeutlicht, dass beide Übergänge zwischen dem gasförmigen und festen Aggregatzustand gefordert sind. Dazu werden die beiden Phrasen „von flüssig zu gasförmig“ und „von gasförmig zu flüssig“ als getrennte Teilaufgaben a) und b) ausgeschrieben und das Wort „Übergang“ in der Aufgabenstellung unterstrichen.

Item A.7 Allen Interviewten war es möglich, das zur Fragestellung intendierte Situationsmodell aufzubauen und somit auch die Fragestellung zu verstehen. Folgendes Zitat verdeutlicht exemplarisch diese Aussage, da die Interviewte ein zur Fragestellung passendes Beispiel aus dem Alltag anführen:

B: Ähm, es hätt- da vielleicht auch (..) ähm, also zum Beispiel, wenn ich ein Herd voller Wasser mache und ihn dann auf (.) vier stelle, dann erhitzt es ja und dann verdampft es und wenn ich jetzt den Deckel aufmache, kommt ja Dampf raus. (I: Ja, genau. (+)) Da kommt des- deswegen (.) is- auch verdampfen. (Atom_1_Barm_1 3:37 - 3:58)

Allerdings wird hier – und im Verlauf aller weiteren Interviews zu diesem Item – deutlich, dass die Interviewte Verdampfen als Lösung des Items favorisieren. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass die Zieltemperatur von 99 °C zu nah an der Siedetemperatur Wassers von 100 °C liegt. Bei Konfrontation mit der richtigen Lösung

des Items wird zudem deutlich, dass die Interviewte das zum Lösen benötigte Wissen aus dem Text rezipiert:

B: Ähm, weil auch im Text steht, wenn es unter Null Grad ist, ähm wird es in (?) es wird weniger. Ich glaube wenn es ... (I: (fragend) Was wird weniger? (+)) also die Teilchen (.) und ich glaube wenn es über 20 Grad ist wird es dann stärker, die Teilchen. (I: (fragend) Und was machen die Teilchen? (+)) Die bewegen sich stärker. (I: Wenn das ... (+)) Über 20 Grad ist. (Atom_1_Barm_1 4:38 - 5:00)

Es bleibt allerdings offen, ob die Interviewten beim Ansteigen der Temperatur gleichzeitig eine Steigerung der Teilchenanzahl assoziiert oder, ob mit „es“ im Interviewverlauf immer die Teilchenbewegung gemeint ist. Diese physikalische Feinheit ist allerdings nicht Inhalt des Items und somit auch nicht Teil der Überarbeitung. Relevant ist, dass das zum Beantworten relevante Wissen von der Interviewten geäußert, aber trotzdem fälschlicherweise Verdampfen als Antwort ausgewählt wird. Um zu verdeutlichen, dass das Item eine Temperatursteigerung und nicht einen Aggregatzustandswechsel beschreibt, wird die Temperatur 99° C im Itemstamm durch 80°C ersetzt. Diese Überarbeitung verändert die Grundidee und den Inhalt des Items nicht, sondern stellt nur eine Präzisierung dessen dar.

Item A.10 Die Interviewte wählt Antwortoption e) aus, begründet diese falsche Lösung jedoch mit einer richtigen Erklärung.

B: Ich würd- e) sag-n weil es ja im Himm-l (..) eh-r kalt is- (.) und (I: (zustimmend) Mhm. (+)) also weit-a ob-n und es dann das man das dann sieht, wenn es (.) halt höh-r is-, (I: (zustimmend) Mhm. (+)) ja.

I: Richtige Erklärung, genau. (.) Ähm, steigt nach ob-n wird kalt und denn sichtbar sozusag-n. (..) [...] Ja, (.) ähm, (.) da ha-m die meist-n (.) Leute jetz- -ne and-re Antwort angekreuzt, nämlich die b). Ab-a deine Erklärung für (.) e) war eb-n auch schon gut, dass es halt hoch geht und kalt wird und sichtbar wird. [...] (fragend) Kannst du ma- erklär-n warum Leute vielleicht b) angekreuzt hab-n eh-r als e)? (+)

B: Mm, weil (...) das halt auch stimm- könnte (.) also ich bin mir da nämlich nicht-sich-a. (I: (zustimmend) Mhm. (+)) Ich hätte auch b) od-a e) genom-. (I: Genau, denn erklär ma- warum du ... wa- was da deine Idee war. (+)) weil es halt ähm (...) äh, wenn es äh weit-a nach ob-n geht halt (..) äh dann kondensiert z-zu sichtbarem Wass-a weil es halt (.) kälter is-. (Atom_2_Joh_2 7:38 - 14:14)

Zudem zeigt sich im weiteren Interviewverlauf, dass auch die richtige Antwortoption b) zur Auswahl in Erwägung gezogen wird. Dieses Bild zeigt sich auch in den

anderen Interviews. Das Item bedarf einer Präzisierung in der Fragestellung und muss die Antwortoptionen b) und e) deutlicher voneinander trennen. Die richtige Antwortoption b) wird beibehalten und die Antwortoption „e) ... wird kalt zu sichtbarem gasförmigem Wasserdampf.“ wird durch „e) ... reagiert auf den niedrigen Sauerstoffgehalt und wird dadurch sichtbar.“ ersetzt. Die Fragestellung wird somit dahingehend präzisiert und vereinfacht, dass Wolken aus unsichtbarem, gasförmigen Wasserdampf entstehen, die dann aber am Himmel sichtbar werden. Die Grundidee der Fragestellung bleibt dadurch erhalten, allerdings müssen weniger Inferenzen geschlossen werden.

Item A.12 Bei diesem Item wird in allen Interviews zunächst nicht wahrgenommen, dass nach einem Aggregatzustandswechsel gefragt wird. Daraus folgt dann, dass der Aggregatzustand flüssig als Antwortoption auch richtig begründet ausgewählt wird.

I: Genau, du hast jetzt hingeschrieben, ähm zu der Frage (liest) welcher Aggregatzustandswechsel tritt auf? Der flüssige Aggregatzustand. (+) (B: Ja. (+)) (zustimmend)
Mhm. (+) (fragend) Wie kommst du dazu? (+)

B: Ähm, weil (.) es is- nich- unter Null Grad und es is- auch nich-, noch nich- Eis.
Also (.) wenn-s fünf Grad is-, also oberhalb Null Grad, is- das immer noch flüssig, weil es nich- eingefroren is-. (Atom_1_Barm_1 5:10 - 6:29)

Es ist zu erkennen, dass dieses Item einen großen Anteil an Lesekompetenz misst, da ein Teil der Fragestellung überlesen wird. Dies entspricht aber nicht den Anforderungen des Tests, sodass eine Überarbeitung erforderlich ist. Aus diesem Grund wird das Wort „beschlagen“ durch die Beschreibung, dass Wasser sich nach und nach an der Flasche von außen ansammle, ergänzt. Hierdurch wird das wenig frequentierte Wort „beschlagen“ vermieden und verdeutlicht, dass es sich um einen Prozess handelt. In der eigentlichen Frage wird nach dem Übergang (anstelle vom Aggregatzustandswechsel) gefragt, um das Lesen weiter zu vereinfachen. Insgesamt soll deutlicher werden, dass nach dem Übergang bzw. Aggregatzustandswechsel gefragt wird.

Item A.15 Das Item hat in dem Prä-Pilot der Items wie intendiert funktioniert. Auch die Distraktoren haben die Interviewten deuten können, wie folgendes Zitat zeigt:

B: Ähm, b) ist (.) verdampft. (.) Bei b) verdampft das Wasser gerade. (.) Bei c) is- es Eis. (..) Also, (.) fester Aggregatzustand. (.) Bei d) (.) ähm, (...) is- es (..) is- die Oberschicht eingefroren (.) und die Unterschicht is- (.) verdampft. (..) Und bei e) is- es genau andersrum, da verda-, da- geht der Dampf schon nach oben und das (.) Eis is- unten. (Atom_1_HH_1 20:38 - 21:06)

Während der Überarbeitung ist aufgefallen, dass die Fragestellung: „Welche Abbildung stellt am besten den flüssigen Aggregatzustand dar?“ physikalisch nicht ganz richtig ist, da es sich nur um die Darstellung eines Modell und nicht des realen flüssigen Aggregatzustand handelt. Aus diesem Grund wird die Fragestellung zu „Welche Abbildung stellt am besten die Teilchen eines Stoffes im flüssigen Aggregatzustand dar?“ geändert.

Item W.9 Im folgenden Zitat wird deutlich, dass der Text nur teilweise zur Beantwortung der Frage herangezogen und die Auswahl der Antwortoption eher mit alltäglichen Erfahrungen begründet wird. Der Abschnitt zur spezifischen Wärmekapazität wird von diesen Interviewten nicht benannt.

B: Ähm, weil im Text stand, dass ähm (.) Öl (.) Petroleumöl sich schneller erhitzt. (..) (I: Ja. (+)) Irgendwas mit (...) ich denk-, weil es, (.) ähm dicker als Wasser ist. Dadurch verändern sich mehr. (Wärme_2_ATW_6 10:26 - 10:41)

In einem anderen Interview wird sich dagegen explizit auf den Text bezogen, jedoch wird auch in diesem Fall falsch geschlossen bzw. der Text missverstanden.

B: Weil im Text steht, dass es eine meh- eine höhere (.) Wärmekapazität hat. Und dann hab- ich eben das genommen. [...] Äh, das äh Petroleum-Öl. (Wärme_2_HH_6 13:08 - 13:23)

In beiden Zitaten wird somit deutlich, dass die Textstelle zur spezifischen Wärmekapazität nicht (richtig) rezipiert bzw. auf die Fragestellung angewendet wird. Eine Überarbeitung des Textes ist notwendig. Zur besseren Verständlichkeit des Items werden Text- und Iteminhalt analog formuliert. Die Fragestellung wird so umformuliert, dass nach der Begründung gefragt wird, warum Wasser mehr Wärme zugeführt werden muss, als Petroleum-Öl. Das Item wird dadurch einfacher und verständlicher, da im Text diese Reihenfolge eingehalten wird. Dementsprechend beziehen sich die Antwortoptionen des Items nach der Überarbeitung auch auf Wasser und nicht mehr auf Petroleum-Öl. Zudem wird in der überarbeiteten Version die Temperatur von 20 °C auf 80 °C gesteigert. Die Erwärmung von Wasser auf 100 °C assoziiert ein Verdampfen, was in diesem Item ein unerwünschter Effekt wäre (vgl. Item A.7). Weiter

wird in den Interviews deutlich, dass die Interviewten Schwierigkeiten haben, die Begriffe Wärmekapazität und spezifische Wärmekapazität zu trennen. Aus diesem Grund wird im Text deutlicher dargestellt, wie die spezifische Wärmekapazität mit dem Erwärmungsprozess zusammenhängt und welcher Stoff eine höhere spezifische Wärmekapazität besitzt.

Item W.13 Das Item wird von den Interviewten wie intendiert verstanden, was im folgenden Zitat deutlich wird:

B: Auf jed-n Fall e) (I: (zustimmend) Mhm. (+)) würd- ich sag-n, weil es (.) von sein-a Temp-a-ratur abhängt, hängt es ja nich- davon ab wie viel (.) wie viel Wärme (er, es?) halt aufnehm- kann und wie viel von seiner Masse hängt das einerseits ab, (I: (zustimmend) Mhm. (+)) weil ähm, je mehr (.) Masse desto (.) schnell-a alles so (..) also man braucht halt einfach mehr (I: (zustimmend) Mhm. (+)) und halt von (.) ähm dem Stoff aus dem er besteht (.) auch, weil (...) ja also (I: (zustimmend) Mhm. (+)) das halt ich für die richtige Lösung (I: (zustimmend) Mhm. (+)) und das hab- ich auch bezog-n jetz- (.) aus dem letzt-n Teil (liest) Lernkapazität (+) da war das gut beschrieb-n unt-n. (Wärme_1_Joh_5 10:59 - 16:39)

Eine Möglichkeit zur Überarbeitung wird aus den Aussagen der Interviewten nicht erkenntlich. Durch die erneute Betrachtung der Antwortmöglichkeiten sind allerdings Verbesserungspotentiale erkannt. Die Antwortoptionen d) und e) werden präzisiert, indem der Inhalt wiederholt wird anstelle nur Kombinationen der Antwortoptionen a), b) und c) darzustellen. Zusätzlich wird bei den Antwortoptionen a) bis c) ein „nur“ ergänzt, um diese Antwortoptionen inhaltlich präzise von den Kombinationen der Antwortoptionen d) und e) abzugrenzen.

Item A.13 Das Item wird nicht für die weitere Studie verwendet, da es größtenteils mit Vor- bzw. Weltwissen und ohne Lesen des Textes von den Interviewten zu beantworten war:

B: Das wusste ich einfach. I: Ja aber, einmal erklären wie, warum passt jetzt b) zur Lösung, also so zu der (B: Ja. (+)) Frage. B: Weil äh, Trockeneis is- ja (.) flüssiger (.) Stickstoff, [...] Oder Kohlenstoff und das ist ja in eine Form (..) die sehr, sehr, sehr kalt ist. Und wenn du den dann (.) sagen wir mal (...) in einen warmen Bereich reingibst, fängt der an von der (..) normalen (..) ähm (..) von der normalen (.) äh minus weiß nich- fünfund- äh, 65 Grad oder so (.) wird der zu (..) normalen gemäßigten Graden. Aber, das Problem is- das wird nicht mehr flüssig weil St- flüssiger Stickstoff (.) ... wenn du die Flasche aufdrehst (.) is- da ja auch danach ... is- das ja auch n Gas. (I:

(zustimmend) Mhm. (+)) Das heißt, es ist n Gas in-na Eisform. (..) So erklär ich mir das. (Atom_2_HH_2 7:31 - 8:27)

Item A.16 Das Item wird aus inhaltlichen Gründen für die weitere Studie nicht verwendet. Die unterschiedlichen Eigenschaften von Eis, Wasser und Wasserdampf können nicht nur durch das Teilchenmodell erklärt werden. Die Interviewten hatten Probleme bei der Beantwortung des Items und beurteilen neben der Antwortoption „b) ... des Teilchenmodells.“ z.B. auch „c) ... der Übergänge zwischen den Aggregatzuständen.“ als erklärungs-würdig. Begründet wird dies damit, dass die Eigenschaften durch die Aggregatzustände erklärt werden können. Diese Aussage ist so richtig, allerdings werden in der Antwortoption die Übergänge zwischen den Aggregatzuständen benannt. Diese Ausschärfung bedarf einer hohen Lesekompetenz, die aber nicht in den Items abgeprüft werden soll:

B: Mh, weil der unterschiedlich in ei-m von Eis, Wasser und Wasserdampf lassen sich (.) erklär-n mit den Aggregatzuständen, weil (..) man dann glaub ich erklär-n kann, wie sich das halt ändert mit dem (..) Teilchenmodell sag ich jetzt mal. Obwohl hier steht auch das ... ja also mit (.) beiden Sachen, weil (...) halt der Übergang zwischen den beiden und dann kann man -s besser erklär-n was sich verändert. I: (zustimmend) Mhm. (+) Also bei der Frage (.) kann man ... oder (fragend) die Frage kann man beantworten mit den Übergängen zwischen den Aggregatzuständen? (+) (B: Ja, oder auch mit dem Teilchenmodell. (+)) (...) (fragend) Und was war da jetzt der Unterschied für dich, wenn du jetzt (.) b) und c) anguckst, was ist (...) da der Unterschied bei den Lösungs- ähm... [...] Ok, dann doch das Teilchenmodell. (I: Ja, das Teilchenmodell ... (+)) (Atom_1_ATW_1 16:27 - 18:01)

Item A.17 Die Beantwortung dieses Items kann ohne Lesen des Textes durch Allgemeinwissen erfolgen, wie auch folgendes Zitat eindeutig zeigt:

B: Ja, äh (...), weil (...) ich weiß nich-, is- einfach so, also (seufzt) äh (+) wird auf all-n Bildern so gezeigt (I: (zustimmend) Mhm. (+)) ab-a (...) ja. (Atom_2_Joh_2 16:08 - 16:21)

Item T.6 Das Item wird für die weitere Studie nicht verwendet, da Probleme in Bezug auf das Antwortverhalten in den Interviews zu finden sind. Eine Interviewte verallgemeinert fälschlicher Weise, dass sich alle Dinge immer weniger in die Breite als in die Länge bzw. Höhe ausdehnen würden:

Ähm, weil das hier (.) stand. Ähm, bei ei-m der Sätze stand das, dass es in die Höhe (.) ähm, wesentlich mehr geht als (.) die Breite. [...] ich glaub bei -ner, bei -ner Brücke (I: (zustimmend) Mhm. (+)) ähm, steht da, (liest) allerdings ist die Ausdehnung hier deutlich geringer. (+) Und die hatten da über die Breite geredet. (Therm_1_ATW_3 02:52 - 03:17)

Die Stärke der Ausdehnung wird nicht an der Länge sondern an der Richtung – hier der Breite – festgemacht. Die Begründung erfolgt zudem mit Textbezug. Dies weist auf ein falsches Textverständnis hin, da hier explizit gemacht wird, dass die stärkste Wärmeausdehnung bei der größten Länge auftritt. Trotzdem führt diese Annahme der Lernenden zu einem richtigen Lösungsverhalten. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass alle Interviewten mit richtigem Lösungsverhalten zwangsläufig den Text korrekt verstanden haben und aus diesem Grund wird das Item aussortiert.

Item T.13 In folgendem Zitat ist zu erkennen, dass das Item wie intendiert verstanden wird.

B: Und dabei hab ich mich auf äh, Volum-ausdehu- -ausdehnung, auf dieses Zitat als Beispiel dient das Thermostat an ei-m Heizkörp-a bei ausreich-nd hoher Temperatur an einem Raum vergrößert sich ein Stoff im Thermostat so stark, dass der Durchfluss an warm- Wass-a im Heizkörp-a gestoppt wir-t. Dadurch sinkt die Temperatur eines Heizkörp-a-s und die Temperatur im Raum wird reguliert. (+) Ähm (...) ja. Ab-a (liest) welch-n Zweck hat ein Termostat?(+) Ok, falsche Antwort. Der Zweck (..) wobei (..) also der Zweck is- ja, dass am Ende die Temperatur in dem Raum gesenkt wird (.) all-a-dings ähm stoppt er dafür den Wass-a-strom in Rohr-n. (I: (zustimmend) Mhm. (+)) also würd- ich sag-n (...) ja, (..) (Therm_1_Joh_3 11:14 - 13:07)

Allerdings kann die richtige Beantwortung auch mithilfe von Alltagswissen und ohne Rezeption des Textes erfolgen, denn der Zweck eines Thermostats ist den Interviewten ohne Lesen des Textes geläufig. Dies wird in weiteren Interviews deutlich und aus diesem Grund wird das Item für die weitere Studie nicht verwendet.

Item T.19 Bei der Beantwortung dieses Items haben sich alle Interviewten sehr schwer auf eine Antwortoption festlegen können und suchen vergebens nach passenden Textstellen zur Beantwortung. Zudem ist den Interviewten nicht bekannt, ob sich Fliesen oder Silikon ausdehnen (können), wie z.B. im folgenden Zitat sichtbar wird:

B: Weil ähm (.) im Tex- gar nich- stand, ob jetz- Silikon sich auch ausdehnt oder nich-. Und daher wusst- ich nich-, ob jetz- die ander-n Antworten passend würden. I:

(zustimmend) Mhm. (+) (..) Und was has- du denn bean-... (fragend) benutzt dann?
(+) B: Ähm, einen Satz im Text und da stand das die Türen sich auch ausdeh-n. I:
(zustimmend) Mhm. (+) (..) Ähm, und wenn du jetz- ma- die Antwort b) mit der
Antwort c) vergleichst, dass da Fugen aus Silikon sind und (.) die Fliesen sich ausdeh-
nen können dann, wenn die aus Silikon sind. (fragend) Was is- da der Unterschied?
(+) B: Ähm, weil Fliesen sind ja nich- aus Stahl. (I: (zustimmend) Ne, mhm. (+))
Und deswegen glaub- ich nich-, dass die sich ausdehn-n. (Therm_1_ATW_3 4:43 -
05:32)

Die Loslösung vom Text und der Einbezug von Weltwissen überwiegt bei dieser Aufgabe. Ohne das Vorwissen, welches Material sich bei Erwärmung stärker ausdehnt und welche Materialien flexibel sind, lässt sich das Item nicht beantworten. Der starke Einbezug von Vor- und Weltwissen ist in dieser Arbeit nicht erwünscht und aus diesem Grund wird das Item für die weitere Studie nicht verwendet.

Item W.10 Das Item W.10 befindet sich aufgrund von Übertragungsfehlern nicht im Leitfaden für den Prä-Pilot der Items und wird aufgrund der fehlenden Untersuchung nicht weiter genutzt.

A.2.2. Itemauswahl fachlicher Textverstehenstest (Pilot)

Tabelle A.1.: Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems im Pilot mit In- und Outfit Statistiken (Trennschärfeparameter sind 1), $n=131$.

Item	N	Prozent-korr.	Itemschwierigkeit	Outfit	Infit
A.1	128	0.33	0.87	1.29	1.21
A.3a	110	0.78	-1.30	1.08	0.95
A.3b	108	0.73	-0.95	0.94	1.00
A.6	129	0.82	-1.86	1.00	1.01
A.7	128	0.49	0.03	1.06	1.03
A.8	127	0.33	0.83	0.79	0.87
A.12	94	0.68	-0.66	1.37	1.18
A.18	127	0.57	-0.37	0.98	0.97
A.11	123	0.55	-0.27	0.99	0.97
A.14	125	0.29	1.15	0.82	0.87
A.21	127	0.74	-1.30	0.75	0.87
A.9	123	0.60	-0.53	0.94	0.96
A.10	116	0.30	1.04	1.26	1.14
A.19	123	0.85	-2.12	0.87	0.98
A.15	118	0.56	-0.29	1.10	1.10
A.2	116	0.69	-1.02	0.77	0.88
A.20	117	0.50	-0.06	0.93	0.97
T.1	126	0.73	-1.22	0.79	0.90
T.4	128	0.58	-0.39	0.95	0.98
T.18	126	0.82	-1.82	1.24	1.12
T.2	128	0.43	0.35	0.84	0.88
T.21	122	0.36	0.69	1.02	1.05
T.7	130	0.65	-0.81	1.06	1.04
T.3	131	0.61	-0.58	1.00	1.05
T.5	128	0.71	-1.14	0.69	0.80
T.8	128	0.59	-0.50	1.12	1.04
T.16	125	0.74	-1.24	0.70	0.86
T.9	125	0.57	-0.33	1.04	1.03
T.10	123	0.72	-1.12	1.07	0.98
T.14	124	0.58	-0.40	1.07	1.06
T.17	129	0.76	-1.43	0.77	0.92
W.1	130	0.72	-1.19	1.23	1.07
W.2	131	0.69	-1.03	0.78	0.85
W.4	130	0.35	0.72	1.05	1.05
W.7	127	0.50	0.01	1.45	1.28
W.8	129	0.34	0.78	1.13	1.07
W.15	130	0.55	-0.30	0.74	0.80
W.3	130	0.56	-0.32	0.86	0.90
W.14	127	0.47	0.12	1.45	1.32
W.5	126	0.59	-0.46	0.97	1.00
W.12	123	0.46	0.20	0.98	0.99
W.6	125	0.31	0.98	1.10	0.99
W.9	130	0.44	0.30	0.95	0.93
W.11	130	0.57	-0.35	1.01	1.05
W.13	129	0.24	1.42	1.10	1.06

Tabelle A.2.: Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems im Pilot mit In- und Outfit Statistiken (Trennschärfeparameter sind 1), $n=131$, Item W.14 aufgrund von Infit-Werten entfernt.

Item	N	Prozent-korr.	Itemschwierigkeit	Outfit	Infit
A.1	128	0.33	0.87	1.34	1.22
A.3a	110	0.78	-1.31	1.04	0.95
A.3b	108	0.73	-0.96	0.95	1.01
A.6	129	0.82	-1.88	1.01	1.03
A.7	128	0.49	0.02	1.06	1.04
A.8	127	0.33	0.83	0.79	0.88
A.12	94	0.68	-0.66	1.36	1.18
A.18	127	0.57	-0.38	0.98	0.97
A.11	123	0.55	-0.28	0.99	0.97
A.14	125	0.29	1.16	0.82	0.87
A.21	127	0.74	-1.31	0.75	0.87
A.9	123	0.60	-0.54	0.95	0.96
A.10	116	0.30	1.05	1.31	1.16
A.19	123	0.85	-2.15	0.88	0.99
A.15	118	0.56	-0.30	1.11	1.11
A.2	116	0.69	-1.04	0.77	0.88
A.20	117	0.50	-0.07	0.94	0.97
T.1	126	0.73	-1.24	0.80	0.90
T.4	128	0.58	-0.40	0.97	1.00
T.18	126	0.82	-1.84	1.29	1.12
T.2	128	0.43	0.35	0.85	0.89
T.21	122	0.36	0.69	1.02	1.06
T.7	130	0.65	-0.83	1.05	1.03
T.3	131	0.61	-0.59	1.01	1.06
T.5	128	0.71	-1.16	0.68	0.79
T.8	128	0.59	-0.51	1.11	1.04
T.16	125	0.74	-1.25	0.67	0.84
T.9	125	0.57	-0.34	1.06	1.04
T.10	123	0.72	-1.14	1.07	0.97
T.14	124	0.58	-0.41	1.08	1.06
T.17	129	0.76	-1.45	0.76	0.92
W.1	130	0.72	-1.21	1.20	1.08
W.2	131	0.69	-1.05	0.77	0.85
W.4	130	0.35	0.72	1.08	1.06
W.7	127	0.50	0.004	1.48	1.30
W.8	129	0.34	0.78	1.17	1.09
W.15	130	0.55	-0.30	0.76	0.82
W.3	130	0.56	-0.32	0.87	0.90
W.5	126	0.59	-0.47	1.00	1.01
W.12	123	0.46	0.19	0.99	1.00
W.6	125	0.31	0.99	1.14	1.01
W.9	130	0.44	0.30	0.98	0.94
W.11	130	0.57	-0.36	1.03	1.07
W.13	129	0.24	1.43	1.12	1.08

Tabelle A.3.: Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems im Pilot mit In- und Outfit Statistiken (Trennschärfeparameter sind 1), $n=131$, Items W.7 und W.14 aufgrund von Infit-Werten entfernt.

Item	N	Prozent-korr.	Itemschwierigkeit	Outfit	Infit
A.1	128	0.33	0.88	1.38	1.24
A.3a	110	0.78	-1.31	1.05	0.96
A.3b	108	0.73	-0.97	0.95	1.01
A.6	129	0.82	-1.90	1.01	1.04
A.7	128	0.49	0.02	1.07	1.05
A.8	127	0.33	0.83	0.80	0.89
A.12	94	0.68	-0.66	1.36	1.20
A.18	127	0.57	-0.38	0.97	0.97
A.11	123	0.55	-0.29	1.00	0.98
A.14	125	0.29	1.17	0.82	0.88
A.21	127	0.74	-1.33	0.75	0.86
A.9	123	0.60	-0.55	0.96	0.97
A.10	116	0.30	1.06	1.29	1.17
A.19	123	0.85	-2.17	0.87	0.98
A.15	118	0.56	-0.30	1.12	1.12
A.2	116	0.69	-1.05	0.77	0.88
A.20	117	0.50	-0.07	0.96	0.99
T.1	126	0.73	-1.25	0.80	0.91
T.4	128	0.58	-0.40	0.97	1.01
T.18	126	0.82	-1.86	1.32	1.15
T.2	128	0.43	0.35	0.86	0.89
T.21	122	0.36	0.70	1.06	1.06
T.7	130	0.65	-0.83	1.06	1.04
T.3	131	0.61	-0.59	1.04	1.08
T.5	128	0.71	-1.17	0.69	0.79
T.8	128	0.59	-0.51	1.10	1.04
T.16	125	0.74	-1.27	0.68	0.84
T.9	125	0.57	-0.35	1.06	1.06
T.10	123	0.72	-1.15	1.09	0.98
T.14	124	0.58	-0.41	1.09	1.07
T.17	129	0.76	-1.46	0.76	0.93
W.1	130	0.72	-1.22	1.31	1.10
W.2	131	0.69	-1.05	0.81	0.87
W.4	130	0.35	0.73	1.07	1.06
W.8	129	0.34	0.79	1.21	1.10
W.15	130	0.55	-0.31	0.77	0.83
W.3	130	0.56	-0.33	0.87	0.91
W.5	126	0.59	-0.48	1.03	1.03
W.12	123	0.46	0.20	1.02	1.02
W.6	125	0.31	1.00	1.15	1.01
W.9	130	0.44	0.30	0.97	0.94
W.11	130	0.57	-0.37	1.02	1.08
W.13	129	0.24	1.44	1.14	1.09

Tabelle A.4.: Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems im Pilot mit In- und Outfit Statistiken (Trennschärfeparameter sind 1), $n=131$, Items A.1, W.7 und W.14 aufgrund von Infit-Werten entfernt.

Item	N	Prozent-korr.	Itemschwierigkeit	Outfit	Infit
A.3a	110	0.78	-1.32	1.08	0.98
A.3b	108	0.73	-0.98	0.95	1.01
A.6	129	0.82	-1.91	1.05	1.05
A.7	128	0.49	0.02	1.08	1.05
A.8	127	0.33	0.83	0.79	0.88
A.12	94	0.68	-0.67	1.34	1.20
A.18	127	0.57	-0.39	0.98	0.98
A.11	123	0.55	-0.29	0.99	0.98
A.14	125	0.29	1.18	0.83	0.87
A.21	127	0.74	-1.34	0.76	0.87
A.9	123	0.60	-0.55	0.99	0.98
A.10	116	0.30	1.06	1.32	1.18
A.19	123	0.85	-2.18	0.94	1.00
A.15	118	0.56	-0.30	1.14	1.13
A.2	116	0.69	-1.06	0.77	0.88
A.20	117	0.50	-0.08	0.97	0.99
T.1	126	0.73	-1.26	0.80	0.92
T.4	128	0.58	-0.40	0.99	1.02
T.18	126	0.82	-1.87	1.39	1.15
T.2	128	0.43	0.35	0.86	0.89
T.21	122	0.36	0.70	1.08	1.08
T.7	130	0.65	-0.84	1.07	1.05
T.3	131	0.61	-0.60	1.06	1.10
T.5	128	0.71	-1.18	0.70	0.80
T.8	128	0.59	-0.52	1.11	1.04
T.16	125	0.74	-1.28	0.68	0.85
T.9	125	0.57	-0.35	1.08	1.07
T.10	123	0.72	-1.16	1.09	0.98
T.14	124	0.58	-0.42	1.13	1.08
T.17	129	0.76	-1.47	0.77	0.93
W.1	130	0.72	-1.22	1.30	1.10
W.2	131	0.69	-1.06	0.79	0.87
W.4	130	0.35	0.74	1.08	1.07
W.8	129	0.34	0.79	1.23	1.11
W.15	130	0.55	-0.31	0.77	0.84
W.3	130	0.56	-0.33	0.89	0.92
W.5	126	0.59	-0.48	1.02	1.03
W.12	123	0.46	0.19	1.02	1.01
W.6	125	0.31	1.00	1.14	1.01
W.9	130	0.44	0.31	0.98	0.95
W.11	130	0.57	-0.37	1.03	1.08
W.13	129	0.24	1.45	1.16	1.11

Tabelle A.5.: Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems im Pilot mit In- und Outfit Statistiken (Trennschärfeparameter sind 1), $n=131$, Items A.1, W.7, W.14 aufgrund von Infit-Werten sowie T.18 aufgrund von Outfit-Werten entfernt.

Item	N	Prozent-korr.	Itemschwierigkeit	Outfit	Infit
A.3a	110	0.78	-1.32	1.07	0.98
A.3b	108	0.73	-0.97	0.96	1.01
A.6	129	0.82	-1.92	1.05	1.05
A.7	128	0.49	0.02	1.07	1.04
A.8	127	0.33	0.84	0.80	0.89
A.12	94	0.68	-0.67	1.33	1.20
A.18	127	0.57	-0.39	0.97	0.97
A.11	123	0.55	-0.29	1.02	1.00
A.14	125	0.29	1.19	0.82	0.88
A.21	127	0.74	-1.34	0.75	0.87
A.9	123	0.60	-0.55	0.99	0.97
A.10	116	0.30	1.06	1.35	1.19
A.19	123	0.85	-2.19	0.94	1.00
A.15	118	0.56	-0.30	1.13	1.13
A.2	116	0.69	-1.07	0.78	0.89
A.20	117	0.50	-0.08	0.97	1.00
T.1	126	0.73	-1.26	0.81	0.92
T.4	128	0.58	-0.41	0.99	1.02
T.2	128	0.43	0.35	0.85	0.89
T.21	122	0.36	0.70	1.10	1.09
T.7	130	0.65	-0.84	1.06	1.05
T.3	131	0.61	-0.60	1.07	1.10
T.5	128	0.71	-1.18	0.70	0.80
T.8	128	0.59	-0.52	1.13	1.05
T.16	125	0.74	-1.29	0.68	0.85
T.9	125	0.57	-0.36	1.07	1.07
T.10	123	0.72	-1.17	1.12	0.99
T.14	124	0.58	-0.42	1.12	1.07
T.17	129	0.76	-1.48	0.76	0.93
W.1	130	0.72	-1.23	1.27	1.10
W.2	131	0.69	-1.07	0.80	0.86
W.4	130	0.35	0.74	1.08	1.07
W.8	129	0.34	0.79	1.21	1.11
W.15	130	0.55	-0.31	0.78	0.84
W.3	130	0.56	-0.33	0.89	0.92
W.5	126	0.59	-0.49	1.03	1.03
W.12	123	0.46	0.19	1.04	1.02
W.6	125	0.31	1.00	1.18	1.03
W.9	130	0.44	0.31	1.00	0.96
W.11	130	0.57	-0.37	1.03	1.08
W.13	129	0.24	1.45	1.18	1.11

Tabelle A.6.: Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems im Pilot mit In- und Outfit Statistiken (Trennschärfeparameter sind 1), $n=131$, Items A.1, W.14 und W.7 aufgrund von Infit-Werten sowie A.10 und T.18 aufgrund von Outfit-Werten entfernt.

Item	N	Prozent-korr.	Itemschwierigkeit	Outfit	Infit
A.3a	110	0.78	-1.32	1.06	0.98
A.3b	108	0.73	-0.98	0.96	1.01
A.6	129	0.82	-1.92	1.05	1.05
A.7	128	0.49	0.02	1.10	1.06
A.8	127	0.33	0.84	0.80	0.89
A.12	94	0.68	-0.67	1.33	1.20
A.18	127	0.57	-0.39	0.98	0.98
A.11	123	0.55	-0.29	1.03	0.99
A.14	125	0.29	1.19	0.82	0.87
A.21	127	0.74	-1.35	0.77	0.87
A.9	123	0.60	-0.56	0.98	0.98
A.19	123	0.85	-2.20	0.96	1.01
A.15	118	0.56	-0.30	1.15	1.14
A.2	116	0.69	-1.07	0.79	0.89
A.20	117	0.50	-0.08	0.97	1.00
T.1	126	0.73	-1.27	0.81	0.92
T.4	128	0.58	-0.41	1.01	1.03
T.2	128	0.43	0.36	0.85	0.89
T.21	122	0.36	0.70	1.12	1.11
T.7	130	0.65	-0.85	1.08	1.06
T.3	131	0.61	-0.60	1.06	1.09
T.5	128	0.71	-1.19	0.70	0.80
T.8	128	0.59	-0.52	1.14	1.05
T.16	125	0.74	-1.29	0.67	0.85
T.9	125	0.57	-0.35	1.09	1.08
T.10	123	0.72	-1.18	1.10	0.99
T.14	124	0.58	-0.42	1.14	1.07
T.17	129	0.76	-1.48	0.76	0.94
W.1	130	0.72	-1.23	1.26	1.09
W.2	131	0.69	-1.07	0.78	0.85
W.4	130	0.35	0.74	1.09	1.08
W.8	129	0.34	0.80	1.21	1.11
W.15	130	0.55	-0.31	0.78	0.84
W.3	130	0.56	-0.33	0.90	0.93
W.5	126	0.59	-0.49	1.02	1.04
W.12	123	0.46	0.20	1.04	1.02
W.6	125	0.31	1.01	1.18	1.02
W.9	130	0.44	0.31	1.01	0.95
W.11	130	0.57	-0.37	1.04	1.08
W.13	129	0.24	1.46	1.18	1.11

Tabelle A.7.: Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems im Pilot mit In- und Outfit Statistiken (Trennschärfeparameter sind 1), $n=131$, Items A.1, W.14 und W.7 aufgrund von Infit-Werten sowie A.10, T.16 und T.18 aufgrund von Outfit-Werten entfernt.

Item	N	Prozent-korr.	Itemschwierigkeit	Outfit	Infit
A.3a	110	0.78	-1.32	1.05	0.98
A.3b	108	0.73	-0.97	0.95	1.00
A.6	129	0.82	-1.92	1.06	1.05
A.7	128	0.49	0.02	1.09	1.05
A.8	127	0.33	0.84	0.79	0.89
A.12	94	0.68	-0.67	1.30	1.19
A.18	127	0.57	-0.39	0.97	0.97
A.11	123	0.55	-0.29	1.02	0.99
A.14	125	0.29	1.19	0.81	0.87
A.21	127	0.74	-1.34	0.77	0.87
A.9	123	0.60	-0.55	0.98	0.97
A.19	123	0.85	-2.19	0.95	1.01
A.15	118	0.56	-0.30	1.14	1.13
A.2	116	0.69	-1.07	0.79	0.90
A.20	117	0.50	-0.07	0.97	1.00
T.1	126	0.73	-1.26	0.81	0.92
T.4	128	0.58	-0.40	1.01	1.04
T.2	128	0.43	0.36	0.85	0.90
T.21	122	0.36	0.70	1.11	1.12
T.7	130	0.65	-0.84	1.07	1.07
T.3	131	0.61	-0.60	1.06	1.09
T.5	128	0.71	-1.18	0.71	0.82
T.8	128	0.59	-0.52	1.11	1.04
T.9	125	0.57	-0.35	1.08	1.08
T.10	123	0.72	-1.17	1.09	1.01
T.14	124	0.58	-0.42	1.16	1.08
T.17	129	0.76	-1.48	0.76	0.93
W.1	130	0.72	-1.23	1.29	1.09
W.2	131	0.69	-1.07	0.78	0.86
W.4	130	0.35	0.74	1.09	1.07
W.8	129	0.34	0.80	1.22	1.11
W.15	130	0.55	-0.31	0.77	0.83
W.3	130	0.56	-0.33	0.91	0.93
W.5	126	0.59	-0.49	1.01	1.03
W.12	123	0.46	0.20	1.02	1.02
W.6	125	0.31	1.01	1.16	1.02
W.9	130	0.44	0.31	1.00	0.95
W.11	130	0.57	-0.37	1.03	1.07
W.13	129	0.24	1.46	1.16	1.11

Tabelle A.8.: Mantel-Haenszel-Methode: Test auf Differential Item Functioning der fachlichen Textverständnisitems im Pilot (ohne Items A.1, A.10, T.16, T.18, W.7, W.14) mit dem Splitkriterium Geschlecht und Zufall.

Item	MH-Geschlecht	p-Geschlecht	MH-Zufall	p-Zufall
A.3a	2.43	0.12	0.16	0.69
A.3b	3.38	0.07	0.60	0.44
A.6	0.0001	1.00	0.01	0.92
A.7	0.47	0.49	1.38	0.24
A.8	1.03	0.31	0.07	0.80
A.12	0.44	0.51	0.39	0.53
A.18	1.49	0.22	0.08	0.78
A.11	0.001	0.98	0.09	0.77
A.14	0.01	0.90	0.16	0.69
A.21	0.03	0.87	2.48	0.12
A.9	0.0001	0.92	0.41	0.52
A.19	0.06	0.80	0.004	0.95
A.15	0.24	0.62	0.26	0.61
A.2	0.28	0.59	0.05	0.82
A.20	0.01	0.92	1.37	0.24
T.1	0.01	1.00	0.16	0.68
T.4	5.10	0.02	2.66	0.10
T.2	0.13	0.72	0.004	0.95
T.21	0.48	0.49	0.23	0.63
T.7	0.62	0.43	0.05	0.83
T.3	1.35	0.25	0.08	0.77
T.5	0.40	0.53	0.01	0.93
T.8	0.18	0.67	0.01	0.92
T.9	4.01	0.05	0.0003	0.99
T.10	0.59	0.44	1.43	0.23
T.14	0.45	0.50	0.03	0.87
T.17	0.04	0.85	0.08	0.78
W.1	0.005	0.95	3.97	0.05
W.2	0.03	0.87	1.84	0.18
W.4	0.29	0.59	0.10	0.75
W.8	0.64	0.42	0.02	0.90
W.15	0.003	0.96	0.01	0.94
W.3	0.003	0.96	1.05	0.31
W.5	0.01	0.93	0.02	0.88
W.12	0.66	0.42	0.02	0.88
W.6	0.002	0.97	1.69	0.19
W.9	0.09	0.76	0.02	0.89
W.11	0.01	0.92	0.34	0.56
W.13	1.88	0.17	0.41	0.52

Tabelle A.9.: Deskriptive Statistik der fachlichen Textverständnisitems im Pilot basierend auf dem Text *Teilchenmodell und Aggregatzustände*.

Item	N	Categ	AbsFreq	RelFreq	$r_{pb.WLE}$	M.WLE	SD.WLE
A.3a	110	Äpfel	1	0.01	-0.18	-1.96	
A.3a	110	Eis	2	0.02	-0.11	-0.63	0.31
A.3a	110	gasförmigbiszuflüssig	1	0.01	-0.15	-1.54	
A.3a	110	ja	1	0.01	-0.15	-1.57	
A.3a	110	kondensieren	86	0.78	0.37	0.54	1.12
A.3a	110	resublimieren	5	0.05	-0.18	-0.65	1.61
A.3a	110	schmelzen	3	0.03	-0.12	-0.52	0.51
A.3a	110	sieden	1	0.01	0.06	1.04	
A.3a	110	sublimieren	9	0.08	-0.12	-0.16	0.66
A.3a	110	wasserdampf	1	0.01	-0.11	-1.03	
A.3b	108	Banane	1	0.01	-0.19	-1.96	
A.3b	108	Dampf	1	0.01	-0.06	-0.41	
A.3b	108	flüssigbiszugasförmig	1	0.01	-0.15	-1.54	
A.3b	108	kondensieren	9	0.08	-0.19	-0.41	0.90
A.3b	108	nein	1	0.01	-0.16	-1.57	
A.3b	108	resublimieren	2	0.02	-0.14	-0.91	0.57
A.3b	108	schmelzen	3	0.03	-0.05	-0.04	1.04
A.3b	108	sieden	1	0.01	0.02	0.56	
A.3b	108	sublimieren	8	0.07	-0.10	-0.11	0.75
A.3b	108	verdampfen	79	0.73	0.38	0.59	1.16
A.3b	108	Wasserdampf	2	0.02	-0.08	-0.37	0.68
A.6	129	1	4	0.03	-0.19	-1.38	1.44
A.6	129	2	6	0.05	-0.26	-1.51	0.76
A.6	129	3	106	0.82	0.34	0.23	1.27
A.6	129	4	3	0.02	-0.18	-1.53	0.73
A.6	129	5	10	0.08	-0.05	-0.23	0.88
A.7	128	1	9	0.07	-0.24	-1.12	1.10
A.7	128	2	19	0.15	-0.05	-0.14	1.32
A.7	128	3	63	0.49	0.44	0.61	1.27
A.7	128	4	13	0.10	-0.09	-0.34	0.87
A.7	128	5	24	0.19	-0.30	-0.80	0.89
A.8	127	1	13	0.10	-0.23	-0.94	1.00
A.8	127	2	15	0.12	-0.14	-0.52	1.14
A.8	127	3	35	0.28	-0.31	-0.69	0.91
A.8	127	4	22	0.17	-0.04	-0.13	0.99
A.8	127	5	42	0.33	0.57	1.03	1.21
A.12	94	erstarren	2	0.02	-0.12	-0.66	0.25
A.12	94	gefrieren	1	0.01	0.02	0.56	
A.12	94	kondensieren	64	0.68	0.25	0.56	1.24
A.12	94	palmenöl	1	0.01	-0.20	-1.96	
A.12	94	resublimieren	2	0.02	-0.12	-0.66	1.26
A.12	94	schmelzen	7	0.07	-0.05	0.12	0.90
A.12	94	sublimieren	7	0.07	0.004	0.37	1.10
A.12	94	verdampfen	10	0.11	-0.16	-0.21	0.95

Item	N	Categ	AbsFreq	RelFreq	$r_{pb.WLE}$	M.WLE	SD.WLE
A.18	127	1	9	0.07	-0.33	-1.53	0.77
A.18	127	2	73	0.57	0.50	0.59	1.23
A.18	127	3	8	0.06	-0.30	-1.51	0.62
A.18	127	4	14	0.11	-0.16	-0.58	0.92
A.18	127	5	23	0.18	-0.10	-0.25	1.04
A.11	123	1	15	0.12	-0.21	-0.72	1.23
A.11	123	2	68	0.55	0.49	0.60	1.28
A.11	123	3	25	0.20	-0.25	-0.65	1.02
A.11	123	4	9	0.07	-0.18	-0.84	0.48
A.11	123	5	6	0.05	-0.13	-0.78	1.25
A.14	125	1	53	0.42	-0.28	-0.36	0.89
A.14	125	2	36	0.29	0.59	1.27	1.22
A.14	125	3	6	0.05	-0.08	-0.48	0.78
A.14	125	4	14	0.11	-0.32	-1.12	1.02
A.14	125	5	16	0.13	-0.03	-0.06	1.23
A.21	127	1	94	0.74	0.54	0.45	1.18
A.21	127	2	7	0.06	-0.09	-0.49	0.49
A.21	127	3	11	0.09	-0.29	-1.23	1.19
A.21	127	4	7	0.06	-0.30	-1.63	0.50
A.21	127	5	8	0.06	-0.26	-1.32	0.80
A.9	123	1	13	0.11	-0.14	-0.52	1.02
A.9	123	2	18	0.15	-0.35	-1.09	0.76
A.9	123	3	10	0.08	-0.19	-0.81	1.06
A.9	123	4	74	0.60	0.49	0.55	1.25
A.9	123	5	8	0.07	-0.10	-0.49	1.45
A.19	123	1	4	0.03	-0.19	-1.35	0.76
A.19	123	2	6	0.05	-0.15	-0.83	1.59
A.19	123	3	105	0.85	0.35	0.24	1.28
A.19	123	4	3	0.02	-0.12	-0.96	1.11
A.19	123	5	5	0.04	-0.20	-1.26	0.78
A.15	118	1	66	0.56	0.41	0.53	1.31
A.15	118	2	32	0.27	-0.21	-0.42	1.05
A.15	118	3	14	0.12	-0.18	-0.60	1.32
A.15	118	4	4	0.03	-0.28	-1.98	0.44
A.15	118	5	2	0.02	0.01	0.14	0.74
A.2	116	1	80	0.69	0.53	0.47	1.26
A.2	116	2	20	0.17	-0.23	-0.69	0.79
A.2	116	3	8	0.07	-0.32	-1.59	0.69
A.2	116	4	4	0.03	-0.24	-1.73	0.82
A.2	116	5	4	0.03	-0.17	-1.21	0.80
A.20	117	1	16	0.14	-0.22	-0.75	1.12
A.20	117	2	18	0.15	-0.30	-0.96	0.66
A.20	117	3	21	0.18	-0.16	-0.48	1.20
A.20	117	4	59	0.50	0.50	0.65	1.27
A.20	117	5	3	0.03	-0.02	-0.20	1.61

Tabelle A.10.: Deskriptive Statistik der fachlichen Textverständnisitems im Pilot basierend auf dem Text *Thermisches Verhalten*.

Item	N	Categ	AbsFreq	RelFreq	$r_{pb.WLE}$	M.WLE	SD.WLE
T.1	126	1	4	0.03	-0.07	-0.48	0.47
T.1	126	2	16	0.13	-0.41	-1.36	0.96
T.1	126	3	92	0.73	0.48	0.42	1.23
T.1	126	4	5	0.04	-0.10	-0.59	0.20
T.1	126	5	9	0.07	-0.19	-0.85	1.11
T.2	128	1	20	0.16	-0.13	-0.36	1.24
T.2	128	2	19	0.15	-0.25	-0.75	0.89
T.2	128	3	55	0.43	0.56	0.87	1.23
T.2	128	4	6	0.05	-0.09	-0.50	0.95
T.2	128	5	28	0.22	-0.31	-0.73	0.80
T.21	122	1	35	0.29	0.04	0.09	1.20
T.21	122	2	15	0.12	-0.21	-0.72	1.10
T.21	122	3	15	0.12	-0.23	-0.82	0.99
T.21	122	4	44	0.36	0.41	0.72	1.27
T.21	122	5	13	0.11	-0.23	-0.89	0.97
T.7	130	1	18	0.14	-0.03	-0.11	0.95
T.7	130	2	85	0.65	0.40	0.38	1.29
T.7	130	3	6	0.05	-0.34	-2.01	0.92
T.7	130	4	13	0.10	-0.22	-0.88	0.64
T.7	130	5	8	0.06	-0.16	-0.84	0.88
T.3	131	1	5	0.05	-0.13	-0.87	0.61
T.3	131	2	12	0.09	-0.20	-0.83	0.96
T.3	131	3	79	0.60	0.40	0.43	1.37
T.3	131	4	8	0.06	-0.20	-1.01	0.52
T.3	131	5	26	0.20	-0.16	-0.40	0.96
T.5	128	1	12	0.09	-0.30	-1.23	1.02
T.5	128	2	7	0.05	-0.27	-1.48	0.76
T.5	128	3	10	0.08	-0.21	-0.95	1.06
T.5	128	4	8	0.06	-0.22	-1.13	0.66
T.5	128	5	91	0.71	0.57	0.47	1.16
T.8	128	1	10	0.08	0.05	0.24	1.15
T.8	128	2	11	0.09	-0.25	-1.05	0.92
T.8	128	3	24	0.19	-0.33	-0.91	1.02
T.8	128	4	76	0.59	0.43	0.48	1.26
T.8	128	5	7	0.05	-0.12	-0.67	1.07
T.10	123	1	6	0.05	-0.32	-1.81	1.01
T.10	123	2	4	0.03	-0.22	-1.54	0.78
T.10	123	3	5	0.04	-0.20	-1.25	0.96
T.10	123	4	88	0.72	0.42	0.39	1.23
T.10	123	5	20	0.16	-0.11	-0.30	1.07
T.14	124	1	7	0.06	-0.21	-1.10	1.09
T.14	124	2	72	0.58	0.42	0.51	1.23
T.14	124	3	28	0.23	-0.20	-0.46	1.26
T.14	124	4	10	0.08	-0.14	-0.58	1.26
T.14	124	5	7	0.06	-0.17	-0.88	1.02
T.17	129	1	98	0.76	0.49	0.37	1.24
T.17	129	3	8	0.06	-0.27	-1.37	1.11
T.17	129	4	6	0.05	-0.16	-0.95	0.84
T.17	129	5	17	0.13	-0.32	-1.08	0.73

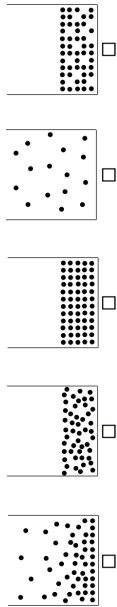
Tabelle A.11.: Deskriptive Statistik der fachlichen Textverständnisitems im Pilot basierend auf dem Text *Wärmeempfinden*.

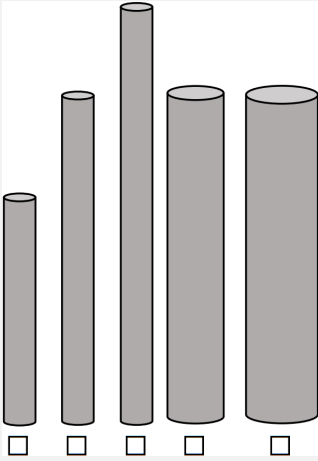
Item	N	Categ	AbsFreq	RelFreq	$r\_pb.WLE$	M.WLE	SD.WLE
W.2	131	1	6	0.05	-0.15	-0.89	1.27
W.2	131	2	23	0.18	-0.40	-1.13	0.78
W.2	131	3	8	0.06	-0.23	-1.19	0.54
W.2	131	4	91	0.69	0.56	0.50	1.18
W.2	131	5	3	0.02	-0.12	-1.04	1.43
W.4	130	1	46	0.35	0.44	0.76	1.34
W.4	130	2	12	0.09	-0.30	-1.25	0.76
W.4	130	3	20	0.15	-0.15	-0.46	0.84
W.4	130	4	36	0.28	-0.04	-0.09	1.19
W.4	130	5	16	0.12	-0.15	-0.53	0.99
W.8	129	1	7	0.05	-0.14	-0.76	0.94
W.8	129	2	39	0.30	-0.15	-0.31	1.26
W.8	129	3	15	0.12	-0.10	-0.36	1.61
W.8	129	4	44	0.34	0.38	0.66	1.27
W.8	129	5	24	0.19	-0.13	-0.36	0.72
W.15	130	1	31	0.24	-0.29	-0.68	0.81
W.15	130	2	10	0.08	-0.20	-0.92	0.90
W.15	130	3	12	0.09	-0.32	-1.31	0.86
W.15	130	4	72	0.55	0.61	0.70	1.16
W.15	130	5	5	0.04	-0.18	-1.15	0.53
W.3	130	1	13	0.10	-0.24	-0.92	1.05
W.3	130	2	10	0.08	-0.20	-0.89	0.78
W.3	130	3	23	0.18	-0.21	-0.59	0.97
W.3	130	4	73	0.56	0.54	0.64	1.25
W.3	130	5	11	0.08	-0.22	-0.93	0.73
W.5	126	1	25	0.20	-0.09	-0.24	0.86
W.5	126	2	15	0.12	-0.28	-1.01	1.23
W.5	126	3	8	0.06	-0.30	-1.54	0.55
W.5	126	4	74	0.59	0.46	0.52	1.26
W.5	126	5	4	0.03	-0.15	-1.12	1.00
W.12	123	1	10	0.08	-0.01	-0.04	0.51
W.12	123	2	21	0.17	-0.15	-0.46	0.98
W.12	123	3	56	0.46	0.49	0.71	1.34
W.12	123	4	17	0.14	-0.23	-0.77	1.20
W.12	123	5	19	0.15	-0.29	-0.91	1.03
W.6	125	1	12	0.10	-0.26	-1.02	1.24
W.6	125	2	16	0.13	-0.16	-0.53	0.98
W.6	125	3	35	0.28	-0.07	-0.12	0.94
W.6	125	4	39	0.31	0.46	0.93	1.45
W.6	125	5	23	0.18	-0.14	-0.38	1.01
W.9	130	1	20	0.15	-0.19	-0.56	0.92
W.9	130	2	57	0.44	0.51	0.77	1.37
W.9	130	3	23	0.18	-0.28	-0.76	0.98
W.9	130	4	12	0.09	-0.19	-0.75	0.75
W.9	130	5	18	0.14	-0.07	-0.22	0.91
W.11	130	1	74	0.57	0.44	0.52	1.23
W.11	130	2	16	0.12	-0.34	-1.17	0.88
W.11	130	3	27	0.21	-0.08	-0.18	1.15
W.11	130	4	6	0.05	-0.05	-0.29	0.86
W.11	130	5	7	0.05	-0.29	-1.56	0.61

Item	N	Categ	AbsFreq	RelFreq	$r_{pb.WLE}$	M.WLE	SD.WLE
W.13	129	1	41	0.32	-0.12	-0.23	1.32
W.13	129	2	17	0.13	-0.14	-0.45	0.95
W.13	129	3	23	0.18	-0.06	-0.17	0.93
W.13	129	4	17	0.13	-0.12	-0.39	1.19
W.13	129	5	31	0.24	0.40	0.94	1.43

Tabelle A.12.: Überarbeitung der Items mit Verbesserungspotentials aufgrund des Pilots.

Item	Aufgabenstellung im Pilot	Problem	Lösung
A.3b	Wie heißen die zwei Übergänge zwischen den folgenden Aggregatzuständen: a) Von gasförmig zu flüssig und b) Von flüssig zu gasförmig.	Das halb-offene Item erzeugt verschiedene Antwortoptionen, von denen einige eine Frequenz von unter 5% aufweisen (Verletzung Kriterium 5).	Aus dem halb-offenen Item wird ein geschlossenes Item gebildet. Dafür werden der Attraktor und die vier Distraktoren mit den höchsten Frequenzen als Antwortoptionen ausgewählt.
A.6	Der Aggregatzustand eines Stoffes ändert sich immer, wenn... 1. ... ein Teil der Teilchen entfernt werden. 2. ... neue Teilchen hinzugefügt werden. 3. ... eine bestimmte Temperatur unterschritten oder überschritten wird. 4. ... ein Stoff stark durchmischt wird. 5. ... die Teilchen sich verändern.	Distraktoren 1 und 4 weisen eine geringere Auswahl als 5% auf (Verletzung Kriterium 5).	Distraktor 1 wird zu ... <i>einige Teilchen entfernt werden</i> . umformuliert und Distraktor 4 wird zu ... <i>die Temperatur steigt oder fällt</i> . umformuliert und an Position 2 gesetzt.
A.12	Eine Getränkeflasche wird aus einem 5 °C kalten Kühlschrank genommen. Nach und nach beschlägt die Getränkeflasche und es sammeln sich Wassertropfen von außen an der Flasche. Wie heißt der Übergang, der hier auftritt?	Das halb-offene Item erzeugt verschiedene Antwortoptionen, von denen einige eine Frequenz von unter 5% aufweisen (Verletzung Kriterium 5).	Aus dem halb-offenen Item wird ein geschlossenes Item gebildet. Dafür werden der Attraktor und die vier Distraktoren mit den höchsten Frequenzen als Antwortoptionen ausgewählt.

Item	Aufgabenstellung im Pilot	Problem	Lösung
A.15	Welche Abbildung stellt am besten die Teilchen eines Stoffes im flüssigem Aggregatzustand dar? 	Distraktoren 4 und 5 weisen eine geringere Anzahl als 5% auf (Verletzung Kriterium 5).	Die beiden Abbildungen der Distraktoren 4 und 5 werden überarbeitet und die Reihenfolge wird verändert. Der Distraktor 5 erhält dabei einen fließend Übergang von fest zu gasförmig und der Distraktor 4 wird durch ein Abbildung ersetzt, die einen löchrigen Festkörper darstellen soll. Zudem wird die Aufgabenstellung geändert zu <i>Welche Abbildung stellt am besten ausschließlich die Teilchen eines Stoffes im flüssigen Aggregatzustand dar?</i>
A.19	Wie lange gibt es das Teilchenmodell schon? 1. Mehr als 20 Jahre. 2. Mehr als 100 Jahre. 3. Mehr als 200 Jahre. 4. Mehr als 500 Jahre. 5. Mehr als 2000 Jahre.	Distraktoren 1, 2, 4 und 5 weisen eine geringere Anzahl als 5% auf (Verletzung Kriterium 5).	Dieses Item wird trotz der Verletzung des Kriteriums 5 ohne Änderung übernommen, da die geringere Anzahl der Distraktoren auf die geringe Itemschwierigkeit des Items zurückzuführen ist. Die Distraktoren werden zudem ungefähr gleichmäßig wenig ausgewählt, was so erwünscht ist.
A.20	Wie viele verschiedene Übergänge zwischen den drei Aggregatzuständen gibt es insgesamt? 1. Drei. 2. Vier. 3. Fünf. 4. Sechs. 5. Sieben.	Distraktor 5 weist eine geringere Anzahl als 5% auf (Verletzung Kriterium 5).	Die Reihenfolge der Antwortoptionen wird umgedreht, sodass <i>Sieben</i> Oben stehen und <i>Drei</i> Unten.

Item	Aufgabenstellung im Pilot	Problem	Lösung
T.1	Wovon handelt der gesamte Text? Der gesamte Text handelt... 1. ... von der Funktionslose eines Thermostats eines Heizkörpers. 2. ... von Vorgaben, die beim Bauen von Brücken und anderen großen Gebäude beachtet werden müssen. 3. ... vom Verhalten von Körpern, Flüssigkeiten und Gasen bei Temperaturänderung. 4. ... von dem Grund, warum Getränkeflaschen nicht vollständig gefüllt werden. 5. ... von dem Nutzen der Wärmeausdehnung in der Tier- und Pflanzenwelt.	Distraktoren 1 und 4 weisen eine geringere Anwahl als 5% auf (Verletzung Kriterium 5).	Die Formulierung des ersten Distraktors wird sprachlich vereinfacht zu ... <i>von der Funktionsweise eines Heizkörpers</i> ... und Distraktor 4 wird durch die Formulierung ... <i>von Richtlinien beim Füllen von Getränkeflaschen</i> ersetzt. So sind alle Antwortoptionen von gleichem Aufbau.
T.3	Folgende Gegenstände bestehen aus demselben Material und werden um 20 °C erwärmt. Welcher Gegenstand verändert seine Länge am stärksten? 	Der Distraktor 1 weist eine geringere Anwahl als 5% auf (Verletzung Kriterium 5).	Das Item wird trotz der Verletzung des Kriterium 5 übernommen, da es keine sinnvolle Verbesserung gibt und das Itemparameter ansonsten ideal sind.

Item	Aufgabenstellung im Pilot	Problem	Lösung
T.8	Die Volumenausdehnung... 1. ... hat eine bestimmte Richtung. 2. ... ist nur für Spraydosen wichtig. 3. ... beschreibt die Ausdehnung von Flüssigkeiten bei Temperaturen unter 4 °C. 4. ... beschreibt die Wärmeausdehnung in Flüssigkeiten und Gasen. 5. ... beschreibt nur die Ausdehnung von Wasser.	Der Distraktor 1 weist mit 0.05 eine leicht positive Punkt-biseriale Korrelation auf (Verletzung Kriterium 4).	Die Reihenfolge wird so verändert, dass der Attraktor (Position 4) und der Distraktor 1 direkt untereinander stehen und so ein Vergleich dieser Antwortoptionen erleichtert wird.
T.10	Getränkeflaschen sollte man nicht einfrieren, weil... 1. ... Getränke nicht unter 4 °C gelagert werden dürfen. 2. ... Getränke beim Einfrieren Gefrierbrand bekommen. 3. ... die Qualität der Getränke beim Einfrieren abnimmt. 4. ... sich das Getränk ausdehnt und die Getränkeflasche platzen kann. 5. ... das Glas der Getränkeflasche sich zusammenzieht, bis es platzt.	Die Distraktoren 2 und 3 weisen eine geringere Anwahl als 5% auf (Verletzung Kriterium 5).	Der Distraktor 2 ... <i>Getränke beim Einfrieren Gefrierbrand bekommen.</i> besagt inhaltlich auch eine Minderung der Qualität der Getränke und ähnelt so mit dem Distraktor 3 stark. Der Distraktor 3 wird aus diesem Grund ohne Änderung beibehalten und Distraktor 2 umformuliert zu ... <i>das Glas der Getränkeflasche sich ausdehnt, bis diese platzt..</i>
T.17	Ein See gefriert zuerst... 1. ... oben an der Oberfläche. 2. ... in der Mitte auf halber Tiefe des Sees. 3. ... unten am Grund des Sees. 4. ... überall gleichzeitig. 5. ... an Pflanzen, Steinen und anderen Gegenständen im See.	Distraktoren 2 wurde von niemanden angewählt und 4 weist eine geringere Anwahl als 5% auf (Verletzung Kriterium 5)	Das Item wird für die weitere Untersuchung ausgeschlossen, da es mit Weltwissen zu beantworten ist, der Distraktor 5 eine teils richtige Lösung darstellt und die benannten Distraktoren 2 und 4 das Kriterium 5 verletzen.

Item	Aufgabenstellung im Pilot	Problem	Lösung
T.21	Alkohol gefriert bei $-114,5^{\circ}\text{C}$. Was gilt für Alkohol bei noch tieferen Temperaturen? 1. Alkohol dehnt sich bei noch tieferen Temperaturen aus. 2. Alkohol verändert sich bei so tiefen Temperaturen. 3. Alkohol bekommt bei noch tieferen Temperaturen Gefrierbrand. 4. Alkohol verringert bei noch tieferen Temperaturen sein Volumen. 5. Alkohol verliert bei noch tieferen Temperaturen an Qualität.	Distraktoren 1 und 4 weisen eine geringere Anzahl als 5% auf (Verletzung Kriterium 5).	Im Itemstamm wird zukünftig <i>reinem Alkohol</i> erwähnt, um Missverständnisse zu minimieren und die Reihenfolge wird so geändert, dass die Distraktoren 1 und 4 weiter oben stehen.
W.2	Metall fühlt sich bei Raumtemperatur kalt an, weil... 1. ... Metall sich immer kalt anfühlt. 2. ... Metall eine geringe Wärmeleitfähigkeit hat. 3. ... Metall besonders kalt an der Oberfläche ist. 4. ... Metall eine hohe Wärmeleitfähigkeit hat. 5. ... Metall eine große Wärmekapazität hat.	Der Distraktor 5 weist eine geringere Anzahl als 5% auf (Verletzung Kriterium 5).	Der Distraktor 5 wird umformuliert zu ... <i>Metall Kälte abstrahlt.</i> und auf die oberste Position verschoben.

Item	Aufgabenstellung im Pilot	Problem	Lösung
W.5	Man berührt einen Körper bei Raumtemperatur. Welche Eigenschaft des Körpers ist für das Wärmeempfinden wichtig? 1. Die Wärmekapazität. 2. Die Masse. 3. Das Volumen. 4. Die Wärmeleitfähigkeit. 5. Die Dichte.	Der Distraktor 5 weist eine geringere Anwahl als 5% auf (Verletzung Kriterium 5).	Der Distraktor 5 wird umformuliert zu <i>Die spezifische Wärmekapazität</i> , und auf die oberste Position verschoben.
W.15	Zwei Körper derselben Temperatur fühlen sich unterschiedlich warm an. Dies ist ein Hinweis auf... 1. ... eine unterschiedlich große Wärmekapazität der Körper. 2. ... eine unterschiedlich große Dichte der Körper.... 3. ... ein unterschiedlich großes Volumen der Körper. 4. ... eine unterschiedlich große Wärmeleitfähigkeit der Körper. 5. ... eine unterschiedlich große Masse der Körper.	Der Distraktor 5 weist eine geringere Anwahl als 5% auf (Verletzung Kriterium 5).	Die Reihenfolge wird so verändert, dass der Distraktor 5 an oberster Position steht.

Tabelle A.13.: Itemauswahl: Itemkriterien Inhalt, kognitiver Prozess des Lesens und Itemschwierigkeit.

Item	Inhalt	kognitiver Prozess	Itemschwierigkeit	Resultat
A.19	Alter des Teilchenmolekülls	1	-2,20	Übernahme in Hauptstudie
A.6	Bedingung des Aggregatzustandswechsels	2	-1,93	Übernahme in Hauptstudie
A.21	Erstarren	1	-1,34	Übernahme in Hauptstudie
A.3a	Kondensieren	1	-1,31	Raus, weil insgesamt ähnlich zu A.21.
A.2	Zahl mit 22 Stellen	2	-1,06	Übernahme in Hauptstudie
A.3b	Verdampfen	1	-0,97	Raus, weil insgesamt ähnlich zu A.21.
A.12	Kondensation an einer kalten Getränkeflasche	2	-0,65	Raus, weil Itemschwierigkeit und kognitiver Prozess des Lesens ähnlich zu A.9 sind.
A.9	Unterschied zwischen Schnee und Eis	2	-0,55	Übernahme in Hauptstudie
A.18	Resublimation	1	-0,39	Raus, weil Itemschwierigkeit ähnlich zu A.9.
A.11	Änderung Aggregatzustand	2	-0,29	Raus, weil Inhalt ähnlich zu A.6 und Itemschwierigkeit ähnlich zu A.15.
A.15	Abb. flüssiger Aggregatzustand	2	-0,29	Übernahme in Hauptstudie
A.20	Anzahl der Aggregatzustandsübergänge	1	0,06	Raus, weil Itemschwierigkeit ähnlich zu A.7.
A.7	Teilchenbewegung bei Erhitzung	1	0,03	Übernahme in Hauptstudie
A.8	Eisen oberhalb von 2862°C	3	0,85	Übernahme in Hauptstudie
A.14	Fester Aggregatzustand	1	1,20	Übernahme in Hauptstudie

Item	Inhalt	kognitiver Prozess	Itemschwierigkeit	Resultat
T.1	Inhalt gesamter Text	3	-1,27	Übernahme in Hauptstudie
T.5	Längenausdehnung bei Brückenbau	1	-1,19	Übernahme in Hauptstudie
T.10	Einfrieren von Getränkeflaschen	2	-1,17	Übernahme in Hauptstudie
T.7	Anomalie Wasser	2	-0,71	Übernahme in Hauptstudie
T.3	Längenausdehnung Stäbe	1	-0,56	Übernahme in Hauptstudie
T.8	Volumenausdehnung	2	-0,38	Übernahme in Hauptstudie
T.14	Volumenänderung bei Temperaturreduktion	3	-0,35	Übernahme in Hauptstudie
T.2	Temperaturreduktion von Stahlstäben	1	0,41	Übernahme in Hauptstudie
T.21	Temperaturreduktion Alkohol	3	0,72	Übernahme in Hauptstudie

Item	Inhalt	kognitiver Prozess	Itemschwierigkeit	Resultat
W.2	Wärmeempfinden von Metall bei Raumtemperatur	2	-1,07	Übernahme in Hauptstudie
W.5	Wärmeleitfähigkeit und Wärmeempfinden	2	-0,48	Raus, weil Inhalt ähnlich zu W.15 und Itemschwierigkeit ähnlich zu W.11, W.3 und W.15
W.11	Definition der Wärmeleitfähigkeit	1	-0,37	Übernahme in Hauptstudie
W.3	Wärmeempfinden von Holz bei Raumtemperatur	2	-0,33	Übernahme in Hauptstudie
W.15	Wärmeleitfähigkeit und Wärmeempfinden	3	-0,31	Übernahme in Hauptstudie
W.12	Masse beeinflusst Wärmekapazität	2	0,20	Raus, weil Inhalt ähnlich zu W.13 und Itemschwierigkeit ähnlich zu W.9.
W.9	Spezifische Wärmekapazität von Öl und Wasser	1	0,31	Übernahme in Hauptstudie
W.4	Begründung für Sitzflächen aus Holz	2	0,75	Übernahme in Hauptstudie
W.8	Wärmeempfinden von 40°C warmem Stahl	3	0,81	Übernahme in Hauptstudie
W.6	Beschreibung Wärmeempfinden	3	1,02	Übernahme in Hauptstudie
W.13	Abhängigkeiten der Wärmekapazität	1	1,47	Übernahme in Hauptstudie

B. Erhebungs- und Auswertungsmaterial der Hauptstudie

B.1. Anwendung des Sprachmodells

Im folgenden findet sich die Textgrundlagen der drei Textinhalte samt zugehöriger Propositionsanalyse und der Leitfaden zur Umsetzung des Sprachmodells. Die finalen Sachtexte in den drei sprachlichen Anforderungsniveaus der Hauptstudie sind unter B.3 zu finden.

Abbildung B.1.: Textgrundlagen für die sprachliche Variation.

Teilchenmodell und Aggregatzustände

Jeder hat schon einmal festes Eis zum Kühlen von Getränken genutzt, Schnee im Winter gesehen, flüssiges Wasser getrunken, und Dampf beim Kochen aufsteigen sehen. Stoffe wie z.B. Wasser können fest, flüssig und gasförmig sein. Die Eigenschaften von Wasser sind dabei unterschiedlich und trotzdem ist es immer der gleiche Stoff. Wie lässt sich das erklären?

In der Naturwissenschaft hat sich seit über 200 Jahren das Teilchenmodell zur Erklärung für den Aufbau von Stoffen und deren Eigenschaften bewährt. Nach diesem Modell stellt man sich vor, dass alle Stoffe aus sehr kleinen Teilchen bestehen. Diese sind so klein, dass selbst in einem kleinen Wassertropfen mehr als eine Trilliarden Teilchen enthalten sind. Das ist eine Zahl mit 22 Stellen. Wenn ein Teilchen so groß wie ein Mensch wäre, dann wäre der Wassertropfen größer als die Erde. Ein Stoff besteht aus identischen Teilchen. Die identischen Teilchen eines Stoffes sind aber je nach Temperatur unterschiedlich geordnet und verändern so die Eigenschaften des Stoffes. Die Ordnung der Teilchen wird durch die drei Aggregatzustände als fest, flüssig oder gasförmig beschrieben. Allgemein gilt, je höher die Temperatur ist, desto stärker bewegen sich die Teilchen des Stoffes. Übersteigt die Temperatur eine bestimmte Höhe, ändert sich der Aggregatzustand. Die unterschiedlichen Eigenschaften von festem Eis, flüssigem Wasser und gasförmigem Wasserdampf können also mit dem Teilchenmodell erklärt werden. Im Folgenden werden die drei Aggregatzustände und die sechs Übergänge zwischen ihnen beschrieben.

Eis – Fester Aggregatzustand

Wenn sich flüssiges Wasser im Gefrierfach unter 0 °C abkühlt, dann wird es zu festem Eis. Der Übergang vom flüssigen zum festen Aggregatzustand wird Erstarren genannt. Im festen Eis liegen die Teilchen dann sehr nah und stark geordnet beieinander. Zwischen den Teilchen besteht eine starke Anziehung und die Teilchen bewegen sich wenig. Der feste Aggregatzustand von Stoffen tritt allgemein bei niedrigen Temperaturen auf.

Schnee ist gefrorenes Wasser und besteht aus kleinen festen Eiskristallen. Eine Schneeflocke entsteht in der Atmosphäre aus gasförmigem Wasserdampf. Die Teilchen des Wasserdampfes sammeln sich an kleinen Teilchen in der Luft, z.B. Staubteilchen, an und gefrieren dort zu einem festen sternförmigen Eiskristall. Dieser Übergang vom gasförmigen zum festen Aggregatzustand heißt Resublimieren.

Wasser – Flüssiger Aggregatzustand

Festes Eis wird oberhalb von 0 °C zu flüssigem Wasser. Der Übergang vom festen zum flüssigen Aggregatzustand wird Schmelzen genannt. Dabei wird die Anziehung zwischen den Teilchen schwächer und sie können sich gegeneinander bewegen. Flüssiges Wasser kann aber auch aus gasförmigen Wasserdampf entstehen. An kalten Getränkeflaschen sammeln sich von außen flüssige Wassertropfen an. Dieses Wasser stammt aus dem gasförmigen Wasserdampf aus der Luft. Ein solcher Übergang vom gasförmigen zum flüssigen Aggregatzustand heißt Kondensieren.

Wasserdampf – Gasförmiger Aggregatzustand

Im gasförmigen Aggregatzustand sind die Teilchen ungeordnet, haben großen Abstand und nur geringen Zusammenhalt. Ab einer Temperatur von 100 °C gibt es bei normalem Druck kein flüssiges Wasser mehr, denn das gesamte flüssige Wasser ist in den gasförmigen Aggregatzustand übergegangen. Dieser Übergang heißt Verdampfen. Aber gasförmiger Wasserdampf ist unsichtbar. Wenn man das Verdampfen von flüssigem Wasser beobachtet, dann meint man gasförmigen Wasserdampf zu sehen. Tatsächlich sieht man aber sehr kleine flüssige Wassertropfen, die mit dem unsichtbaren Wasserdampf aufsteigen.

Wenn es im Winter kalt ist, dann kann man beobachten, dass Schnee langsam verschwindet ohne zu Schmelzen. Der Schnee geht dann direkt vom festen zum gasförmigen Aggregatzustand über. Dieser Übergang heißt Sublimieren.

Thermisches Verhalten

Eine Brücke aus Stahl und der Eiffelturm in Paris verändern ihre Länge zwischen Winter und Sommer. Die Brücke hat aus diesem Grund an bestimmten Stellen Lücken. Der Eiffelturm dagegen hat keine Lücken. Wieso ist das so?

Körper verändern bei Temperaturänderung ihr Volumen und damit ihre Größe. Viele Körper dehnen sich bei steigender Temperatur aus und ziehen sich bei fallender Temperatur zusammen. Dieses Phänomen wird allgemein Wärmeausdehnung genannt. Je stärker die Temperatur eines Körpers steigt und je größer seine Länge ist, desto größer ist seine Wärmeausdehnung. Der Eiffelturm ist sehr hoch und vergrößern so beim Ansteigen der Temperatur besonders seine Höhe und nur wenig seine Breite.

Längenausdehnung

Wie wichtig die Berücksichtigung der Wärmeausdehnung beim Bauen ist, zeigt das Beispiel einer Brücke aus Stahl. Brücken können sehr lang sein, sodass ihre Wärmeausdehnung in die Länge unbedingt beachtet werden muss. Es werden Lücken, sogenannte Dehnungsfugen, quer zur Länge der Brücken eingebaut, damit Raum für die Längenausdehnung im Sommer vorhanden ist. Ohne diese Dehnungsfugen würde die Brücke aufgrund der Längenausdehnung zerstört werden. Die Brücke dehnt sich natürlich auch in die Breite aus. Allerdings ist die Ausdehnung hier deutlich geringer, weil fast alle Brücken eine größere Länge als Breite haben. Außerdem kann sich die Brücke in die Breite meist ganz ungehindert ausdehnen. Der Eiffelturm dehnt sich im Sommer am stärksten in die Höhe aus. Dehnungsfugen sind nicht nötig, weil der Eiffelturm sich nach oben ungehindert ausdehnen kann. Viele Körper dehnen sich beim Anstieg der Temperatur in alle Richtungen aus, jedoch ist meistens nur die größte Länge eines Körpers bei der thermischen Ausdehnung relevant.

Volumenausdehnung

Bei Flüssigkeiten und Gasen kann die Wärmeausdehnung nicht auf eine Richtung beschränkt werden, da sich ihr Volumen unabhängig von der Richtung ausdehnt. Diese Form der Wärmeausdehnung wird Volumenausdehnung genannt. Die Volumenausdehnung ist zum Beispiel der Grund dafür, dass eine Getränkeflasche nie randvoll gefüllt und dann verschlossen werden darf. Wäre eine Getränkeflasche bis oben hin gefüllt und verschlossen und würde sich dann erwärmen, dann würde sie aufgrund der Volumenausdehnung der Flüssigkeit platzen. Die Menschen nutzen die Wärmeausdehnung durch ein Thermostat am Heizkörper. Bei ausreichend hoher Temperatur im Raum dehnt sich ein Stoff in einem Ausdehnungsgefäß des Thermostats so weit aus, dass der Durchfluss an warmem Wasser im Heizkörper gestoppt wird. Dadurch sinkt die Temperatur des Heizkörpers und die Temperatur im Raum wird reguliert.

Ausnahme Wasser

Bei einer Getränkeflasche ist nicht nur die Temperaturzunahme, sondern auch die Temperaturabnahme zu beachten. Generell gilt, dass Flüssigkeiten bei niedrigerer Temperatur weniger Raum benötigen. Bei Wasser ist das anders. Wasser dehnt sich unterhalb von 4 °C wieder aus. Somit ist auch das Einfrieren einer Getränkeflasche gefährlich, da alle Getränke Wasser enthalten. Beim Einfrieren dehnt sich Wasser so stark aus, dass eine Flasche platzt. Wasser mit einer Temperatur von 4 °C dehnt sich also aus, wenn man es weiter abkühlt, aber auch, wenn man es erwärmt.

Für die Natur hat diese Eigenschaft von Wasser große Bedeutung. Im Winter können Tiere und Pflanzen in einem See bei Lufttemperaturen von weit unter 0 °C überleben. Denn die Wasserschicht am Grund des Sees bietet mit einer Temperatur von 4 °C Schutz vor den tiefen Lufttemperaturen. Wasser kälter als 4 °C ist stärker ausgedehnt, leichter und befindet sich an der Oberfläche des Sees. Ein See friert somit immer von oben nach unten durch. So kann im Winter auf dem See oben Schlittschuh gefahren werden, während gleichzeitig die untere Schicht des Sees mit 4 °C kaltem Wasser Tiere und Pflanzen Schutz davor bietet, eingefroren zu werden.

Wärmeempfinden

In einem Klassenzimmer stehen oft Tische und Stühle aus Holz und Stahl. Ein Stuhlbein aus Stahl fühlt sich deutlich kälter an als eine Tischplatte aus Holz. Tatsächlich haben alle Körper im Klassenzimmer die gleiche Temperatur, also auch das Holz und der Stahl. Sie werden aber vom menschlichen Körper als unterschiedlich warm wahrgenommen. Wie kann man das erklären? Menschen nehmen Temperaturen als kalt, warm oder heiß wahr. Bei Körpern, die ungefähr so warm sind wie der menschliche Körper, können sehr feine Unterschiede wahrgenommen werden.

Die menschliche Haut und das Thermometer

In der menschlichen Haut befinden sich Sinneszellen für das Wärmeempfinden. Wenn man einen Körper berührt, geben die Sinneszellen die Information an das Gehirn weiter, ob der Körper wärmer oder kälter als die eigene Körpertemperatur ist. Mit einem Thermometer dagegen kann man die Temperatur eines Körpers als genauen Zahlenwert bestimmen.

Wenn Körper ihre Temperatur ändern, erfolgt dies durch die Übertragung von Wärme. Für das Wärmeempfinden des Menschen ist die übertragene Wärme entscheidend. Um das Wärmeempfinden und den Zusammenhang zur übertragenen Wärme zu erklären, hilft das Beispiel mit der Tischplatte aus Holz und den Stuhlbeinen aus Stahl.

Wärmeleitfähigkeit

In einem Klassenzimmer bei Raumtemperatur von ca. 20 °C stehen die beschriebenen Tische und Stühle. Obwohl Holz und Stahl die gleiche Temperatur haben, ist das Wärmeempfinden beim Berühren unterschiedlich. Bei Kontakt mit der Haut des menschlichen Körpers erwärmen sich Holz und Stahl beide, da unsere Körpertemperatur über der Raumtemperatur liegt. Gleichzeitig verringert sich die Temperatur der Berührungsstelle an der Haut. Die Stelle der Haut, die ein Stuhlbein aus Stahl berührt, kühlt stärker ab, als wenn die Tischplatte aus Holz berührt würde. Stahl kann nämlich Wärme sehr gut leiten. Das Stuhlbein aus Stahl fühlt sich also kalt an, weil es Wärme aus der Haut gut leiten kann. Das Holz dagegen fühlt sich warm an, weil Holz Wärme nicht gut weiterleitet. Die Berührungsstelle an der Haut kühlt sich bei Holz im Vergleich zum Stahl deutlich weniger ab. Wie gut ein Stoff Wärme leiten kann, wird durch seine Wärmeleitfähigkeit beschrieben. Stahl hat eine hohe Wärmeleitfähigkeit, weil es Wärme gut weiterleitet. Holz dagegen hat eine geringe Wärmeleitfähigkeit. Das Wärmeempfinden des Menschen funktioniert also nicht wie ein Thermometer, sondern es signalisiert dem Körper, wo und wie schnell Wärme aufgenommen oder abgegeben wird.

Wärmekapazität

Für die Temperaturänderung von Körpern ist jedoch auch die Menge an übertragener Wärme bedeutsam. Die sogenannte Wärmekapazität des Körpers gibt an, wie viel Wärme dem Körper zugeführt werden muss, damit seine Temperatur um 1 °C steigt. Je höher die Wärmekapazität eines Körpers ist, desto mehr Wärme muss dieser zum Ändern der Temperatur aufnehmen. Wie stark sich die Temperatur eines Körpers beim Übertragen einer bestimmten Menge Wärme ändert, hängt von dessen Masse und dem Stoff ab, aus dem der Körper besteht. Dies erläutert folgendes Beispiel: Wenn man Wasser in einem Topf auf einem Herd von 20 °C auf 100 °C erwärmen möchte, dann benötigt man für 2kg Wasser im Vergleich zu 1kg Wasser genau die doppelte Menge an Wärme. Es gilt also: Je größer die Masse des Körpers ist, desto höher ist dessen Wärmekapazität. Die Wärmekapazität hängt aber auch von dem Stoff ab, aus dem er besteht. Wenn man zum Beispiel 1kg Petroleum-Öl und 1 kg Wasser von 20°C auf 100°C erwärmen möchte, dann benötigt man dazu für Wasser mehr als doppelt soviel Wärme weil es eine höhere spezifische Wärmekapazität hat. Die spezifische Wärmekapazität beschreibt die Menge an Wärme, die nötig ist, um einen Körper, der aus diesem spezifischem Stoff besteht und die Masse 1 kg besitzt, um 1 °C zu erwärmen.

Abbildung B.2.: Propositionale Auflistung: Textgrundlagen.

Teilchenmodell und Aggregatzustände

Text	Propositionen
Man kann mit festem Eis Getränke kühlen, Schnee im Winter beobachten, flüssiges Wasser trinken und beim Kochen Dampf sehen.	1. (kann, man, 2, 4, 8) 2. (kühlen, 1, Getränke mit Eis) 3. (fest, Eis) 4. (beobachten, 1, Schnee) 5. (4, im Winter) 6. (trinken, 1, Wasser) 7. (flüssig, Wasser) 8. (sehen, 1, Dampf) 9. (8, beim Kochen)
Wasser und andere Stoffe können fest, flüssig oder gasförmig sein.	10. (können, 11, 13) 11. (sein, Wasser, 14, 15, 16) 12. (Konjunktion, 11, 13) 13. (sein, andere Stoffe, 14, 15, 16) 14. (fest) 15. (flüssig) 16. (gasförmig)
Die Eigenschaften von Wasser sind dabei jeweils verschieden, obwohl es immer der gleiche Stoff ist.	17. (sein, Eigenschaften von Wasser, verschieden) 18. (Subjunktion, 17, 19) 19. (sein, es=Wasser, Stoff) 20. (gleich, Stoff) 21. (19, immer)
Wie kann man das erklären?	22. (erklären kann, man, das 19)
In den Naturwissenschaften dient das Teilchenmodell seit über 200 Jahre zur Erklärung vom Aufbau von Stoffen und deren Eigenschaften.	23. (dient, Teilchenmodell) 24. (23, in den Naturwissenschaften) 25. (23, zur Erklärung, Aufbau von Stoffen) 26. (23, zur Erklärung, Eigenschaften von Stoffen) 27. (23, seit über 200 Jahre)
Nach diesem Modell stellt man sich vor, dass alle Stoffe aus sehr kleinen Teilchen bestünden.	28. (sich vorstellen, man, 31) 29. (28, nach diesem Modell) 30. (Konjunktion, 28, 31) 31. (bestehen aus, alle Stoffe, Teilchen) 32. (sehr klein, Teilchen)
Diese sind so klein, dass selbst in einem kleinen Wassertropfen mehr als eine Trilliarde Teilchen wären.	33. (sein, diese 31, so klein) 34. (Subjunktion, 33, 35) 35. (sein, Wassertropfen, Trilliarde Teilchen) 36. (mehr als, Trilliarde) 37. (klein, Wassertropfen)
Diese Zahl besteht aus 22 Stellen!	38. (bestehen, Zahl, aus 22 Stellen) 39. (diese=35, Zahl)
Wenn ein Teilchen die Ausmaße von einem Menschen hätte, dann wäre der Wassertropfen größer als die Erde.	40. (haben Ausmaße, Teilchen, wie Mensch) 41. (Konditional, 40, 42) 42. (sein, Wassertropfen, größer als Erde)

Dem Modell nach besteht ein Stoff aus identischen Teilchen, die je nach Temperatur eine verschiedene Ordnung haben und dadurch dem Stoff verschiedene Eigenschaften geben.	43. (bestehen aus, Stoff, Teilchen) 44. (identisch, Teilchen) 45. (nach Modell=23, 43) 46. (haben Ordnung, Teilchen=43, verschieden) 47. (identisch, Teilchen) 48. (je nach Temperatur, 46) 49. (Konjunktion, 46, 50) 50. (geben, Teilchen =43, Eigenschaften des Stoffes)
Man hat den unterschiedlichen Ordnungen der Teilchen von Stoffen den Namen Aggregatzustände gegeben und sie in fest, flüssig und gasförmig aufgeteilt.	51. (Namen geben, man, Ordnung der Teilchen). 52. (verschiedene, Ordnung der Teilchen) 53. (51, Aggregatzustände) 54. (Konjunktion, 53, 55) 55. (aufteilen, sie=54, in 56, 57, 58) 56. (fest, 53) 57. (flüssig, 50) 58. (gasförmig, 50)
Man kann sich merken, dass sich die Teilchen eines Stoffes bei höherer Temperatur schneller bewegen.	59. (kann, man, 60) 60. (sich merken, man=59, 61) 61. (sich bewegen, Teilchen, schneller) 62. (61, bei Temperatur) 63. (höherer, Temperatur)
Beim Übersteigen einer bestimmten Temperatur ändert sich der Aggregatzustand.	64. (sich ändern, Aggregatzustand, bei 65) 65. (übersteigen, Temperatur) 66. (bestimmt, Temperatur)
Man kann die drei Aggregatzustände und die sechs Übergänge zwischen ihnen wie folgt beschreiben:	67. (kann, man, 68) 68. (beschreiben, drei Aggregatzustände) 69. (Konjunktion, 68, 70) 70. (beschreiben, sechs Übergänge) 71. (Übergänge, zwischen 68=Aggregatzustände) 72. (68, 70, wie folgt)
Bei Temperaturen unter 0 °C wird flüssiges Wasser zu festem Eis.	73. (Temperaturen unter 0°C) 74. (Konditional, 73, 75) 75. (sein, Wasser, Eis) 76. (fest, Eis) 77. (flüssig, Wasser)
Man nennt diesen Übergang vom flüssigen zum festen Aggregatzustand Erstarren.	78. (nennen, man, Übergang, Erstarren) 79. (von flüssig, Aggregatzustand) 80. (zu fest, Aggregatzustand)
Die Teilchen haben im festen Aggregatzustand einen geringen Abstand zueinander und befinden sich in fester Ordnung.	81. (haben, Teilchen, Abstand) 82. (gering, Abstand) 83. (im festen Aggregatzustand, Teilchen) 84. (Konjunktion, 81, 85) 85. (sich befinden, Teilchen=81, Ordnung)

	86. (fester, Ordnung)
Sie bewegen sich kaum und zwischen ihnen herrscht eine starke Anziehung.	87. (sich bewegen, sie=81, kaum) 88. (Konjunktion, 87, 89) 89. (herrschen, zwischen ihnen=81, Anziehung) 90. (stark, Anziehung)
Man kann sich merken, dass der feste Aggregatzustand von Stoffen meist bei niedrigen Temperaturen auftritt.	91. (kann, man, 92) 92. (sich merken, man=91, 93) 93. (auftreten, Aggregatzustand von Stoffen, Temperatur) 94. (fest, Aggregatzustand) 95. (niedrig, Temperatur)
Schnee befindet sich ebenso in diesem Aggregatzustand, da er sich aus kleinen festen Eiskristallen zusammensetzt.	96. (sich befinden, Schnee, Aggregatzustand) 97. (diesen=94, Aggregatzustand) 98. (Kausal, 96, 99) 99. (sich zusammensetzen, er=96, Eiskristalle) 100. (klein, Eiskristalle) 101. (fest, Eiskristalle)
Schneeflocken entstehen bei geringen Temperaturen in der Atmosphäre aus gasförmigem Wasserdampf.	102. (entstehen aus, Schneeflocken, Wasserdampf) 103. (gasförmig, Wasserdampf) 104. (102, in der Atmosphäre)
Die Teilchen des Wasserdampfes sammeln sich an kleinen Teilchen in der Luft, z.B. Staubteilchen, an und gefrieren dort zu einem festen sternförmigen Eiskristall. Wasser im gasförmigen Zustand sammelt sich beispielsweise an Staubteilchen der Luft und gefriert dann zu festen sternförmigen Eiskristallen.	105. (ansammeln, Wasser, an Staubteilchen der Luft) 106. (im gasförmigen Zustand, Wasser) 107. (Konjunktion, 105, 108) 108. (gefrieren, Teilchen des Wasserdampfes, zu Eiskristallen) 109. (fest, Eiskristalle) 110. (sternförmig, Eiskristalle) 111. (108, dann)
Diesen Übergang vom gasförmigen zum festen Aggregatzustand bezeichnet man als Resublimieren.	112. (bezeichnen, man, Übergang Aggregatzustand, Resublimieren) 113. (von gasförmig, Aggregatzustand) 114. (zu fest, Aggregatzustand)
Oberhalb von 0 °C ändert Wasser den Aggregatzustand von fest zu flüssig, aus festem Eis wird flüssiges Wasser.	115. (oberhalb von 0 °C, 116) 116. (ändern, Wasser, Aggregatzustand) 117. (von fest, 116) 118. (zu flüssig, 116) 119. (sein, Eis, Wasser) 120. (fest, Eis) 121. (flüssig, Wasser)
Diesen Übergang nennt man Schmelzen.	122. (nennen, man, Schmelzen) 123. (122, Übergang=116)

Beim Schmelzen wird die Anziehung zwischen den Teilchen geringer und sie können sich gegeneinander verschieben.	124. (beim Schmelzen, 125, 127) 125. (werden, Anziehung zwischen Teilchen, geringer) 126. (Konjunktion, 121, 123) 127. (können, sie, 124) 128. (sich gegeneinander bewegen, sie)
Flüssiges Wasser kann auch aus gasförmigem Wasserdampf entstehen, beispielsweise, wenn sich an kalten Getränkeflaschen von außen flüssige Wassertropfen bilden.	129. (können, Wasser, 131) 130. (flüssig, Wasser) 131. (129, entstehen aus, Wasserdampf) 132. (gasförmig, Wasserdampf) 133. (Konditional, 129, 134) 134. (sich bilden, Wassertropfen) 135. (129, außen an Getränkeflasche) 136. (kalt, Getränkeflasche) 137. (flüssige, Wassertropfen)
Dieses Wasser stammt aus dem gasförmigen Wasserdampf aus der Luft.	138. (stammen aus, Wasser, Wasserdampf aus der Luft) 139. (gasförmig, Wasserdampf)
Diesen Übergang vom gasförmigen zum flüssigen Aggregatzustand bezeichnet man als Kondensieren.	140. (bezeichnen, man, Übergang, Kondensieren) 141. (Übergang, Aggregatzustände) 142. (von gasförmig, Aggregatzustand) 143. (zum flüssig, Aggregatzustand)
Im gasförmigen Aggregatzustand folgen die Teilchen keiner Ordnung, befinden sich in großem Abstand zueinander und unterliegen nur geringer Anziehung.	144. (im gasförmigen Aggregatzustand, 145) 145. (folgen, Teilchen, Ordnung) 146. (keine, Ordnung) 147. (Konjunktion, 145, 148) 148. (befinden sich, Teilchen=145, Abstand) 149. (groß, Abstand) 150. (Konjunktion, 148, 151) 151. (unterliegen, Teilchen=145, Anziehung) 152. (gering, Anziehung)
Ab einer Temperatur von 100 °C kommt kein flüssiges Wasser mehr vor, denn das gesamte flüssige Wasser ist in den gasförmigen Aggregatzustand übergegangen.	153. (ab Temperatur von 100 °C, 155) 154. (bei normalem Druck, 155) 155. (geben, es, Wasser) 156. (flüssig, Wasser) 157. (kein, 155) 158. (Kausal, 155, 159) 159. (übergehen, alles Wasser, in Aggregatzustand) 160. (flüssig, Wasser) 161. (gasförmig, Aggregatzustand)
Dieser Übergang heißt Verdampfen.	162. (heißen, Übergang, Verdampfen)
Gasförmiger Wasserdampf ist unsichtbar.	163. (sein, Wasserdampf, unsichtbar) 164. (gasförmig, Wasserdampf)

Wenn man aber meint gasförmigen Wasserdampf zu erkennen, dann nimmt man tatsächlich sehr kleine flüssige Wassertropfen wahr	165. (meinen, man, 166) 166. (erkennen, man=165, Wasserdampf) 167. (Konditional, 166, 168) 168. (wahrnehmen, man, Wassertropfen) 169. (klein, Wassertropfen) 170. (flüssig, Wassertropfen)
Diese Wassertropfen steigen mit dem unsichtbaren gasförmigen Wasserdampf auf.	171. (aufsteigen, Wassertropfen=168, mit Wasserdampf) 172. (gasförmig, Wasserdampf) 173. (unsichtbar, Wasserdampf)
Bei anhaltender Kälte im Winter kann man beobachten, dass Schnee langsam verschwindet ohne zu schmelzen.	174. (bei anhaltender Kälte, 175) 175. (im Winter, 176) 176. (man, kann, 177) 177. (beobachten, man=176, 178) 178. (verschwinden, Schnee) 179. (178, ohne zu Schmelzen)
Der Schnee ändert dann seinen Aggregatzustand direkt von fest zu gasförmig.	180. (ändern, Schnee, Aggregatzustand) 181. (übergehen, direkt) 182. (von fest, Aggregatzustand) 183. (zum gasförmig, Aggregatzustand)
Man nennt diesen Übergang Sublimieren	184. (nennen, man, Übergang=180, Sublimieren)

Thermisches Verhalten

Text	Propositionen
Eine Brücke aus Stahl und der Eiffelturm in Paris verändern ihre Länge zwischen Winter und Sommer.	1. (verändern, Brücke, Länge) 2. (aus Stahl, Brücke) 3. (verändern, Eiffelturm, Länge) 4. (3, in Paris) 5. (1, zwischen Winter und Sommer) 6. (3, zwischen Winter und Sommer)
Die Brücke hat aus diesem Grund an bestimmten Stellen Lücken.	7. (haben, Brücke, Lücken) 8. (Adverb, 7) 9. (7, an Stellen) 10. (Stellen, bestimmte)
Der Eiffelturm dagegen hat keine Lücken.	11. (haben, Eiffelturm, Lücken) 12. (Relational, 7, 11) 13. (11, keine)
Wieso ist das so?	14. (sein, das=7=11, wieso)
Körper verändern bei Temperaturänderung ihr Volumen und damit ihre Größe.	15. (verändern, Körper, Volumen) 16. (15, bei Temperaturänderung) 17. (Konsekutiv, 15, 18) 18. (verändern, Körper, Größe)
Viele Körper dehnen sich bei steigender Temperatur aus und ziehen sich bei absinkender Temperatur zusammen.	19. (sich ausdehnen, viele Körper) 20. (14, bei Temperatur) 21. (steigender, Temperatur) 22. (Konjunktion, 19, 23) 23. (sich zusammenziehen, viele Körper) 24. (23, bei Temperatur) 25. (sinkender, Temperatur)
Dieses Phänomen wird allgemein Wärmeausdehnung genannt.	26. (genannt werden, dieses Phänomen, Wärmeausdehnung) 27. (allgemein, 26)
Je stärker die Temperatur eines Körpers steigt und je größer seine Länge ist, desto größer ist seine Wärmeausdehnung.	28. (steigen, Temperatur eines Körpers) 29. (28, stark) 30. (Konjunktion, 28, 31) 31. (sein, seine Länge, groß) 32. (Modal, 28, 31, 33) 33. (sein, Wärmeausdehnung, groß)
Der Eiffelturm ist sehr hoch und vergrößern so beim Ansteigen der Temperatur besonders seine Höhe und nur wenig seine Breite.	34. (sein, Eiffelturm, hoch) 35. (hoch, sehr) 36. (Konditional, 34, 37) 37. (vergrößern, Eiffelturm, Höhe) 38. (37, beim Ansteigen der Temperatur) 39. (38, besonders) 40. (Konjunktion, 38, 41) 41. (vergrößern, Eiffelturm, Breite) 42. (41, wenig)
Wie wichtig die Berücksichtigung der Wärmeausdehnung beim Bauen ist, zeigt das Beispiel einer Brücke aus Stahl.	43. (sein, Berücksichtigung der Wärmeausdehnung, wichtig) 44. (43, beim Bauen)

	45. (Modal, 43, 46) 46. (zeigen, Beispiel Brücke aus Stahl)
Brücken können sehr lang sein, sodass ihre Wärmeausdehnung in die Länge unbedingt beachtet werden muss	47. (können, 48) 48. (sein, Brücken, sehr lang) 49. (Konsekutiv, 48, 50) 50. (müssen, 51) 51. (beachtet werden, Wärmeausdehnung, in die Länge) 52. (51, unbedingt)
Es werden Lücken, sogenannte Dehnungsfugen, quer zur Länge der Brücke eingebaut, damit Raum für die Längenausdehnung im Sommer vorhanden ist.	53. (einbauen, Lücken, quer) 54. (53, zur Länge der Brücke) 55. (sogenannte, 53, Dehnungsfugen) 56. (Konditional, 53, 57) 57. (vorhanden sein, Raum) 58. (für Längenausdehnung, Raum) 59. (57, im Sommer)
Ohne diese Dehnungsfugen würde die Brücke aufgrund der Längenausdehnung zerstört werden.	60. (zerstören, Brücke) 61. (ohne Dehnungsfugen, Brücke) 62. (Kausalität, 60, 63) 63. (aufgrund der Längenausdehnung)
Die Brücke dehnt sich natürlich auch in die Breite aus.	64. (sich ausdehnen, Brücke) 65. (64, natürlich) 66. (64, in die Breite)
Allerdings ist die Ausdehnung hier deutlich geringer, weil fast alle Brücken eine größere Länge als Breite haben.	67. (Konditional, 64, 68) 68. (sein, Ausdehnung, gering) 69. (68, deutlich) 70. (68, hier) 71. (Kausal, 68, 73) 72. (haben, fast alle Brücken, Länge) 73. (größere, Länge) 74. (Relational, 72, 75) 75. (haben, Brücken, Breite)
Außerdem kann sich die Brücke in die Breite ganz ungehindert ausdehnen.	76. (Konjunktion, 72, 77) 77. (können, 78) 78. (sich ausdehnen, Brücke) 79. (78, in die Breite) 80. (78 ungehindert)
Der Eiffelturm dehnt sich im Sommer am stärksten in die Höhe aus.	81. (sich ausdehnen, Eiffelturm) 82. (81, im Sommer) 83. (81, in die Höhe) 84. (83, am stärksten)
Dehnungsfugen sind nicht nötig, weil der Eiffelturm sich nach oben ungehindert ausdehnen kann.	85. (nötig sein, Dehnungsfugen) 86. (85, nicht) 87. (Kausal, 85, 88) 88. (können, 89) 89. (sich ausdehnen, Eiffelturm) 90. (89, ungehindert) 91. (89, nach oben)

Viele Körper dehnen sich beim Anstieg der Temperatur in alle Richtungen aus, jedoch ist meistens nur die größte Länge des Körpers bei der thermischen Ausdehnung relevant.	92. (sich ausdehnen, viele Körper) 93. (92, in alle Richtungen) 94. (92, bei Anstieg der Temperatur) 95. (Konzessiv, 92, 96) 96. (relevant sein, Länge des Körpers, bei Ausdehnung) 97. (größte, Länge) 98. (96, meistens) 99. (98, nur) 100. (bei thermischen, Ausdehnung)
Bei Flüssigkeiten und Gasen kann die Wärmeausdehnung nicht auf eine Richtung reduziert werden, da sich das Volumen unabhängig von der Richtung ausdehnt.	101. (können, 102) 102. (reduzieren, Wärmeausdehnung, auf eine Richtung) 103. (102, bei Flüssigkeiten) 104. (102, nicht) 105. (102, bei Gasen) 106. (102, nicht) 107. (Kausal, 102, 108) 108. (sich ausdehnen, Volumen) 109. (108, unabhängig von der Richtung)
Diese Form der Wärmeausdehnung wird Volumenausdehnung genannt.	110. (genannt werden, diese Form der Wärmeausdehnung, Volumenausdehnung)
Die Volumenausdehnung ist zum Beispiel der Grund dafür, dass eine Getränkeflasche nie randvoll gefüllt und dann verschlossen werden darf.	111. (sein, Volumenausdehnung, Grund) 112. (Kausal, 111, 113) 113. (dürfen, 114) 114. (füllen, Getränkeflaschen, randvoll) 115. (114, nie) 116. (Konjunktion, 111, 117) 117. (dürfen, 118) 118. (verschließen, Getränkeflasche) 119. (118, nie)
Wäre eine Getränkeflasche bis oben hin gefüllt und verschlossen und würde sich dann erwärmen, dann würde sie aufgrund der Volumenausdehnung der Flüssigkeit platzen.	120. (gefüllt sein, eine Getränkeflasche, bis oben) 121. (sein, Getränkeflasche, geschlossen) 122. (erwärmen, Getränkeflasche) 123. (Adverb, 120, 121, 123) 124. (Konditional, 120, 121, 123, 125) 125. (platzen, Flaschen) 126. (Kausal, 125, 127) 127. (125, Volumenausdehnung)
Die Menschen nutzen die Wärmeausdehnung durch ein Thermostat am Heizkörper.	128. (nutzen, Menschen, Wärmeausdehnung) 129. (128, durch, Thermostat) 130. (128, am Heizkörper)
Bei ausreichend hoher Temperatur im Raum dehnt sich ein Stoff im Ausdehnungsgefäß des Thermostats so weit	131. (sich ausdehnen, Stoff) 132. (131, bei Temperatur) 133. (ausreichend großer, Temperatur)

aus, dass der Durchfluss an warmen Wasser gestoppt wird.	134. (131, in einem Ausdehnungsgefäß des Thermostats) 135. (Konsekutiv, 1131, 136) 136. (gestoppt werden, Durchfluss, an Wasser) 137. (warmen, Wasser)
Dadurch sinkt die Temperatur des Heizkörpers und die Temperatur im Raum wird reguliert.	138. (Konsekutiv 136, 139) 139. (sinken, Temperatur des Heizkörpers) 140. (Konjunktion, 139, 141) 141. (reguliert werden, Temperatur) 142. (141, im Raum)
Bei einer Getränkeflasche ist nicht nur die Temperaturzunahme, sondern auch die Temperaturabnahme zu beachten.	143. (beachten, Temperaturzunahme, bei Getränkeflasche) 144. (143, nur) 145. (144, nicht) 146. (Konsekutiv, 143, 147) 147. (beachten, Temperaturabnahme, bei Getränkeflasche)
Generell gilt, dass Flüssigkeiten bei niedrigerer Temperatur weniger Raum benötigen.	148. (gelten, generell, 149) 149. (benötigen, Flüssigkeiten, Raum) 150. (Raum, weniger) 151. (149, bei Temperatur) 152. (Temperatur, niedriger)
Bei Wasser ist das anders.	153. (sein, Wasser, anders) 154. (153, 148-152)
Wasser dehnt sich unterhalb von 4 °C wieder aus.	155. (sich ausdehnen, Wasser) 156. (155, unterhalb von 4 °C)
Somit ist auch das Einfrieren von Getränkeflaschen gefährlich, da alle Getränke Wasser enthalten.	157. (sein, Einfrieren, gefährlich) 158. (Kausal, 157, 159) 159. (enthalten, alle Getränke, Wasser)
Beim Einfrieren dehnt sich Wasser so stark aus, bis die Flasche platzt.	160. (sich ausdehnen, Wasser) 161. (160, beim Einfrieren) 162. (160, stark) 163. (Konzessiv, 160, 164) 164. (platzen, Flasche)
Wasser mit einer Temperatur von 4 °C dehnt sich also aus, wenn man es weiter abkühlt, aber auch, wenn man es erwärmt.	165. (sich ausdehnen, Wasser) 166. (mit einer Temperatur von 4°C, Wasser) 167. (Konditional, 165, 168) 168. (weiter abkühlen, man, es=165) 169. (Konjunktion, 168, 170) 170. (erwärmen, man, es=165)
Für die Natur hat diese Eigenschaft von Wasser große Bedeutung.	171. (haben, Eigenschaft von Wasser, Bedeutung) 172. (171, für Natur) 173. (große, Bedeutung)

Im Winter können Tiere und Pflanzen in einem See bei Lufttemperaturen von weit unter 0 °C überleben.	174. (überleben, Tiere, im See)
	175. (überleben, Pflanzen, im See)
	176. (174, 175, im Winter)
	177. (174, 175, bei Lufttemperaturen)
	178. (weit unter 0 °C, Lufttemperaturen)
Denn die Wasserschicht am Grund des Sees bietet mit Temperatur von 4 °C Schutz vor den tiefen Lufttemperaturen.	179. (bieten, Wasserschicht, Schutz)
	180. (179, am Grund des Sees)
	181. (179, mit Temperaturen von 4 °C)
	182. (179, vor den tiefen Lufttemperaturen)
Wasser kälter als 4 °C ist stärker ausgedehnt und befindet sich an der Oberfläche des Sees.	183. (ausgedehnt sein, Wasser, stärker)
	184. (kälter als 4 °C, Wasser)
	185. (Konjunktion, 183, 186)
	186. (sich befinden, Wasser)
	187. (186, an der Oberfläche)
	188. (187, des Sees)
Ein See friert von oben nach unten durch.	189. (frieren, See, von oben nach unten)
	190. (189, immer)
So kann im Winter auf dem See oben Schlittschuh gefahren werden, während gleichzeitig die untere Schicht des Sees mit 4 °C kaltem Wasser Tiere und Pflanzen Schutz davor bietet, eingefroren zu werden.	191. (können, 192)
	192. (fahren, Schlittschuh)
	193. (192, oben auf dem See)
	194. (192, im Winter)
	195. (Relational, 192, 196)
	196. (bieten, untere Sicht des Sees, Schutz)
	197. (196, für Tiere)
	198. (196, für Pflanzen)
	199. (196, mit 4 °C kaltem Wasser, untere Schicht des Sees)
	200. (196, Schutz einzufrieren)

Wärmeempfinden

Text	Propositionen
In einem Klassenzimmer stehen oft Tische und Stühle aus Holz und Stahl.	1. (stehen, Tische, im Klassenzimmer) 2. (stehen, Stühle, im Klassenzimmer) 3. (aus Holz und Metall, Tische) 4. (aus Holz und Metall, Stühle) 5. (1, 2, oft)
Ein Stuhlbein aus Stahl fühlt sich deutlich kälter an als eine Tischplatte aus Holz.	6. (sich anfühlen, Stuhlbein) 7. (aus Stahl, Stuhlbein) 8. (6, kälter) 9. (Relation, 6, 10) 10. (sich anfühlen, Tischplatte) 11. (aus Holz, Tischplatte)
Tatsächlich haben alle Körper im Klassenzimmer die gleiche Temperatur, also auch das Holz und der Stahl.	12. (Adverb, 13) 13. (haben, alle Körper, Temperatur) 14. (haben, Holz, Temperatur) 15. (haben, Stahl, Temperatur) 16. (gleiche, Temperatur, 13, 14, 15)
Sie werden aber vom menschlichen Körper als unterschiedlich warm wahrgenommen.	17. (wahrgenommen, sie=14, unterschiedlich warm) 18. (17, von menschlichem Körper)
Wie kann man das erklären?	19. (können, 20) 20. (erklären, 12-18, man)
Menschen nehmen Körper als kalt, warm oder heiß wahr	21. (wahrnehmen, Menschen, Körper) 22. (21, kalt) 23. (21, warm) 24. (21, heiß) 25. (Konjunktion, 22, 23, 24)
Bei Körpern, die ungefähr so warm sind wie unser Körper, können sehr feine Unterschiede wahrgenommen werden.	26. (können, 27) 27. (wahrnehmen, Unterschiede) 28. (sehr feine, Unterschiede) 29. (Relativ, 26, 30) 30. (sein, Körper, warm) 31. (ungefähr wie unser Körper, warm)
In der menschlichen Haut befinden sich Sinneszellen für das Wärmeempfinden.	32. (sich befinden, Sinneszellen) 33. (32, in der menschlichen Haut) 34. (32, für das Wärmeempfinden)
Wenn man einen Körper berührt, geben die Sinneszellen die Information an das Gehirn weiter, ob der Körper wärmer oder kälter als die eigene Körpertemperatur ist.	35. (berühren, man, Körper) 36. (Konditional, 35, 37) 37. (weitergeben, Sinneszellen, Information) 38. (36, an das Gehirn) 39. (sein, Körper, wärmer) 40. (Konjunktion+Subjunktion, 39, 41) 41. (sein, Körpern, kälter) 42. (Relation, 39, 41, 43) 43. (sein, eigene Körpertemperatur)

Mit einem Thermometer dagegen kann man die Temperatur eines Körpers als genauen Zahlenwert bestimmen.	44. (Adversativ, 45) 45. (kann, man, 46) 46. (bestimmen, Temperatur eines Körpers, als Zahlenwert) 47. (genau, Zahlenwert)
Wenn Körper ihre Temperatur ändern, erfolgt dies durch die Übertragung von Wärme.	48. (ändern, Körper, Temperatur) 49. (Konditional, 48, 50) 50. (erfolgen, diese=48, durch Übertragung von Wärme)
Für das Wärmeempfinden des Menschen ist die übertragene Wärme entscheidend.	51. (entscheidend sein, Wärme, für Wärmeempfinden des Menschen) 52. (übertragene, Wärme)
Um das Wärmeempfinden und den Zusammenhang zur übertragenen Wärme zu erklären, hilft das Beispiel mit der Tischplatte aus Holz und den Stuhlbeinen aus Stahl.	53. (erklären, Wärmeempfinden) 54. (erklären, Zusammenhang zu Wärme) 55. (übertragene, Wärme) 56. (Final, 53, 57) 57. (helfen, Beispiel, Tischplatte aus Holz) 58. (helfen, Beispiel, Stuhlbeinen aus Stahl)
In einem Klassenzimmer bei Raumtemperatur von ca. 20 °C stehen die beschriebenen Tische und Stühle.	59. (stehen, Stühle, in Klassenzimmer) 60. (beschriebene, Stühle) 61. (stehen, Tische, in Klassenzimmer) 62. (beschriebene, Tische) 63. (59, 61, bei Raumtemperatur von 20 °C)
Obwohl Holz und Stahl die gleiche Temperatur haben, ist das Wärmeempfinden beim Berühren unterschiedlich.	64. (Konzessiv, 65, 67) 65. (haben, Holz, die gleiche Temperatur) 66. (haben, Stahl, die gleiche Temperatur) 67. (sein, Wärmeempfinden, unterschiedlich) 68. (67, beim Berühren)
Bei Kontakt mit der Haut des menschlichen Körpers erwärmen sich Holz und Stahl beide, da unsere Körpertemperatur über der Raumtemperatur liegt.	69. (sich erwärmen, Holz) 70. (sich erwärmen, Stahl) 71. (69, 70, bei Kontakt mit Haut) 72. (des menschlichen Körpers, Haut) 73. (Kausal, 69, 70, 74) 74. (liegen, Körpertemperatur, über Raumtemperatur)
Gleichzeitig verringert sich die Temperatur der Berührungsstelle an der Haut.	75. (sich verringern, Temperatur) 76. (75, der Berührungsstelle an der Haut) 77. (75, gleichzeitig)
Die Stelle der Haut, die ein Stuhlbein aus Stahl berührt, kühlt stärker ab, als wenn die Tischplatte aus Holz berührt würde.	78. (abkühlen, Stelle der Haut, stark) 79. (berühren, Stuhlbein, Stelle der Haut) 80. (Relation, 78, 81) 81. (berühren, Tischplatte aus Holz)
Stahl kann nämlich Wärme sehr gut leiten.	82. (können, 83) 83. (leiten, Stahl, Wärme) 84. (83, sehr gut)

B. Erhebungs- und Auswertungsmaterial der Hauptstudie

Das Stuhlbein aus Stahl fühlt sich also kalt an, weil es Wärme aus der Haut gut leiten kann.	85. (sich anfühlen, Stuhlbein aus Stahl) 86. (85, kalt) 87. (Kausal, 85, 88) 88. (können, 89) 89. (leiten, Wärme, aus der Haut) 90. (89, gut)
Das Holz dagegen fühlt sich warm an, weil Holz Wärme nicht gut weiterleitet	91. (Relation, 85, 92) 92. (sich anfühlen, Holz) 93. (92, warm) 94. (Kausal, 92, 95) 95. (weiterleiten, Holz, Wärme) 96. (95, gut) 97. (96, nicht)
Die Berührungsstelle an der Haut kühlt sich bei Holz im Vergleich zum Stahl deutlich weniger ab.	98. (sich abkühlen, Berührungsstelle an der Haut) 99. (98, bei Holz) 100. (98, weniger) 101. (Relation, 98, 102) 102. (sich abkühlen, Berührungsstelle an der Haut) 103. (99, bei Stahl)
Wie gut ein Stoff Wärme leiten kann, wird durch seine Wärmeleitfähigkeit beschrieben.	104. (können, 105) 105. (leiten, Wärme, gut) 106. (konditional, 105, 107) 107. (beschrieben werden, 105, durch Wärmeleitfähigkeit)
Stahl hat eine hohe Wärmeleitfähigkeit, weil er Wärme gut weiterleitet.	108. (haben, Stahl, Wärmeleitfähigkeit) 109. (hohe, Wärmeleitfähigkeit) 110. (Kausal, 108, 111) 111. (weiterleiten, es, Wärme) 112. (111, gut)
Holz dagegen hat eine geringe Wärmeleitfähigkeit, weil es Wärme schlecht weiterleitet.	113. (Adversativ, 108, 114) 114. (haben, Holz, Wärmeleitfähigkeit) 115. (geringe, Wärmeleitfähigkeit) 116. (Kausal, 114, 117) 117. (weiterleiten, es, Wärme) 118. (117, schlecht)
Das Wärmeempfinden des Menschen funktioniert also nicht wie ein Thermometer, sondern signalisiert dem Körper, wo und wie schnell Wärme aufgenommen oder abgegeben wird.	119. (funktionieren, Wärmeempfinden des Menschen, wie Thermometer) 120. (119, nicht) 121. (Konzessiv, 119, 122) 122. (signalisieren, Körper, 123) 123. (aufnehmen, Wärme, wo und wie schnell) 124. (abgeben, Wärme, wo und wie schnell)

B. Erhebungs- und Auswertungsmaterial der Hauptstudie

Für die Temperaturänderung von Körpern ist jedoch auch die Menge an übertragener Wärme bedeutsam.	125. (bedeutsam sein, übertragene Wärme, für Temperaturänderung) 126. (von Körpern, Temperaturänderung) 127. (Menge, übertragene Wärme)
Die sogenannte Wärmekapazität des Körpers gibt an, wie viel Wärme dem Körper zugeführt werden muss, damit seine Temperatur um 1 °C steigt.	128. (angeben, Wärmekapazität des Körpers, 129) 129. (zuführen, Wärme, dem Körper) 130. (129, wie viel) 131. (Konditional, 129, 132) 132. (steigen, Temperatur, um 1 °C) 133. (seine=Körper, Temperatur)
Je höher die Wärmekapazität eines Körpers ist, desto mehr Wärme muss dieser zum Ändern der Temperatur aufnehmen.	134. (sein, Wärmekapazität eins Körpers, hoch) 135. (Konditional, 134, 136) 136. (aufnehmen, dieser=134, Wärme) 137. (136, zum Ändern der Temperatur)
Wie stark sich die Temperatur eines Körpers beim Übertragen einer bestimmten Menge Wärme ändert, hängt von dessen Masse und dem Stoff ab, aus dem der Körper besteht.	138. (sich ändern, Temperatur eines Körpers) 139. (138, wie stark) 140. (Konditional, 138, 141) 141. (abhängen von, 138, Masse des Körpers) 142. (abhängen von, 138, 143) 143. (bestehen aus, Körper, Stoff)
Dies erläutert folgendes Beispiel:	144. (erläutern, dies, Beispiel) 145. (folgend, Beispiel)
Wenn man Wasser in einem Topf auf einem Herd von 20 °C auf 100 °C erwärmen möchte, dann benötigt man für 2kg Wasser im Vergleich zu 1kg Wasser genau die doppelte Menge an Wärme.	146. (mögen, man, 147) 147. (erwärmen, Wasser, von 20 °C auf 100 °C) 148. (147, in Topf) 149. (148, auf Herd) 150. (Konditional, 147, 151) 151. (benötigen, man, Wärme) 152. (für 2 kg Wasser, Wärme) 153. (doppelte Menge, Wärme) 154. (Relation, 153, 155) 155. (für 1 kg Wasser, Wärme)
Es gilt also:	156. (gelten, es) 157. (Konsekutiv, 146-155, 156)
Je größer die Masse des Körpers ist, desto höher ist dessen Wärmekapazität.	158. (sein, Masse des Körpers, groß) 159. (Konditional, 158, 160) 160. (sein, Wärmekapazität, hoch)
Die Wärmekapazität hängt aber auch von dem Stoff ab, aus dem er besteht.	161. (abhängen, Wärmekapazität, von Stoff)
Wenn man zum Beispiel 1kg Petroleum-Öl und 1 kg Wasser von 20°C auf 100°C erwärmen möchte, dann benötigt man dazu	162. (bestehen aus, er=161, dem=161) 163. (möge, man, 164, 165) 164. (erwärmen, 1kg Wasser, von 20 °C auf 100 °C)

B. Erhebungs- und Auswertungsmaterial der Hauptstudie

für Wasser mehr als doppelt soviel Wärme, weil es eine höhere spezifische Wärmekapazität hat.	165. (erwärmen, 1kg Petroleum-Öl, von 20 °C auf 100 °C) 166. (Konditional, 163, 167) 167. (benötigen, man, Wärme) 168. (Relation, 164, 169) 169. (168, doppelt Wärme, für Wasser) 170. (Kausal, 167, 171) 171. (haben, es=169, Wärmekapazität) 172. (Wärmekapazität, spezifische) 173. (Wärmekapazität, höhere)
Um diese Eigenschaft unterschiedlicher Stoffe zu beschreiben, gibt es den Ausdruck der spezifischen Wärmekapazität.	174. (beschreiben, diese Eigenschaft unterschiedlicher Stoffe, 175) 175. (geben, es, Ausdruck) 176. (175, spezifische Wärmekapazität)
Die spezifische Wärmekapazität beschreibt die Menge an Wärme, die nötig ist, um einen Körper, der aus diesem spezifischem Stoff besteht und die Masse 1 kg besitzt, um 1 °C zu erwärmen.	177. (beschreiben, Wärmekapazität, 179) 178. (Wärmekapazität, spezifische) 179. (nötige sein, Menge an Wärme,) 180. (Relativ, 179, 181) 181. (erwärmen, Körper, um 1 °C) 182. (bestehen aus, Körper, Stoff) 183. (182, diesen Stoff) 184. (besitzen, Körper, Masse 1 kg)

Abbildung B.3.: Formulierungsleitfaden: Präzisierung der Operationalisierung des sprachlichen Anforderungsniveaus nach Heine et al. (2018).

Formulierungsleitfaden

Als Grundlage für die Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus dienen die Textgrundlage samt zugehöriger propositionalen Auflistung der Inhalte. Grundsätzlich wird sich an die von Heine et al. (2018) präsentierten Operationalisierung gehalten. Die hier aufgeführten Präzisierungen dienen der genauen und konstanten Umsetzung der Operationalisierungen über die drei Inhalte hinweg.

Umsetzung des Sprachmodells

- Satz für Satz Inhalte bzw. Propositionen samt Verbindungen notieren und an das jeweilige Niveau des Sprachmodells mithilfe der Regeln anpassen.
- Ausgewählte Fachbegriffe und fachsprachliche Kollokationen über die sprachlichen Niveaus hinweg konstant halten. (s.u.)
- Für alle Wortarten mithilfe des Leipziger Wortschatzes Synonyme im jeweils geforderten Frequenzbereich finden.

Weiterführende Richtlinien zur Umsetzung nach Sprachniveaus sortiert

- Niveau 1:
 - Inhalte auf mehrere Sätze aufteilen, ggf. Rekurrenz einbauen, um explizite Bezüge klar zu machen.
 - Reihenfolge an Thema-Rhema-Struktur angelehnt.
 - Negationen vermeiden.
 - Direkte Ansprache der Leserin durch „Du“ (Abstraktheit Niveau 1). „Du kannst dir merken“.
- Niveau 2:
 - Reihenfolge ebenso an Thema-Rhema-Struktur angelehnt.
 - Thema-Rhema im Vergleich zu Niveau 1 teilweise verschoben, wenn aus mehreren Hauptsätzen Hauptsatz-Nebensatz-Konstruktionen werden.
 - Indirekte Ansprache der Leserin durch „man“ (Abstraktheit Niveau 2).
- Niveau 3:
 - Inhalte mehrerer Sätze in einen Satz mit (mehreren) Nebensatzkonstruktionen zusammenfassen.
 - Reihenfolge (Thema-Rhema) teilweise durch Trennung von zusammenhängenden Inhalten über einen gesamten Satz hinweg verändert. (Insbesondere bei langen Verbkammern)
 - Verbkammern mit langen, komplexen eingeschobenen Nebensätzen nutzen.
 - Einschübe mit Gedankenstrichen erlaubt.
 - Passivkonstruktionen anstelle von Ansprache der Leserin: „Es kann sich gemerkt werden“.

Ausgewählte Fachbegriffe und fachsprachliche Kollokationen die über die sprachlichen Niveaus konstant sind:

- Konstanter Fachwortschatz im Text Teilchenmodell und Aggregatzustände
 - Aggregatzustände, fest, flüssig, gasförmig, Eis, Wasser, Wasserdampf, Wassertropfen, Eiskristall, Schneeflocke
 - Übergänge, Erstarren, Schmelzen, Kondensieren, Verdampfen, Resublimieren, Sublimieren
 - Eigenschaften, Ordnung, Temperatur, Anziehung, Teilchen ziehen sich an, Teilchenmodell, Teilchen, Staubteilchen, Trilliarde, Naturwissenschaften
- Konstanter Fachwortschatz im Text Thermisches Verhalten

- Lücken, Dehnungsfugen, Raum, Körpern, Volumen, Größe, Richtung
- Temperatur, Temperaturänderung, steigende Temperatur, Ausdehnung, Wärmeausdehnung, Längenausdehnung, Volumenausdehnung, Oberfläche
- Flüssigkeit, Gas, Getränk, Getränkeflasche, Heizkörper, Thermostat, einfrieren, Schlittschuh laufen
- Konstanter Fachwortschatz im Text Wärmeempfinden
 - Synonyme Verwendung: Hände auflegen, anfassen, spüren (Niveau 1) und berühren, Berührung (Niveau 2&3)
 - Synonyme Verwendung: (über)geben und nehmen von Wärme (Niveau 1), weiterleiten von Wärme (Niveau 2&3)
 - Körper, Temperatur, Raumtemperatur, Thermometer, Wärme, Masse, Stoff, Wärmeempfinden, Übertragung von Wärme, Wärme leiten, Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität, spezifisch Wärmekapazität
 - Stuhlbein, Tischplatte, Petroleum-Öl

Abweichungen vom Sprachmodell

- Kasus:
 - Dativ auf Niveau 1, wenn dies nicht zu vermeiden ist bzw. der Akkusativ eine nicht vertretbare Inhaltsverschiebung erzeugen würde.
 - Genitiv auf Niveau 1 und 2, wenn dieser nicht zu vermeiden ist.
- Für Niveau 1:
 - Gegensätze mit „aber“ erlaubt.
 - Anthropomorphismen erlaubt.
 - Umgehung des Konjunktivs durch „Stell dir vor:“.
 - Verallgemeinerungen mit „Du kannst dir merken:“.
 - Bedingungsverhältnisse mit „Wenn,... dann..“-Konstruktionen erlaubt.
 - Veranlassungs- und Fortsetzungsverhältnisse durch „dann“-Konstruktionen erlaubt.
- Für Niveau 3
 - Thema-Rhema und grundsätzlich Struktur wird ggf. verändert, um komplexere Satzbaustrukturen mit impliziten Wiederaufnahmen und Ellipsen zu erzeugen.

Inhaltliche Überprüfung

- Propositionen bzw. Inhalt samt Verbindungen Satz für Satz in den drei Sprachniveaus nach Anwendung des Sprachmodells vergleichen und ggf. anpassen.
- Expertendiskussion durch Fachdidaktiker:innen
 - Vergleich der Inhalte und Verknüpfungen der Inhalte der sprachlichen Varianten Satz für Satz bzw. Proposition für Proposition.
 - Thema-Rhema Reihenfolge (möglichst) gleichbleibend.
 - Abweichungen in den beiden höheren Sprachniveaus möglich. Wenn z.B. bei passiv Konstruktion, implizierter Wiederaufnahme oder Ellipsen der Akteur zunächst unbekannt bleibt. Es wird aber kein weiteres Vorwissen in höheren sprachlichen Niveaus benötigt.
 - Nur auf hierarchieniedrigen Ebenen wird sprachlich variiert, Vorwissen oder Inferenzen sollen dabei konstant bleiben.
 - Einzelfallaabwägung zwischen Einhaltung der Richtlinien eines Sprachniveau und fachlicher Korrektheit (Sachgerechtigkeit). Vor allem bei sprachlichen Dubletten (Alltagssprachliches vs. Physikalisches Konzept) wird hier in der Gruppe der Expert:innen entschieden.

B.2. Quantifizierung der Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus

Im folgenden findet sich das Kodiermanual für die modellinterne Quantifizierung der sprachlichen Oberflächenmerkmale, die tabellarische Übersicht über die absoluten Vorkommenshäufigkeiten der sprachlichen Oberflächenmerkmale der modellinternen Quantifizierung für separate Texte und die tabellarische Übersicht der zur Berechnung der modellexternen Quantifizierung benötigten Werte für separate Texte.

Abbildung B.4.: Kodiermanual: Modellinterne Quantifizierung der sprachlichen Oberflächenmerkmale.

Kodier-Manual

- Jedes Segment darf kodiert werden.
- Zusammenhängende Kodierungen über mehrere Segmente werden durch separate Kodierung kodiert.
- Ein Segment kann durch mehrere Kodierungen bestimmt sein.
- Es wird immer nur die Hierarchie niedrigste Kategorie verwendet.
- Kodierungen der Anrede, des Kasus und der Frequenz betreffen immer nur das jeweilige Wort.
- Bei Verben wird nur das Verb bzw. nur das jeweilige Stammverb kodiert.
- Bei Satzgefüge wird der jeweilige Satz vollständig kodiert.
- Überschriften werden nicht kodiert.

Titel	Definition	Abgrenzung zu anderen Kategorien	Ankerbeispiel
1. Flexion			
1.1 Imperativ	Der Imperativ ist ein Modus des Verbs und stellt eine Abweichung vom Indikativ dar, welcher für allgemeine Aussagen genutzt wird. Der Imperativ dient dagegen hauptsächlich dazu Aufforderungen, Befehle, Ratschläge oder Einladungen zu formulieren und gilt somit nur für die zweite grammatische Person. Die Bildung erfolgt meist in der zweiten grammatischen Person, ohne Personalpronomen. Gebildet wird der Imperativ durch den Präsensstamm eines Verbs und teilweise durch die Endung -e. Kodiert wird der gesamte Satz, der im Imperativ steht.	In Abgrenzung zum Indikativ wird keine Aussage formuliert, sondern eine Aufforderung. Fragestellungen werden durch die Kategorie direkte und indirekte Frage kodiert und zählen nicht zum Imperativ. Der Indikativ erhält keine Kodierung, da dieser als Grundform angenommen wird.	„Stell dir vor,...“

1.2 Konjunktiv	Der Konjunktiv stellt ebenso eine Abweichung vom Indikativ dar. Er wird bei indirekter Rede, aber auch bei Formulierungen von Wünschen und Anforderungen genutzt. Zudem wird der Konjunktiv zur Beschreibung von Nichtwirklichkeiten/Irrrealen eingesetzt, z.B. bei Vorstellungen und Vergleichen. So werden unmögliche und unwahrscheinliche Vorstellungen, Wünsche und Möglichkeiten durch den Konjunktiv beschrieben. Gebildet wird der Konjunktiv meist durch den Infinitiv -(e)n und teilweise durch das Einfügen von -t-, wie beim Präteritum. Kodiert wird der gesamte Satz, der im Konjunktiv steht.	Die Unterscheidung zwischen Konjunktiv I und II ist für diese Erhebung irrelevant. Der Indikativ erhält keine Kodierung, da dieser als Grundform angenommen wird.	Nach diesem Modell stellt man sich vor, dass <u>alle Stoffe aus sehr kleinen Teilchen bestehen.</u>
1.3 Passiv	Ein Satz steht im Passiv, wenn mit Personen oder Objektes etwas passiert und das Objekt der Aktivsatzes zum Subjekt im Passivsatz wird. Bei Passivkonstruktionen ist der Handlungsträger selbst unbekannt. Gebildet wird das Passiv mit einer Form von „werden“ sowie des Partizip II des Verbs. Wohingegen das Aktiv als Gegenpol keine eigenständige Markierung hat, sondern als Abwesenheit einer Passivmarkierung gilt. Kodiert wird der gesamte Satz, der im Passiv steht.	Das Aktiv erhält keine Kodierung, da dieses als Grundform angenommen wird.	<u>Der Aggregatzustandswechsel, der beim Absinken der Temperatur unter 0 °C stattfindet und dabei flüssiges Wasser in festes Eis übergehen lässt, wird als Erstarren bezeichnet.</u>

2. Satzgefüge			
2.1 Hauptsätze	Ein allein oder als übergeordneter Satz in einem Satzgefüge stehender selbstständiger Satz, bestehend aus mindestens einem Subjekt und einem Verb. Die Grundform eines Hauptsatzes besteht aus Subjekt, Prädikat und Objekt in der genannten Reihenfolge. Das Verb steht hier meist an zweiter Stelle und kann ansonsten auch an erster Stelle im Satz stehen. Kodiert wird der gesamte Satz.	Ein Nebensatz ist am finiten Verb am Ende eines Satzes zu erkennen und wird durch die entsprechende Kategorie kodiert.	Wenn die Temperatur eine bestimmte Höhe erreicht, <u>dann ändert sich der Aggregatzustand.</u>
2.2 Nebensätze	Ein Nebensatz steht nie allein und bezieht sich auf einen Hauptsatz, indem er z.B. Sachverhalte des Hauptsatzes genauer erklärt. Ein Nebensatz allein ergibt keinen Sinn. In Nebensätzen stehen die konjugierten Verben am Schluss. Kodiert wird der gesamte Nebensatz. Beziehen sich mehrere Nebensätze auf einen Hauptsatz, werden die Nebensätze einzeln kodiert.	Ein Komma ist kein eindeutiger Hinweis für einen Nebensatz, da auch zwei oder mehrere vollständige Hauptsätze aneinander gereiht vorkommen. In dem Fall sind die Sätze als Hauptsätze zu kodieren.	Wenn die Temperatur eine bestimmte Höhe erreicht, <u>dann ändert sich der Aggregatzustand.</u> Als Bezeichnung der verschiedenen Teilchenordnungen, <u>Aggregatzustände genannt</u> , haben sich fest, flüssig und gasförmig durchgesetzt.
2.3 Einschübe	Einschübe sind Teile einer Äußerung, die innerhalb eines Satzes vorkommen, aber nicht in dessen syntaktische Struktur integriert sind. Einschübe können einzelne Wörter oder ganze (Neben-)Sätze sein. Für diese Arbeit gelten nur unvollständige Sätze als Einschübe. Einschübe sind durch Gedankenstriche,	In dem Fall, dass ein Einschub einen vollständigen Haupt- oder Nebensatz darstellt, ist dies nur durch eine Kodierung als Haupt- bzw. Nebensatz kenntlich zu machen. Sonstige Einschübe werden nur als Einschub kodiert.	<u>Einige Beispiele:</u>

	Klammern oder Kommas umschlossen. Kodiert wird der vollständige Einschub.		
3. Fragen			
3.1 Direkte Fragen	Eine Frage, die im Hauptsatz gestellt wird und somit ein eigenständiger Satz ist. Sie werden durch „“ und einem Fragezeichen am Ende gekennzeichnet. Kodiert wird die vollständige Frage.	Eine direkte Frage wird gleichzeitig auch als Hauptsatz kodiert.	<u>Wie kann das sein?</u>
3.2 Indirekte Fragen	Eine Frage, die im Nebensatz gestellt wird und somit kein selbständiger Satz ist. Sie ergeben also ohne Hauptsatz keinen Sinn und sind zudem nicht durch ein Fragezeichen am Ende gekennzeichnet. Sie werden durch die Subjunktion „ob“ oder durch Fragepronomen/-adverbien eingeleitet. Kodiert wird der vollständige Nebensatz.	Eine indirekte Frage wird gleichzeitig auch als Nebensatz kodiert.	Nun stellt sich die Frage, <u>wie dies zu erklären ist.</u>
4. Anreden			
4.1 Direkte Anrede	Die direkte Anrede erfolgt in den zu kodierenden Texten nur durch die pronominale Anredeform mit Du, Sie, Ihr, Wir usw. Erkennbar ist die direkte Rede also durch die direkte Ansprache des_r Rezipienten. Kodiert wird nur das Wort der direkten Anrede.	Indirekte Anreden sind durch die entsprechende Kategorie zu kodieren.	<u>Du</u> kannst <u>dir</u> merken:
4.2 Indirekte Anrede	Die indirekte Anrede erfolgt in den zu kodierenden Texten nur durch die pronominale Anredeform mit man, jemand usw. Kodiert wird nur das Wort der indirekten Anrede.	Direkte Anreden sind durch die entsprechende Kategorie zu kodieren.	<u>Man</u> kann mit festem Eis Getränke kühlen, Schnee im Winter beobachten, flüssiges Wasser trinken und beim Kochen Dampf sehen.
5. Kasus			

5.1 Nominativ	Der Nominativ gilt der Kennzeichnung des Subjekts im Satz. Man fragt nach dem Nominativ mit „Wer oder Was?“. Kodiert wird nur das Wort im Nominativ, nachdem gefragt wird.	Auch im Passiv gibt es einen Nominativ, der dementsprechend zu kodieren ist. In einem Satz können auch zwei oder mehrere Nominative vorkommen.	Wasser ist fest, flüssig oder gasförmig. <u>Wasser</u> ist ein <u>Stoff</u> .
5.2 Genitiv	Der Genitiv dient dazu Zugehörigkeiten anzuzeigen. Weiter steht der Genitiv auch nach einigen Adjektiven, Präpositionen sowie Verben. Man fragt nach dem Genitiv mit „Wessen?“. Kodiert wird nur das Wort im Genitiv, nachdem gefragt wird.		Das flüssige Wasser kommt aus dem gasförmigen Wasserdampf der <u>Luft</u> .
5.3 Dativ	Der Dativ wird nach bestimmten Präpositionen und Verben gebraucht und dient in einem Satz z.B. dazu anzugeben, wem etwas gegeben wurde. Man fragt nach dem Dativ mit „Wem?“. Kodiert wird nur das Wort im Dativ, nachdem gefragt wird. Zeitangaben mit Präposition (am Montag, um 12) stehen im Dativ (Frage Wann?). Ortsangaben mit der Frage „Wo? Wohin?“ stehen im Dativ.	Zeitangaben stehen ohne Präposition stehen im Akkusativ (diesen Montag, jetzt). Zeiträume ohne Anfangs- und Endpunkt stehen im Akkusativ. Zeiträume mit Anfangs- und Endpunkt stehen im Akkusativ und Dativ. (von +Dativ, bis +Akkusativ, seit +Dativ, ab +Dativ, bis +Akkusativ, bis zu(m) +Dativ) Ortsangaben mit der Frage „Wohin?“ stehen im Akkusativ.	Stoffe sind bei niedrigen Temperaturen meistens im festen Aggregatzustand. Der Übergang vom <u>flüssigem</u> zum <u>festen Aggregatzustand</u> heißt Erstarren. (2 Kodierungen, weil es eine verkürzte Form ist „...vom flüssigem [Aggregatzustand] zum festen Aggregatzustand...“)
5.4 Akkusativ	Der Akkusativ wird nach bestimmten Präpositionen und Verben gebraucht und dient häufig zur Markierung des direkten Objekts. Man fragt nach dem Akkusativ mit „Wen oder Was?“. Kodiert wird nur das Wort im Akkusativ, nachdem gefragt wird.	Zeitangaben mit Präposition stehen im Dativ (am Montag, um 12). Zeiträume ohne Anfangs- und Endpunkt stehen im Akkusativ. Zeiträume mit Anfangs- und Endpunkt stehen im Akkusativ und Dativ. (von +Dativ, bis +Akkusativ, seit +Dativ, ab	Das Wasser hat in diesen Beispielen immer andere <u>Eigenschaften</u> , aber alles ist der gleiche Stoff.

	Zeitangaben ohne Präposition (diesen Montag, jetzt) stehen im Akkusativ (Frage Wann?). Zeiträume ohne Anfangs- und Endpunkt stehen im Akkusativ. Ortangaben mit der Frage „Wohin?“ stehen im Akkusativ.	+Dativ, bis +Akkusativ, bis zu(m) +Dativ) Ortsangaben mit der Frage „Wo? Woher? Von wo?“ stehen im Dativ.
6. Verben		
6.1 Partikel (getrennt, Verbklammer)	Partikelverben bestehen aus einem Stammverb und einem Präfix (ab-, an-, auf-, aus-, bei-, dar-, ein-, los-, mit-, nach-, her-, hin-, vor-, weg-, zu-, zurück-, zusammen-, vor- etc.). Bei einem getrennten Partikelverb steht das Stammverb getrennt vom Präfix und umklammert den Satz (Verbklammer). Kodiert wird nur das Stammverb.	Hier werden nur getrennte Partikelverben kodiert. Partikelverben die im Satz als zusammengesetztes Verb auftreten, werden durch Partikel (nicht getrennt) kodiert.
6.2 Partikel (nicht getrennt)	Partikelverben bestehen aus einem Stammverb und einem Präfix (ab-, an-, auf-, aus-, bei-, dar-, ein-, los-, mit-, nach-, her-, hin-, vor-, weg-, zu-, zurück-, zusammen-, vor- etc.). Diese Kategorie betrifft nur zusammengesetzte Partikelverben. Kodiert wird hier das ganze Verb bestehend aus Stammverb und Präfix.	Hier werden nur zusammengesetzte Partikelverben kodiert. Getrennte Partikelverben werden durch Partikel (getrennt, Verbklammer) kodiert.
6.3 Präfix-Verben (nicht trennbar)	Im Gegensatz zu Partikelverben bestehen Präfix-Verben aus einem Stammverb und einem nicht abzutrennenden Präfix. Die möglichen Präfixe lauten	Schnee befindet sich ebenso in diesem Aggregatzustand, da er sich aus kleinen festen Eiskristallen <u>zusammensetzt</u> . Bei einer höheren Temperatur <u>bewegen sich</u> die Teilchen schneller.

be-, emp-, ent-, er-, ge-, hinter-, mis-, ver-, und zer-	Bsp.: Er fährt das Schild um. Er umfährt das Schild.	Der Übergang vom flüssigen zum festen Aggregatzustand heißt <u>Erstarren</u> .
6.4 Nominalisierungen	Nominalisierungen beschreibt die Bildung von Substantiven aus einer anderen Wortart, vor allem Verben und Adjektive. Erkennbar ist eine Nominalisierung also an der Großschreibung, obwohl dies kein Nomen ist. Kodiert wird hier nur die Nominalisierung. Zur Abgrenzung: Die Bewegung (Substantiv) und das Bewegen (Nominalisierung). Die Ordnung von Teilchen (Substantiv). Das Ordnen von Teilchen (Nominalisierung).	

B.3. Erhebungsmaterial der Hauptstudie

Im folgenden findet sich das Erhebungsmanual sowie die Sachtexte und Items des fachlichen Textverstehenstests der Hauptstudie. Zur Steigerung der Übersichtlichkeit sind die Sachtexte nach Inhalt und steigendem sprachlichen Anforderungsniveau sortiert. In den Informationsheften der Hauptehebung wird das sprachliche Anforderungsniveau durch das beschriebene Rotationsdesign rotiert. Die Items des fachlichen Textverstehenstests werden hier folgend nach den Sachtexten sortiert präsentiert. In den zwei Aufgabenheften der Hauptehebung wird die Reihenfolge der Items rotiert, um die Möglichkeit des Abschreibens während der Erhebung zu verringern.

Abbildung B.5.: Erhebungsmanual: Hauptstudie.



Universität Hamburg
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

FAKULTÄT
FÜR ERZIEHUNGSWISSENSCHAFT

Erhebungsmanual

Vorbereitung der Erhebung:

- Die Schüler_innen können in der **regulären Sitzordnung** sitzen bleiben.
- Die Schüler_innen sollen den Tisch bis auf ihre Federtasche leerräumen.
- Die Testleitung verteilt das Schülermaterial verdeckt (Informations- **und** ein Aufgabenheft).
- Die Informations- und Aufgabenhefte sind für die Erhebung vorsortiert, sodass Nachbarn jeweils abwechselnd Aufgabenhefte I und II erhalten. (Wichtig wegen Abschreiben!)

Information an die Schüler_innen vor der Erhebung (*laut vorlesen*):

Lasst die Hefte bitte erst noch umgedreht liegen. Ich möchte euch nochmal über die Studie informieren. Mit dieser Studie wollen wir herausfinden, wie Schulbuchtexte für den Physikunterricht verständlicher geschrieben werden können. Eure Teilnahme an dieser Studie ermöglicht es neue Erkenntnisse zu erlangen, die dann zum Schreiben neuer Schulbücher dienen. Deswegen gebt euch beim Bearbeiten bitte Mühe. Eure Ergebnisse haben keinen Einfluss auf eure Schulnote und die Bearbeitung ist komplett anonym. Weder ich, noch eure Lehrkraft können hinterher bestimmte Ergebnisse einzelnen Schüler_innen zuordnen. Einige Aufgaben werden euch leicht vorkommen, andere dagegen schwierig. Das ist ganz normal. Versucht auch bei den schwierigen Aufgaben eine Antwort zu finden. Wenn ihr bei einer schwierigen Aufgabe nicht weiterkommt, geht zur nächsten Aufgabe weiter. Abschreiben könnt ihr nicht, da eure Nachbarn einen anderen Test haben.

Jetzt dürft ihr die Blätter vor euch umdrehen. Ihr habt vor euch jeweils ein Informations- und Aufgabenheft liegen. Kontrolliert bitte, dass auf dem Aufgabenheft oben rechts der Buchstabe eures Informationshefts eingetragen ist.

(kurz abwarten, bis alle Schüler_innen kontrolliert haben)

Ich lese euch jetzt die Ausfüllhinweise auf dem Aufgabenheft vor und ihr lest bitte leise mit.

(Ausfüllhinweise des Aufgabenhefts laut vorlesen und Fragebogen-Code erstellen lassen)

Immer wenn das Stopp-Zeichen kommt, wartet und legt bitte das Informationsheft auf Aufgabenheft. Ich gebe euch dann Bescheid, wenn ihr weiter machen sollt. *(bitte ggf. später kontrollieren)*

Habt ihr Fragen?

(kurz abwarten, ob Fragen kommen und ggf. Antworten)

(bitte wenden)

Seite 1/2

Tabelle B.1.: Linguistische Oberflächenmerkmale: Mittlere Häufigkeiten, sprachliche Anforderungsniveaus und Ziele des Modells jedes Sachtexts.

Sprachliche Merkmale	Merkmale	Teilchenmodell & Aggregat- zustände			Thermisches Verhalten			Wärme- empfinden		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
Sprachniveau										
Frequenz	Mittelwerte	4,72	5,21	6,57	5,58	5,89	6,72	5,64	5,84	6,48
Wörter	Anzahl Wörter	502	508	512	625	577	514	642	605	568
	Anzahl Sätze	58	38	26	71	38	24	73	41	24
Verben	Partikel (getrennt)	5	4	5	11	5	4	8	6	3
	Partikel (nicht getrennt)	0	4	14	2	3	5	1	10	13
	Präfix-Verben (nicht trennbar)	9	22	22	3	32	13	4	31	23
	Nominalisierungen	6	9	10	1	5	13	0	6	5
Satzgefüge	Hauptsatz	61	43	26	74	40	27	74	40	26
	Nebensatz	6	13	23	15	23	18	14	34	26
	Einschübe	1	1	6	1	1	6	0	2	2
Kasus	Nominativ	83	57	61	103	60	49	106	73	49
	Genitiv	3	4	17	2	9	22	0	3	30
	Dativ	48	65	43	45	56	59	50	52	53
	Akkusativ	28	29	27	38	46	30	54	49	38
Flexion	Imperativ	2	0	0	4	0	0	5	0	0
	Konjunktiv	0	4	8	0	2	2	0	0	2
	Passiv	0	0	15	0	0	12	0	3	20
Fragen	Direkt	2	1	0	1	1	0	2	1	0
	Indirekt	0	0	1	0	0	1	0	0	1
Anrede	Direkt	11	0	0	11	0	0	28	0	0
	Indirekt	0	15	0	0	12	0	0	18	0

Tabelle B.2.: Modellexterne Analyse der sprachlichen Anforderungsniveaus: Bestimmte Maßzahlen für jeden Text.

Kategorie	Teilchenmodell & Aggregat- zustände			Thermisches Verhalten			Wärme- empfinden		
Sprachniveau	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Wörter (W)	502	508	513	625	577	514	642	605	568
Sätze (S)	58	38	26	71	38	25	73	41	24
$s = \frac{W}{S}$	8.66	13.37	19.73	8.80	15.18	20.56	8.79	14.76	23.67
Mehrsilbige Wörter (M)	115	136	156	80	119	146	62	107	154
$ms = \frac{M}{S}$	0.23	0.27	0.30	0.13	0.21	0.28	0.10	0.18	0.27
Klassen-Faktor	6.89	9.20	11.89	4.16	8.00	11.56	3.29	7.08	12.03
Lokal Sub.-Koh. (LSK)	32	25	12	29	24	18	35	25	12
$lsk = \frac{LSK}{S}$	0.52	0.60	0.40	0.39	0.57	0.62	0.45	0.56	0.43
Satzteile (S_2)	77	64	73	93	68	58	92	83	60
Lokal Sub.-Koh.2 (LSK_2)	24	15	3	26	23	12	26	18	9
$lsk2 = \frac{LSK_2}{S_2}$	0.31	0.23	0.04	0.28	0.34	0.21	0.28	0.22	0.15
SUB	134	123	129	151	150	154	171	146	149
SUB_1	23	26	55	22	25	59	11	12	36
SUB_2	111	97	74	129	125	95	160	134	113
Glob. Sub. Koh. gsk	0.83	0.79	0.57	0.85	0.83	0.62	0.94	0.92	0.76
Fachwörter (FW)	67	61	56	47	39	33	68	55	62
FW_1	5	9	17	1	1	6	0	3	7
$fw = \frac{FW}{S}$	0.13	0.12	0.11	0.08	0.07	0.06	0.11	0.09	0.11
$fw_1 = \frac{FW_1}{S}$	0.01	0.02	0.03	0.002	0.002	0.01	0	0.005	0.01



Universität Hamburg
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

FAKULTÄT
FÜR ERZIEHUNGSWISSENSCHAFT

Die Spalte Anweisungen werden laut vorgelesen. Anweisungen an die Testleitung sind (*kursiv*). Die Zeit stellt die geplante Zeit pro Phase und die (Zeit) in Klammern die abgelaufene Zeit dar.

Es dürfen keine inhaltlichen Fragen beantwortet. Formale Fragen dürfen beantwortet werden. (Bsp.: Erinnerung, dass nur eine Antwortoption richtig ist.)

Phase	Zeit	Anweisungen
LGV	10 min	Ihr benötigt zunächst nur das Aufgabenheft. Wir beginnen nun auf der Seite 2 mit den Anweisungen zum Lesekompetenztest.
	(10 min)	(Anweisungen der Seite 2 laut vorlesen, Beispiel leise lesen lassen und ggf. Fragen beantworten) Blättert jetzt bitte um und beginnt. (gleichzeitig die Zeit stoppen für 4 min und nach Ablauf der 4 min folgendes sagen:) Stopp, bitte macht jetzt einen senkrechten Strich hinter das zuletzt gelesene Wort und malt einen Kreis um die Zahl rechts neben der Zeile, in der das Wort steht.
Vorwissen	15 min	Der erste Teil ist geschafft. Es folgt nun der Test zur Wärmelehre, blättert dazu auf Seite 7.
	(25 min)	Der Test besteht aus 3 Seiten (Seite 7 bis 9). Denkt daran, es ist immer nur eine Antwortoption richtig. Bitte bearbeitet jetzt die Aufgaben bis zum Stopp-Zeichen und legt dann euer Informationsheft auf das Aufgabenheft. (Abschreiben vermeiden, ggf. einzelne Schüler_innen motivieren, Bearbeitungszeit von ca. 13 min. beachten, ggf. die Bearbeitung nach Ablauf der Zeit abbrechen und zur nächsten Phase übergehen)
Lesekompetenz	15 min	Nun benötigt ihr auch das Informationsheft mit den Texten. Öffnet bitte das Informationsheft und schlagt Seite 1 und 2 auf. Der Arbeitsauftrag lautet: Bitte lese den Text vollständig durch und beantworte dann die Fragen auf S. 11 und 12 im Aufgabenheft. Du darfst zum Beantworten der Fragen im Text nachlesen. Bitte beginnt. (Abschreiben und Vorarbeiten vermeiden, ggf. einzelne Schüler_innen motivieren, Bearbeitungszeit von ca. 15 min. beachten, ggf. die Bearbeitung nach Ablauf der Zeit abbrechen und zur nächsten Phase übergehen)
	15 min	Das habt ihr super gemacht, bitte bleibt konzentriert und bearbeitet die Aufgaben so gut wie möglich. Blättert jetzt auf Seite 3 und 4 im Informationsheft und Seite 13 und 14 im Aufgabenheft. Der Arbeitsauftrag ist derselbe wie eben: Bitte lese den Text vollständig durch und beantworte dann die Fragen auf Seite 13 und 14 im Aufgabenheft. Du darfst zum Beantworten der Fragen im Text nachlesen. Ihr könnt direkt anfangen. (s.o.)
	15 min	Das habt ihr super gemacht, bitte bleibt konzentriert und bearbeitet die Aufgaben so gut wie möglich. Blättert jetzt auf Seite 5 und 6 im Informationsheft und Seite 15 und 16 im Aufgabenheft. Der Arbeitsauftrag ist derselbe wie eben: Bitte lese den Text vollständig durch und beantworte dann die Fragen auf Seite 15 und 16 im Aufgabenheft. Du darfst zum Beantworten der Fragen im Text nachlesen. Ihr könnt direkt anfangen. (s.o.)
Fragebogen	10 min	Ihr habt es fast geschafft! Ihr könnt das Informationsheft beiseitelegen. Bitte füllt nun nur noch den Fragebogen auf der letzten Seite 18 aus.
	(80 min)	(Den Schüler_innen danken und alle Informations- und Aufgabenhefte einsammeln)

Seite 2/2

Abbildung B.6.: Sachtext *Teilchenmodell und Aggregatzustände* des niedrigen sprachlichen Anforderungsniveaus A

Teilchenmodell und Aggregatzustände

Wasser ist fest, flüssig oder gasförmig. Einige Beispiele: Festes Eis macht Getränke kalt; im Winter liegt Schnee; du trinkst flüssiges Wasser und beim Kochen gibt es Dampf. Wasser ist ein Stoff. Alle Stoffe können fest, flüssig und gasförmig sein. Das Wasser hat in diesen Beispielen immer andere Eigenschaften, aber alles ist der gleiche Stoff. Wie kann das sein?

In den Naturwissenschaften gibt es seit über 200 Jahren das Teilchenmodell. Es erklärt den Aufbau und die Eigenschaften von Stoffen. Was sagt das Teilchenmodell? Stell dir vor, dass alle Stoffe aus Teilchen bestehen. Die Teilchen sind sehr klein. In einem kleinen Wassertropfen sind mehr als eine Trilliarde Teilchen. Eine Trilliarde ist eine Zahl mit 22 Stellen. Stell dir vor, dass ein Teilchen so groß ist wie ein Mensch. Dann ist der kleine Wassertropfen sogar größer als die Erde. Ein Stoff besteht nur aus gleichen Teilchen. Diese gleichen Teilchen haben bei anderen Temperaturen eine andere Ordnung. Jede Ordnung der Teilchen hat dabei andere Eigenschaften. Die Ordnungen der Teilchen heißen Aggregatzustände. Die drei Aggregatzustände heißen fest, flüssig und gasförmig. Du kannst dir merken: Bei einer höheren Temperatur bewegen sich die Teilchen schneller. Wenn die Temperatur eine bestimmte Höhe erreicht, dann ändert sich der Aggregatzustand. Wir schauen jetzt die drei Aggregatzustände und die sechs Übergänge zwischen den Aggregatzuständen genauer an:

Eis – Fester Aggregatzustand

Flüssiges Wasser wird bei Temperaturen unter 0 °C zu festem Eis. Der Übergang vom flüssigen zum festen Aggregatzustand heißt Erstarren. Die Teilchen sind im festen Aggregatzustand sehr nah zusammen. Die Teilchen haben eine feste Ordnung und ziehen sich stark an. Die Teilchen bewegen sich wenig. Du kannst dir merken: Stoffe sind bei niedrigen Temperaturen meistens im festen Aggregatzustand. Schnee ist Wasser im festen Aggregatzustand, weil Schneeflocken kleine feste Eiskristalle sind. Gasförmiger Wasserdampf aus der Luft wird bei kalten Temperaturen zu Schneeflocken. Gasförmiger Wasserdampf hängt sich an Staubteilchen in der Luft. Der gasförmige Wasserdampf gefriert dann zu einem festen sternförmigen Eiskristall. Der Übergang vom gasförmigen zum festen Aggregatzustand heißt Resublimieren.

Wasser – Flüssiger Aggregatzustand

Festes Eis wird über 0 °C zu flüssigem Wasser. Der Übergang vom festen zum flüssigen Aggregatzustand heißt Schmelzen. Die Anziehung zwischen den Teilchen ist schwächer als im festen Aggregatzustand. Die Teilchen bewegen sich gegeneinander. Auch gasförmiger Wasserdampf wird manchmal zu flüssigem Wasser. Flüssige Wassertropfen entstehen zum Beispiel von außen an kalten Getränkeflaschen. Das flüssige Wasser kommt aus dem gasförmigen Wasserdampf der Luft. Der Übergang vom gasförmigen zum flüssigen Aggregatzustand heißt Kondensieren.

Wasserdampf – Gasförmiger Aggregatzustand

Teilchen im gasförmigen Aggregatzustand haben keine Ordnung. Die Teilchen haben großen Abstand zu einander. Die Teilchen haben nur eine sehr kleine Anziehung. Alles flüssige Wasser wird ab einer Temperatur von 100 °C zu gasförmigem Wasserdampf. Der Übergang von flüssig zu gasförmig heißt Verdampfen. Gasförmigen Wasserdampf kannst du nicht sehen. Wenn du beim Kochen Dampf siehst, dann siehst du kleine flüssige Wassertropfen. Die flüssigen Wassertropfen gehen mit dem gasförmigen Wasserdampf hoch in die Luft.

Manchmal geht Schnee von alleine weg. Das passiert, wenn es im Winter lange kalt ist. Der Schnee schmilzt nicht. Der Schnee wird direkt gasförmiger Wasserdampf. Der Übergang vom festen zum gasförmigen Aggregatzustand heißt Sublimieren.

Abbildung B.7.: Sachtext *Teilchenmodell und Aggregatzustände* des mittleren sprachlichen Anforderungsniveaus B

Teilchenmodell und Aggregatzustände

Man kann mit festem Eis Getränke kühlen, Schnee im Winter beobachten, flüssiges Wasser trinken und beim Kochen Dampf sehen. Wasser und andere Stoffe können fest, flüssig oder gasförmig sein. Die Eigenschaften von Wasser sind dabei jeweils verschieden, obwohl es immer der gleiche Stoff ist. Wie kann man das erklären?

In den Naturwissenschaften dient das Teilchenmodell seit über 200 Jahre zur Erklärung vom Aufbau von Stoffen und deren Eigenschaften. Nach diesem Modell stellt man sich vor, dass alle Stoffe aus sehr kleinen Teilchen bestünden. Diese sind so klein, dass selbst in einem kleinen Wassertropfen mehr als eine Trilliarde Teilchen wären. Diese Zahl besteht aus 22 Stellen. Wenn ein Teilchen die Ausmaße von einem Menschen hätte, dann wäre der Wassertropfen größer als die Erde. Dem Modell nach besteht ein Stoff aus identischen Teilchen, die je nach Temperatur eine verschiedene Ordnung haben und dadurch dem Stoff verschiedene Eigenschaften geben. Man hat den unterschiedlichen Ordnungen der Teilchen von Stoffen den Namen Aggregatzustände gegeben und sie in fest, flüssig und gasförmig aufgeteilt. Man kann sich merken, dass sich die Teilchen eines Stoffes bei höherer Temperatur schneller bewegen. Beim Übersteigen einer bestimmten Temperatur ändert sich der Aggregatzustand. Man kann die drei Aggregatzustände und die sechs Übergänge zwischen ihnen wie folgt beschreiben:

Eis – Fester Aggregatzustand

Bei Temperaturen unter 0 °C wird flüssiges Wasser zu festem Eis. Man nennt diesen Übergang vom flüssigen zum festen Aggregatzustand Erstarren. Die Teilchen haben im festen Aggregatzustand einen geringen Abstand zueinander und befinden sich in fester Ordnung. Sie bewegen sich kaum und zwischen ihnen herrscht eine starke Anziehung. Man kann sich merken, dass der feste Aggregatzustand von Stoffen meist bei niedrigen Temperaturen auftritt. Schnee befindet sich ebenso in diesem Aggregatzustand, da er sich aus kleinen festen Eiskristallen zusammensetzt. Schneeflocken entstehen bei geringen Temperaturen in der Atmosphäre aus gasförmigem Wasserdampf. Wasser im gasförmigen Zustand sammelt sich beispielsweise an Staubteilchen der Luft und gefriert dann zu festen sternförmigen Eiskristallen. Diesen Übergang vom gasförmigen zum festen Aggregatzustand bezeichnet man als Resublimieren.

Wasser – Flüssiger Aggregatzustand

Oberhalb von 0 °C ändert Wasser den Aggregatzustand von fest zu flüssig, aus festem Eis wird flüssiges Wasser. Diesen Übergang nennt man Schmelzen. Beim Schmelzen wird die Anziehung zwischen den Teilchen geringer und sie können sich gegeneinander verschieben. Flüssiges Wasser kann auch aus gasförmigem Wasserdampf entstehen, beispielsweise, wenn sich an kalten Getränkeflaschen von außen flüssige Wassertropfen bilden. Dieses Wasser stammt aus dem gasförmigen Wasserdampf aus der Luft. Diesen Übergang vom gasförmigen zum flüssigen Aggregatzustand bezeichnet man als Kondensieren.

Wasserdampf – Gasförmiger Aggregatzustand

Im gasförmigen Aggregatzustand folgen die Teilchen keiner Ordnung, befinden sich in großem Abstand zueinander und unterliegen nur geringer Anziehung. Ab einer Temperatur von 100 °C kommt kein flüssiges Wasser mehr vor, denn das gesamte flüssige Wasser ist in den gasförmigen Aggregatzustand übergegangen. Dieser Übergang heißt Verdampfen. Gasförmiger Wasserdampf ist unsichtbar. Wenn man aber meint gasförmigen Wasserdampf zu erkennen, dann nimmt man tatsächlich sehr kleine flüssige Wassertropfen wahr. Diese Wassertropfen steigen mit dem unsichtbaren gasförmigen Wasserdampf auf.

Bei anhaltender Kälte im Winter kann man beobachten, dass Schnee langsam verschwindet ohne zu schmelzen. Der Schnee ändert dann seinen Aggregatzustand direkt von fest zu gasförmig. Man nennt diesen Übergang Sublimieren.

Abbildung B.8.: Sachtext *Teilchenmodell und Aggregatzustände* des hohen sprachlichen Anforderungsniveaus C

Teilchenmodell und Aggregatzustände

Die Kühlung von Getränken mit festem Eis, der Schnee in der kalten Jahreszeit, das Konsumieren flüssigen Wassers und der Dampf während des Kochens sind alltägliche Phänomene, die zur Betrachtung einladen. Im allgemeinen gilt, und zwar für alle Stoffe, dass Wasser in fester, flüssiger und gasförmiger Form in Erscheinung treten kann, wobei sie hierbei unterscheidende Eigenschaften aufweisen und trotz dieser Differenzen immer einen jeweiligen identischen Stoff darstellen. Nun stellt sich die Frage, wie dies zu erklären ist.

Die Antwort ist zu finden, indem das in den Naturwissenschaften seit über 200 Jahren bewährte Teilchenmodell herangezogen wird. Zur Erklärung des Aufbaus der Stoffe sowie deren Eigenschaften postuliert dieses, dass alle Stoffe aus Teilchen geringster Größe bestünden. Diese seien von allergeringsten Ausmaßen, sodass sich selbst in einem kleinen Wassertropfen eine Teilchenanzahl größer als eine Trilliarde – eine 22-stellige Zahl – befänden. Angenommen, ein Teilchen wäre so groß wie ein Mensch, dann würde gemäß diesem Größenverhältnis ein Wassertropfen größer als die Erde sein. Weiter bestünden Stoffe aus identischen Teilchen, die in Abhängigkeit der Temperatur einer jeweils verschiedenen und damit die Eigenschaften des Stoffes verändernden Ordnung unterliegen. Als Bezeichnung der verschiedenen Teilchenordnungen, Aggregatzustände genannt, haben sich fest, flüssig und gasförmig durchgesetzt. Es kann sich gemerkt werden, dass eine Temperaturerhöhung in schnellerer Teilchenbewegung eines Stoffes sowie die Überschreitung einer bestimmten Temperatur in einer Aggregatzustandsänderung resultiert. Im weiteren Verlauf des Textes erfolgt die Beschreibung der drei Aggregatzustände samt zugehöriger sechs Übergänge:

Eis – Fester Aggregatzustand

Der Aggregatzustandswechsel, der beim Absinken der Temperatur unter 0 °C stattfindet und dabei flüssiges Wasser in festes Eis übergehen lässt, wird als Erstarren bezeichnet. Diesen Zustand zeichnen nah beieinander liegende, sich wenig bewegende Teilchen starker Ordnung und starker Anziehung untereinander aus. Es kann sich gemerkt werden, dass der feste Zustand eines Stoffes meist mit geringen Temperaturen einhergeht. Auch Schnee ist dem festen Aggregatzustand zuzuordnen, denn dieser besteht aus mikroskopischem, festem Eis kristalliner Form, das bei geringen Temperaturen aus gasförmigem Wasserdampf der Atmosphäre hervorgeht. Dazu lagern sich die Wasserteilchen beispielsweise an kleinen Staubpartikeln der Luft an und gefrieren dann zu festen sternförmigen Eiskristall, wobei dieser Aggregatzustandswechsel von gasförmig zu fest allgemein als Resublimieren bezeichnet wird.

Wasser – Flüssiger Aggregatzustand

Durch Überschreiten der 0 °C-Grenze geht festes Eis in flüssiges Wasser über. Bei diesem Aggregatzustandswechsel von fest zu flüssig, der mit Schmelzen bezeichnet wird, sinkt die Anziehung der Teilchen, wobei diese sich gegeneinander verschieben können. Die Entstehung von flüssigem Wasser kann aber auch aus gasförmigem Wasserdampf erfolgen. Beim Niederschlag flüssiger Wassertropfen an der Oberfläche kalter Getränkeflaschen entstammt dieses dem gasförmigen Wasserdampf der Luft. Mit Kondensieren wird dieser Wechsel des Aggregatzustands allgemein bezeichnet.

Wasserdampf – Gasförmiger Aggregatzustand

Mangelnde Ordnung, minimale Anziehung und großer Abstand der Teilchen gehen mit dem gasförmigen Aggregatzustand einher. Oberhalb der Temperatur von 100 °C ist flüssiges Wasser nicht mehr vorzufinden, da dieses – der Übergang heißt Verdampfen – vollständig in den gasförmigen Aggregatzustand übergegangen ist. Steigt unsichtbarer Wasserdampf gleichzeitig mit sichtbaren Wassertröpfchen kleinsten Ausmaßes auf, wird fälschlicherweise der Anschein erzeugt, Wasserdampf sei sichtbar, obwohl nur die Tröpfchen zu sehen sind.

In der kalten Jahreszeit kann bei lang anhaltender Kälte beobachtet werden, dass Schnee verschwindet ohne zu Schmelzen, weil dieser direkt den Aggregatzustandswechsel von fest zu gasförmig vollzieht. Dies wird Sublimieren genannt.

Abbildung B.9.: Sachtext *Thermisches Verhalten* des niedrigen sprachlichen Anforderungsniveaus A

Thermisches Verhalten

Du kennst sicher eine Brücke aus Stahl und den Eiffelturm aus Stahl in Paris. Die Brücke und der Eiffelturm ändern ihre Größe zwischen Sommer und Winter. Die Brücke hat an einigen Stellen Lücken. Der Eiffelturm hat keine Lücken. Wie kann das sein?

Körper ändern ihr Volumen und damit ihre Größe, wenn die Temperatur sich ändert. Wenn die Temperatur höher wird, dann werden viele Körper größer. Wenn die Temperatur kleiner wird, dann werden viele Körper kleiner. Beides zusammen heißt Wärmeausdehnung. Wenn die Temperatur wenig größer wird, dann dehnt sich der Körper nur wenig aus. Wenn die Temperatur viel größer wird, dann dehnt sich der Körper deutlich aus. Lange Körper dehnen sich stärker in die Länge aus als kurze Körper. Die Wärmeausdehnung ist also stärker bei langen Körpern und bei großer Temperaturänderung. Der Eiffelturm ist sehr hoch. Aber er ist schmal. Der Eiffelturm dehnt sich deshalb bei steigender Temperatur besonders in seine Höhe aus, aber er dehnt sich nur wenig in seine Breite aus.

Längenausdehnung

Stell dir vor, Bauarbeiter bauen eine Brücke aus Stahl. Wenn die Brücke sehr lang ist, ist die Wärmeausdehnung wichtig. Die Bauarbeiter denken an die Ausdehnung in die Länge. Sie lassen kleine Lücken in der Brücke. Die Lücken heißen Dehnungsfugen. Die Dehnungsfugen liegen quer zu der Länge der Brücke. Die Dehnungsfugen lassen Raum für die Längenausdehnung im Sommer. Eine Brücke ohne Dehnungsfugen geht kaputt. Dass kommt durch die Längenausdehnung. Viele Brücken sind nicht sehr breit. Aber sie sind lang. Die Brücken dehnen sich deshalb nur wenig in die Breite aus. Und neben den Brücken ist genug Platz. Sie können einfach breiter werden. Der Eiffelturm wird im Sommer vor allem höher. Der Eiffelturm braucht keine Dehnungsfugen. Er hat nach oben genug Raum. Viele Körper werden bei steigender Temperatur in alle Richtungen größer. Aber oft ist nur die größte Länge für die Wärmeausdehnung wichtig.

Volumenausdehnung

Flüssigkeiten und Gase ändern durch die Wärmeausdehnung ihr Volumen. Das Volumen ändert sich in alle Richtungen. Diese Art der Wärmeausdehnung heißt Volumenausdehnung. Geschlossene Getränkeflaschen sind nie bis ganz oben voll mit Getränken. Der Grund dafür ist die Volumenausdehnung. Stell dir vor, eine Getränkeflasche ist bis ganz oben voll mit Getränk und ist zu. Dann wird die Flasche warm. Die Flasche platzt, weil das Getränk in der Getränkeflasche größer wurde. Das Getränk wurde größer, wegen der Volumenausdehnung.

Wir Menschen nutzen die Volumenausdehnung. Ein Beispiel ist das Thermostat an einem Heizkörper. Stell dir vor, die Temperatur im Raum ist hoch. Im Thermostat wird ein Stoff größer. Wenn der Stoff im Thermostat sehr groß ist, dann fließt kein warmes Wasser mehr durch den Heizkörper. Die Folge: Die Heizung wird kalt. So reguliert das Thermostat die Temperatur im Raum.

Ausnahme Wasser

Du musst nicht nur aufpassen, wenn volle Getränkeflaschen warm werden. Du musst auch aufpassen, wenn volle Getränkeflaschen kalt werden. Du kannst dir merken: Flüssigkeiten werden bei tiefen Temperaturen kleiner. Bei Wasser ist das anders. Wasser dehnt sich bei Temperaturen unter 4 °C aus. Stell dir vor, du legst eine Getränkeflasche in den Gefrierschrank. In allen Getränken ist Wasser. Das Wasser wird beim Einfrieren größer. Das Wasser wird so groß, dass die Flasche platzt. Wasser wird also bei Temperaturen über 4°C größer. Es wird aber auch bei Temperaturen unter 4 °C größer. Für die Natur ist diese Eigenschaft von Wasser wichtig. Tiere und Pflanzen überleben in einem See im Winter bei Lufttemperaturen tiefer als 0 °C. Tief unten im See hat das Wasser eine Temperatur von 4 °C oder ist wärmer. Das schützt Tiere und Pflanzen vor der kalten Luft und sie erfrieren nicht. Wasser kälter als 4 °C ist an der Oberfläche im See, weil es größer und leichter ist. Ein See wird deshalb immer erst oben zu Eis. Deshalb kannst du oben auf dem See Schlittschuh laufen und unten im See erfrieren Tiere und Pflanzen nicht.

Abbildung B.10.: Sachtext *Thermisches Verhalten* des mittleren sprachlichen Anforderungsniveaus B

Thermisches Verhalten

Eine Brücke aus Stahl und der Eiffelturm in Paris, der ebenfalls aus Stahl besteht, verändern ihre Größe von Winter zu Sommer und umgekehrt. Die Brücke besitzt an bestimmten Stellen Lücken. Der Eiffelturm dagegen hat keine Lücken. Warum ist das so?

Körper verändern bei Veränderung der Temperatur ihr Volumen und dadurch ihre Größe. Bei vielen Körpern nimmt die Größe bei steigender Temperatur zu und bei fallender Temperatur wieder ab. Diese beiden Phänomene bezeichnet man als Wärmeausdehnung. Je höher die Temperatur eines Körpers steigt und je größer seine Länge ist, desto größer ist seine Wärmeausdehnung. Der Eiffelturm ist sehr hoch und schmal und dehnt sich so beim Ansteigen der Temperatur besonders in seine Höhe und nur wenig in seine Breite aus.

Längenausdehnung

Bauarbeiter berücksichtigen die Wärmeausdehnung zum Beispiel beim Bauen einer Brücke aus Stahl. Ist eine Brücke sehr lang, muss man ihre Wärmeausdehnung in die Länge unbedingt berücksichtigen. Man lässt hier kleine Lücken, sogenannte Dehnungsfugen. Diese Dehnungsfugen befinden sich quer zur Länge in der Brücke, um Raum für die Längenausdehnung im Sommer zu bieten. Ohne diese Dehnungsfugen würde eine Brücke aufgrund ihrer Längenausdehnung zerbrechen. Die Ausdehnung in die Breite fällt deutlich geringer aus, da fast alle Brücken über eine größere Länge als Breite verfügen. Vor allem können sich Brücken in die Breite meistens ganz ungehindert ausdehnen. Der Eiffelturm nimmt im Sommer am stärksten an Höhe zu. Dehnungsfugen sind bei ihm nicht nötig, weil er sich nach oben ohne Begrenzung vergrößern kann. Viele Körper vergrößern sich beim Anstieg der Temperatur in alle Richtungen, jedoch ist meistens nur die größte Länge eines Körpers bei der Wärmeausdehnung relevant.

Volumenausdehnung

Bei Flüssigkeiten und Gasen kann man beobachten, dass die Wärmeausdehnung keine Richtung besitzt. Das Volumen ändert sich unabhängig von der Richtung. Diese Form der Wärmeausdehnung nennt man Volumenausdehnung. Die Volumenausdehnung ermöglicht zu erklären, warum man eine Getränkeflasche nie vollständig füllt und dann verschließt. Wäre eine Getränkeflasche vollständig gefüllt und verschlossen und man würde sie erwärmen, dann würde sie aufgrund der Volumenausdehnung der Flüssigkeit in der Getränkeflasche platzen.

Die Menschen nutzen die Volumenausdehnung zum Beispiel bei einem Thermostat am Heizkörper. Bei ausreichend hoher Temperatur in einem Raum vergrößert sich ein Stoff im Thermostat so stark, dass warmes Wasser nicht mehr durch den Heizkörper fließen kann. Dadurch sinkt die Temperatur des Heizkörpers und so reguliert das Thermostat die Temperatur im Raum.

Ausnahme Wasser

Bei einer vollen Getränkeflasche muss man aber nicht nur steigende Temperaturen, sondern auch fallende Temperaturen berücksichtigen. Man kann sich merken, dass Flüssigkeiten bei fallender Temperatur weniger Raum benötigen. Bei Wasser beobachtet man jedoch anderes Verhalten, weil sich Wasser unterhalb von 4 °C ausdehnt. Somit ist auch das Einfrieren einer Getränkeflasche zu berücksichtigen, da alle Getränke Wasser enthalten. Beim Einfrieren dehnt sich Wasser so stark aus, dass eine Flasche platzen kann. Wasser mit einer Temperatur von 4 °C vergrößert sein Volumen also, sowohl wenn man es abkühlt, als auch, wenn man es erwärmt.

Für die Natur hat diese Eigenschaft von Wasser große Bedeutung. Im Winter können Tiere und Pflanzen in einem See bei Lufttemperaturen von weit unter 0 °C überleben, da die Wasserschicht am Grund des Sees mit einer Temperatur von 4 °C Schutz vor den tiefen Lufttemperaturen und dem Erfrieren bietet. Wasser, das kälter als 4 °C ist, hat sich vergrößert, ist leichter und befindet sich deshalb an der Oberfläche des Sees. Ein See friert somit immer von oben nach unten durch. Dadurch ist es im Winter möglich auf dem See Schlittschuh zu laufen, während gleichzeitig die untere Schicht des Sees Tieren und Pflanzen Schutz bietet.

Abbildung B.11.: Sachtext *Thermisches Verhalten* des hohen sprachlichen Anforderungsniveaus C

Thermisches Verhalten

Im Verlauf zwischen Sommer und Winter variiert die Größe einer Stahlbrücke und die des stählernen Eiffelturms in Paris. Aus diesem Grund ist die Brücke mit Lücken an bestimmten Stellen ausgestattet, wohingegen der Eiffelturm ohne diese auskommt. Nun stellt sich die Frage, wie dies zu erklären ist. Die Variation der Temperatur eines Körpers resultiert in einer Veränderung des Volumens und somit seiner Ausmaße. Diese beiden Phänomene der Ausdehnung von Körpern beim Erwärmen und Zusammenziehen beim Erkalten werden mit Wärmeausdehnung benannt. Je ausgeprägter die Temperatursteigerung eines Körpers und je ausgedehnter seine Länge ist, desto beträchtlicher fällt seine Wärmeausdehnung aus. Der Eiffelturm zeichnet sich durch eine beachtliche Höhe und geringe Breite aus, wodurch sich dieser bei Temperaturerhöhung vorwiegend in seiner Höhe und nur unbedeutend in seiner Breite ausdehnt.

Längenausdehnung

Weist eine Brücke beispielsweise eine große Länge auf, ist die Wärmeausdehnung während des Bauens besonders in Längsrichtung zu berücksichtigen. Der Einbau von Dehnungsfugen – kleine Lücken quer zur Länge der Brücke – ermöglicht die Längenausdehnung im Sommer, da andernfalls die Brücke aufgrund der Längenausdehnung erheblichen Schaden nehmen würde. Die Ausdehnung in die Breite fällt aber infolge der geringeren Brückenbreite im Verhältnis zu ihrer Länge nicht ins Gewicht. Insbesondere ist die Ausdehnung in diese Richtung allgemein ohne Hindernis realisierbar. Trotz der ausgeprägten Ausdehnung des Eiffelturms im Sommer in die Höhe sind keine Dehnungsfugen von Nöten, weil in diese Richtung ausreichend freier Raum existiert. Die Wärmeausdehnung vieler Körper bei Temperatursteigerung schlägt in alle Richtungen zu Buche, Relevanz hat jedoch in den allermeisten Fällen nur die größte Länge eines Körpers.

Volumenausdehnung

Die Wärmeausdehnung ist bei Flüssigkeiten und Gasen, aufgrund der Unabhängigkeit der Veränderung des Volumens von der Raumrichtung, nicht auf eine Richtung reduziert. Diese sogenannte Volumenausdehnung – eine Art der Wärmeausdehnung – liefert eine Erklärung, warum eine Getränkeflasche nie randvoll gefüllt und verschlossen wird. Durch vollständiges Befüllen und Verschließen sowie anschließender Erwärmung einer Getränkeflasche wäre das Zerbersten, im Zuge der Volumenausdehnung der Flüssigkeit, die Folge.

Ein Nutzungsbeispiel der Menschheit für Volumenausdehnung ist die Verwendung eines Thermostats an einem Heizkörper. Der darin enthaltene Stoff stoppt, bei hinreichend hoher Temperatur im Raum, den Warmwasserdurchfluss durch den Heizkörper aufgrund seiner Ausdehnung. Auf diese Weise wird eine Temperaturreduzierung des Heizkörpers sowie die Regulation der Raumtemperatur erreicht.

Ausnahme Wasser

Neben der Temperatursteigerung ist die Temperaturabnahme für vollgefüllte Getränkeflaschen zu berücksichtigen, weil sich ausschließlich Wasser unter 4 °C ausdehnt, wohingegen sich gemerkt werden kann, dass sich alle anderen Flüssigkeiten bei fallenden Temperaturen zusammenziehen. Es besteht die Möglichkeit, dass Getränkeflaschen beim Einfrieren, aufgrund der Wasser enthaltenden und somit sich ausdehnenden Getränke, zerbersten. Volumenausdehnung von Wasser findet somit sowohl beim Erwärmen als auch beim Abkühlen ausgehend von einer Temperatur von 4 °C statt.

Dies ist von großer Relevanz für die Natur, da Tiere und Pflanzen innerhalb eines Sees bei Lufttemperaturen tiefer als 0 °C überwintern können, weil die am Grund gelegene, 4 °C warme Wasserschicht des Sees vor den tieferen Lufttemperaturen und dem Erfrieren Unterschlupf bietet. Kälteres Wasser ist aufgrund der Ausdehnung leicht und deshalb an der Oberfläche verortet, wodurch ein See grundsätzlich von oben abwärtsgerichtet durchfriert. Ermöglicht wird so das Schlittschuhlaufen auf dem See, während die Tier- und Pflanzenwelt am Grund vor dem Erfrieren sicher sind.

Abbildung B.12.: Sachtext *Wärmeempfinden* des niedrigen sprachlichen Anforderungsniveaus A

Wärmeempfinden

Tische und Stühle aus Holz und Stahl stehen in vielen Klassenzimmern. Stell dir vor, du legst deine Hände auf das Stuhlbein aus Stahl und auf die Tischplatte aus Holz. Das Stuhlbein aus Stahl fühlt sich viel kälter an als die Tischplatte aus Holz. Aber im Klassenzimmer haben alle Körper die gleiche Temperatur. Also haben Körper aus Stahl und Körper aus Holz hier auch die gleiche Temperatur. Für uns Menschen fühlt sich der Stahl aber kälter an als das Holz. Wie kann das sein?

Temperaturen sind für uns Menschen kalt, warm oder heiß. Wir spüren feine Unterschiede, wenn Körper eine ähnliche Temperatur haben wie wir selbst. Das geht so:

Die menschliche Haut und das Thermometer

In unserer Haut sind Sinneszellen für das Wärmeempfinden. Stell dir vor: Du legst deine Hand auf einen Körper. Dann spürst du über die Sinneszellen, ob der Körper wärmer oder kälter ist als du selbst. Diese Information geht an dein Gehirn. Ein Thermometer ist anders. Du kannst mit einem Thermometer die Temperatur ganz genau als Zahl messen.

Körper ändern ihre Temperaturen. Der Grund ist: Körper übergeben Wärme. Das hilft dir besser zu verstehen, warum manche Körper für uns warm und manche Körper für uns kalt sind. Wie hängen Wärmeempfinden und die Übertragung von Wärme zusammen? Du findest die Antwort im folgenden Beispiel. Wir schauen wieder auf die Tischplatte aus Holz und das Stuhlbein aus Stahl.

Wärmeleitfähigkeit

Stell dir vor: In einem Klassenzimmer stehen Tische und Stühle. Die Tische und Stühle sind aus Stahl und Holz. Der Raum hat eine Temperatur von ca. 20 °C. Stahl und Holz haben die gleiche Temperatur. Aber dein Wärmeempfinden ist bei Stahl und Holz verschieden. Deine Haut übergibt Wärme an den Stahl und das Holz. Das ist so, weil deine Haut wärmer als die Raumtemperatur ist. Deine Haut wird dabei kälter. Deine Haut an dem Stuhlbein aus Stahl wird kälter als deine Haut auf der Tischplatte aus Holz. Denn Stahl leitet Wärme schneller als Holz aus deiner Haut. Du fühlst: Das Stuhlbein aus Stahl ist kalt. Du fühlst: Das Holz ist warm. Deine Haut an dem Holz ist länger warm als die Haut an dem Stahl. Du kannst dir merken: Wärmeleitfähigkeit sagt wie schnell ein Stoff Wärme leitet. Stahl hat eine große Wärmeleitfähigkeit, weil Stahl Wärme schnell leitet. Holz hat eine kleine Wärmeleitfähigkeit, weil Holz Wärme langsam leitet. Dein Wärmeempfinden ist also anders als ein Thermometer. Das Wärmeempfinden sagt dir, wo und wie schnell du Wärme nimmst und gibst.

Wärmekapazität

Körper ändern ihre Temperaturen mal mehr und mal weniger. Das liegt daran, wie viel Wärme die Körper übertragen. Wärmekapazität sagt, wie viel Wärme ein Körper nimmt, wenn seine Temperatur um 1 °C steigt. Ein Körper mit großer Wärmekapazität nimmt viel Wärme, wenn er seine Temperatur ändert. Ein Körper mit kleiner Wärmekapazität nimmt wenig Wärme, wenn er seine Temperatur ändert. Körper haben Masse. Sie sind aus einem Stoff. Die Masse und der Stoff steuern die Wärmekapazität. Stell dir vor: Du machst 1 kg Wasser in einem Topf auf einem Herd warm. Das Wasser im Topf ist am Anfang 20 °C warm. Am Ende ist es 80 °C warm. Dasselbe kannst du mit 2 kg Wasser machen. Für 2 kg Wasser brauchst du doppelt so viel Wärme wie für 1 kg Wasser. Du kannst dir merken: Ein Körper mit großer Masse hat immer eine größere Wärmekapazität als ein Körper mit kleiner Masse. Ein Körper ist aber auch aus einem Stoff. Auch der Stoff steuert die Wärmekapazität. Stell dir vor: Du machst 1 kg Petroleum-Öl und 1 kg Wasser warm. Beides ist am Anfang 20 °C. Am Ende ist beides 80 °C warm. Für das Wasser brauchst du doppelt so viel Wärme wie für das Petroleum-Öl. Wasser hat nämlich eine größere spezifische Wärmekapazität als Petroleum-Öl. Spezifische Wärmekapazität heißt: Wie viel Wärme du brauchst, damit ein spezifischer Körper um 1 °C wärmer wird. Dieser Körper hat die Masse 1 kg und ist aus einem bestimmten Stoff.

Abbildung B.13.: Sachtext *Wärmeempfinden* des mittleren sprachlichen Anforderungsniveaus B

Wärmeempfinden

In einem Klassenzimmer befinden sich Tische und Stühle aus Holz und Stahl. Wenn man ein Stuhlbein aus Stahl und eine Tischplatte aus Holz berührt, nimmt man das Stuhlbein als deutlich kälter wahr als die Tischplatte. Aber tatsächlich haben alle Körper im Klassenzimmer die gleiche Temperatur, also auch die Körper aus Holz und Stahl. Sie werden dennoch vom Menschen als verschieden warm wahrgenommen. Wie kann man das erklären?

Menschen empfinden Temperaturen als kalt, warm oder heiß. Nur bei Körpern, die ungefähr so warm sind wie der Mensch, kann man sehr feine Unterschiede wahrnehmen.

Die menschliche Haut und das Thermometer

In der menschlichen Haut befinden sich Sinneszellen für das Wärmeempfinden. Mit diesen Zellen nimmt man wahr, ob ein Körper wärmer oder kälter als die eigene Temperatur ist. Wenn man einen Körper berührt, wird diese Information an das Gehirn geleitet. Mit einem Thermometer dagegen kann man die Temperatur eines Körpers als genauen Zahlenwert bestimmen.

Wenn sich die Temperaturen von Körpern verändern, geschieht dies durch die Übertragung von Wärme. Um das menschliche Wärmeempfinden zu verstehen, ist die Übertragung von Wärme entscheidend. Man kann den Zusammenhang von Wärmeempfinden und übertragener Wärme erklären, indem man erneut auf das Beispiel mit der Tischplatte aus Holz und dem Stuhlbein aus Stahl zurückgreift.

Wärmeleitfähigkeit

In einem Klassenzimmer befinden sich Tische und Stühle aus Holz und Stahl bei Raumtemperatur von ca. 20 °C. Obwohl Holz und Stahl die gleiche Temperatur haben, ist das Wärmeempfinden beim Berühren verschieden. Wenn man Holz und Stahl berührt, gibt der Körper Wärme an beide ab. Das passiert, weil unsere Temperatur oberhalb der Raumtemperatur liegt. Die Haut wird gleichzeitig kälter. Die Haut, die das Stuhlbein aus Stahl berührt, wird kälter, als wenn die Haut die Tischplatte aus Holz berührt. Stahl kann Wärme schneller leiten. Das Stuhlbein aus Stahl wird also als kalt wahrgenommen, weil es die Wärme aus der Haut schnell weiterleitet. Das Holz dagegen nimmt man als warm wahr, weil es Wärme nicht schnell weiterleitet. An der Stelle der Haut, die das Holz berührt, sinkt die Temperatur weniger schnell als an der Stelle, die den Stahl berührt. Man kann sich merken, dass Wärmeleitfähigkeit besagt, wie schnell ein Stoff Wärme leiten kann. Stahl leitet Wärme schnell, deswegen ist ihm eine hohe Wärmeleitfähigkeit zugeordnet. Holz dagegen besitzt eine geringe Wärmeleitfähigkeit. Das Wärmeempfinden des Menschen funktioniert also nicht wie ein Thermometer. Vielmehr signalisiert es dem Menschen, wo und wie schnell dieser Wärme aufnimmt oder abgibt.

Wärmekapazität

Wie stark sich die Temperaturen von Körpern ändern, ist auch von der Menge an übertragener Wärme abhängig. Die sogenannte Wärmekapazität gibt an, wie viel Wärme ein Körper aufnehmen muss, damit seine Temperatur um 1 °C steigt. Je größer die Wärmekapazität von einem Körper ist, desto mehr Wärme muss er aufnehmen, um die Temperatur zu ändern. Die Wärmekapazität hängt auch von der Masse und dem Stoff ab, aus dem der Körper besteht. Dies erläutert folgendes Beispiel: Wenn man Wasser in einem Topf auf einem Herd von 20 °C auf 80 °C erwärmen möchte, dann benötigt man für 2 kg Wasser im Vergleich zu 1 kg Wasser genau die doppelte Menge an Wärme. Man kann sich merken: Je größer die Masse von einem Körper ist, desto höher ist die Wärmekapazität von dem Körper. Die Wärmekapazität hängt aber auch von dem Stoff ab, aus dem ein Körper besteht. Wenn man zum Beispiel 1 kg Petroleum-Öl und 1 kg Wasser von 20 °C auf 80 °C erwärmen möchte, dann benötigt man für Wasser mehr als doppelt soviel Wärme. Dies liegt an der größeren sogenannten spezifischen Wärmekapazität von Wasser. Die spezifische Wärmekapazität beschreibt die Menge an Wärme, die man braucht, um einen Körper um 1 °C zu erwärmen, der aus einem spezifischen Stoff besteht und die Masse 1 kg besitzt.

Abbildung B.14.: Sachtext *Wärmeempfinden* des hohen sprachlichen Anforderungsniveaus C

Wärmeempfinden

Bei in Klassenzimmern befindlichen Tischen und Stühlen aus Holz und Stahl würde ein Mensch bei Berührung eines stählernen Stuhlbeins im Vergleich zu einer hölzernen Tischplatte ersteres als kälter wahrnehmen, obwohl sich faktisch alle Körper im Raum und somit auch solche aus Holz und solche aus Stahl auf gleicher Temperatur befinden. Im Gegensatz dazu suggeriert die menschliche Wahrnehmung etwas anderes. Nun stellt sich die Frage, wie dies zu erklären ist.

Die Empfindung des Menschen ermöglicht es, Temperaturen in kalt, warm oder heiß einzustufen und lediglich bei Temperaturen im Bereich der des menschlichen Körpers sind Unterschiede sehr differenziert für Menschen wahrnehmbar.

Die menschliche Haut und das Thermometer

Die Sinneszellen für das Wärmeempfinden – enthalten in der menschlichen Haut – übertragen bei Kontakt eines Körpers die Information an das Gehirn, ob dessen Temperatur ober- oder unterhalb der des menschlichen Körpers liegt. Im Gegensatz dazu wird ein Thermometer zur Ermittlung der Temperatur in Form eines exakten Zahlenwerts herangezogen.

Die Temperaturänderung von Körpern wird durch Wärmeübertragung verursacht, welche zudem zur Erklärung des Wärmeempfindens des Menschen wesentlich ist. Das oben genannte Beispiel der Tischplatte aus Holz und des Stuhlbeins aus Stahl kann zur Erklärung des Zusammenhangs von Wärmeempfinden und Wärmeübertrag benutzt werden.

Wärmeleitfähigkeit

Obwohl in einem Klassenzimmer sowohl Tische als auch Stühle aus Holz und Stahl bei einer Raumtemperatur von ca. 20 °C aufgebaut sind, signalisiert das Wärmeempfinden bei Berührung beider Differenzen. Aufgrund der im Vergleich zur Raumtemperatur höheren menschlichen Temperatur wird Wärme an Holz und Stahl abgegeben, währenddessen sich die Berührungsstelle der Haut abkühlt. Wenn Haut mit dem Stuhlbein aus Stahl in Berührung kommt, erfährt sie einen stärkeren Temperaturabfall, als wenn die Tischplatte aus Holz berührt wird. Stahl hat die Eigenschaft Wärme schneller weiterzuleiten, weshalb das Stuhlbein aus Stahl als kalt empfunden wird und sich die Weiterleitung der Wärme aus der Haut schnell vollzieht. Das Holz dagegen wird – aufgrund der langsamen Wärmeweiterleitung – als warm empfunden. Es kann sich gemerkt werden, dass Wärmeleitfähigkeit die Schnelligkeit beschreibt, mit der ein Stoff Wärme weiterzuleiten vermag. Mit der schnellen Wärmeweiterleitung des Stahls geht eine hohe Wärmeleitfähigkeit einher, während Holz sich dagegen durch eine geringe Wärmeleitfähigkeit auszeichnet. Das menschliche Wärmeempfinden ist demnach nicht als Thermometer zu verstehen, denn es gibt dem Menschen den Ort und die Geschwindigkeit der Wärmeaufnahme oder -abgabe an.

Wärmekapazität

Für die Temperaturänderung eines Körpers ist die übertragene Wärmemenge von Relevanz. Dies wird durch die Wärmekapazität beschrieben, welche als Wärmemenge, die einem Körper zugeführt werden muss, um dessen Temperatur um 1 °C ansteigen zu lassen, definiert ist. Eine große Wärmekapazität geht mit einem Mehr an Wärmeübertrag zur Temperaturänderung einher und umgekehrt. Weitere, die Wärmekapazität beeinflussende Faktoren, sind sowohl die Masse als auch der Stoff, aus dem er besteht. Es ist beispielsweise zu beobachten, dass für die Erwärmung 2 kg Wassers in einem Topf auf einem Herd von 20 °C auf 80 °C doppelt so viel Wärme benötigt wird, als für die Erwärmung 1 kg Wassers um dieselbe Temperaturdifferenz. Es kann sich gemerkt werden, dass aus einer Steigerung bzw. Verringerung der Masse eines Körpers eine gesteigerte bzw. verringerte Wärmekapazität folgt. Die Stoffabhängigkeit der Wärmekapazität eines Körpers kann beispielhaft dadurch veranschaulicht werden, dass die Erwärmung von 1 kg Wasser von 20 °C auf 80 °C mehr als die doppelte Wärmemenge benötigt als für die Erwärmung derselben Masse an Petroleum-Öl um dieselbe Temperaturdifferenz anfallen würde. Ursächlich hierfür ist, dass Wasser durch eine höhere sogenannte spezifische Wärmekapazität gekennzeichnet ist, welche definiert ist als die benötigte Wärmemenge zur Temperatursteigerung um 1 °C eines jeweils spezifischen Stoffes der Masse 1 kg.

Abbildung B.15.: Items des fachlichen Textverstehenstests.

Aufgaben zum Text Teilchenmodell und Aggregatzustand

Kreuze immer die Antwort an, die die Frage am besten beantwortet.

A.2) Im Text ist die Rede von einer Zahl mit 22 Stellen. Sie weist daraufhin, dass...

- ☐ ... Menschen aus vielen Teilchen bestehen.
- ☐ ... Wassertropfen sehr klein sind.
- ☐ ... die Teilchen sehr groß sind.
- ☐ ... sehr viele Teilchen in einem Wassertropfen sind.
- ☐ ... im Teilchenmodell sehr viele Teilchen zu finden sind.

A.6) Der Aggregatzustand eines Stoffes ändert sich immer, wenn...

- ☐ ... einige Teilchen entfernt werden.
- ☐ ... die Temperatur steigt oder fällt.
- ☐ ... neue Teilchen hinzugefügt werden.
- ☐ ... eine bestimmte Temperatur unter- oder überschritten wird.
- ☐ ... die Teilchen sich verändern.

A.7) Flüssiges Wasser wird von 20 °C auf 60°C erhitzt. Die Wasserteilchen...

- ☐ ... bewegen sich weniger.
- ☐ ... ändern ihre Ordnung.
- ☐ ... bewegen sich stärker.
- ☐ ... ändern ihre Eigenschaft.
- ☐ ... verdampfen.

A.8) Eisen verdampft bei einer Temperatur von 2862 °C. Was gilt für Eisen, wenn es noch heißer wird?

- ☐ Die Teilchen ziehen sich stark an.
- ☐ Die Teilchen verdampfen.
- ☐ Die Teilchen werden flüssig.
- ☐ Das Eisen sublimiert.
- ☐ Das Eisen ist gasförmig.

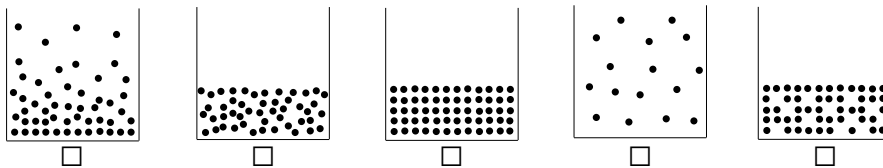
A.9) Was ist der physikalische Unterschied zwischen Eiskwürfeln und Schnee?

- ☐ Eiskwürfel entstehen beim Resublimieren und Schnee entsteht beim Sublimieren.
- ☐ Eiskwürfel haben einen anderen Aggregatzustand als Schnee.
- ☐ Eiskwürfel werden künstlich hergestellt und Schnee ist natürlich.
- ☐ Eiskwürfel entstehen aus flüssigem Wasser und Schnee entsteht aus gasförmigem Wasserdampf.
- ☐ Eiskwürfel entstehen bei einer anderen Temperatur als Schnee.

A.14) Welche Aussage beschreibt Stoffe im festen Aggregatzustand am besten? Stoffe im festen Aggregatzustand...

- ☐ ... entstehen bei einer Temperatur unter 0 °C.
- ☐ ... bestehen aus Teilchen mit starker Anziehung untereinander.
- ☐ ... bestehen aus Teilchen, die weit auseinanderliegen.
- ☐ ... können nur aus dem flüssigen Aggregatzustand entstehen.
- ☐ ... bestehen aus Teilchen, die in Kristallen geordnet sind.

A.15) Welche Abbildung stellt am besten ausschließlich die Teilchen eines Stoffes im flüssigen Aggregatzustand dar?



A.19) Wie lange gibt es das Teilchenmodell schon?

- ☐ Mehr als 20 Jahre
- ☐ Mehr als 100 Jahre
- ☐ Mehr als 200 Jahre
- ☐ Mehr als 500 Jahre
- ☐ Mehr als 2000 Jahre.

A.21) Wie heißt der Übergang vom flüssigen zum festen Aggregatzustand?

- ☐ Erstarren
- ☐ Resublimieren
- ☐ Schmelzen
- ☐ Kondensieren
- ☐ Sublimieren

Aufgaben zum Text Thermisches Verhalten

Kreuze immer die Antwort an, die die Frage am besten beantwortet.

T.1) Wovon handelt der gesamte Text? Der gesamte Text handelt...

- ☐ ... von der Funktionsweise eines Heizkörperthermostats.
- ☐ ... von Vorgaben beim Bauen von Brücken und Gebäuden.
- ☐ ... vom Verhalten von Körpern, Flüssigkeiten und Gasen bei Temperaturänderung.
- ☐ ... von Richtlinien beim Füllen von Getränkeflaschen.
- ☐ ... von dem Nutzen der Wärmeausdehnung in der Tier- und Pflanzenwelt.

T.2) Was passiert mit einer langen, dünnen Stahlstange, wenn ihre Temperatur abnimmt?

- ☐ Der Körper verliert an Masse.
- ☐ Die Länge der Stange nimmt zu.
- ☐ Die Länge der Stange verringert sich.
- ☐ Die Breite der Stange vergrößert sich.
- ☐ Die Temperatur des Körpers wird geringer, sonst nichts.

T.3) Folgende Gegenstände bestehen aus demselben Material und werden um 20 °C erwärmt. Welcher Gegenstand verändert seine Länge am stärksten?

- ☐ 
- ☐ 
- ☐ 
- ☐ 
- ☐ 

T.5) Beim Bauen einer langen Brücke aus Stahl muss man...

- ☐ ... die Umgebungstemperatur beachten.
- ☐ ... die Wärmeausdehnung in die Breite beachten.
- ☐ ... auf ausreichend Lücken zum Abfließen von Wasser achten.
- ☐ ... beachten, dass alle Teile aus rostfreiem Stahl sind.
- ☐ ... die Wärmeausdehnung in die Länge beachten.

T.7) Wasser ist anders als alle anderen Flüssigkeiten, weil es sich ...

- ☐ ... bei Temperaturen über 4 °C ausdehnt.
- ☐ ... bei Temperaturen unter 4 °C ausdehnt.
- ☐ ... bei Temperaturen unter 4 °C zusammenzieht.
- ☐ ... bei Temperaturen über 0 °C ausdehnt.
- ☐ ... bei Temperaturen über 0 °C zusammenzieht.

T.8) Die Volumenausdehnung...

- ☐ ... beschreibt nur die Ausdehnung von Wasser.
- ☐ ... ist nur für Spraydosen wichtig.
- ☐ ... beschreibt die Ausdehnung von Flüssigkeiten bei Temperaturen unter 4 °C.
- ☐ ... hat eine bestimmte Richtung.
- ☐ ... beschreibt die Wärmeausdehnung in Flüssigkeiten und Gasen.

T.9) Getränkeflaschen sollte man nicht einfrieren, weil...

- ☐ ... Getränke nicht unter 4 °C gelagert werden dürfen.
- ☐ ... das Glas der Getränkeflasche sich ausdehnt, bis diese platzt.
- ☐ ... die Qualität der Getränke beim Einfrieren abnimmt.
- ☐ ... sich das Getränk ausdehnt und die Getränkeflasche platzen kann.
- ☐ ... das Glas der Getränkeflasche sich zusammenzieht, bis diese platzt.

T.14) Was passiert mit den meisten Gasen, Flüssigkeiten und festen Körpern, wenn die Temperatur verringert wird?

- ☐ Die Wärmeausdehnung steigt.
- ☐ Sie verringern ihr Volumen.
- ☐ Sie dehnen sich aus.
- ☐ Die Volumenausdehnung steigt.
- ☐ Es entstehen Dehnungsfugen.

T.21) Reiner Alkohol gefriert bei –114,5 °C. Was gilt für reinen Alkohol bei noch tieferen Temperaturen?

- ☐ Alkohol verändert sich bei so tiefen Temperaturen.
- ☐ Alkohol bekommt bei noch tieferen Temperaturen Gefrierbrand.
- ☐ Alkohol verringert bei noch tieferen Temperaturen sein Volumen.
- ☐ Alkohol dehnt sich bei noch tieferen Temperaturen aus.
- ☐ Alkohol verliert bei noch tieferen Temperaturen an Qualität.

Aufgaben zum Text Wärmeempfinden

Kreuze immer die Antwort an, die die Frage am besten beantwortet.

W.2) Metall fühlt sich bei Raumtemperatur kalt an, weil...

- ☐ ... Metall Kälte abstrahlt.
- ☐ ... Metall sich immer kalt anfühlt.
- ☐ ... Metall eine geringe Wärmeleitfähigkeit hat.
- ☐ ... Metall besonders kalt an der Oberfläche ist.
- ☐ ... Metall eine hohe Wärmeleitfähigkeit hat.

W.3) Holz fühlt sich bei Raumtemperatur warm an, weil...

- ☐ ... Holz keine Wärmekapazität hat.
- ☐ ... Holz an der Oberfläche besonders warm ist.
- ☐ ... Holz eine hohe Wärmeleitfähigkeit hat.
- ☐ ... Holz eine geringe Wärmeleitfähigkeit hat.
- ☐ ... Naturstoffe wie Holz sich immer warm anfühlen.

W.4) Sitzflächen von Stühlen und Tischplatten von Tischen sind oft aus Holz und nicht aus Metall, weil...

- ☐ ... sich Holz bei Raumtemperatur wärmer anfühlt.
- ☐ ... sich Metall bei Raumtemperatur zu heiß anfühlt.
- ☐ ... Holz eine höhere Wärmeleitfähigkeit hat als Metall.
- ☐ ... Holz eine geringere Wärmekapazität hat als Metall.
- ☐ ... Holz eine größere Wärmekapazität hat als Metall.

W.6) Ein Mensch berührt einen Körper. Das Wärmeempfinden des Menschen ermöglicht es, zu fühlen,...

- ☐ ... welche exakte Temperatur ein Körper hat.
- ☐ ... wie die Oberfläche eines Körpers beschaffen ist.
- ☐ ... wie groß die Wärmekapazität eines Körpers in etwa ist.
- ☐ ... wie gut Wärme mit einem Körper ausgetauscht wird.
- ☐ ... wie viel Temperatur mit einem Körper ausgetauscht wird.

W.8) Stell dir vor, du berührst 40 °C warmen Stahl. Der Stahl fühlt sich warm an, weil...

- ☐ ... sich Stahl immer warm anfühlt.
- ☐ ... Stahl eine hohe Wärmekapazität hat.
- ☐ ... Stahl eine geringe Wärmekapazität hat.
- ☐ ... Stahl eine hohe Wärmeleitfähigkeit hat.
- ☐ ... die Wärmeleitfähigkeit von Stahl mit der Temperatur ansteigt.

W.9) Wieso benötigt Wasser mehr Wärme als Petroleum-Öl um von 20 °C auf 80 °C aufgewärmt zu werden?

- ☐ Weil Wasser eine niedrigere spezifische Wärmekapazität hat als Petroleum-Öl.
- ☐ Weil Wasser eine höhere spezifische Wärmekapazität hat als Petroleum-Öl.
- ☐ Weil Wasser eine höhere spezifische Wärmeleitfähigkeit hat als Petroleum-Öl.
- ☐ Weil Wasser eine höhere Wärmeleitfähigkeit hat als Petroleum-Öl.
- ☐ Weil Wasser eine niedrigere Wärmeleitfähigkeit hat als Petroleum-Öl.

W.11) Der Begriff Wärmeleitfähigkeit beschreibt am besten, ...

- ☐ ... wie gut ein Stoff Wärme leiten kann.
- ☐ ... wie viel Masse ein Körper hat.
- ☐ ... wie viel Wärme ein Stoff aufnehmen und abgeben kann.
- ☐ ... wie groß der Temperaturunterschied zur Umgebung ist.
- ☐ ... wie viel Volumen ein Körper hat.

W.13) Die Wärmekapazität eines Körpers hängt...

- ☐ ... nur von seiner Masse ab.
- ☐ ... nur von seiner Temperatur ab.
- ☐ ... nur von dem Stoff ab, aus dem er besteht.
- ☐ ... von seiner Masse und seiner Temperatur ab.
- ☐ ... von seiner Masse und dem Stoff, aus dem er besteht, ab.

W.15) Zwei Körper derselben Temperatur fühlen sich unterschiedlich warm an. Dies ist ein Hinweis auf...

- ☐ ... eine unterschiedlich große Masse der Körper.
- ☐ ... eine unterschiedlich große Wärmekapazität der Körper.
- ☐ ... eine unterschiedlich große Dichte der Körper.
- ☐ ... ein unterschiedlich großes Volumen der Körper.
- ☐ ... eine unterschiedlich große Wärmeleitfähigkeit der Körper.

B.4. Auswertung der Hauptstudie

Im folgenden findet sich die Tabelle zur Itemauswahl der Hauptstudie, die Tabelle zur Überprüfung der Subgruppeninvarianz der Hauptstudie,

Tabelle B.3.: Raschmodell: Fachliche Textverständnisitems der Haupterhebung mit In- und Outfit Statistiken (Trennschärfeparameter sind 1), $n = 778$.

Item	N	Prozent-korr.	Itemschwierigkeit	Outfit	Infit
A14A	262	0.42	0.41	0.89	0.90
A14B	256	0.39	0.53	0.91	0.93
A14C	251	0.35	0.73	1.09	1.05
A15A	261	0.54	-0.23	1.06	1.04
A15B	258	0.56	-0.29	1.00	1.02
A15C	253	0.54	-0.20	1.04	1.04
A19A	265	0.94	-3.05	0.93	0.99
A19B	258	0.92	-2.85	0.94	0.92
A19C	250	0.90	-2.50	0.98	0.96
A21A	265	0.79	-1.56	0.92	0.99
A21B	258	0.72	-1.12	0.91	0.96
A21C	251	0.73	-1.18	0.93	0.97
A2A	262	0.71	-1.07	0.99	1.02
A2B	252	0.73	-1.16	1.00	0.99
A2C	249	0.70	-0.97	1.05	1.00
A6A	261	0.44	0.29	1.09	1.07
A6B	258	0.44	0.29	0.98	0.99
A6C	250	0.48	0.09	1.07	1.07
A7A	264	0.63	-0.64	0.94	0.96
A7B	258	0.63	-0.64	1.00	1.03
A7C	251	0.57	-0.31	1.01	1.01
A8A	256	0.38	0.57	1.13	1.07
A8B	258	0.40	0.50	1.06	1.04
A8C	249	0.40	0.48	1.07	1.06
A9A	264	0.55	-0.23	1.11	1.09
A9B	258	0.58	-0.41	0.89	0.93
A9C	247	0.59	-0.41	1.03	1.02
T10A	252	0.56	-0.29	1.03	1.02
T10B	264	0.53	-0.15	0.93	0.95
T10C	255	0.48	0.08	1.10	1.09
T14A	250	0.55	-0.25	1.04	1.04
T14B	264	0.57	-0.33	1.13	1.11
T14C	256	0.52	-0.09	1.05	1.05
T1A	249	0.84	-1.94	0.92	0.96
T1B	260	0.85	-2.00	0.80	0.96
T1C	255	0.81	-1.69	0.98	0.99
T21A	233	0.46	0.20	1.12	1.07
T21B	251	0.37	0.62	1.13	1.05
T21C	243	0.39	0.52	1.08	1.05
T2A	250	0.54	-0.20	0.99	1.00
T2B	262	0.55	-0.25	1.02	1.02
T2C	255	0.45	0.25	0.96	0.96
T3A	251	0.69	-0.91	0.98	1.02
T3B	263	0.63	-0.65	0.94	0.98
T3C	258	0.64	-0.71	1.06	1.07

Item	N	Prozent-korr.	Itemschwierigkeit	Outfit	Infit
T5A	252	0.69	-0.93	0.83	0.89
T5B	262	0.73	-1.17	0.80	0.89
T5C	258	0.61	-0.54	0.80	0.84
T7A	252	0.63	-0.63	0.96	0.99
T7B	264	0.69	-0.93	1.10	1.01
T7C	256	0.71	-1.12	0.95	0.99
T8A	250	0.63	-0.62	1.00	0.98
T8B	262	0.68	-0.89	0.86	0.92
T8C	255	0.67	-0.88	0.94	0.98
W11A	257	0.57	-0.35	1.12	1.10
W11B	252	0.63	-0.62	1.04	1.03
W11C	262	0.64	-0.68	1.02	1.03
W13A	257	0.41	0.43	0.96	0.96
W13B	248	0.43	0.35	0.99	0.98
W13C	264	0.43	0.34	1.02	0.99
W15A	259	0.61	-0.53	0.96	0.97
W15B	251	0.59	-0.42	0.86	0.90
W15C	263	0.57	-0.33	0.83	0.87
W2A	258	0.59	-0.46	0.85	0.88
W2B	252	0.60	-0.47	0.80	0.81
W2C	266	0.57	-0.36	0.80	0.86
W3A	258	0.59	-0.43	0.77	0.83
W3B	253	0.59	-0.45	0.76	0.82
W3C	262	0.53	-0.15	0.79	0.83
W4A	259	0.45	0.22	1.20	1.13
W4B	253	0.40	0.48	1.20	1.16
W4C	263	0.49	0.05	1.18	1.13
W6A	258	0.33	0.86	1.13	1.09
W6B	246	0.29	1.05	1.36	1.15
W6C	264	0.28	1.10	1.41	1.20
W8A	256	0.38	0.56	1.06	1.04
W8B	249	0.37	0.63	1.20	1.20
W8C	261	0.40	0.47	1.12	1.08
W9A	256	0.60	-0.51	0.93	0.97
W9B	245	0.46	0.17	1.05	1.03
W9C	250	0.45	0.25	0.95	0.95

Tabelle B.4.: Mantel-Haenszel-Methode: Test auf Differential Item Functioning der fachlichen Textverständnisitems der Haupterhebung mit dem Splitkriterium Geschlecht und Zufall.

Item	MH-Geschlecht	p-Geschlecht	MH-Zufall	p-Zufall
A14A	1.57	0.21	0.13	0.72
A14B	0.38	0.54	0.30	0.58
A14C	0.23	0.63	0.02	0.89
A15A	1.68	0.20	0.002	0.97
A15B	0.01	0.91	0.0001	0.99
A15C	0.26	0.61	0.62	0.43
A19A	0.03	0.87	0.0004	0.98
A19B	0.002	0.96	0.0005	0.98
A19C	0.10	0.75	0.01	0.93
A21A	0.27	0.60	0.07	0.79
A21B	0.41	0.52	0.01	0.93
A21C	0.11	0.74	0.19	0.66
A2A	0.07	0.79	0.02	0.88
A2B	0.01	0.92	0.08	0.78
A2C	0.001	0.98	0.01	0.93
A6A	0.18	0.67	0.0004	0.98
A6B	0.56	0.45	0.52	0.47
A6C	0.03	0.87	0.0002	0.99
A7A	0.98	0.32	0.02	0.88
A7B	0.002	0.97	0.26	0.61
A7C	0.29	0.59	0.04	0.83
A8A	0.93	0.33	0.001	0.98
A8B	0.03	0.87	0.31	0.58
A8C	0.0003	0.99	0.01	0.90
A9A	0.09	0.76	0.18	0.67
A9B	0.60	0.44	0.08	0.78
A9C	0.05	0.83	0.18	0.67
T10A	0.39	0.53	0.002	0.97
T10B	0.05	0.83	0.20	0.65
T10C	0.06	0.81	0.001	0.97
T14A	0.19	0.66	0.28	0.59
T14B	0.11	0.74	0.05	0.83
T14C	0.01	0.94	0.002	0.97
T1A	0.18	0.67	0.001	0.97
T1B	0.24	0.63	0.02	0.90
T1C	0.02	0.89	0.0000	1.00
T21A	0.03	0.86	0.17	0.68
T21B	0.48	0.49	0.02	0.88
T21C	0.16	0.69	0.0004	0.98
T2A	0.05	0.82	0.0003	0.99
T2B	0.73	0.39	0.04	0.84
T2C	0.51	0.47	0.20	0.66
T3A	0.004	0.95	0.23	0.63
T3B	0.001	0.97	0.04	0.85
T3C	0.28	0.59	0.75	0.39

Item	MH-Geschlecht	p-Geschlecht	MH-Zufall	p-Zufall
T5A	0.20	0.65	0.14	0.70
T5B	0.001	0.98	0.002	0.97
T5C	0.004	0.95	0.09	0.76
T7A	0.40	0.53	0.11	0.74
T7B	0.28	0.60	0.004	0.95
T7C	0.05	0.82	0.001	0.98
T8A	0.02	0.88	0.17	0.68
T8B	0.14	0.71	0.02	0.87
T8C	0.86	0.35	0.04	0.85
W11A	0.002	0.97	0.17	0.68
W11B	0.05	0.83	0.003	0.95
W11C	0.44	0.51	0.005	0.94
W13A	0.06	0.81	0.05	0.82
W13B	0.24	0.62	0.20	0.65
W13C	0.29	0.59	0.12	0.72
W15A	0.41	0.52	0.16	0.69
W15B	0.01	0.92	0.02	0.90
W15C	0.02	0.89	0.30	0.59
W2A	0.14	0.71	0.13	0.72
W2B	0.002	0.97	0.19	0.66
W2C	0.0005	0.98	0.001	0.97
W4A	0.0002	0.99	0.11	0.74
W4B	0.10	0.75	0.01	0.93
W4C	0.0005	0.98	0.003	0.96
W8A	0.06	0.80	0.12	0.72
W8B	0.01	0.90	0.0000	1.00
W8C	0.06	0.81	0.37	0.54
W9A	0.31	0.58	0.001	0.97
W9B	0.12	0.73	0.04	0.84
W9C	0.01	0.92	0.001	0.98

C. Liste der aus der Dissertation hervorgegangenen Publikationen

Hackemann, T., Heine, L. & Höttecke, D. (2022). Challenging to read, easy to comprehend? Effects of linguistic demand on secondary students' text comprehension in physics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20(1).

Hackemann, T., Heine, L. & Höttecke, D. (2021). Effects of linguistic complexity on students' text comprehension – an experimental study. Paper presented at the ESERA conference as part of the symposium *The role of language in learning science in four countries: Different languages, same conclusions?* 30th-3rd September 2021 virtual.

Hackemann, T., Heine, L. & Höttecke, D. (2021). Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus von Sachtexten auf Textverstehen und -wahrnehmung. In: S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Virtuelle Jahrestagung 2021. (S. 480-483). Friedrich-Alexander-Universität.

Hackemann, T., Heine, L. & Höttecke, D. (2019). Textverständlichkeit sprachlich variiert physikbezogener Sachtexte. In: C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 306-309). Universität Regensburg.

Bisher erschienene Bände der Reihe „*Studien zum Physik- und Chemielernen*“

ISSN 1614-8967 (vormals *Studien zum Physiklernen* ISSN 1435-5280)

- 1 Helmut Fischler, Jochen Peuckert (Hrsg.): Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie
ISBN 978-3-89722-256-4 40.50 EUR
- 2 Anja Schoster: Bedeutungsentwicklungsprozesse beim Lösen algorithmischer Physikaufgaben. *Eine Fallstudie zu Lernprozessen von Schülern im Physiknachhilfeunterricht während der Bearbeitung algorithmischer Physikaufgaben*
ISBN 978-3-89722-045-4 40.50 EUR
- 3 Claudia von Aufschnaiter: Bedeutungsentwicklungen, Interaktionen und situatives Erleben beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben
ISBN 978-3-89722-143-7 40.50 EUR
- 4 Susanne Haerberlen: Lernprozesse im Unterricht mit Wasserstromkreisen. *Eine Fallstudie in der Sekundarstufe I*
ISBN 978-3-89722-172-7 40.50 EUR
- 5 Kerstin Haller: Über den Zusammenhang von Handlungen und Zielen. *Eine empirische Untersuchung zu Lernprozessen im physikalischen Praktikum*
ISBN 978-3-89722-242-7 40.50 EUR
- 6 Michaela Horstendahl: Motivationale Orientierungen im Physikunterricht
ISBN 978-3-89722-227-4 50.00 EUR
- 7 Stefan Deylitz: Lernergebnisse in der Quanten-Atomphysik. *Evaluation des Bremer Unterrichtskonzepts*
ISBN 978-3-89722-291-5 40.50 EUR
- 8 Lorenz Hücke: Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums
ISBN 978-3-89722-316-5 50.00 EUR
- 9 Heike Theyßen: Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. *Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion*
ISBN 978-3-89722-334-9 40.50 EUR
- 10 Annette Schick: Der Einfluß von Interesse und anderen selbstbezogenen Kognitionen auf Handlungen im Physikunterricht. *Fallstudien zu Interessenhandlungen im Physikunterricht*
ISBN 978-3-89722-380-6 40.50 EUR
- 11 Roland Berger: Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik. *Ein Weg zu interessanterem Physikunterricht*
ISBN 978-3-89722-445-2 40.50 EUR

- 12 Johannes Werner: Vom Licht zum Atom. *Ein Unterrichtskonzept zur Quantenphysik unter Nutzung des Zeigermodells*
ISBN 978-3-89722-471-1 40.50 EUR
- 13 Florian Sander: Verbindung von Theorie und Experiment im physikalischen Praktikum. *Eine empirische Untersuchung zum handlungsbezogenen Vorverständnis und dem Einsatz grafikorientierter Modellbildung im Praktikum*
ISBN 978-3-89722-482-7 40.50 EUR
- 14 Jörn Gerdes: Der Begriff der physikalischen Kompetenz. *Zur Validierung eines Konstruktes*
ISBN 978-3-89722-510-7 40.50 EUR
- 15 Malte Meyer-Arndt: Interaktionen im Physikpraktikum zwischen Studierenden und Betreuern. *Feldstudie zu Bedeutungsentwicklungsprozessen im physikalischen Praktikum*
ISBN 978-3-89722-541-1 40.50 EUR
- 16 Dietmar Höttecke: Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. *Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen*
ISBN 978-3-89722-607-4 40.50 EUR
- 17 Gil Gabriel Mavanga: Entwicklung und Evaluation eines experimentell- und phänomenorientierten Optikcurriculums. *Untersuchung zu Schülervorstellungen in der Sekundarstufe I in Mosambik und Deutschland*
ISBN 978-3-89722-721-7 40.50 EUR
- 18 Meike Ute Zastrow: Interaktive Experimentieranleitungen. *Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes zur Vorbereitung auf das Experimentieren mit Messgeräten im Physikalischen Praktikum*
ISBN 978-3-89722-802-3 40.50 EUR
- 19 Gunnar Friege: Wissen und Problemlösen. *Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs*
ISBN 978-3-89722-809-2 40.50 EUR
- 20 Erich Starauschek: Physikunterricht nach dem Karlsruher Physikkurs. *Ergebnisse einer Evaluationsstudie*
ISBN 978-3-89722-823-8 40.50 EUR
- 21 Roland Paatz: Charakteristika analogiebasierten Denkens. *Vergleich von Lernprozessen in Basis- und Zielbereich*
ISBN 978-3-89722-944-0 40.50 EUR
- 22 Silke Mikelskis-Seifert: Die Entwicklung von Metakzepten zur Teilchenvorstellung bei Schülern. *Untersuchung eines Unterrichts über Modelle mithilfe eines Systems multipler Repräsentationsebenen*
ISBN 978-3-8325-0013-9 40.50 EUR
- 23 Brunhild Landwehr: Distanzen von Lehrkräften und Studierenden des Sachunterrichts zur Physik. *Eine qualitativ-empirische Studie zu den Ursachen*
ISBN 978-3-8325-0044-3 40.50 EUR

- 24 Lydia Murmann: Physiklernen zu Licht, Schatten und Sehen. *Eine phänomenografische Untersuchung in der Primarstufe*
ISBN 978-3-8325-0060-3 40.50 EUR
- 25 Thorsten Bell: Strukturprinzipien der Selbstregulation. *Komplexe Systeme, Elementarisierungen und Lernprozessstudien für den Unterricht der Sekundarstufe II*
ISBN 978-3-8325-0134-1 40.50 EUR
- 26 Rainer Müller: Quantenphysik in der Schule
ISBN 978-3-8325-0186-0 40.50 EUR
- 27 Jutta Roth: Bedeutungsentwicklungsprozesse von Physikerinnen und Physikern in den Dimensionen Komplexität, Zeit und Inhalt
ISBN 978-3-8325-0183-9 40.50 EUR
- 28 Andreas Saniter: Spezifika der Verhaltensmuster fortgeschrittener Studierender der Physik
ISBN 978-3-8325-0292-8 40.50 EUR
- 29 Thomas Weber: Kumulatives Lernen im Physikunterricht. *Eine vergleichende Untersuchung in Unterrichtsgängen zur geometrischen Optik*
ISBN 978-3-8325-0316-1 40.50 EUR
- 30 Markus Rehm: Über die Chancen und Grenzen moralischer Erziehung im naturwissenschaftlichen Unterricht
ISBN 978-3-8325-0368-0 40.50 EUR
- 31 Marion Budde: Lernwirkungen in der Quanten-Atom-Physik. *Fallstudien über Resonanzen zwischen Lernangeboten und SchülerInnen-Vorstellungen*
ISBN 978-3-8325-0483-0 40.50 EUR
- 32 Thomas Reyer: Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht. *Exemplarische Analysen im Physikunterricht der gymnasialen Sekundarstufe*
ISBN 978-3-8325-0488-5 40.50 EUR
- 33 Christoph Thomas Müller: Subjektive Theorien und handlungsleitende Kognitionen von Lehrern als Determinanten schulischer Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-0543-1 40.50 EUR
- 34 Gabriela Jonas-Ahrend: Physiklehrervorstellungen zum Experiment im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-0576-9 40.50 EUR
- 35 Dimitrios Stavrou: Das Zusammenspiel von Zufall und Gesetzmäßigkeiten in der nicht-linearen Dynamik. *Didaktische Analyse und Lernprozesse*
ISBN 978-3-8325-0609-4 40.50 EUR
- 36 Katrin Engeln: Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken
ISBN 978-3-8325-0689-6 40.50 EUR
- 37 Susann Hartmann: Erklärungsvielfalt
ISBN 978-3-8325-0730-5 40.50 EUR

- 38 Knut Neumann: Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker
ISBN 978-3-8325-0762-6 40.50 EUR
- 39 Michael Späth: Kontextbedingungen für Physikunterricht an der Hauptschule. *Möglichkeiten und Ansatzpunkte für einen fachübergreifenden, handlungsorientierten und berufsorientierten Unterricht*
ISBN 978-3-8325-0827-2 40.50 EUR
- 40 Jörg Hirsch: Interesse, Handlungen und situatives Erleben von Schülerinnen und Schülern beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben
ISBN 978-3-8325-0875-3 40.50 EUR
- 41 Monika Hüther: Evaluation einer hypermedialen Lernumgebung zum Thema Gasgesetze. *Eine Studie im Rahmen des Physikpraktikums für Studierende der Medizin*
ISBN 978-3-8325-0911-8 40.50 EUR
- 42 Maike Tesch: Das Experiment im Physikunterricht. *Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie*
ISBN 978-3-8325-0975-0 40.50 EUR
- 43 Nina Nicolai: Skriptgeleitete Eltern-Kind-Interaktion bei Chemiehausaufgaben. *Eine Evaluationsstudie im Themenbereich Säure-Base*
ISBN 978-3-8325-1013-8 40.50 EUR
- 44 Antje Leisner: Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-1020-6 40.50 EUR
- 45 Stefan Rumann: Evaluation einer Interventionsstudie zur Säure-Base-Thematik
ISBN 978-3-8325-1027-5 40.50 EUR
- 46 Thomas Wilhelm: Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung – mit CD-ROM
ISBN 978-3-8325-1046-6 45.50 EUR
- 47 Andrea Maier-Richter: Computerunterstütztes Lernen mit Lösungsbeispielen in der Chemie. *Eine Evaluationsstudie im Themenbereich Löslichkeit*
ISBN 978-3-8325-1046-6 40.50 EUR
- 48 Jochen Peuckert: Stabilität und Ausprägung kognitiver Strukturen zum Atombegriff
ISBN 978-3-8325-1104-3 40.50 EUR
- 49 Maik Walpuski: Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback
ISBN 978-3-8325-1184-5 40.50 EUR
- 50 Helmut Fischler, Christiane S. Reiners (Hrsg.): Die Teilchenstruktur der Materie im Physik- und Chemieunterricht
ISBN 978-3-8325-1225-5 34.90 EUR
- 51 Claudia Eysel: Interdisziplinäres Lehren und Lernen in der Lehrerbildung. *Eine empirische Studie zum Kompetenzerwerb in einer komplexen Lernumgebung*
ISBN 978-3-8325-1238-5 40.50 EUR

- 52 Johannes Günther: Lehrerfortbildung über die Natur der Naturwissenschaften. *Studien über das Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften*
ISBN 978-3-8325-1287-3 40.50 EUR
- 53 Christoph Neugebauer: Lernen mit Simulationen und der Einfluss auf das Problemlösen in der Physik
ISBN 978-3-8325-1300-9 40.50 EUR
- 54 Andreas Schnirch: Gendergerechte Interessen- und Motivationsförderung im Kontext naturwissenschaftlicher Grundbildung. *Konzeption, Entwicklung und Evaluation einer multimedial unterstützten Lernumgebung*
ISBN 978-3-8325-1334-4 40.50 EUR
- 55 Hilde Köster: Freies Explorieren und Experimentieren. *Eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht*
ISBN 978-3-8325-1348-1 40.50 EUR
- 56 Eva Heran-Dörr: Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung zur Förderung der physikdidaktischen Kompetenz von Sachunterrichtslehrkräften
ISBN 978-3-8325-1377-1 40.50 EUR
- 57 Agnes Szabone Varnai: Unterstützung des Problemlösens in Physik durch den Einsatz von Simulationen und die Vorgabe eines strukturierten Kooperationsformats
ISBN 978-3-8325-1403-7 40.50 EUR
- 58 Johannes Rethfeld: Aufgabenbasierte Lernprozesse in selbstorganisationsoffenem Unterricht der Sekundarstufe I zum Themengebiet ELEKTROSTATIK. *Eine Feldstudie in vier 10. Klassen zu einer kartenbasierten Lernumgebung mit Aufgaben aus der Elektrostatik*
ISBN 978-3-8325-1416-7 40.50 EUR
- 59 Christian Henke: Experimentell-naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in der Oberstufe. *Untersuchung am Beispiel des HIGHSEA-Projekts in Bremerhaven*
ISBN 978-3-8325-1515-7 40.50 EUR
- 60 Lutz Kasper: Diskursiv-narrative Elemente für den Physikunterricht. *Entwicklung und Evaluation einer multimedialen Lernumgebung zum Erdmagnetismus*
ISBN 978-3-8325-1537-9 40.50 EUR
- 61 Thorid Rabe: Textgestaltung und Aufforderung zu Selbsterklärungen beim Physiklernen mit Multimedia
ISBN 978-3-8325-1539-3 40.50 EUR
- 62 Ina Glemnitz: Vertikale Vernetzung im Chemieunterricht. *Ein Vergleich von traditionellem Unterricht mit Unterricht nach Chemie im Kontext*
ISBN 978-3-8325-1628-4 40.50 EUR
- 63 Erik Einhaus: Schülerkompetenzen im Bereich Wärmelehre. *Entwicklung eines Testinstruments zur Überprüfung und Weiterentwicklung eines normativen Modells fachbezogener Kompetenzen*
ISBN 978-3-8325-1630-7 40.50 EUR

- 64 Jasmin Neuroth: Concept Mapping als Lernstrategie. *Eine Interventionsstudie zum Chemielernen aus Texten*
ISBN 978-3-8325-1659-8 40.50 EUR
- 65 Hans Gerd Hegeler-Burkhart: Zur Kommunikation von Hauptschülerinnen und Hauptschülern in einem handlungsorientierten und fächerübergreifenden Unterricht mit physikalischen und technischen Inhalten
ISBN 978-3-8325-1667-3 40.50 EUR
- 66 Karsten Rincke: Sprachentwicklung und Fachlernen im Mechanikunterricht. *Sprache und Kommunikation bei der Einführung in den Kraftbegriff*
ISBN 978-3-8325-1699-4 40.50 EUR
- 67 Nina Strehle: Das Ion im Chemieunterricht. *Alternative Schülervorstellungen und curriculare Konsequenzen*
ISBN 978-3-8325-1710-6 40.50 EUR
- 68 Martin Hopf: Problemorientierte Schülerexperimente
ISBN 978-3-8325-1711-3 40.50 EUR
- 69 Anne Beerenwinkel: Fostering conceptual change in chemistry classes using expository texts
ISBN 978-3-8325-1721-2 40.50 EUR
- 70 Roland Berger: Das Gruppenpuzzle im Physikunterricht der Sekundarstufe II. *Eine empirische Untersuchung auf der Grundlage der Selbstbestimmungstheorie der Motivation*
ISBN 978-3-8325-1732-8 40.50 EUR
- 71 Giuseppe Colicchia: Physikunterricht im Kontext von Medizin und Biologie. *Entwicklung und Erprobung von Unterrichtseinheiten*
ISBN 978-3-8325-1746-5 40.50 EUR
- 72 Sandra Winheller: Geschlechtsspezifische Auswirkungen der Lehrer-Schüler-Interaktion im Chemieanfangsunterricht
ISBN 978-3-8325-1757-1 40.50 EUR
- 73 Isabel Wahser: Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-1815-8 40.50 EUR
- 74 Claus Brell: Lernmedien und Lernerfolg - reale und virtuelle Materialien im Physikunterricht. *Empirische Untersuchungen in achten Klassen an Gymnasien (Laborstudie) zum Computereinsatz mit Simulation und IBE*
ISBN 978-3-8325-1829-5 40.50 EUR
- 75 Rainer Wackermann: Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer
ISBN 978-3-8325-1882-0 40.50 EUR
- 76 Oliver Tepner: Effektivität von Aufgaben im Chemieunterricht der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-1919-3 40.50 EUR

- 77 Claudia Geyer: Museums- und Science-Center-Besuche im naturwissenschaftlichen Unterricht aus einer motivationalen Perspektive. *Die Sicht von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern*
ISBN 978-3-8325-1922-3 40.50 EUR
- 78 Tobias Leonhard: Professionalisierung in der Lehrerbildung. *Eine explorative Studie zur Entwicklung professioneller Kompetenzen in der Lehrererstausbildung*
ISBN 978-3-8325-1924-7 40.50 EUR
- 79 Alexander Kauertz: Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben
ISBN 978-3-8325-1925-4 40.50 EUR
- 80 Regina Hübinger: Schüler auf Weltreise. *Entwicklung und Evaluation von Lehr-/Lernmaterialien zur Förderung experimentell-naturwissenschaftlicher Kompetenzen für die Jahrgangsstufen 5 und 6*
ISBN 978-3-8325-1932-2 40.50 EUR
- 81 Christine Waltner: Physik lernen im Deutschen Museum
ISBN 978-3-8325-1933-9 40.50 EUR
- 82 Torsten Fischer: Handlungsmuster von Physiklehrkräften beim Einsatz neuer Medien. *Fallstudien zur Unterrichtspraxis*
ISBN 978-3-8325-1948-3 42.00 EUR
- 83 Corinna Kieren: Chemiehausaufgaben in der Sekundarstufe I des Gymnasiums. *Fragebogenerhebung zur gegenwärtigen Praxis und Entwicklung eines optimierten Hausaufgabendesigns im Themenbereich Säure-Base*
978-3-8325-1975-9 37.00 EUR
- 84 Marco Thiele: Modelle der Thermohalinen Zirkulation im Unterricht. *Eine empirische Studie zur Förderung des Modellverständnisses*
ISBN 978-3-8325-1982-7 40.50 EUR
- 85 Bernd Zinn: Physik lernen, um Physik zu lehren. *Eine Möglichkeit für interessanteren Physikunterricht*
ISBN 978-3-8325-1995-7 39.50 EUR
- 86 Esther Klaes: Außerschulische Lernorte im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Die Perspektive der Lehrkraft*
ISBN 978-3-8325-2006-9 43.00 EUR
- 87 Marita Schmidt: Kompetenzmodellierung und -diagnostik im Themengebiet Energie der Sekundarstufe I. *Entwicklung und Erprobung eines Testinventars*
ISBN 978-3-8325-2024-3 37.00 EUR
- 88 Gudrun Franke-Braun: Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. *Ein Aufgabenformat zur Förderung der sachbezogenen Kommunikation und Lernleistung für den naturwissenschaftlichen Unterricht*
ISBN 978-3-8325-2026-7 38.00 EUR
- 89 Silke Klos: Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. *Der Einfluss eines integrierten Unterrichtskonzepts*
ISBN 978-3-8325-2133-2 37.00 EUR

- 90 Ulrike Elisabeth Burkard: Quantenphysik in der Schule. *Bestandsaufnahme, Perspektiven und Weiterentwicklungsmöglichkeiten durch die Implementation eines Medienservers*
ISBN 978-3-8325-2215-5 43.00 EUR
- 91 Ulrike Gromadecki: Argumente in physikalischen Kontexten. *Welche Geltungsgründe halten Physikanfänger für überzeugend?*
ISBN 978-3-8325-2250-6 41.50 EUR
- 92 Jürgen Bruns: Auf dem Weg zur Förderung naturwissenschaftsspezifischer Vorstellungen von zukünftigen Chemie-Lehrenden
ISBN 978-3-8325-2257-5 43.50 EUR
- 93 Cornelius Marsch: Räumliche Atomvorstellung. *Entwicklung und Erprobung eines Unterrichtskonzeptes mit Hilfe des Computers*
ISBN 978-3-8325-2293-3 82.50 EUR
- 94 Maja Brückmann: Sachstrukturen im Physikunterricht. *Ergebnisse einer Videostudie*
ISBN 978-3-8325-2272-8 39.50 EUR
- 95 Sabine Fechner: Effects of Context-oriented Learning on Student Interest and Achievement in Chemistry Education
ISBN 978-3-8325-2343-5 36.50 EUR
- 96 Clemens Nagel: eLearning im Physikalischen Anfängerpraktikum
ISBN 978-3-8325-2355-8 39.50 EUR
- 97 Josef Riese: Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften
ISBN 978-3-8325-2376-3 39.00 EUR
- 98 Sascha Bernholt: Kompetenzmodellierung in der Chemie. *Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität*
ISBN 978-3-8325-2447-0 40.00 EUR
- 99 Holger Christoph Stawitz: Auswirkung unterschiedlicher Aufgabenprofile auf die Schülerleistung. *Vergleich von Naturwissenschafts- und Problemlöseaufgaben der PISA 2003-Studie*
ISBN 978-3-8325-2451-7 37.50 EUR
- 100 Hans Ernst Fischer, Elke Sumfleth (Hrsg.): nwu-essen – 10 Jahre Essener Forschung zum naturwissenschaftlichen Unterricht
ISBN 978-3-8325-3331-1 40.00 EUR
- 101 Hendrik Härtig: Sachstrukturen von Physikschulbüchern als Grundlage zur Bestimmung der Inhaltsvalidität eines Tests
ISBN 978-3-8325-2512-5 34.00 EUR
- 102 Thomas Grüß-Niehaus: Zum Verständnis des Löslichkeitskonzeptes im Chemieunterricht. *Der Effekt von Methoden progressiver und kollaborativer Reflexion*
ISBN 978-3-8325-2537-8 40.50 EUR

- 103 Patrick Bronner: Quantenoptische Experimente als Grundlage eines Curriculums zur Quantenphysik des Photons
ISBN 978-3-8325-2540-8 36.00 EUR
- 104 Adrian Voßkühler: Blickbewegungsmessung an Versuchsaufbauten. *Studien zur Wahrnehmung, Verarbeitung und Usability von physikbezogenen Experimenten am Bildschirm und in der Realität*
ISBN 978-3-8325-2548-4 47.50 EUR
- 105 Verena Tobias: Newton'sche Mechanik im Anfangsunterricht. *Die Wirksamkeit einer Einführung über die zweidimensionale Dynamik auf das Lehren und Lernen*
ISBN 978-3-8325-2558-3 54.00 EUR
- 106 Christian Rogge: Entwicklung physikalischer Konzepte in aufgabenbasierten Lernumgebungen
ISBN 978-3-8325-2574-3 45.00 EUR
- 107 Mathias Ropohl: Modellierung von Schülerkompetenzen im Basiskonzept Chemische Reaktion. *Entwicklung und Analyse von Testaufgaben*
ISBN 978-3-8325-2609-2 36.50 EUR
- 108 Christoph Kulgemeyer: Physikalische Kommunikationskompetenz. *Modellierung und Diagnostik*
ISBN 978-3-8325-2674-0 44.50 EUR
- 109 Jennifer Olszewski: The Impact of Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge on Teacher Actions and Student Outcomes
ISBN 978-3-8325-2680-1 33.50 EUR
- 110 Annika Ohle: Primary School Teachers' Content Knowledge in Physics and its Impact on Teaching and Students' Achievement
ISBN 978-3-8325-2684-9 36.50 EUR
- 111 Susanne Mannel: Assessing scientific inquiry. *Development and evaluation of a test for the low-performing stage*
ISBN 978-3-8325-2761-7 40.00 EUR
- 112 Michael Plomer: Physik physiologisch passend praktiziert. *Eine Studie zur Lernwirksamkeit von traditionellen und adressatenspezifischen Physikpraktika für die Physiologie*
ISBN 978-3-8325-2804-1 34.50 EUR
- 113 Alexandra Schulz: Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht. *Eine Videostudie*
ISBN 978-3-8325-2817-1 40.00 EUR
- 114 Franz Boczianowski: Eine empirische Untersuchung zu Vektoren im Physikunterricht der Mittelstufe
ISBN 978-3-8325-2843-0 39.50 EUR
- 115 Maria Ploog: Internetbasiertes Lernen durch Textproduktion im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-2853-9 39.50 EUR

- 116 Anja Dhein: Lernen in Explorier- und Experimentiersituationen. *Eine explorative Studie zu Bedeutungsentwicklungsprozessen bei Kindern im Alter zwischen 4 und 6 Jahren*
ISBN 978-3-8325-2859-1 45.50 EUR
- 117 Irene Neumann: Beyond Physics Content Knowledge. *Modeling Competence Regarding Nature of Scientific Inquiry and Nature of Scientific Knowledge*
ISBN 978-3-8325-2880-5 37.00 EUR
- 118 Markus Emden: Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. *Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I*
ISBN 978-3-8325-2867-6 38.00 EUR
- 119 Birgit Hofmann: Analyse von Blickbewegungen von Schülern beim Lesen von physikbezogenen Texten mit Bildern. *Eye Tracking als Methodenwerkzeug in der physikdidaktischen Forschung*
ISBN 978-3-8325-2925-3 59.00 EUR
- 120 Rebecca Knobloch: Analyse der fachinhaltlichen Qualität von Schüleräußerungen und deren Einfluss auf den Lernerfolg. *Eine Videostudie zu kooperativer Kleingruppenarbeit*
ISBN 978-3-8325-3006-8 36.50 EUR
- 121 Julia Hostenbach: Entwicklung und Prüfung eines Modells zur Beschreibung der Bewertungskompetenz im Chemieunterricht
ISBN 978-3-8325-3013-6 38.00 EUR
- 122 Anna Windt: Naturwissenschaftliches Experimentieren im Elementarbereich. *Evaluation verschiedener Lernsituationen*
ISBN 978-3-8325-3020-4 43.50 EUR
- 123 Eva Kölbach: Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen
ISBN 978-3-8325-3025-9 38.50 EUR
- 124 Anna Lau: Passung und vertikale Vernetzung im Chemie- und Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-3021-1 36.00 EUR
- 125 Jan Lamprecht: Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz. *Vergleich von Quereinsteigern mit Lehramtsabsolventen für Gymnasien im Fach Physik*
ISBN 978-3-8325-3035-8 38.50 EUR
- 126 Ulrike Böhm: Förderung von Verstehensprozessen unter Einsatz von Modellen
ISBN 978-3-8325-3042-6 41.00 EUR
- 127 Sabrina Dollny: Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehrkräften
ISBN 978-3-8325-3046-4 37.00 EUR
- 128 Monika Zimmermann: Naturwissenschaftliche Bildung im Kindergarten. *Eine integrative Längsschnittstudie zur Kompetenzentwicklung von Erzieherinnen*
ISBN 978-3-8325-3053-2 54.00 EUR

- 129 Ulf Saballus: Über das Schlussfolgern von Schülerinnen und Schülern zu öffentlichen Kontroversen mit naturwissenschaftlichem Hintergrund. *Eine Fallstudie*
ISBN 978-3-8325-3086-0 39.50 EUR
- 130 Olaf Krey: Zur Rolle der Mathematik in der Physik. *Wissenschaftstheoretische Aspekte und Vorstellungen Physiklernender*
ISBN 978-3-8325-3101-0 46.00 EUR
- 131 Angelika Wolf: Zusammenhänge zwischen der Eigenständigkeit im Physikunterricht, der Motivation, den Grundbedürfnissen und dem Lernerfolg von Schülern
ISBN 978-3-8325-3161-4 45.00 EUR
- 132 Johannes Börlin: Das Experiment als Lerngelegenheit. *Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität*
ISBN 978-3-8325-3170-6 45.00 EUR
- 133 Olaf Uhden: Mathematisches Denken im Physikunterricht. *Theorieentwicklung und Problemanalyse*
ISBN 978-3-8325-3170-6 45.00 EUR
- 134 Christoph Gut: Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz. *Analyse eines large-scale Experimentiertests*
ISBN 978-3-8325-3213-0 40.00 EUR
- 135 Antonio Rueda: Lernen mit ExploMultimedial in kolumbianischen Schulen. *Analyse von kurzzeitigen Lernprozessen und der Motivation beim länderübergreifenden Einsatz einer deutschen computergestützten multimedialen Lernumgebung für den naturwissenschaftlichen Unterricht*
ISBN 978-3-8325-3218-5 45.50 EUR
- 136 Krisztina Berger: Bilder, Animationen und Notizen. *Empirische Untersuchung zur Wirkung einfacher visueller Repräsentationen und Notizen auf den Wissenserwerb in der Optik*
ISBN 978-3-8325-3238-3 41.50 EUR
- 137 Antony Crossley: Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher physikalischer Konzepte auf den Wissenserwerb in der Thermodynamik der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-3275-8 40.00 EUR
- 138 Tobias Viering: Entwicklung physikalischer Kompetenz in der Sekundarstufe I. *Validierung eines Kompetenzentwicklungsmodells für das Energiekonzept im Bereich Fachwissen*
ISBN 978-3-8325-3277-2 37.00 EUR
- 139 Nico Schreiber: Diagnostik experimenteller Kompetenz. *Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells*
ISBN 978-3-8325-3284-0 39.00 EUR
- 140 Sarah Hundertmark: Einblicke in kollaborative Lernprozesse. *Eine Fallstudie zur reflektierenden Zusammenarbeit unterstützt durch die Methoden Concept Mapping und Lernbegleitbogen*
ISBN 978-3-8325-3251-2 43.00 EUR

- 141 Ronny Scherer: Analyse der Struktur, Messinvarianz und Ausprägung komplexer Problemlösekompetenz im Fach Chemie. *Eine Querschnittstudie in der Sekundarstufe I und am Übergang zur Sekundarstufe II*
ISBN 978-3-8325-3312-0 43.00 EUR
- 142 Patricia Heitmann: Bewertungskompetenz im Rahmen naturwissenschaftlicher Problemlöseprozesse. *Modellierung und Diagnose der Kompetenzen Bewertung und analytisches Problemlösen für das Fach Chemie*
ISBN 978-3-8325-3314-4 37.00 EUR
- 143 Jan Fleischhauer: Wissenschaftliches Argumentieren und Entwicklung von Konzepten beim Lernen von Physik
ISBN 978-3-8325-3325-0 35.00 EUR
- 144 Nermin Özcan: Zum Einfluss der Fachsprache auf die Leistung im Fach Chemie. *Eine Förderstudie zur Fachsprache im Chemieunterricht*
ISBN 978-3-8325-3328-1 36.50 EUR
- 145 Helena van Vorst: Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-3321-2 38.50 EUR
- 146 Janine Cappell: Fachspezifische Diagnosekompetenz angehender Physiklehrkräfte in der ersten Ausbildungsphase
ISBN 978-3-8325-3356-4 38.50 EUR
- 147 Susanne Bley: Förderung von Transferprozessen im Chemieunterricht
ISBN 978-3-8325-3407-3 40.50 EUR
- 148 Cathrin Blaes: Die übungsgestützte Lehrerpräsentation im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Evaluation der Effektivität*
ISBN 978-3-8325-3409-7 43.50 EUR
- 149 Julia Suckut: Die Wirksamkeit von piko-OWL als Lehrerfortbildung. Eine Evaluation zum Projekt *Physik im Kontext* in Fallstudien
ISBN 978-3-8325-3440-0 45.00 EUR
- 150 Alexandra Dorschu: Die Wirkung von Kontexten in Physikkompetenztestaufgaben
ISBN 978-3-8325-3446-2 37.00 EUR
- 151 Jochen Scheid: Multiple Repräsentationen, Verständnis physikalischer Experimente und kognitive Aktivierung: *Ein Beitrag zur Entwicklung der Aufgabenkultur*
ISBN 978-3-8325-3449-3 49.00 EUR
- 152 Tim Plasa: Die Wahrnehmung von Schülerlaboren und Schülerforschungszentren
ISBN 978-3-8325-3483-7 35.50 EUR
- 153 Felix Schoppmeier: Physikkompetenz in der gymnasialen Oberstufe. *Entwicklung und Validierung eines Kompetenzstrukturmodells für den Kompetenzbereich Umgang mit Fachwissen*
ISBN 978-3-8325-3502-5 36.00 EUR

- 154 Katharina Groß: Experimente alternativ dokumentieren. *Eine qualitative Studie zur Förderung der Diagnose- und Differenzierungskompetenz in der Chemielehrerbildung*
ISBN 978-3-8325-3508-7 43.50 EUR
- 155 Barbara Hank: Konzeptwandelprozesse im Anfangsunterricht Chemie. *Eine quasixperimentelle Längsschnittstudie*
ISBN 978-3-8325-3519-3 38.50 EUR
- 156 Katja Freyer: Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-3544-5 38.00 EUR
- 157 Alexander Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des (Ferro-)Magnetismus. *Eine Vergleichsstudie in der Primar- und Sekundarstufe*
ISBN 978-3-8325-3548-3 43.50 EUR
- 158 Sebastian Ritter: Einfluss des Lerninhalts Nanogrößeneffekte auf Teilchen- und Teilchenmodellvorstellungen von Schülerinnen und Schülern
ISBN 978-3-8325-3558-2 36.00 EUR
- 159 Andrea Harbach: Problemorientierung und Vernetzung in kontextbasierten Lernaufgaben
ISBN 978-3-8325-3564-3 39.00 EUR
- 160 David Obst: Interaktive Tafeln im Physikunterricht. *Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung*
ISBN 978-3-8325-3582-7 40.50 EUR
- 161 Sophie Kirschner: Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physik Lehrkräften
ISBN 978-3-8325-3601-5 35.00 EUR
- 162 Katja Stief: Selbstregulationsprozesse und Hausaufgabenmotivation im Chemieunterricht
ISBN 978-3-8325-3631-2 34.00 EUR
- 163 Nicola Meschede: Professionelle Wahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. *Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung*
ISBN 978-3-8325-3668-8 37.00 EUR
- 164 Johannes Maximilian Barth: Experimentieren im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. *Eine Rekonstruktion übergeordneter Einbettungsstrategien*
ISBN 978-3-8325-3681-7 39.00 EUR
- 165 Sandra Lein: Das Betriebspraktikum in der Lehrerbildung. *Eine Untersuchung zur Förderung der Wissenschafts- und Technikbildung im allgemeinbildenden Unterricht*
ISBN 978-3-8325-3698-5 40.00 EUR
- 166 Veranika Maiseyenka: Modellbasiertes Experimentieren im Unterricht. *Praxistauglichkeit und Lernwirkungen*
ISBN 978-3-8325-3708-1 38.00 EUR

- 167 Christoph Stolzenberger: Der Einfluss der didaktischen Lernumgebung auf das Erreichen geforderter Bildungsziele am Beispiel der W- und P-Seminare im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-3708-1 38.00 EUR
- 168 Pia Altenburger: Mehrebenenregressionsanalysen zum Physiklernen im Sachunterricht der Primarstufe. *Ergebnisse einer Evaluationsstudie.*
ISBN 978-3-8325-3717-3 37.50 EUR
- 169 Nora Ferber: Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung von Kompetenzentwicklung im Fach Chemie in der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-3727-2 39.50 EUR
- 170 Anita Stender: Unterrichtsplanung: Vom Wissen zum Handeln.
Theoretische Entwicklung und empirische Überprüfung des Transformationsmodells der Unterrichtsplanung
ISBN 978-3-8325-3750-0 41.50 EUR
- 171 Jenna Koenen: Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen
ISBN 978-3-8325-3785-2 43.00 EUR
- 172 Teresa Henning: Empirische Untersuchung kontextorientierter Lernumgebungen in der Hochschuldidaktik. *Entwicklung und Evaluation kontextorientierter Aufgaben in der Studieneingangsphase für Fach- und Nebenfachstudierende der Physik*
ISBN 978-3-8325-3801-9 43.00 EUR
- 173 Alexander Pusch: Fachspezifische Instrumente zur Diagnose und individuellen Förderung von Lehramtsstudierenden der Physik
ISBN 978-3-8325-3829-3 38.00 EUR
- 174 Christoph Vogelsang: Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. *Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz*
ISBN 978-3-8325-3846-0 50.50 EUR
- 175 Ingo Brebeck: Selbstreguliertes Lernen in der Studieneingangsphase im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-3859-0 37.00 EUR
- 176 Axel Eghtessad: Merkmale und Strukturen von Professionalisierungsprozessen in der ersten und zweiten Phase der Chemielehrerbildung. *Eine empirisch-qualitative Studie mit niedersächsischen Fachleiter_innen der Sekundarstufenlehrkräfte*
ISBN 978-3-8325-3861-3 45.00 EUR
- 177 Andreas Nehring: Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie. Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung
ISBN 978-3-8325-3872-9 39.50 EUR
- 178 Maike Schmidt: Professionswissen von Sachunterrichtslehrkräften. Zusammenhangsanalyse zur Wirkung von Ausbildungshintergrund und Unterrichtserfahrung auf das fachspezifische Professionswissen im Unterrichtsinhalt „Verbrennung“
ISBN 978-3-8325-3907-8 38.50 EUR

- 179 Jan Winkelmann: Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs und auf affektive Schülermerkmale durch Schüler- und Demonstrationsexperimente im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-3915-3 41.00 EUR
- 180 Iwen Kobow: Entwicklung und Validierung eines Testinstrumentes zur Erfassung der Kommunikationskompetenz im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-3927-6 34.50 EUR
- 181 Yvonne Gramzow: Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Modellierung und Testkonstruktion
ISBN 978-3-8325-3931-3 42.50 EUR
- 182 Evelin Schröter: Entwicklung der Kompetenzerwartung durch Lösen physikalischer Aufgaben einer multimedialen Lernumgebung
ISBN 978-3-8325-3975-7 54.50 EUR
- 183 Inga Kallweit: Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen*
ISBN 978-3-8325-3965-8 44.00 EUR
- 184 Andrea Schumacher: Paving the way towards authentic chemistry teaching. *A contribution to teachers' professional development*
ISBN 978-3-8325-3976-4 48.50 EUR
- 185 David Woitkowski: Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung. *Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung*
ISBN 978-3-8325-3988-7 53.00 EUR
- 186 Marianne Korner: Cross-Age Peer Tutoring in Physik. *Evaluation einer Unterrichtsmethode*
ISBN 978-3-8325-3979-5 38.50 EUR
- 187 Simone Nakoinz: Untersuchung zur Verknüpfung submikroskopischer und makroskopischer Konzepte im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-4057-9 38.50 EUR
- 188 Sandra Anus: Evaluation individueller Förderung im Chemieunterricht. *Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen von Lernenden am Beispiel des Basiskonzeptes Chemische Reaktion*
ISBN 978-3-8325-4059-3 43.50 EUR
- 189 Thomas Roßbegalle: Fachdidaktische Entwicklungsforschung zum besseren Verständnis atmosphärischer Phänomene. *Treibhauseffekt, saurer Regen und stratosphärischer Ozonabbau als Kontexte zur Vermittlung von Basiskonzepten der Chemie*
ISBN 978-3-8325-4059-3 45.50 EUR
- 190 Kathrin Steckenmesser-Sander: Gemeinsamkeiten und Unterschiede physikbezogener Handlungs-, Denk- und Lernprozesse von Mädchen und Jungen
ISBN 978-3-8325-4066-1 38.50 EUR
- 191 Cornelia Geller: Lernprozessorientierte Sequenzierung des Physikunterrichts im Zusammenhang mit Fachwissenserwerb. *Eine Videostudie in Finnland, Deutschland und der Schweiz*
ISBN 978-3-8325-4082-1 35.50 EUR

- 192 Jan Hofmann: Untersuchung des Kompetenzaufbaus von Physiklehrkräften während einer Fortbildungsmaßnahme
ISBN 978-3-8325-4104-0 38.50 EUR
- 193 Andreas Dickhäuser: Chemiespezifischer Humor. *Theoriebildung, Materialentwicklung, Evaluation*
ISBN 978-3-8325-4108-8 37.00 EUR
- 194 Stefan Korte: Die Grenzen der Naturwissenschaft als Thema des Physikunterrichts
ISBN 978-3-8325-4112-5 57.50 EUR
- 195 Carolin Hülsmann: Kurswahlmotive im Fach Chemie. Eine Studie zum Wahlverhalten und Erfolg von Schülerinnen und Schülern in der gymnasialen Oberstufe
ISBN 978-3-8325-4144-6 49.00 EUR
- 196 Caroline Körbs: Mindeststandards im Fach Chemie am Ende der Pflichtschulzeit
ISBN 978-3-8325-4148-4 34.00 EUR
- 197 Andreas Vorholzer: Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? *Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes*
ISBN 978-3-8325-4194-1 37.50 EUR
- 198 Anna Katharina Schmitt: Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung
ISBN 978-3-8325-4228-3 39.50 EUR
- 199 Christian Maurer: Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen
ISBN 978-3-8325-4247-4 36.50 EUR
- 200 Helmut Fischler, Elke Sumfleth (Hrsg.): Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik
ISBN 978-3-8325-4523-9 34.00 EUR
- 201 Simon Zander: Lehrerfortbildung zu Basismodellen und Zusammenhänge zum Fachwissen
ISBN 978-3-8325-4248-1 35.00 EUR
- 202 Kerstin Arndt: Experimentierkompetenz erfassen.
Analyse von Prozessen und Mustern am Beispiel von Lehramtsstudierenden der Chemie
ISBN 978-3-8325-4266-5 45.00 EUR
- 203 Christian Lang: Kompetenzorientierung im Rahmen experimentalchemischer Praktika
ISBN 978-3-8325-4268-9 42.50 EUR
- 204 Eva Cauet: Testen wir relevantes Wissen? *Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten*
ISBN 978-3-8325-4276-4 39.50 EUR
- 205 Patrick Löffler: Modellanwendung in Problemlöseaufgaben. *Wie wirkt Kontext?*
ISBN 978-3-8325-4303-7 35.00 EUR

- 206 Carina Gehlen: Kompetenzstruktur naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-4318-1 43.00 EUR
- 207 Lars Oettinghaus: Lehrerüberzeugungen und physikbezogenes Professionswissen. *Vergleich von Absolventinnen und Absolventen verschiedener Ausbildungswege im Physikreferendariat*
ISBN 978-3-8325-4319-8 38.50 EUR
- 208 Jennifer Petersen: Zum Einfluss des Merkmals Humor auf die Gesundheitsförderung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Eine Interventionsstudie zum Thema Sonnenschutz*
ISBN 978-3-8325-4348-8 40.00 EUR
- 209 Philipp Straube: Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-) Studierenden im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-4351-8 35.50 EUR
- 210 Martin Dickmann: Messung von Experimentierfähigkeiten. *Validierungsstudien zur Qualität eines computerbasierten Testverfahrens*
ISBN 978-3-8325-4356-3 41.00 EUR
- 211 Markus Bohlmann: Science Education. Empirie, Kulturen und Mechanismen der Didaktik der Naturwissenschaften
ISBN 978-3-8325-4377-8 44.00 EUR
- 212 Martin Draude: Die Kompetenz von Physiklehrkräften, Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren
ISBN 978-3-8325-4382-2 37.50 EUR
- 213 Henning Rode: Prototypen evidenzbasierten Physikunterrichts. *Zwei empirische Studien zum Einsatz von Feedback und Blackboxes in der Sekundarstufe*
ISBN 978-3-8325-4389-1 42.00 EUR
- 214 Jan-Henrik Kechel: Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. *Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz*
ISBN 978-3-8325-4392-1 55.00 EUR
- 215 Katharina Fricke: Classroom Management and its Impact on Lesson Outcomes in Physics. *A multi-perspective comparison of teaching practices in primary and secondary schools*
ISBN 978-3-8325-4394-5 40.00 EUR
- 216 Hannes Sander: Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung. *Eine rekonstruktive Perspektive auf Bewertungskompetenz in der Didaktik der Naturwissenschaft*
ISBN 978-3-8325-4434-8 46.00 EUR
- 217 Inka Haak: Maßnahmen zur Unterstützung kognitiver und metakognitiver Prozesse in der Studieneingangsphase. *Eine Design-Based-Research-Studie zum universitären Lernzentrum Physiktreff*
ISBN 978-3-8325-4437-9 46.50 EUR

- 218 Martina Brandenburger: Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik?
Eine Untersuchung mit Studierenden
ISBN 978-3-8325-4409-6 42.50 EUR
- 219 Corinna Helms: Entwicklung und Evaluation eines Trainings zur Verbesserung der Erklärqualität von Schülerinnen und Schülern im Gruppenpuzzle
ISBN 978-3-8325-4454-6 42.50 EUR
- 220 Viktoria Rath: Diagnostische Kompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Modellierung, Testinstrumentenentwicklung und Erhebung der Performanz bei der Diagnose von Schülervorstellungen in der Mechanik*
ISBN 978-3-8325-4456-0 42.50 EUR
- 221 Janne Krüger: Schülerperspektiven auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften
ISBN 978-3-8325-4457-7 45.50 EUR
- 222 Stefan Mutke: Das Professionswissen von Chemiereferendarinnen und -referendaren in Nordrhein-Westfalen. *Eine Längsschnittstudie*
ISBN 978-3-8325-4458-4 37.50 EUR
- 223 Sebastian Habig: Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren
ISBN 978-3-8325-4467-6 40.50 EUR
- 224 Sven Liepertz: Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften, dem sachstrukturellen Angebot des Unterrichts und der Schülerleistung
ISBN 978-3-8325-4480-5 34.00 EUR
- 225 Elina Platova: Optimierung eines Laborpraktikums durch kognitive Aktivierung
ISBN 978-3-8325-4481-2 39.00 EUR
- 226 Tim Reschke: Lese Geschichten im Chemieunterricht der Sekundarstufe I zur Unterstützung von situationalem Interesse und Lernerfolg
ISBN 978-3-8325-4487-4 41.00 EUR
- 227 Lena Mareike Walper: Entwicklung der physikbezogenen Interessen und selbstbezogenen Kognitionen von Schülerinnen und Schülern in der Übergangsphase von der Primar- in die Sekundarstufe. *Eine Längsschnittanalyse vom vierten bis zum siebten Schuljahr*
ISBN 978-3-8325-4495-9 43.00 EUR
- 228 Stefan Anthofer: Förderung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehramtsstudierenden
ISBN 978-3-8325-4498-0 39.50 EUR
- 229 Marcel Bullinger: Handlungsorientiertes Physiklernen mit instruierten Selbsterklärungen in der Primarstufe. *Eine experimentelle Laborstudie*
ISBN 978-3-8325-4504-8 44.00 EUR
- 230 Thomas Amenda: Bedeutung fachlicher Elementarisierungen für das Verständnis der Kinematik
ISBN 978-3-8325-4531-4 43.50 EUR

- 231 Sabrina Milke: Beeinflusst *Priming* das Physiklernen?
Eine empirische Studie zum Dritten Newtonschen Axiom
ISBN 978-3-8325-4549-4 42.00 EUR
- 232 Corinna Erfmann: Ein anschaulicher Weg zum Verständnis der elektromagnetischen Induktion. *Evaluation eines Unterrichtsvorschlags und Validierung eines Leistungsdiagnoseinstruments*
ISBN 978-3-8325-4550-5 49.50 EUR
- 233 Hanne Rautenstrauch: Erhebung des (Fach-)Sprachstandes bei Lehramtsstudierenden im Kontext des Faches Chemie
ISBN 978-3-8325-4556-7 40.50 EUR
- 234 Tobias Klug: Wirkung kontextorientierter physikalischer Praktikumsversuche auf Lernprozesse von Studierenden der Medizin
ISBN 978-3-8325-4558-1 37.00 EUR
- 235 Mareike Bohrmann: Zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht
ISBN 978-3-8325-4559-8 52.00 EUR
- 236 Anja Schödl: FALKO-Physik – Fachspezifische Lehrerkompetenzen im Fach Physik. *Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Physiklehrkräften*
ISBN 978-3-8325-4553-6 40.50 EUR
- 237 Hilda Scheuermann: Entwicklung und Evaluation von Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung der Variablenkontrollstrategie beim Planen von Experimenten
ISBN 978-3-8325-4568-0 39.00 EUR
- 238 Christian G. Strippel: Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung an chemischen Inhalten vermitteln. *Konzeption und empirische Untersuchung einer Ausstellung mit Experimentierstation*
ISBN 978-3-8325-4577-2 41.50 EUR
- 239 Sarah Rau: Durchführung von Sachunterricht im Vorbereitungsdienst. *Eine längsschnittliche, videobasierte Unterrichtsanalyse*
ISBN 978-3-8325-4579-6 46.00 EUR
- 240 Thomas Plotz: Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. *Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2*
ISBN 978-3-8325-4624-3 39.50 EUR
- 241 Wolfgang Aschauer: Elektrische und magnetische Felder. *Eine empirische Studie zu Lernprozessen in der Sekundarstufe II*
ISBN 978-3-8325-4625-0 50.00 EUR
- 242 Anna Donhauser: Didaktisch rekonstruierte Materialwissenschaft. *Aufbau und Konzeption eines Schülerlabors für den Exzellenzcluster Engineering of Advanced Materials*
ISBN 978-3-8325-4636-6 39.00 EUR

- 243 Katrin Schüller: Lernen mit Lösungsbeispielen im Chemieunterricht. *Einflüsse auf Lernerfolg, kognitive Belastung und Motivation*
ISBN 978-3-8325-4640-3 42.50 EUR
- 244 Timo Fleischer: Untersuchung der chemischen Fachsprache unter besonderer Berücksichtigung chemischer Repräsentationen
ISBN 978-3-8325-4642-7 46.50 EUR
- 245 Rosina Steininger: Concept Cartoons als Stimuli für Kleingruppendiskussionen im Chemieunterricht. *Beschreibung und Analyse einer komplexen Lerngelegenheit*
ISBN 978-3-8325-4647-2 39.00 EUR
- 246 Daniel Rehfeldt: Erfassung der Lehrqualität naturwissenschaftlicher Experimentalpraktika
ISBN 978-3-8325-4590-1 40.00 EUR
- 247 Sandra Puddu: Implementing Inquiry-based Learning in a Diverse Classroom: Investigating Strategies of Scaffolding and Students' Views of Scientific Inquiry
ISBN 978-3-8325-4591-8 35.50 EUR
- 248 Markus Bliersbach: Kreativität in der Chemie. *Erhebung und Förderung der Vorstellungen von Chemielehramtsstudierenden*
ISBN 978-3-8325-4593-2 44.00 EUR
- 249 Lennart Kimpel: Aufgaben in der Allgemeinen Chemie. *Zum Zusammenspiel von chemischem Verständnis und Rechenfähigkeit*
ISBN 978-3-8325-4618-2 36.00 EUR
- 250 Louise Bindel: Effects of integrated learning: explicating a mathematical concept in inquiry-based science camps
ISBN 978-3-8325-4655-7 37.50 EUR
- 251 Michael Wenzel: Computereinsatz in Schule und Schülerlabor. *Einstellung von Physiklehrkräften zu Neuen Medien*
ISBN 978-3-8325-4659-5 38.50 EUR
- 252 Laura Muth: Einfluss der Auswertephase von Experimenten im Physikunterricht. *Ergebnisse einer Interventionsstudie zum Zuwachs von Fachwissen und experimenteller Kompetenz von Schülerinnen und Schülern*
ISBN 978-3-8325-4675-5 36.50 EUR
- 253 Annika Fricke: Interaktive Skripte im Physikalischen Praktikum. *Entwicklung und Evaluation von Hypermedien für die Nebenfachausbildung*
ISBN 978-3-8325-4676-2 41.00 EUR
- 254 Julia Haase: Selbstbestimmtes Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. *Eine empirische Interventionsstudie mit Fokus auf Feedback und Kompetenzerleben*
ISBN 978-3-8325-4685-4 38.50 EUR
- 255 Antje J. Heine: Was ist Theoretische Physik? *Eine wissenschaftstheoretische Betrachtung und Rekonstruktion von Vorstellungen von Studierenden und Dozenten über das Wesen der Theoretischen Physik*
ISBN 978-3-8325-4691-5 46.50 EUR

- 256 Claudia Meinhardt: Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zu Selbstwirksamkeitserwartungen von (angehenden) Physiklehrkräften in physikdidaktischen Handlungsfeldern
ISBN 978-3-8325-4712-7 47.00 EUR
- 257 Ann-Kathrin Schlüter: Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für einen Gemeinsamen Unterricht
ISBN 978-3-8325-4713-4 53.50 EUR
- 258 Stefan Richtberg: Elektronenbahnen in Feldern. Konzeption und Evaluation einer webbasierten Lernumgebung
ISBN 978-3-8325-4723-3 49.00 EUR
- 259 Jan-Philipp Burde: Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells
ISBN 978-3-8325-4726-4 57.50 EUR
- 260 Frank Finkenberg: Flipped Classroom im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-4737-4 42.50 EUR
- 261 Florian Treisch: Die Entwicklung der Professionellen Unterrichtswahrnehmung im Lehr-Lern-Labor Seminar
ISBN 978-3-8325-4741-4 41.50 EUR
- 262 Desiree Mayr: Strukturiertheit des experimentellen naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses
ISBN 978-3-8325-4757-8 37.00 EUR
- 263 Katrin Weber: Entwicklung und Validierung einer Learning Progression für das Konzept der chemischen Reaktion in der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-4762-2 48.50 EUR
- 264 Hauke Bartels: Entwicklung und Bewertung eines performanznahen Videovignetten-tests zur Messung der Erklärfähigkeit von Physiklehrkräften
ISBN 978-3-8325-4804-9 37.00 EUR
- 265 Karl Marniok: Zum Wesen von Theorien und Gesetzen in der Chemie. *Begriffsanalyse und Förderung der Vorstellungen von Lehramtsstudierenden*
ISBN 978-3-8325-4805-6 42.00 EUR
- 266 Marisa Holzapfel: Fachspezifischer Humor als Methode in der Gesundheitsbildung im Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-4808-7 50.00 EUR
- 267 Anna Stolz: Die Auswirkungen von Experimentiersituationen mit unterschiedlichem Öffnungsgrad auf Leistung und Motivation der Schülerinnen und Schüler
ISBN 978-3-8325-4781-3 38.00 EUR
- 268 Nina Ulrich: Interaktive Lernaufgaben in dem digitalen Schulbuch eChemBook. *Einfluss des Interaktivitätsgrads der Lernaufgaben und des Vorwissens der Lernenden auf den Lernerfolg*
ISBN 978-3-8325-4814-8 43.50 EUR

- 269 Kim-Alessandro Weber: Quantenoptik in der Lehrerfortbildung. *Ein bedarfsgeprägtes Fortbildungskonzept zum Quantenobjekt „Photon“ mit Realexperimenten*
ISBN 978-3-8325-4792-9 55.00 EUR
- 270 Nina Skorsetz: Empathisierer und Systematisierer im Vorschulalter. *Eine Fragebogen- und Videostudie zur Motivation, sich mit Naturphänomenen zu beschäftigen*
ISBN 978-3-8325-4825-4 43.50 EUR
- 271 Franziska Kehne: Analyse des Transfers von kontextualisiert erworbenem Wissen im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-4846-9 45.00 EUR
- 272 Markus Elsholz: Das akademische Selbstkonzept angehender Physiklehrkräfte als Teil ihrer professionellen Identität. *Dimensionalität und Veränderung während einer zentralen Praxisphase*
ISBN 978-3-8325-4857-5 37.50 EUR
- 273 Joachim Müller: Studienerfolg in der Physik. *Zusammenhang zwischen Modellierungskompetenz und Studienerfolg*
ISBN 978-3-8325-4859-9 35.00 EUR
- 274 Jennifer Dörschelln: Organische Leuchtdioden. *Implementation eines innovativen Themas in den Chemieunterricht*
ISBN 978-3-8325-4865-0 59.00 EUR
- 275 Stephanie Strelow: Beliefs von Studienanfängern des Kombi-Bachelors Physik über die Natur der Naturwissenschaften
ISBN 978-3-8325-4881-0 40.50 EUR
- 276 Dennis Jaeger: Kognitive Belastung und aufgabenspezifische sowie personenspezifische Einflussfaktoren beim Lösen von Physikaufgaben
ISBN 978-3-8325-4928-2 50.50 EUR
- 277 Vanessa Fischer: Der Einfluss von Interesse und Motivation auf die Messung von Fach- und Bewertungskompetenz im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-4933-6 39.00 EUR
- 278 René Dohrmann: Professionsbezogene Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Veranstaltung. *Eine multimethodische Studie zu den professionsbezogenen Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Blockveranstaltung auf Studierende der Bachelorstudiengänge Lehramt Physik und Grundschulpädagogik (Sachunterricht)*
ISBN 978-3-8325-4958-9 40.00 EUR
- 279 Meike Bergs: Can We Make Them Use These Strategies? *Fostering Inquiry-Based Science Learning Skills with Physical and Virtual Experimentation Environments*
ISBN 978-3-8325-4962-6 39.50 EUR
- 280 Marie-Therese Hauerstein: Untersuchung zur Effektivität von Strukturierung und Binnendifferenzierung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Evaluation der Strukturierungshilfe Lernleiter*
ISBN 978-3-8325-4982-4 42.50 EUR

- 281 Verena Zucker: Erkennen und Beschreiben von formativem Assessment im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. *Entwicklung eines Instruments zur Erfassung von Teilfähigkeiten der professionellen Wahrnehmung von Lehramtsstudierenden*
ISBN 978-3-8325-4991-6 38.00 EUR
- 282 Victoria Telser: Erfassung und Förderung experimenteller Kompetenz von Lehrkräften im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-4996-1 50.50 EUR
- 283 Kristine Tschirschky: Entwicklung und Evaluation eines gedächtnisorientierten Aufgabendesigns für Physikaufgaben
ISBN 978-3-8325-5002-8 42.50 EUR
- 284 Thomas Elert: Course Success in the Undergraduate General Chemistry Lab
ISBN 978-3-8325-5004-2 41.50 EUR
- 285 Britta Kalthoff: Explizit oder implizit? *Untersuchung der Lernwirksamkeit verschiedener fachmethodischer Instruktionen im Hinblick auf fachmethodische und fachinhaltliche Fähigkeiten von Sachunterrichtsstudierenden*
ISBN 978-3-8325-5013-4 37.50 EUR
- 286 Thomas Dickmann: Visuelles Modellverständnis und Studienerfolg in der Chemie. *Zwei Seiten einer Medaille*
ISBN 978-3-8325-5016-5 44.00 EUR
- 287 Markus Sebastian Feser: Physiklehrkräfte korrigieren Schülertexte. *Eine Explorationsstudie zur fachlich-konzeptuellen und sprachlichen Leistungsfeststellung und -beurteilung im Physikunterricht*
ISBN 978-3-8325-5020-2 49.00 EUR
- 288 Matylda Dudzinska: Lernen mit Beispielaufgaben und Feedback im Physikunterricht der Sekundarstufe 1. *Energieerhaltung zur Lösung von Aufgaben nutzen*
ISBN 978-3-8325-5025-7 47.00 EUR
- 289 Ines Sonnenschein: Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsprozesse Studierender im Labor
ISBN 978-3-8325-5033-2 52.00 EUR
- 290 Florian Simon: Der Einfluss von Betreuung und Betreuenden auf die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen. *Eine Zusammenhangsanalyse von Betreuungsqualität, Betreuermerkmalen und Schülerlaborzielen sowie Replikationsstudie zur Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen*
ISBN 978-3-8325-5036-3 49.50 EUR
- 291 Marie-Annette Geyer: Physikalisch-mathematische Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge. *Das Vorgehen von SchülerInnen der Sekundarstufe 1 und ihre Schwierigkeiten*
ISBN 978-3-8325-5047-9 46.50 EUR
- 292 Susanne Digel: Messung von Modellierungskompetenz in Physik. *Theoretische Herleitung und empirische Prüfung eines Kompetenzmodells physikspezifischer Modellierungskompetenz*
ISBN 978-3-8325-5055-4 41.00 EUR

- 293 Sönke Janssen: Angebots-Nutzungs-Prozesse eines Schülerlabors analysieren und gestalten. *Ein design-based research Projekt*
ISBN 978-3-8325-5065-3 57.50 EUR
- 294 Knut Wille: Der Productive Failure Ansatz als Beitrag zur Weiterentwicklung der Aufgabenkultur
ISBN 978-3-8325-5074-5 49.00 EUR
- 295 Lisanne Kraeva: Problemlösestrategien von Schülerinnen und Schülern diagnostizieren
ISBN 978-3-8325-5110-0 59.50 EUR
- 296 Jenny Lorentzen: Entwicklung und Evaluation eines Lernangebots im Lehramtsstudium Chemie zur Förderung von Vernetzungen innerhalb des fachbezogenen Professionswissens
ISBN 978-3-8325-5120-9 39.50 EUR
- 297 Micha Winkelmann: Lernprozesse in einem Schülerlabor unter Berücksichtigung individueller naturwissenschaftlicher Interessenstrukturen
ISBN 978-3-8325-5147-6 48.50 EUR
- 298 Carina Wöhlke: Entwicklung und Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung angehender Physiklehrkräfte
ISBN 978-3-8325-5149-0 43.00 EUR
- 299 Thomas Schubatzky: Das Amalgam Anfangs-Elektrizitätslehreunterricht. *Eine multiperspektivische Betrachtung in Deutschland und Österreich*
ISBN 978-3-8325-5159-9 50.50 EUR
- 300 Amany Annaggar: A Design Framework for Video Game-Based Gamification Elements to Assess Problem-solving Competence in Chemistry Education
ISBN 978-3-8325-5150-6 52.00 EUR
- 301 Alexander Engl: CHEMIE PUR – Unterrichten in der Natur: *Entwicklung und Evaluation eines kontextorientierten Unterrichtskonzepts im Bereich Outdoor Education zur Änderung der Einstellung zu „Chemie und Natur“*
ISBN 978-3-8325-5174-2 59.00 EUR
- 302 Christin Marie Sajons: Kognitive und motivationale Dynamik in Schülerlaboren. *Kontextualisierung, Problemorientierung und Autonomieunterstützung der didaktischen Struktur analysieren und weiterentwickeln*
ISBN 978-3-8325-5155-1 56.00 EUR
- 303 Philipp Bitzenbauer: Quantenoptik an Schulen. *Studie im Mixed-Methods Design zur Evaluation des Erlanger Unterrichtskonzepts zur Quantenoptik*
ISBN 978-3-8325-5123-0 59.00 EUR
- 304 Malte S. Ubben: Typisierung des Verständnisses mentaler Modelle mittels empirischer Datenerhebung am Beispiel der Quantenphysik
ISBN 978-3-8325-5181-0 43.50 EUR
- 305 Wiebke Kuske-Janßen: Sprachlicher Umgang mit Formeln von LehrerInnen im Physikunterricht am Beispiel des elektrischen Widerstandes in Klassenstufe 8
ISBN 978-3-8325-5183-4 47.50 EUR

- 306 Kai Bliesmer: Physik der Küste für außerschulische Lernorte. *Eine Didaktische Rekonstruktion*
ISBN 978-3-8325-5190-2 58.00 EUR
- 307 Nikola Schild: Eignung von domänenspezifischen Studieneingangsvariablen als Prädiktoren für Studienerfolg im Fach und Lehramt Physik
ISBN 978-3-8325-5226-8 42.00 EUR
- 308 Daniel Averbeck: Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums. *Der Einfluss kognitiver und affektiv-motivationaler Variablen*
ISBN 978-3-8325-5227-5 51.00 EUR
- 309 Martina Strübe: Modelle und Experimente im Chemieunterricht. *Eine Videostudie zum fachspezifischen Lehrerwissen und -handeln*
ISBN 978-3-8325-5245-9 45.50 EUR
- 310 Wolfgang Becker: Auswirkungen unterschiedlicher experimenteller Repräsentationen auf den Kenntnisstand bei Grundschulkindern
ISBN 978-3-8325-5255-8 50.00 EUR
- 311 Marvin Rost: 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
- 312 Christina Kobl: Förderung und Erfassung der Reflexionskompetenz im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-5259-6 41.00 EUR
- 313 Ann-Kathrin Beretz: Diagnostische Prozesse von Studierenden des Lehramts – *eine Videostudie in den Fächern Physik und Mathematik*
ISBN 978-3-8325-5288-6 45.00 EUR
- 314 Judith Breuer: 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
- 315 Michaela Oettle: Modellierung des Fachwissens von Lehrkräften in der Teilchenphysik. *Eine Delphi-Studie*
ISBN 978-3-8325-5305-0 57.50 EUR
- 316 Volker Brüggemann: Entwicklung und Pilotierung eines adaptiven Multistage-Tests zur Kompetenzerfassung im Bereich naturwissenschaftlichen Denkens
ISBN 978-3-8325-5331-9 40.00 EUR
- 317 Stefan Müller: 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: Alltagsentscheidungen für den Chemieunterricht erkennen und Entscheidungsprozesse explorativ begleiten
ISBN 978-3-8325-5379-1 59.00 EUR

- 319 Lars Ehlert: Entwicklung und Evaluation einer Lehrkräftefortbildung zur Planung von selbstgesteuerten Experimenten
ISBN 978-3-8325-5393-71 41.50 EUR
- 320 Florian Seiler: Entwicklung und Evaluation eines Seminarkonzepts zur Förderung der experimentellen Planungskompetenz von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-5397-5 47.50 EUR
- 321 Nadine Boele: 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: Entwicklung und Evaluation digitalisierungsbezogener Kompetenzen von angehenden Chemielehrkräften
ISBN 978-3-8325-5410-1 49.50 EUR
- 323 Lars-Frederik Weiß: 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: Kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium Physik. *Theorie und Evaluation eines Lehrkonzepts*
ISBN 978-3-8325-5421-7 51.00 EUR
- 325 Kübra Nur Celik: 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: 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: 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: Schülerlabore als interesselördernde authentische Lernorte für den naturwissenschaftlichen Unterricht nutzen
ISBN 978-3-8325-5454-5 50.50 EUR
- 329 Christopher Kurth: Die Kompetenz von Studierenden, Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren
ISBN 978-3-8325-5457-6 58.50 EUR
- 330 Dagmar Michna: 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: 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: 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
- 333 Erik Heine: 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
- 334 Simon Goertz: 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: 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
- 336 Alina Behrendt: 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
- 337 Manuel Daiber: Entwicklung eines Lehrkonzepts für eine elementare Quantenmechanik *Formuliert mit In-Out Symbolen*
ISBN 978-3-8325-5507-8 48.50 EUR
- 338 Felix Pawlak: Das Gemeinsame Experimentieren (an-)leiten *Eine qualitative Studie zum chemiespezifischen Classroom-Management*
ISBN 978-3-8325-5508-5 46.50 EUR
- 339 Liza Dopatka: Konzeption und Evaluation eines kontextstrukturierten Unterrichtskonzeptes für den Anfangs-Elektrizitätslehreunterricht
ISBN 978-3-8325-5514-6 69.50 EUR
- 340 Arne Bewersdorff: Untersuchung der Effektivität zweier Fortbildungsformate zum Experimentieren mit dem Fokus auf das Unterrichtshandeln
ISBN 978-3-8325-5522-1 39.00 EUR
- 341 Thomas Christoph Münster: Wie diagnostizieren Studierende des Lehramtes physikbezogene Lernprozesse von Schüler*innen? Eine Videostudie zur Mechanik
ISBN 978-3-8325-5534-4 44.50 EUR
- 342 Ines Komor: Förderung des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses in der Physikalischen Chemie
ISBN 978-3-8325-5546-7 46.50 EUR
- 343 Verena Petermann: 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

- 344 Jana Heinze: Einfluss der sprachlichen Konzeption auf die Einschätzung der Qualität instruktionaler Unterrichtserklärungen im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-5545-0 47.00 EUR
- 345 Jannis Weber: Mathematische Modellbildung und Videoanalyse zum Lernen der Newtonschen Dynamik im Vergleich
ISBN 978-3-8325-5566-5 68.00 EUR
- 346 Fabian Sterzing: 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
- 347 Lars Greitemann: 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: Diagnose experimenteller Kompetenzen in der laborpraktischen Chemielehrer*innenbildung
ISBN 978-3-8325-5587-0 48.00 EUR
- 349 William Lindlahr: 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: Teilnahmemotivation und situationales Interesse von Kindern und Eltern im experimentellen Lernsetting KEMIE
ISBN 978-3-8325-5598-6 43.00 EUR
- 351 Katharina Nave: Charakterisierung situativer mentaler Modellkomponenten in der Chemie und die Bildung von Hypothesen *Eine qualitative Studie zur Operationalisierung mentaler Modell-komponenten für den Fachbereich Chemie*
ISBN 978-3-8325-5599-3 43.00 EUR
- 352 Anna B. Bauer: Experimentelle Kompetenz Physikstudierender *Entwicklung und erste Erprobung eines performanzorientierten Kompetenzstrukturmodells unter Nutzung qualitativer Methoden*
ISBN 978-3-8325-5625-9 47.00 EUR
- 353 Jan Schröder: Entwicklung eines Performanztests zur Messung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung bei Lehramtsstudierenden im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-5655-9 46.50 EUR
- 354 Susanne Gerlach: Aspekte einer Fachdidaktik Körperpflege *Ein Beitrag zur Standardentwicklung*
ISBN 978-3-8325-5659-4 45.00 EUR
- 355 Livia Murer: Diagnose experimenteller Kompetenzen beim praktisch-naturwissenschaftlichen Arbeiten *Vergleich verschiedener Methoden und kognitive Validierung eines Testverfahrens*
ISBN 978-3-8325-5657-0 41.50 EUR

- 356 Andrea Maria Schmid: Authentische Kontexte für MINT-Lernumgebungen *Eine zweiteilige Interventionsstudie in den Fachdidaktiken Physik und Technik*
ISBN 978-3-8325-5605-1 57.00 EUR
- 357 Julia Ortmann: Bedeutung und Förderung von Kompetenzen zum naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten in universitären Praktika
ISBN 978-3-8325-5670-9 37.00 EUR
- 358 Axel-Thilo Prokop: Entwicklung eines Lehr-Lern-Labors zum Thema Radioaktivität *Eine didaktische Rekonstruktion*
ISBN 978-3-8325-5671-6 49.50 EUR
- 359 Timo Hackemann: Textverständlichkeit sprachlich variierten physikbezogener Sachtexte
ISBN 978-3-8325-5675-4 41.50 EUR
- 360 Dennis Dietz: 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: Vielfalt im Physikunterricht *Zur Wirkung von Lehrkräftefortbildungen unter Diversitätsaspekten*
ISBN 978-3-8325-5672-3 65.50 EUR
- 362 Simon Kaulhausen: Strukturelle Ursachen für Klausurmisserfolg in Allgemeiner Chemie an der Universität
ISBN 978-3-8325-5699-0 37.50 EUR
- 363 Julia Eckoldt: 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
- 364 Albert Teichrow: Physikalische Modellbildung mit dynamischen Modellen
ISBN 978-3-8325-5710-2 58.50 EUR

Alle erschienenen Bücher können unter der angegebenen ISBN direkt online (<http://www.logos-verlag.de>) oder per Fax (030 - 42 85 10 92) 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

Sachtexte in Schulbüchern der Naturwissenschaften gelten als sprachlich anspruchsvoll. Einige Schüler:innen empfinden sie sogar als unverständlich. Immer wieder wurden deshalb sprachliche Vereinfachungen von Sachtexten für den Unterricht gefordert, obwohl ungeklärt ist, ob und welche linguistischen Merkmale der Bildungssprache das Textverständnis tatsächlich beeinflussen.

In dieser experimentellen Studie wird untersucht, ob das sprachliche Anforderungsniveau physikbezogener Sachtexte das Textverständnis und die empfundene Textverständlichkeit beeinflusst. In der Hauptstudie lasen $N = 812$ Schüler:innen der Mittelstufe Hamburger Gymnasien und Stadtteilschulen Sachtexte zur Wärmelehre und beantworteten Textverständnisitems. Das sprachliche Anforderungsniveau wurde dabei systematisch über eine Vielzahl von linguistischen Merkmalen und isoliert von weiteren, kontrollierten Textverständlichkeitsmerkmalen variiert.

Die Ergebnisse der IRT-Analyse zeigen keine relevante Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus auf das Textverständnis. Allerdings führt das höchste sprachliche Anforderungsniveau zu einer geringeren empfundenen Textverständlichkeit. Die Studie belegt, dass der Einfluss des sprachlichen Anforderungsniveaus auf das Textverständnis eines Sachtextes allenfalls gering ist. Selbst wenn Schüler:innen Texte als sprachlich anspruchsvoll wahrnehmen, reduziert sich das Textverständnis nicht. Geforderte sprachliche Vereinfachungen von naturwissenschaftlichen Sachtexten führen deshalb zu keiner Steigerung des Verständnisses in Regelklassen.

Logos Verlag Berlin

ISBN 978-3-8325-5675-4