

# Studien zum Physik- und Chemielernen

H. Niedderer, H. Fischler, E. Sumfleth [Hrsg.]

221

Janne Krüger

## Schülerperspektiven auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften

Theoretische Grundsatzüberlegungen  
und empirische Erkenntnisse



λογος

# Studien zum Physik- und Chemielernen

Herausgegeben von Hans Niedderer, Helmut Fischler und Elke Sumfleth

Diese Reihe im Logos-Verlag bietet ein Forum zur Veröffentlichung von wissenschaftlichen Studien zum Physik- und Chemielernen. In ihr werden Ergebnisse empirischer Untersuchungen zum Physik- und Chemielernen dargestellt, z. B. über Schülervorstellungen, Lehr-/Lernprozesse in Schule und Hochschule oder Evaluationsstudien. Von Bedeutung sind auch Arbeiten über Motivation und Einstellungen sowie Interessensgebiete im Physik- und Chemieunterricht. Die Reihe fühlt sich damit der Tradition der empirisch orientierten Forschung in den Fachdidaktiken verpflichtet. Die Herausgeber hoffen, durch die Herausgabe von Studien hoher Qualität einen Beitrag zur weiteren Stabilisierung der physik- und chemiedidaktischen Forschung und zur Förderung eines an den Ergebnissen fachdidaktischer Forschung orientierten Unterrichts in den beiden Fächern zu leisten.

Hans Niedderer

Helmut Fischler

Elke Sumfleth

# Schülerperspektiven auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften.

Theoretische Grundsatzüberlegungen und  
empirische Erkenntnisse.

Dissertation zur Erlangung des akademischen Doktors der Philosophie am  
Fachbereich Didaktik der gesellschaftlichen und mathematisch-  
naturwissenschaftlichen Fächer, Fakultät für Erziehungswissenschaft,  
Universität Hamburg

vorgelegt von:

Janne Krüger

Gutachter:

Prof. Dr. Dietmar Höttecke

Universität Hamburg, Fakultät für Erziehungswissenschaft

Prof. Dr. Andreas Bonnet

Universität Hamburg, Fakultät für Erziehungswissenschaft

Prof. Dr. Johannes Meyer-Hamme

Universität Paderborn, Fakultät für Kulturwissenschaften

Hamburg, Juli 2016

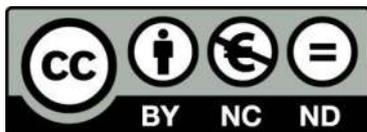
Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

©Copyright Logos Verlag Berlin GmbH 2017

Alle Rechte vorbehalten.

ISBN 978-3-8325-4457-7



Logos Verlag Berlin GmbH  
Comeniushof, Gubener Str. 47,  
10243 Berlin  
Tel.: +49 (0)30 42 85 10 90  
Fax: +49 (0)30 42 85 10 92  
INTERNET: <http://www.logos-verlag.de>

# Danksagung

An erster Stelle möchte ich Professor Dr. Dietmar Höttecke für die wertschätzende und konstruktive Betreuung dieser Arbeit danken. Ein konstruktives Betreuungsverhältnis zeichnet sich gerade durch ein ausgeglichenes Maß an Freiräumen, Forderungen, professioneller Beratung und Diskussionen auf Augenhöhe aus. Dies ist dir stets gelungen und hat maßgeblich zur hohen Arbeitszufriedenheit meinerseits und zur Qualität dieser Arbeit beigetragen.

Auch den Professoren Dr. Andreas Bonnet und Dr. Johannes Meyer-Hamme danke ich für die Übernahme der Gutachten und die Beratung in ganz verschiedenen Stadien der Arbeit. Gleiches gilt für Herrn Professor Dr. Bodo von Borries, der mir spannende Einblicke in die Geschichtsdidaktik ermöglichte und mein Verständnis des „Geschichtsbewusstseins“ erweiterte. Darüber hinaus gilt Andreas Henke ein besonderer Dank, der mit mir den Ausgangspunkt *meines Weges der Wissenschaft* ausgearbeitet hat.

Ich danke allen Schüler\_innen der Vor- und Hauptstudie, die sich bereit erklärten, ein Interview mit mir zu führen. Ohne sie wäre diese empirische Arbeit nicht möglich gewesen.

Sowohl auf inhaltlicher als auch auf methodischer und emotionaler Ebene hat mich die Arbeitsgruppe Didaktik der Physik der Universität Hamburg in ihren verschiedenen Konstellationen die letzten vier Jahre begleitet, wichtige Impulse gegeben und Unterstützungsmechanismen geboten. Danke, dass ihr immer für einen Austausch, Fragen oder entspannte Frühstücksrunden und ein leckeres Eis da wart.

Eine Bereicherung war außerdem die vielseitige Unterstützung von Heidi Krausser und Claudia Heinemann sowie die zahlreichen Treffen verschiedenster Interpretationsgruppen. Für sehr produktive, kritische und bestärkende Diskussionen, Arbeiten am Datenmaterial oder an Texten danke ich besonders Britta, Kathi, Hannes, Anne, Jan-Hendrik, Matthias, Bianca, Anja und Arne.

Danke an meine fleißigen Korrekturleser\_innen Lena, Heidi, Sven, Maike und Mama.

Ein besonderer Dank gilt meinen Freunden und meiner Familie, die mich von Zeit zu Zeit vom Schreibtisch ins richtige Leben geholt haben und mir dennoch die nötige Ruhe und Unterstützung geboten haben, damit ich diese Arbeit erfolgreich abschließen konnte. Danke, dass es euch gibt!



# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>VI</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>VIII</b>
<b>1. Einleitung und Forschungsinteresse</b>	<b>1</b>
<b>2. Theoretischer Hintergrund, Stand der Forschung und Forschungsfragen</b>	<b>5</b>
2.1. Naturwissenschaftliche Bildung . . . . .	5
2.1.1. Scientific Literacy . . . . .	6
2.1.2. Natur der Naturwissenschaften . . . . .	10
2.1.2.1. Definitionsversuche . . . . .	11
2.1.2.2. Diachrone Natur der Naturwissenschaften . . . . .	18
2.1.2.3. Forschungsstand zur NdN . . . . .	20
2.1.2.4. Konsequenzen für diese Arbeit . . . . .	28
2.1.3. Historisch orientierter Unterricht . . . . .	29
2.1.3.1. Definitionsversuche . . . . .	30
2.1.3.2. Bestehende Unterrichtskonzepte . . . . .	32
2.1.3.3. Vor- und Nachteile historisch orientierten Unterrichts . . . . .	37
2.1.3.4. Forschungsstand . . . . .	42
2.1.3.5. Konsequenzen für diese Arbeit . . . . .	49
2.1.4. Modell der didaktischen Rekonstruktion . . . . .	50
2.1.4.1. Konsequenzen für diese Arbeit: Erkenntnisinteresse . . . . .	51
2.2. Die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften . . . . .	52
2.2.1. Entwicklung soziologischer Strukturen und Bedingungen . . . . .	53
2.2.2. Entwicklung gesellschaftlich-kultureller Bedingungen . . . . .	55
2.2.3. Entwicklung der Technik und anderen Errungenschaften . . . . .	57
2.2.4. Entwicklung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse . . . . .	58
2.2.5. Entwicklung wissenschaftstheoretischer Diskussionen . . . . .	59
2.2.6. Entwicklung naturwissenschaftlicher Erkenntnismethoden . . . . .	61
2.2.7. Konsequenzen für diese Arbeit . . . . .	62
2.3. Konzeption der Schülerperspektive . . . . .	62
2.3.1. Schülerperspektive in den Naturwissenschaftsdidaktiken . . . . .	63
2.3.1.1. Schülerperspektive im Modell der didaktischen Rekonstruktion . . . . .	63
2.3.1.2. Enge Konzeption der Schülerperspektive . . . . .	64

2.3.1.3.	Weiter gefasste Konzeption der Schülerperspektive . . . . .	67
2.3.1.4.	Konsequenzen für diese Arbeit . . . . .	72
2.3.2.	Erkenntnisse aus der Geschichtsdidaktik . . . . .	72
2.3.2.1.	Ziele des Geschichtsunterrichts . . . . .	73
2.3.2.2.	Geschichtsbewusstsein . . . . .	75
2.3.2.3.	Schülerperspektive in der Geschichtsdidaktik . . . . .	79
2.3.2.4.	Geschichtsdidaktik: Legitimation historisch orientierten Na- turwissenschaftsunterrichts . . . . .	83
2.3.2.5.	Forschungsstand zum Geschichtsbewusstsein . . . . .	84
2.3.2.6.	Konsequenzen für diese Arbeit . . . . .	90
2.3.3.	Schülerperspektive und deren Dimensionen . . . . .	91
2.3.3.1.	Zusammenführung der dargestellten Konzeptionen . . . . .	91
2.3.3.2.	Erkenntnisse der Soziologie . . . . .	98
2.3.3.3.	Konzeption der Tiefendimension der Schülerperspektive . . . . .	103
2.3.3.4.	Zusammenhang von Schülerperspektive und Sinnbildung . . . . .	104
2.3.3.5.	Konsequenzen für diese Arbeit: Forschungsfragen . . . . .	106
<b>3.</b>	<b>Methodische Überlegungen und Forschungsdesign</b>	<b>109</b>
3.1.	Erkenntnisstand zu Erhebungsverfahren der Schülerperspektive . . . . .	109
3.1.1.	Erhebungs- und Auswertungsverfahren Naturwissenschaftsdidaktik . . . . .	109
3.1.2.	Erhebungs- und Auswertungsverfahren Geschichtsdidaktik . . . . .	113
3.1.3.	Vor- und Nachteile der beschriebenen Verfahren . . . . .	115
3.1.4.	Konsequenzen für diese Arbeit: Forschungsdesign . . . . .	118
3.2.	Qualitative Forschung . . . . .	120
3.2.1.	Grundsätze qualitativer Forschung . . . . .	120
3.2.2.	Gütekriterien qualitativer Forschung . . . . .	121
3.2.3.	Methodische Überlegungen zur Datenerhebung . . . . .	123
3.2.3.1.	Einzelinterviews . . . . .	124
3.2.3.2.	Gruppendiskussionen und Philosophieren mit Kindern . . . . .	125
3.2.3.3.	Methode des lauten Denkens . . . . .	125
3.2.3.4.	Konsequenzen für diese Arbeit . . . . .	126
3.2.4.	Methodische Überlegungen zur Datenauswertung . . . . .	127
3.2.4.1.	Dokumentarische Methode – theoretische Annahmen . . . . .	128
3.2.4.2.	Dokumentarische Methode – Arbeitsschritte . . . . .	131
3.2.4.3.	Dokumentarische Methode – Bildinterpretation . . . . .	136
3.2.5.	Konsequenzen für diese Arbeit: Forschungsfragen in methodischen Begriffen . . . . .	137
3.3.	Stimulus des Sinnbildungsprozesses – Schülerzeichnungen . . . . .	138
3.3.1.	Vor- und Nachteile von Zeichnungen als Erhebungsinstrument . . . . .	138
3.3.2.	Typisierung verschiedener Arten von Zeichnungen . . . . .	142
3.3.3.	Metaphorische Zeichnungen . . . . .	144
3.3.3.1.	Metapherntheoretische Überlegungen . . . . .	144
3.3.3.2.	Vor- und Nachteile metaphorischer Zeichnungen . . . . .	150

3.3.3.3. Metaphern für die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften . . . . .	152
3.3.4. Konsequenzen für diese Arbeit . . . . .	155
<b>4. Vorstudie</b>	<b>157</b>
4.1. Zusammenfassung des methodischen Vorgehens . . . . .	157
4.1.1. Auswahl methodischer Alternativen . . . . .	157
4.1.2. Ziele der Vorstudie . . . . .	159
4.2. Sample . . . . .	160
4.3. Ergebnisse der Vorstudie . . . . .	161
4.3.1. Stimulus der Sinnbildung . . . . .	161
4.3.1.1. Vorgabe eines Metaphernbereiches . . . . .	162
4.3.1.2. Einsatz der Metaphern-Lege-Technik . . . . .	168
4.3.1.3. Vorübungen zur Erstellung metaphorischer Zeichnungen .	171
4.3.2. Datenerhebung und Entwicklung des Interviewleitfadens . . . . .	173
4.3.2.1. Entwicklung des Leitfadens . . . . .	173
4.3.2.2. Methode des periaktionalen lauten Denkens . . . . .	175
4.3.2.3. Methode des postaktionalen lauten Denkens . . . . .	176
4.3.3. Auswertung . . . . .	178
4.4. Diskussion der Ergebnisse . . . . .	181
<b>5. Hauptstudie</b>	<b>183</b>
5.1. Methodisches Vorgehen . . . . .	183
5.1.1. Beschreibung der Datenerhebungssituation . . . . .	183
5.1.2. Sample . . . . .	184
5.1.3. Aufbereitung und Verwaltung der Daten . . . . .	186
5.1.4. Auswertung mittels dokumentarischer Methode – Das Beispiel „Claas“	187
5.1.5. Ablauf der Auswertung . . . . .	205
5.2. Ergebnisse der Hauptstudie: erste Forschungsfrage . . . . .	207
5.2.1. Orientierungsschemata zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften . . . . .	208
5.2.1.1. Inhalt naturwissenschaftlicher Forschung . . . . .	208
5.2.1.2. Zeitraum und Zukunft der Entwicklung . . . . .	211
5.2.1.3. Sujets der Entwicklung . . . . .	214
5.2.1.4. Modi der Entwicklung . . . . .	216
5.2.1.5. Zusammenhang Sujets und Modi der Entwicklung . . . . .	223
5.2.1.6. Explizite Bezugspunkte der Vorstellungen . . . . .	226
5.2.2. Verknüpfung mit dem Forschungsstand . . . . .	230
5.2.2.1. Forschungsstand zum Inhalt naturwissenschaftlicher Forschung . . . . .	230
5.2.2.2. Forschungsstand zu Zeitraum und Zukunft der Entwicklung	231
5.2.2.3. Forschungsstand zur Verknüpfung der Sujet-Bereiche & Modi . . . . .	233

5.2.2.4.	Erkenntnisse der Fachdidaktik zu Vorstellungen zur dia-	
	chronen NdN . . . . .	241
5.2.2.5.	Diskussion der Fachdidaktik zu Bezugspunkten von Schü-	
	lervorstellungen . . . . .	244
5.2.2.6.	Zusammenfassung . . . . .	245
5.3.	Ergebnisse der Hauptstudie: zweite Forschungsfrage . . . . .	245
5.3.1.	Orientierungsrahmen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissen-	
	schaften – Darstellung der Eckfälle . . . . .	246
5.3.1.1.	Eckfall 1 – Paul . . . . .	247
5.3.1.2.	Eckfall 2 – Alexander . . . . .	258
5.3.1.3.	Eckfall 3 – Natalia . . . . .	268
5.3.1.4.	Eckfall 4 – Arne . . . . .	279
5.3.1.5.	Eckfall 5 – Inga . . . . .	294
5.3.1.6.	Eckfall 6 – Konstantin . . . . .	303
5.3.1.7.	Eckfall 7 – Amar . . . . .	311
5.3.1.8.	Eckfall 8 – Larissa . . . . .	318
5.3.2.	Orientierungsrahmen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissen-	
	schaften – Sinngenetische Typenbildung . . . . .	325
5.3.2.1.	Typik A: Orientierungsrahmen zum Wert der Naturwis-	
	senschaften . . . . .	326
5.3.2.2.	Typik B: Orientierungsrahmen zum Selbstbezug zu Na-	
	turwissenschaften . . . . .	332
5.3.2.3.	Typik C: Orientierungsrahmen zur zeitlichen Entwicklung	
	der Naturwissenschaften . . . . .	336
5.3.2.4.	Typik D: Orientierungsrahmen zum Selbstbezug zur zeit-	
	lichen Entwicklung der Naturwissenschaften . . . . .	339
5.3.2.5.	Zusammenfassung . . . . .	340
5.3.3.	Orientierungsrahmen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissen-	
	schaften – Relationale Typenbildung . . . . .	341
5.3.3.1.	Zusammenfassung . . . . .	345
5.3.4.	Zusammenhänge zwischen Orientierungsschemata und -rahmen . . .	345
5.3.5.	Zusammenhänge zwischen Orientierungsrahmen und Personendaten	348
5.3.6.	Verknüpfung mit dem Forschungsstand . . . . .	350
5.3.6.1.	Erkenntnisse der Geschichtsdidaktik . . . . .	350
5.3.6.2.	Erkenntnisse der Soziologie . . . . .	352
5.3.6.3.	Erkenntnisse der Naturwissenschaftsdidaktiken . . . . .	352
5.4.	Didaktische Konsequenzen . . . . .	356
5.4.1.	Konsequenzen für allgemeinbildenden Naturwissenschaftsunterricht	357
5.4.2.	Konsequenzen für historisch orientierte Unterrichtseinheiten . . . .	364
5.4.3.	Plädoyer für eine erweiterte Konzeption der Schülerperspektive . . .	369
5.5.	Methodenkritische Diskussion . . . . .	371
5.6.	Grenzen der Arbeit und offene Fragen . . . . .	372

<b>6. Fazit und Ausblick</b>	<b>375</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>376</b>
<b>A. Anhang</b>	<b>411</b>
A.1. Transkriptionsmanual . . . . .	411
A.2. Interviewleitfaden . . . . .	412
A.3. Eingesetzter Fragebogen . . . . .	413
A.4. Weitere Dokumente der Auswertung zu Orientierungsschemata . . . . .	422
A.5. Weitere Dokumente der Auswertung zu Orientierungsrahmen . . . . .	435

# Abbildungsverzeichnis

2.1. Konzeptualisierung von Scientific Literacy als eine Teilmenge aus verschiedenen Kompetenzen in Anlehnung an Gräber, Nentwig und Nicolson (2002, S. 137). . . . .	9
2.2. Konzeptualisierung von Scientific Literacy als verschiedene Dimensionen in Anlehnung an Bybee (2002, S. 31). . . . .	10
2.3. Konzeption der NdN nach McComas, Clough und Almazroa (1998). . . . .	13
2.4. Konzeption der NdN nach Erduran und Dagher (2014). . . . .	15
2.5. Darstellung verschiedener Wissenschaften, die Wissenschaft zum Gegenstand haben in Anlehnung an Poser (2001, S. 13). . . . .	31
2.6. Modell der didaktischen Rekonstruktion nach Kattmann, Duit, Gropengießer und Komorek (1997, S. 4). . . . .	51
2.7. Enger und weiter gefasste Konzeption der Schülerperspektive in den Naturwissenschaftsdidaktiken. . . . .	73
2.8. Zusammenhang zwischen Geschichtsbewusstsein, historischem Verstehen und Geschichtskultur in Anlehnung an Erdmann (2007, S. 190). . . . .	78
2.9. Verortung des Forschungsinteresses in den Dimensionen Fachthemenspezifität und Schwerpunkt auf bewusste bzw. unbewusste Anteile der Schülerperspektive. . . . .	95
2.10. Konzeptionelles Verständnis der Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften dieser Arbeit. . . . .	97
2.11. Konzeptionelles Verständnis der Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften dieser Arbeit mit Bezügen zu Mannheims Wissenssoziologie. . . . .	104
3.1. Überblick über das Forschungsdesign. . . . .	119
3.2. Schematische Darstellung des wechselseitigen Zusammenhangs zwischen Tiefendimension der Schülerperspektive und der Struktur des Gesprochenen als Begründung für die Wahl sequenzieller Auswertungsverfahren. . . . .	127
3.3. Schematische Darstellung der Verknüpfung von Aussage 1 und Aussage 2 in einem Interview, durch eine implizite Regelhaftigkeit in Anlehnung an Nohl (2012, S. 45). . . . .	132
3.4. Vorgang der metaphorischen Übertragung zwischen Herkunftsbereich und Zielbereich sowie Rekonstruktion der Bedeutung in Anlehnung an Henke und Höttecke (2013c, S. 335). . . . .	147

3.5.	Beispiel der Kopplung von visueller Metapher und Text auf einem Plakat für Zigarettenwerbung, wie sie im Jahr 2014 auf einer Hamburger U-Bahn-Station zum Einsatz kam. . . . .	150
4.1.	Die in der Vorstudie erprobten methodischen Vorgehensweisen 1) für die Initiierung der Sinnbildung, 2) für die Möglichkeiten der Erhebung der verbalen Daten und 3) für die Auswertung der Daten. Parallel dazu wurde der jeweilige Leitfaden erprobt und verändert. . . . .	160
4.2.	Zeichnungen des Schülers N1S5M-Vor ohne Vorgabe des Herkunftsbereichs der Metapher. . . . .	163
4.3.	Zeichnungen des Schülers N1W8M-Vor ohne Vorgabe des Herkunftsbereichs der Metapher. . . . .	164
4.4.	Bilder der Vorstudie zum Metaphern-Herkunftsbereich „Gewässer“. . . . .	166
4.5.	Bilder der Vorstudie zum Metaphern-Herkunftsbereich „Weg“. . . . .	167
4.6.	Auswahl von Bildern der Vorstudie, die im Zuge der Metaphern-Lege-Technik entstanden sind. . . . .	170
4.7.	Auswahl von Bildern der Vorübungen aus der Vorstudie. . . . .	172
4.8.	Erprobung der dokumentarischen Bildinterpretation. . . . .	179
5.1.	Spektrum der verschiedenen Zeiträume, die die Schüler_innen in Bezug auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften nennen. . . . .	212
5.2.	Zusammenfassende Darstellung, was die Schüler_innen im Laufe der Zeit als veränderlich ansehen. Dabei werden Verbindungen zwischen den Sujet-Bereichen nicht in allen Interviews deutlich. . . . .	215
5.3.	Verortung der Fälle im Feld der relationalen Typenbildung der Orientierungsrahmen. . . . .	342
5.4.	Vom Einzelfall abstrahierte Bezeichnungen der relationalen Typen der Orientierungsrahmen. . . . .	343
5.5.	Zusammenhang zwischen relationaler Typenbildung der Orientierungsrahmen und Orientierungsschemata bezüglich des Zeitraums der zeitlichen Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung. . . . .	347
5.6.	Leerstelle fachdidaktischer Forschung in Bezug auf die Perspektive der Schüler_innen. . . . .	370
A.1.	Verortung der Fälle im Spektrum der relationalen Typen inklusive Visualisierung der Personendaten. Es zeigt sich kein Zusammenhang mit Schulstufe oder Schulform. . . . .	438

# Tabellenverzeichnis

2.1. Von Henke und Höttecke identifizierte Idealtypen von Schülervorstellungen zur diachronen NdN. . . . .	47
3.1. Übersicht von Instrumenten zur Erhebung von Vorstellungen zur NdN. . .	110
4.1. Übersicht des Samples der Vorstudie. n = 34 . . . . .	161
5.1. Übersicht des Samples der Hauptstudie. n = 33 . . . . .	185
5.2. Gemeinsames Auftreten von identifiziertem Modus der Entwicklung und Sujet der Entwicklung im gesamten Datenmaterial. . . . .	223
5.3. Zusammenführung von rekonstruierten Vorstellungen zu Sujet-Bereichen und Modi der Entwicklung mit Erkenntnissen der Wissenschaftsgeschichte, -soziologie und -theorie. . . . .	240
5.4. Ähnlichkeiten zwischen den von Henke und Höttecke identifizierten Idealtypen von Schülervorstellungen zur diachronen NdN und den in der vorliegenden Studie identifizierten Vorstellungen. . . . .	242
5.5. Überblick über die sinngenetische Typik A der Orientierungsrahmen zur Vergleichsdimension „Wert der Naturwissenschaften“. . . . .	326
5.6. Überblick über die sinngenetische Typik B der Orientierungsrahmen zur Vergleichsdimension „Selbstbezug zu Naturwissenschaften“. . . . .	333
5.7. Überblick über die sinngenetische Typik C der Orientierungsrahmen zur Vergleichsdimension „Zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften“. . . .	338
5.8. Überblick über die sinngenetische Typik D der Orientierungsrahmen zur Vergleichsdimension „Selbstbezug zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften“. . . . .	340

# 1. Einleitung und Forschungsinteresse

Der Titel dieser Arbeit *Schülerperspektiven auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften* deutet bereits an, dass eine historische Perspektive auf die Naturwissenschaften auch im Schulunterricht eine Rolle spielen kann:

„Es findet sich ja auch kaum ein Schulfach, in der die Zeit nicht zum Gegenstand der lernenden Auseinandersetzung gemacht werden könnte. Dies ist ganz offensichtlich der Fall in den Fächern Geschichte, Musik, Sport, in der Grammatik aller Sprachen, in verschiedenen Gattungen der Literatur, in allen Naturwissenschaften und insbesondere im Fach Physik.“ (Gerstberger & Miller, 2004, S. 83)

Dass solch eine mögliche Beschäftigung mit Zeitlichkeit in den Naturwissenschaften auch sinnvoll im Hinblick auf Bildungsziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist, zeigt die Diskussion um Scientific Literacy und die Natur der Naturwissenschaften deutlich (Allchin, 2013; Matthews, 1994; Höttecke, 2001a; Shamos, 2002). Das Ziel der Ermöglichung gesellschaftlicher Teilhabe macht einen Unterricht notwendig, der sich an den im Alltag relevanten Eigenschaften der Naturwissenschaften, also an der Natur der Naturwissenschaften orientiert. Zur gesellschaftlichen Teilhabe ist gerade ein Kennen dieser Eigenschaften und ein Verständnis ihrer Ursachen notwendig.

Aktuell wird in den Medien beispielsweise regelmäßig die politische Diskussion um die Zulassung des Pflanzenschutzmittels Glyphosat thematisiert. Warum wird genau dieses Thema von den Medien aufgegriffen? Dies liegt unter anderem in der widersprüchlichen wissenschaftlichen Lage zur Schädlichkeit von Glyphosat für den menschlichen Körper begründet. Während einige wissenschaftliche Studien das Mittel in den geringen in der Landwirtschaft genutzten Dosierungen als wahrscheinlich nicht krebserregend einstufen, weisen andere Studien nach, dass Glyphosat, ähnlich wie der Rauch von Zigaretten, grundsätzlich krebserregend ist. Auch Tagesschau.de vom 17.05.2016 greift diesen scheinbaren Widerspruch auf und schreibt: „Glyphosat – krebserregend oder nicht? [...] Die internationale Krebsagentur hält es für wahrscheinlich krebserregend, das Bundesamt für Risikobewertung verneint das. Wie kann das sein?“ (tagesschau.de, 2016). Naturwissenschaftliche Erkenntnisse werden in dieser aktuellen Diskussion also als uneindeutig und widersprüchlich dargestellt.

Ein Verständnis dieser Ausgangslage und eine adäquate Teilhabe an dieser Diskussion wird Bürger\_innen erst möglich sein, wenn ihnen bekannt ist, dass Widersprüchlichkeit ein Charakteristikum naturwissenschaftlicher Forschung ist und unter anderem in unter-

schiedlichen Forschungsinteressen begründet sein kann. Erst im Laufe der Zeit können sich Widersprüchlichkeiten durch weitere Erkenntnisse auflösen. Ebenso ist die gesellschaftliche Eingebundenheit der Forschung zu berücksichtigen und kritisch zu hinterfragen, warum und von wem Studien zur Prüfung der Schädlichkeit von Glyphosat in Auftrag gegeben wurden. Dazu muss ein Verständnis vorherrschen, dass naturwissenschaftliche Forschung nicht unabhängig von politischen, finanziellen und gesellschaftlichen Strukturen besteht und in der Vergangenheit bestanden hat. Naturwissenschaften stehen gerade nicht für sich alleine, sondern sind als Teil eines sich wandelnden Gesellschaftssystems zu verstehen, dessen Zusammenhänge oft erst in einer historischen Betrachtung der Entstehung dieser Zusammenhänge nachvollziehbar werden.

Zu einem umfassenden Verständnis der Natur der Naturwissenschaften gehört also auch eine zeitliche Komponente. Schüler\_innen müssen ein Verständnis der *diachronen* Natur der Naturwissenschaften im Unterricht ausbilden können, da Naturwissenschaften und deren zeitliche Entwicklung Teil unserer Gesellschaft sind. Bereits Wagenschein (1995, S. 129) beschreibt als bedeutsame Eigenschaft der Physik, dass sie als „Werdendes und Gewordenes“ zu verstehen ist und fordert die Berücksichtigung dessen im Schulunterricht. Auch im aktuellen Rahmenplan der gymnasialen Oberstufe für das Bundesland Hamburg wird als Ziel formuliert, dass die Schüler\_innen „ihr Verständnis vom Wesen der Naturwissenschaften und ihrer Wechselbeziehung zur Gesellschaft, zur Umwelt und zur Technik“ vertiefen sollen. Sie sollen Einblicke in die „historische und kulturelle Bedingtheit physikalischer Erkenntnisse und ihrer Gewinnung“ erlangen und den „engen Zusammenhang von physikalischer Forschung und gesellschaftlicher Entwicklung“ erkennen (Rahmenplan Physik, 2009, S. 10). Auch aktuell wird also eine Thematisierung der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften im Unterricht gefordert.

Diese Überlegungen werden in Ansätzen *historisch orientierten Naturwissenschaftsunterrichts* aufgegriffen, indem Aspekte von Wissenschaftsgeschichte, Wissenschaftsphilosophie und Wissenschaftssoziologie zum expliziten Inhalt des Unterrichts gemacht werden. Bisher ist jedoch noch nicht umfassend geklärt, welche Lernvoraussetzungen auf Seiten der Schüler\_innen in Bezug auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften bestehen, was also Ausgangspunkt der Planung von Lehr-Lern-Arrangements sein sollte. Die vorliegende Arbeit will einen Beitrag zu diesem Desiderat naturwissenschaftsdidaktischer Forschung leisten.

In einem ersten Schritt wird mit Bezügen zur Naturwissenschafts- und Geschichtsdidaktik sowie zur Soziologie eine Konzeption der Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften entwickelt. Es findet eine kritische Auseinandersetzung mit bestehenden Konzeptionen der Schülerperspektive statt, wovon ausgehend ein eigener Vorschlag erarbeitet wird. Die vorliegende Arbeit versteht sich daher nicht als eine rein empirische Arbeit, sondern leistet auch im Bereich der Theoriebildung einen Beitrag.

Zusätzlich findet eine empirische Absicherung der theoretischen Konzeption statt. Mit Hilfe eines explorativen, qualitativen Designs soll die Frage beantwortet werden, wie Schüler\_innen die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften grundsätzlich konzipieren

(Was verändert sich? Wer nimmt Einfluss? Wann findet die Entwicklung statt?). Mit Bezügen zu Erkenntnissen der Geschichtsdidaktik und der Soziologie wird davon ausgegangen, dass es neben explizitem Wissen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften auch internalisiertes, dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht ad hoc zugängliches Wissen gibt, welches ihr Handeln und damit ihr Lernen in historisch orientiertem Unterricht strukturieren. Es steht daher außerdem die Frage nach der Struktur solch internalisierten Wissens in Bezug auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften und dessen fachdidaktischer Relevanz im Vordergrund.

Die Arbeit gliedert sich in sechs Teile. Im folgenden Teil 2 dieser Arbeit werden die bereits genannten theoretischen Bezugspunkte detaillierter ausgeführt und der aktuelle Forschungsstand beschrieben, um davon ausgehend eine Konzeption der Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften zu entwickeln. Darüber hinaus werden Ziele naturwissenschaftlichen Unterrichts diskutiert und eine mögliche Beschreibung der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften entwickelt.

In Teil 3 erfolgt die begründete Auswahl methodischer Alternativen der Datenerhebung und -auswertung. Dabei ist es notwendig, die Beschäftigung der Schüler\_innen mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften geeignet zu initiieren und eine dem Erkenntnisinteresse angemessene Auswertungsmethode zu wählen. Eine Vielzahl sich zeigender Möglichkeiten wurden in einer Vorstudie erprobt, deren Ergebnisse in Teil 4 dargestellt werden.

In Teil 5 werden Vorgehen und Ergebnisse der Hauptstudie dargestellt, mit dem bestehenden Forschungsstand in Verbindung gebracht und didaktische Konsequenzen abgeleitet. Abschließend werden in Teil 6 ein Fazit formuliert und offene Fragen für zukünftige fachdidaktische Forschung zusammengefasst.



## 2. Theoretischer Hintergrund, Stand der Forschung und Forschungsfragen

### 2.1. Naturwissenschaftliche Bildung

*„Allgemeinbildung bedeutet [...], ein geschichtlich vermitteltes Bewußtsein von zentralen Problemen der Gegenwart und – soweit voraussehbar – der Zukunft zu gewinnen, Einsicht in die Mitverantwortlichkeit aller angesichts solcher Probleme und Bereitschaft, an ihrer Bewältigung mitzuwirken. Abkürzend kann man von der Konzentration auf epochaltypische Schlüsselprobleme unserer Gegenwart und der vermutlichen Zukunft sprechen.“*

– Klafki, 2007, S. 56

Zentrale Probleme der Gegenwart und Zukunft sind heute stärker den je auch naturwissenschaftlich-technischer Art. Politische Diskussionen über Themen wie die „Energiewende“, gentechnisch veränderte Lebensmittel oder die veränderte Kommunikation und Datensicherheit durch neue Kommunikations- und Informationssysteme können neben vielen weiteren als epochaltypische Schlüsselprobleme verstanden werden. Zur Lösung dieser Probleme müssen auch die Naturwissenschaften einen Beitrag leisten. Im Sinne Klafkis sind dafür alle Bürger\_innen mitverantwortlich, sodass eine Bildung notwendig ist, die eben allen Bürger\_innen diese Teilhabe ermöglicht. Entsprechend spielt auch die naturwissenschaftliche Bildung eine entscheidende Rolle. „Ein Ziel des Physikunterrichts ist es deshalb, den Schülerinnen und Schülern zu helfen, die Welt der Gegenwart zu ordnen, Zusammenhänge zu verstehen und sich einen eigenen Standpunkt zu erarbeiten“ (Rahmenplan Physik, 2011, S. 11). Die Idee einer naturwissenschaftlichen Grundbildung für alle Bürger\_innen wird international unter dem Stichwort *Scientific Literacy* diskutiert (Gräber & Nentwig, 2002).

Im folgenden Kapitel 2.1.1 wird diese Idee einer naturwissenschaftlichen Grundbildung weiter ausgeführt. Davon ausgehend werden das Lehren und Lernen über die *Natur der Naturwissenschaften* (Kapitel 2.1.2) sowie *historisch orientierter Naturwissenschaftsunterricht* (Kapitel 2.1.3) diskutiert und damit die von Klafki (2007) geforderte Idee eines geschichtlich vermittelten Bewusstseins aufgegriffen. Aus diesen Erkenntnissen wird im abschließenden Kapitel 2.1.4 das Forschungsinteresse der vorliegenden Arbeit abgeleitet.

### 2.1.1. Scientific Literacy

Aufgrund verschiedener Argumente wird eine naturwissenschaftliche Grundbildung aller Bürger\_innen als Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts gefordert (Driver, Leach, Millar & Scott, 1996, S. 15ff):

- Ökonomisches Argument: Unsere Gesellschaft braucht für die naturwissenschaftlich-technisch ausgerichtete Industrie qualifizierten Nachwuchs.
- Nützlichkeitsargument: Eine naturwissenschaftliche Grundbildung ermöglicht den Umgang mit technischen Geräten, die unser Leben immer stärker prägen.
- Demokratieargument: Ein Verständnis der Naturwissenschaften und Wissen in diesem Bereich ist Voraussetzung, um an gesellschaftlichen Diskussionen teilnehmen zu können.
- Kulturelles Argument: Naturwissenschaften sind als kulturelle Errungenschaften zu verstehen, an denen alle Bürger\_innen teilhaben sollten.
- Moralisches Argument: Normen und Werte der Naturwissenschaften sind auch auf einer allgemeineren Ebene bedeutsam und sollten erlernt werden.

Diese Argumente sind als normative Setzungen zu verstehen, die nicht umfassend empirisch abgesichert sind. Sie leiten dennoch unter anderem bildungspolitische und fachdidaktische Diskussionen und werden daher hier genannt.

Bezugnehmend auf die vielfältigen Argumente konkretisieren Roberts und Bybee (2014) zwei Ziel-Perspektiven naturwissenschaftlichen Unterrichts: Zum einen wird die Ausbildung naturwissenschaftlichen Nachwuchses angestrebt. Zum anderen sollen die Bildungsbedürfnisse aller Schüler\_innen in den Blick genommen werden. Zur Unterscheidung dieser Ziele plädieren die Autoren für eine begriffliche Trennung der Zielperspektiven. Roberts und Bybee (2014, S. 546) folgend wird in dieser Arbeit das erste Ziel mit *Science Literacy*, das zweite Ziel mit *Scientific Literacy* bezeichnet. Im Fokus dieser Arbeit steht Zweites. Personen müssen in ihrer Rolle als Bürger\_innen naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen kennen, über naturwissenschaftliches Wissen verfügen und Charakteristiken der Naturwissenschaften verstehen. So wird ein reflektierter Umgang mit naturwissenschaftlichen und technischen Einflüssen auf Gesellschaft, Politik und das alltägliche Leben möglich. Der Begriff *Scientific Literacy* findet weltweit in Forschungsprojekten, in der Diskussion um naturwissenschaftliche Bildungsziele, in der Politik und in Lehrplänen Anwendung (Roberts, 2007, S. 729). Weniger Einigkeit herrscht jedoch darin, welches Wissen, welche Fähigkeiten und Fertigkeiten genau zum Erreichen von *Scientific Literacy* notwendig sind (Driver et al., 1996; Roberts & Bybee, 2014).

Seit den Anfängen der Diskussion um *Scientific Literacy* in den 1950er Jahren gibt es verschiedene Ansätze konkreter Konzeptualisierungen (Bybee, 1997, S. 38). Einen Versuch, aus der bestehenden Literatur einen Konsens bezüglich des Begriffsverständnisses zu entwickeln, unternahmen in den 1960er Jahren Pella, O’hearn und Gale (1966). Sie

identifizieren sechs Dimensionen, die es im Sinne der Scientific Literacy im naturwissenschaftlichen Unterricht zu schulen gilt (Pella et al., 1966, S. 206):

1. Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte,
2. Verständnis des Wesens der Naturwissenschaften,
3. Verständnis naturwissenschaftsbezogener Ethik,
4. Verständnis der Beziehung von Naturwissenschaften und Gesellschaft,
5. Verständnis der Beziehung von Naturwissenschaften und Geisteswissenschaften,
6. Verständnis der Verschiedenheit von Naturwissenschaften und Technik.

Diese Dimensionen sind ebenfalls als normative Setzung dessen zu verstehen, was im naturwissenschaftlichen Unterricht erlernt werden sollte, um das Ziel einer Scientific Literacy zu erreichen. Es wird deutlich, dass hier neben dem Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte ein Verständnis der Naturwissenschaften auf einer Metaebene zentral ist. Dabei bezeichnet der Begriff „Metaebene“ allgemeine, themenübergreifende Charakteristiken der Naturwissenschaften. Naturwissenschaften sollen dabei gerade nicht isoliert betrachtet, sondern auch in Beziehung zu anderen Wissenschaften und der Gesellschaft thematisiert werden.

Neben dieser Definition von Scientific Literacy existieren viele weitere. Beispielhaft werden verschiedene Ansätze kurz beschrieben:

- Miller (1997) konzipiert Scientific Literacy als aus den zwei Dimensionen „Kenntnisse von Begriffen und Konzepten“ sowie „Verständnis der Eigenschaften der Naturwissenschaften“ bestehend. In einer Untersuchung amerikanischer Bürger\_innen von 1995 stellt er fest, dass nur 7% der befragten Erwachsenen in diesem Sinne als naturwissenschaftlich grundgebildet bezeichnet werden können.
- Für Dubs (2002, S. 71) hingegen beinhaltet Scientific Literacy vorrangig die Ausbildung einer „Mithörkompetenz“. Schüler\_innen müssen Probleme in realen Lebenssituationen erkennen, Widersprüche sowie Ziel- und Interessenskonflikte identifizieren, mögliche Lösungen mit den verbundenen Konsequenzen evaluieren lernen und dazu angeleitet werden, eigene Entscheidungen zu fällen und diese auch kompetent zu kommunizieren (Dubs, 2002, S. 72).
- Im neuen Jahrtausend geht es vermehrt darum, „Scientific Literacy als Bündel von Kompetenzen zu begreifen – fachlicher sowohl, als auch überfachlicher“ (Gräber, Nentwig & Nicolson, 2002, S. 136). Gräber, Nentwig und Nicolson (2002) konzipieren Scientific Literacy als eine Schnittmenge verschiedener Kompetenzen aus den Bereichen „Wissen“, „Handeln“ und „Bewerten“ (vgl. Abbildung 2.1). Der Kompetenzbereich „Wissen“ umfasst die Kenntnis von Fachbegriffen und Fakten sowie ein konzeptuelles Verständnis von naturwissenschaftlichen Zusammenhängen (Sachkompetenz). In diesen Bereich fällt außerdem wissenschaftstheoretisches Wissen zu Erkenntnismethoden, Einflüssen auf naturwissenschaftliche Forschung und historisches Wissen zur Geschichte der Naturwissenschaften (Gräber, Nentwig & Nicolson,

2002, S. 138). Im Bereich „Handeln“ werden naturwissenschaftsspezifische Kompetenzen zusammengefasst, die direkt mit Handlungen einhergehen. So bilden Schüler\_innen im Naturwissenschaftsunterricht eine spezifische Lernkompetenz aus und erwerben Fähigkeiten auf prozeduraler Ebene (Lesen von Graphen, Durchführen von Experimenten o. ä.). Die soziale und kommunikative Kompetenz kann als ein fachübergreifendes Konzept verstanden werden, doch auch hier gibt es naturwissenschaftsspezifische Facetten (ebd., S. 138). Scientific Literacy umfasst außerdem den Bereich „Bewerten“, der für die Teilhabe an unserer Gesellschaft von großer Bedeutung ist. Schüler\_innen sollen lernen, Verhaltensmöglichkeiten an individuellen und gesellschaftlichen Werten und Normen zu messen und sich begründet für eine Alternative zu entscheiden (ebd., S. 139). In diesem Bereich wird die von Dubs (2002) geforderte „Mithörkompetenz“ aufgegriffen.

- Bybee (2002, S. 21) weist auf einen notwendigen nächsten Schritt hin, um sich nicht in einer rein normativen Diskussion um Begrifflichkeiten zu verlieren. Die Festlegung einer Definition beantwortet noch nicht die Frage wann ein Bürger als umfassend naturwissenschaftlich gebildet betrachtet werden kann. Zur Beantwortung eben dieser Frage entwirft Bybee ein Modell verschiedener Dimensionen eines naturwissenschaftlichen Grundverständnisses (ebd., S. 25). Er geht davon aus, dass eine Person in verschiedenen Bereichen unterschiedliche Ausprägungen von Scientific Literacy zeigt. Nur solch eine Konzeption verschiedener Ausprägungen von Scientific Literacy habe bildungspolitischen und erzieherischen Wert. Bybee unterscheidet die vier in Abbildung 2.2 dargestellten Dimensionen von Scientific Literacy. Dabei bildet die nominale Scientific Literacy die Grundlage für die weiteren Dimensionen, während die multidimensionale Scientific Literacy auf alle anderen aufbaut. Dazwischen liegen die funktionelle sowie die konzeptuelle-prozedurale Scientific Literacy. Bybee (2002) definiert für die einzelnen Dimensionen auszubildende Fähigkeiten und Kenntnisse, welche der Abbildung 2.2 zu entnehmen sind. Dabei zeigt sich ähnlich zu den anderen Definitionen das Ziel, die Naturwissenschaften von einer Metaebene aus zu betrachten und Verbindungen zu anderen Disziplinen und der Gesellschaft zu analysieren (konzeptuell-prozedurale und multidimensionale Scientific Literacy). Es ist zu beachten, dass die hierarchische Anordnung der Dimensionen nicht gleichbedeutend mit einer Priorisierung dieser ist. Ganz im Gegenteil kritisiert Bybee (2002, S. 30), dass in der Vergangenheit oft einzelne Dimensionen – bisher die nominale und funktionale Scientific Literacy – zu stark in den Vordergrund gerückt wurden. Er plädiert dafür, über die Festlegung von Zielen in Bildungsstandards o. ä. hinauszugehen und konkrete Programme sowie Unterrichtsentwürfe zum Erreichen der definierten Ziele zu entwickeln (ebd., S. 37).

Die Darstellung der verschiedenen Definitionen oder Konzeptionen von Scientific Literacy ist keineswegs vollständig, zeigt jedoch, wie intensiv sich die fachdidaktische Community in den letzten Jahrzehnten mit diesem Anliegen auseinandergesetzt hat. Dabei darf nicht vernachlässigt werden, dass die Idee einer naturwissenschaftlichen Grundbildung auch kritisiert wird. Untersuchungen wie jene von Miller (1997) zeigen, dass Schüler\_innen das

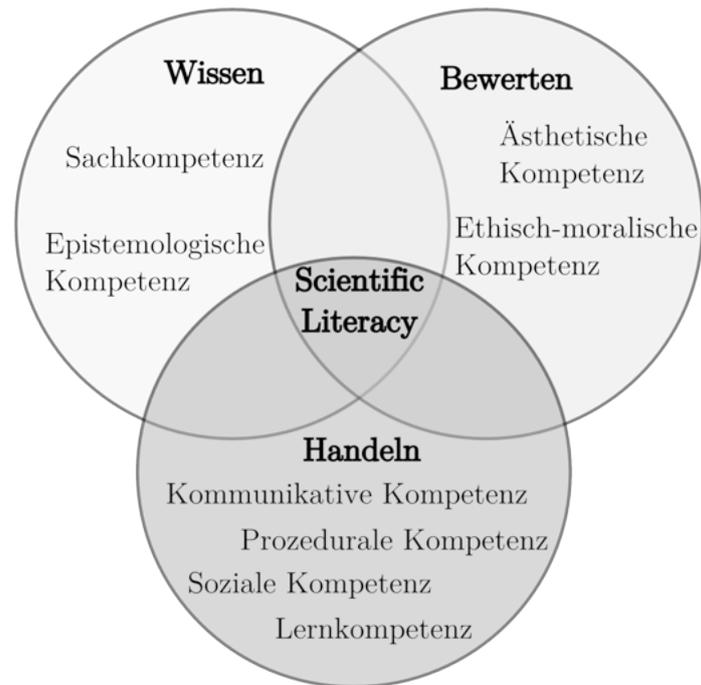


Abbildung 2.1.: Konzeptualisierung von Scientific Literacy als eine Teilmenge aus verschiedenen Kompetenzen in Anlehnung an Gräber, Nentwig und Nicolson (2002, S. 137).

Ziel einer naturwissenschaftlichen Grundbildung am Ende ihrer Schulzeit nicht erreicht haben. Ausgehend davon fordert Shamos (2002), sich von der Vorstellung einer umfassenden naturwissenschaftlichen Bildung für Jedermann zu verabschieden und sich vorrangig Methoden und Prozessen der Naturwissenschaften zuzuwenden, um den Schüler\_innen ein Gefühl für das Wesen der Naturwissenschaften zu vermitteln.

Dieser Forderung und allen obigen Definitionen ist gemein, dass ein Verständnis vom Wesen der Naturwissenschaften angestrebt wird, welches im Hinblick auf das Ausbilden einer naturwissenschaftlichen Grundbildung – so kann auch Bybees Forderung einer Gleichberechtigung aller Dimensionen von Scientific Literacy interpretiert werden – stärker in den Fokus rücken sollte. Es steht Wissen *über* die Naturwissenschaften im Fokus: „Every citizen needs sufficient understanding *about* the relevant science (if not understanding *of* the science)“ (Hodson, 2009, S. 11-12, Hervorhebungen im Original).

Erst solch ein Verständnis der Natur der Naturwissenschaften ermöglicht eine reflektierte und vor allem über die Schulzeit hinausgehende, langfristige gesellschaftliche Teilhabe:

„When people know how scientists go about their work and reach scientific conclusions, and what the limitations of such conclusions are, they are more likely to react thoughtfully to scientific claims and less likely to reject them out of hand or accept them uncritically.“ (AAAS, 1993, S. 3)

<p><b>Multidimensionale Scientific Literacy</b>                  Verständnis der Besonderheit der Naturwissenschaft.                  Verschiedenheit von anderen Disziplinen.                  Kenntnisse von Geschichte und Wesen der naturwissenschaft-lichen Disziplinen.                  Begreift Naturwissenschaft in einem sozialen Kontext.</p>	
<p><b>Funktionelle Scientific Literacy</b>                  Verwendung naturwissenschaftlichen und technischen Vokabulars.                  Definiert naturwissenschaftliche Begriffe korrekt.</p>	<p><b>Konzeptuell - Prozedurale Scientific Literacy</b>                  Versteht Konzepte, prozedurales Wissen und Fertigkeiten der Naturwissenschaft.                  Versteht Beziehungen zw. einzelnen Teilen einer Disziplin und konzeptioneller Struktur.                  Versteht grundlegende Prinzipien und Prozesse der Naturwissenschaft.</p>
<p><b>Nominale Scientific Literacy</b>                  Identifiziert Begriffe, Themen, Probleme, Informationen, Wissen und Fragen als naturwissenschaftlich, zeigt jedoch falsche Vorstellungen von naturwissenschaftlichen Konzepten und Prozessen. Unzureichende und angemessene Erklärungen naturwissenschaftlicher Phänomene.                  Aktuelle Äußerungen zur Naturwissenschaft sind naiv.</p>	

Abbildung 2.2.: Konzeptualisierung von Scientific Literacy als verschiedene Dimensionen in Anlehnung an Bybee (2002, S. 31).

### 2.1.2. Natur der Naturwissenschaften

Die Forderung, dass Schüler\_innen im naturwissenschaftlichen Unterricht auch etwas über das Wesen der Naturwissenschaften lernen sollen, ist nicht neu und wird unter dem Terminus *Nature of Science* (NoS) bzw. im deutschsprachigen Raum unter *Natur der Naturwissenschaften* (NdN) seit über 100 Jahren diskutiert (N. G. Lederman, 2007, S. 831). Im Laufe der Zeit stieg die Relevanz der NdN für den naturwissenschaftlichen Unterricht weiter an:

„Improving students’ and teachers’ understanding of the nature of science has shifted from being a desirable goal, to being a central one for achieving scientific literacy.“ (Dagher & Boujaoude, 2005, S. 378-379)

So betont beispielsweise Hodson (2009, S. 20), dass nicht bekannt sei, welches Fachwissen Schüler\_innen in ihrem späteren Leben bräuchten, da dies stark berufsspezifisch sei. Bekannt sei aber, dass für eine kritische Teilhabe an unserer Gesellschaft Wissen über die Natur der Naturwissenschaft notwendig sei. Daher sollte die NdN – so seine Forderung – im Hinblick auf das Ziel einer Scientific Literacy stärker im Naturwissenschaftsunterricht Berücksichtigung finden. Erst ein umfassendes Verständnis der NdN ermöglicht einen kri-

tischen und reflektierten Umgang mit naturwissenschaftlichem Wissen und die Beteiligung an Diskussionen und Entscheidungsfindungen mit naturwissenschaftlich-technischer Relevanz (Driver et al., 1996, S. 18). Sehen beispielsweise Schüler\_innen Naturwissenschaften als unabhängig von gesellschaftlichen Strukturen an, wird ihnen eine Finanzierung wissenschaftlicher Projekte aus öffentlichen Mitteln weniger nachvollziehbar erscheinen (ebd., S. 19). Ebenso wird möglicherweise eine selbst- oder gesellschaftskritische Auseinandersetzung von Schüler\_innen zum Thema Klimawandel behindert, wenn sie Naturwissenschaftler\_innen als jene Personen konzipieren, die über gesichertes Wissen verfügen und alle zukünftigen Probleme lösen können. Solch eine Vorstellung führt zu einem passiven Umgang mit Naturwissenschaften und, daran gekoppelt, zu einem vermehrt passiven Lernstil (ebd., S. 21).

Neben diesem Argument wird ein positiver Effekt von Wissen über die NdN auf das Lernen themenspezifischer Fachinhalte<sup>1</sup> angenommen (Pukies, 1979, S. 13; Driver et al., 1996, S. 20). Wissen über die Naturwissenschaften kann darüber hinaus den Aufbau einer Verbindung zwischen den Schüler\_innen und der Naturwissenschaft ermöglichen. Erscheinen die Inhalte oft als sehr abstrakt und objektiv gegeben, kann über die NdN die Subjektivität in der naturwissenschaftlichen Forschung, die Menschlichkeit der Wissenschaftler\_innen sowie die Bedeutung der Naturwissenschaften für die eigene Person und das eigene Leben deutlicher werden.

Für eine explizite Thematisierung der NdN wurden positive Effekte auf das Interesse an und die Identifikationsmöglichkeiten mit den Naturwissenschaften sowie die Motivation zur Beschäftigung mit Naturwissenschaften auf Seiten der Lernenden festgestellt (Kubli, 1999; Erduran & Dagher, 2014). Weitere empirische Ergebnisse zur NdN werden in Kapitel 2.1.2.3 dargestellt. An dieser Stelle soll zunächst eine Klärung vorgenommen werden, welche Aspekte über das Wesen der Naturwissenschaften unter dem Terminus Natur der Naturwissenschaften zusammengefasst werden.

### 2.1.2.1. Definitionsversuche

Ähnlich wie bei der Scientific Literacy gibt es aufgrund der Komplexität und der grundsätzlichen Veränderlichkeit des Konstruktes auch für die NdN keine einheitliche Definition. Im Folgenden werden daher unterschiedliche Definitionsversuche dargestellt und ihre Verschiedenheit hervorgehoben. McComas, Clough und Almazroa (1998) analysieren acht Curricula und Bildungsstandards englischsprachiger Länder im Hinblick auf deren Konzeption der NdN und kommen zu folgender Definition:

„The nature of science is a fertile hybrid arena which blends aspects of various social studies of science including the history, sociology, and philosophy of science combined with research from the cognitive sciences such as psychology

---

<sup>1</sup>Eine Thematisierung der NdN wird dabei nicht als themenspezifischer Fachinhalt konzipiert, sondern als themenübergreifend. Beispiele für themenspezifische Fachinhalte wären für das Fach Physik die Themen Optik, Mechanik oder Elektrostatik.

into a rich description of what science is, how it works, how scientists operate as a social group and how society itself both directs and reacts to scientific endeavors.“ (McComas et al., 1998, S. 4)

Die Autoren verdeutlichen damit die Vieldimensionalität und Komplexität des Konstruktes. Die NdN zeigt sich in den untersuchten Dokumenten als eine Überlagerung der Bereiche Philosophie, Soziologie, Psychologie und Geschichte der Naturwissenschaften (vgl. Abbildung 2.3). Damit verbleibt die Definition auf einer sehr globalen Ebene verschiedener Bezugswissenschaften.

N. G. Lederman (2002) hingegen formuliert mit den so genannten *Lederman Seven* ganz konkrete Aspekte, die er als zentrale Eigenschaften der NdN identifiziert und unternimmt damit den Versuch einer Elementarisierung der NdN. Die Diskussion um Definitionen der NdN ist grundsätzlich sehr kontrovers und different. N. G. Lederman (2002) betont jedoch, dass es Aspekte gebe, bzgl. derer Einigkeit herrsche: „For instance, currently it would be difficult to reject the theoryladen nature of scientific observations or defend a deterministic/absolutist or empiricist conception of NOS“ (ebd. S. 499). Er nennt die folgenden für die NdN typischen Aspekte (N. G. Lederman, 2002, S. 499-502, Übersetzung JK):

1. Empirische Natur naturwissenschaftlichen Wissens,
2. Charakteristika naturwissenschaftlicher Theorien und Gesetze,
3. Entstehung naturwissenschaftlichen Wissens durch Kreativität und Vorstellungskraft,
4. Theorie-Geladenheit naturwissenschaftlichen Wissens,
5. Soziale und kulturelle Einbettung naturwissenschaftlichen Wissens,
6. Mythos einer eindeutigen naturwissenschaftlichen Methode,
7. Vorläufigkeit naturwissenschaftlichen Wissens.

Ähnliche Zusammenstellungen bedeutsamer Aspekte der Natur der Naturwissenschaften stellen außerdem Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar und Duschl (2003), Hodson (2008) sowie Schwartz, Lederman und Lederman (2008) vor.

All diese Definitionsversuche sind als normative Setzungen dessen zu verstehen, was über die NdN in der Schule gelernt werden sollte und gelernt werden kann (Neumann & Kremer, 2013, S. 213). In dieser Arbeit wurde bisher noch nicht dargestellt, was Schüler\_innen tatsächlich über die NdN wissen. Der Forschungsstand zu dieser Frage wird separat in Kapitel 2.1.2.3 zusammengefasst. Es sei außerdem darauf hingewiesen, dass die genannten Autoren nicht die philosophische Frage beantworten, was Naturwissenschaften ausmacht, sondern ihren Fokus darauf richten, welche Aspekte der NdN im Rahmen der naturwissenschaftlichen Bildung als relevant und im schulischen Rahmen als erlernbar angesehen werden (Neumann & Kremer, 2013, S. 211).

Einen anderen Versuch der Konzeptualisierung der NdN nehmen Irzik und Nola (2014) vor und entwickeln ein Modell aus stärker philosophisch-soziologischer Perspektive. Sie verfol-

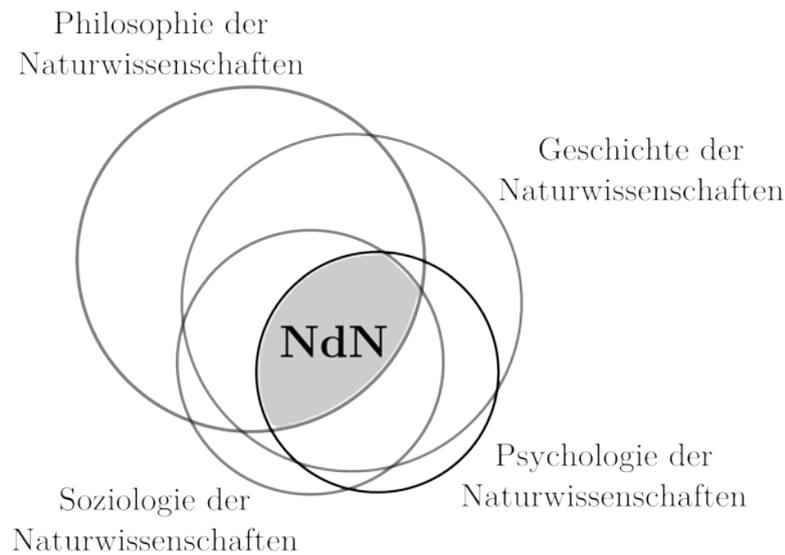


Abbildung 2.3.: NdN als Schnittmenge verschiedener Disziplinen in Anlehnung an McComas, Clough und Almazroa (1998)

gen mit dem *Family Resemblance Approach* (FRA) ein neues methodisches Vorgehen um zu identifizieren, was zur NdN zu zählen ist. Die Autoren gehen von einer grundsätzlichen, sehr allgemeinen Unterscheidung in „science as a cognitive-epistemic system of thought and practice on the one hand and science as a social-institutional system on the other“ aus und identifizierten im Vergleich verschiedener naturwissenschaftlicher Disziplinen Ähnlichkeiten dieser Disziplinen (Irzik & Nola, 2014, S. 1003). So weisen naturwissenschaftliche Disziplinen wie Astronomie, Elementarteilchenphysik, Medizin usw. Familienähnlichkeiten auf, auch wenn Eigenschaften nicht vollständig identisch sind. Auf diese Art und Weise identifizierten Irzik und Nola (2014) acht für Naturwissenschaften charakteristische Eigenschaften, von denen die ersten vier Naturwissenschaften als epistemisch-kognitives System und die letzten vier Naturwissenschaften als soziales-institutionalisiertes System beschreiben (Irzik & Nola, 2014, S. 1009, Übersetzung JK):

- Forschungspraktiken,
- Ziele und Nutzen,
- Methoden und methodische Regeln,
- Naturwissenschaftliches Wissen,
- Professionelle Aktivitäten,
- Naturwissenschaftlicher Ethos,
- Soziale Mechanismen der Zertifizierung und Wissensweitergabe,
- Sozialer Nutzen.

Mit Forschungspraktiken sind charakteristische Tätigkeiten im Zuge naturwissenschaftlicher Forschung wie das Stellen von Fragen, das Durchführen von Beobachtungen, die Systematisierung von Daten, das Entwerfen von Theorien etc. gemeint (Irzik & Nola, 2014, S. 1004). Ziel naturwissenschaftlicher Forschungen ist die Erklärung natürlicher Phänomene ohne die Annahme übernatürlicher Kräfte. Dabei strebt die Naturwissenschaft außerdem an, konsistent, möglichst einfach und fruchtbar zu erklären. Auch methodische Regeln werden im Hinblick auf den Nutzen der Forschung formuliert. Beispielsweise wird bei zwei bestehenden Theorien die erklärungs mächtigere gewählt, da sie einen größeren Nutzen ermöglicht. Solche und ähnliche methodische Regeln gehören zum dritten Punkt, ebenso wie Methoden der naturwissenschaftlichen Forschung (Induktivismus, Deduktivismus, statistische Verfahren etc.) (Irzik & Nola, 2014, S. 1005). Als weitere Charakteristik verschiedenster naturwissenschaftlicher Disziplinen wird deutlich, dass als Produkt der Forschung naturwissenschaftliches Wissen in Form von Modellen, Theorien, Gesetzen, Systematisierung von Beobachtungsdaten etc. am Ende des Forschungsprozesses steht. Diese Eigenschaften beziehen sich auf Naturwissenschaften als ein epistemisch-kognitives System.

Charakteristiken, die die Naturwissenschaften als soziales-institutionalisiertes System deutlich werden lassen, umfassen unter anderem professionelle Tätigkeiten wie das Präsentieren von Ergebnissen auf Tagungen oder in Zeitschriften. Dazu zählt außerdem die Absicherung wissenschaftlicher Erkenntnis durch Reviewverfahren und die Information der Allgemeinheit bei Themen von gesellschaftlichem Belang (Irzik & Nola, 2014, S. 1006). Zum naturwissenschaftlichen Ethos zählt die intellektuelle Ehrlichkeit, die das Verändern von Daten und Plagiate verbietet, der Respekt gegenüber Untersuchungsgegenständen und der Umwelt sowie die Offenheit für kritische Diskussionen der Erkenntnisse und Verfahren (Irzik & Nola, 2014, S. 1007-1008). Eben diese kritische Diskussion kann bereits als ein Mechanismus der Zertifizierung und Wissensweitergabe verstanden werden. Wissen gilt es vor der Veröffentlichung in Reviewverfahren prüfen zu lassen. Als sozialer Nutzen naturwissenschaftlicher Forschung wird beispielsweise die Verbesserung der menschlichen Gesundheit und Lebensqualität, aber auch die Schonung der Umwelt deutlich (Irzik & Nola, 2014, S. 1008-1009).

Als besonderen Vorteil dieser Charakterisierung der NdN stellen Erduran und Dagher (2014, S. 24) heraus: „Overall, The FRA provides an account where the domain-general and domainspecific aspects of science can be articulated“. In diesem Sinne ist die Charakterisierung mittels Familienähnlichkeiten spezifischer als die oben dargestellte von McComas et al. (1998) und generalisierender als jene von N. G. Lederman (2002). Sie stellt heraus, welche Bereiche es im Zuge der Diskussion um die Elementarisierung der NdN für den Unterricht zu beleuchten gilt (Erduran & Dagher, 2014, S. 24): „[W]e recognize [...] a comprehensive organizational scheme that enables us to unpack the complex ideas that we judge worthy of expansion and application in science education.“

Erduran und Dagher (2014) erweitern die Konzeptualisierung durch das FRA zur Betonung der Eigenschaft von Naturwissenschaften als ein soziales-institutionalisiertes System, wobei sie gerade die gegenseitige Bedingtheit und Beeinflussung verschiedener Teile dieses

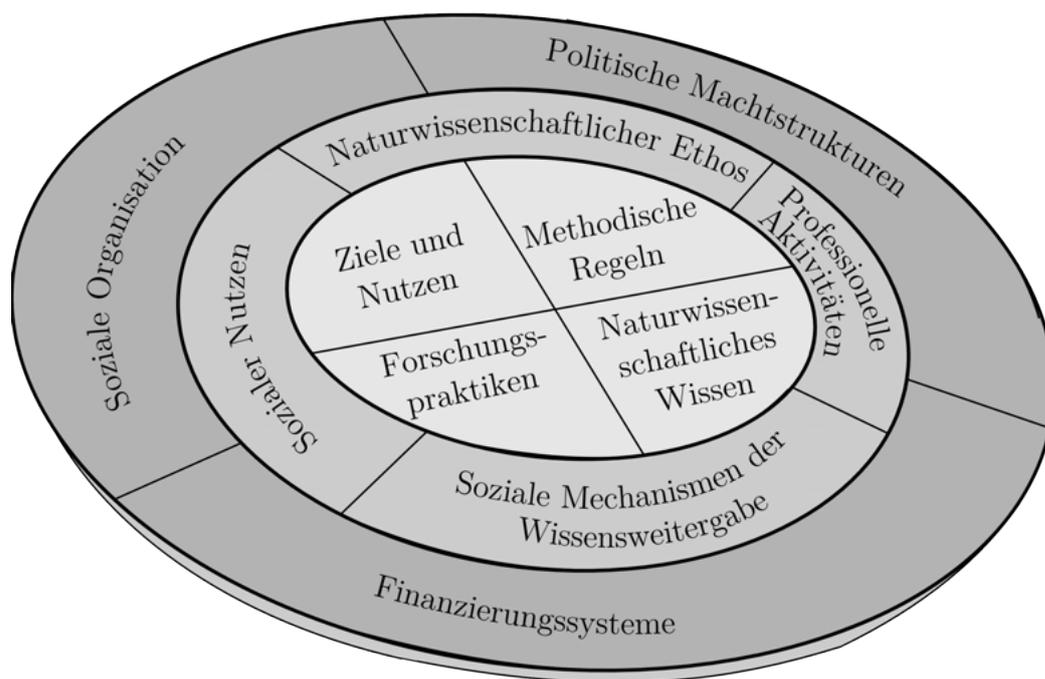


Abbildung 2.4.: NdN als Scheibe verschiedener sich gegenseitig beeinflussender Bereiche in Anlehnung an Erduran und Dagher (2014, S. 28).

Systems herausstellen (ebd., S. 154ff). Um diese Zusammenhänge zu verdeutlichen, wählen sie die in Abbildung 2.4 dargestellte Form einer Scheibe mit verschiedenen Teilen, die am äußeren Rand durch soziale Organisationen, politische Machtstrukturen und Finanzsysteme gerahmt ist. Mit Hilfe dieser Darstellung wird der starke Zusammenhang zwischen all diesen Bereichen betont. Nach Ansicht der Autorinnen sollte Unterricht zur NdN eben gerade diese Abhängigkeiten thematisieren und reflektieren, um den Schüler\_innen einen umfassenden Einblick in und eine kritische Positionierung zum Unterfangen Naturwissenschaften zu ermöglichen (Erduran & Dagher, 2014, S. 148). Sie plädieren für „Generative Images of Science in Science Education“ (ebd., S. 163).

Modelle wie die von Erduran und Dagher (2014) oder Listen wie jene von N. G. Lederman (2002) machen die NdN greifbarer und „bilden damit einen praktikablen Ausgangspunkt, um beispielsweise Unterrichts- oder Testmaterialien zu entwickeln“ (Neumann & Kremer, 2013, S. 216). In diesem Sinne wird eine Elementarierung der NdN möglich (Erduran & Dagher, 2014). Fachdidaktiker wie Michael Matthews und Douglas Allchin hingegen hinterfragen die Konzeption der NdN in Form solcher Listen. So kritisiert Matthews (2012) die Lederman Seven dafür, dass impliziert werde, es sei durch die Thematisierung dieser sieben Aspekte ein richtiges Verständnis der NdN zu erreichen. Dabei verschleierte die knappe Ausführung der Stichpunkte, dass es zu den angesprochenen Eigenschaften der Naturwissenschaften keine eindeutige Antwort gebe. Matthews führt beispielsweise bezugnehmend auf die Theorie-Geladenheit naturwissenschaftlichen Wissens (vgl. Lederman Seven Punkt 4.) aus, dass Theoriegeladenheit mit Subjektivität einhergehe. Die Formulierung in Form

eines solch verkürzten Stichpunktes lenke den Blick davon weg, dass sich in der historischen Betrachtung die Bestrebung zeige, mittels geeigneter Messverfahren gerade die Subjektivität der Beobachtung zu reduzieren (Matthews, 2012, S. 13f). Ähnlich kritisiert Hodson (2008, S. 194): „The admission that observation is theory-dependent and that theories are created by individuals does not mean that science loses all objectivity“ und warnt damit vor einer zu extremen Interpretation stichwortartiger Listen.

Auch die empirische Natur naturwissenschaftlichen Wissens wird mit Bezügen zu historischen Gegebenheiten von Matthews hinterfragt. So führte gerade Galileos Annahme einer idealisierten Bewegung ohne Reibung zu neuen Einsichten bzgl. der Bewegungsgesetzmäßigkeiten, konnten jedoch seiner Zeit nicht empirisch geprüft werden. Diese historische Tatsache widerspräche dem von N. G. Lederman (2002) genannten Charakteristikum naturwissenschaftlicher Forschung (Matthews, 2012, S. 13). Darstellungen, wie solche von Lederman werden daher als verkürzt und versimplifizierend kritisiert. Sie bergen die Gefahr eines checklisten-artigen Abarbeitens im Unterricht ohne ein reflektiertes Verständnis der NdN zu ermöglichen. Ein adäquater Umgang mit oben genannter Liste werde erst möglich, wenn umfassendes Wissen über die Geschichte und die Philosophie der Naturwissenschaften auf Seiten der Lehrkräfte gegeben ist und die Auflistung als Anlass für eine eigenständige Beschäftigung der Lehrkräfte und Schüler\_innen mit den genannten Aspekten gesehen werde (Matthews, 2012, S. 17).

Auch Allchin (2011a) spricht sich gegen die Verwendung von Checklisten zum Aufbau deklarativen Wissens aus. Er plädiert im Hinblick auf das Ziel der Scientific Literacy für ein „functional understanding“ der NdN (Allchin, 2011a, S. 523):

„To become well-informed adults and responsible citizens, students need to understand how evidence works – and where it can fail. Labels and formal definitions must yield to a practical und functional understanding.“

In diesem Sinne hinterfragt er den Wert beispielsweise einer schulischen Diskussion über die Frage, was ein Experiment sei. Für die spätere gesellschaftliche Teilhabe sei vielmehr die Fähigkeit bedeutsam, die Vertrauenswürdigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse (aus Experiment oder anderem Vorgehen) beurteilen zu können. Zudem kritisiert Allchin die Verwendung von Erhebungsverfahren fachdidaktischer Forschung zu Vorstellungen zur NdN, die auf solchen Listen basieren: „[T]he instruments are designed to probe several explicit, declarative tenets about NOS“ (Allchin, 2011a, S. 527) und prüfen damit gerade kein funktionales Verständnis ab.

Ähnlich wie Matthews (2012) stellt für eine umfassende Beschäftigung mit der NdN auch Allchin (2011a, S. 534f) die Bedeutung einer historischen Perspektive auf die Naturwissenschaften heraus: „History and historical perspective are indispensable for complete NOS lessons“. Für das Erreichen eines komplexen Verständnisses der NdN durch die Schüler\_innen sei eine eigene Auseinandersetzung mit philosophischen Fragen und die Berücksichtigung historischer Erkenntnisse unerlässlich. Matthews (2012, S. 18) fasst zusammen: „Likewise history is unavoidable“.

Im deutschsprachigen Raum setzte sich unter anderem Höttecke (2001a) mit der Bedeutung historischer Betrachtungsweisen der Naturwissenschaften im Schulunterricht auseinander. Er arbeitet mit Bezügen zu unterschiedlichen Disziplinen einen historisch-hermeneutisch geprägten Verstehensbegriff für die Naturwissenschaften heraus. Bezugnehmend auf diesen Verstehensbegriff fordert er den Einbezug historischer Reflexion in den Unterricht, um ein umfassendes Verstehen der Naturwissenschaften und ihres Wesens zu ermöglichen (Höttecke, 2001a, S. 179). Pointiert formuliert er, dass im Sinne dieses Verstehensbegriffes „Physik ohne Geschichte gar nicht verstanden werden kann“ (Höttecke, 2001a, S. 155). Auch Rieß und Schulz (1994, S. 193) sprechen sich für ein Begreifen der Naturwissenschaft „in ihrer systematischen Struktur wie in ihrer gesellschaftlichen Verfaßtheit“ aus, für das historische Betrachtungen unerlässlich sind. Begriffe, Theorien und Experimente nehmen Einfluss auf die Gegenwart und beeinflussen so auch das heutige Denken, Lernen und Verstehen. Auch die naturwissenschaftlichen Begriffe und Symbolsysteme sind historisch gewachsen (Sibum, 1990, S. 16). Diese Gewordenheit der Naturwissenschaften kann erst durch eine zeitliche Betrachtung deutlich werden (Höttecke, 2001a, S. 202). Genau diese historische Komponente, so argumentiert Matthews (2012, S. 11ff), geht in der obigen Darstellung der Ledermans Seven verloren und birgt damit die Gefahr der Ausbildung von Mythen über die NdN. Erduran und Dagher (2014, S. 166) hingegen wollen ihr Scheibenmodell gerade als anschlussfähig an die Diskussionen um die Berücksichtigung von Wissenschaftsgeschichte im Unterricht verstanden wissen.

N. G. Lederman, Bartos und Lederman (2014) verteidigen die Elementarisierung der NdN in Form von Listen und bezeichnen jeglichen Versuch einer Beschreibung der NdN als mehr oder weniger ausführliche Liste. Die Stichworte der Liste verweisen jeweils auf einen Komplex, den es in der Tiefe zu betrachten gilt (N. G. Lederman, Bartos & Lederman, 2014, S. 987). Entsprechend sind ihrer Ansicht nach nicht die Listen, sondern der Umgang mit diesen zu kritisieren, falls sie lediglich als zu erlernendes Wissen verstanden werden. Darüber hinaus betont N. G. Lederman (2007, S. 835), dass sich beispielsweise das Verständnis, wie die Naturwissenschaften zu Erkenntnissen gelangen, historisch gesehen verändert hat: „If one considers the differences among the works of Popper (1959), T. S. Kuhn (1962), Lakatos (1970) [...], it becomes quite clear that perceptions of NOS are as tentative, if not more so, than scientific knowledge itself“. Die NdN ist in diesem Sinne kein statisches und eindeutiges Konstrukt, sondern verändert sich mit neuen Erkenntnissen stetig. Die dargestellten Definitionsversuche der NdN können damit nie als endgültig angesehen werden.

Einig sind sich die Autor\_innen also darin, dass die Verwendung der Listen entscheidend ist. Die Listen sind als Hinweise dessen zu verstehen, was im Unterricht thematisiert werden kann. Für ein umfassendes Verständnis der NdN scheint auch eine historische Perspektive auf die Naturwissenschaften von zentraler Bedeutung zu sein. Die Idee, die historische Entwicklung der Naturwissenschaften in der Schule stärker in den Vordergrund zu stellen, greifen historisch orientierte Unterrichtskonzepte auf, welche in Kapitel 2.1.3 thematisiert werden. Zuvor soll, zur Betonung dieser teilweise als vernachlässigt angesehenen zeitlichen Dimension der NdN, der Begriff *diachrone NdN* eingeführt werden.

### 2.1.2.2. Diachrone Natur der Naturwissenschaften

Für ein umfassendes Verständnis der NdN werden von einigen Fachdidaktiker\_innen historische und philosophische Betrachtungen der Naturwissenschaften für den Unterricht gefordert (Matthews, 1989; Höttecke, 2001a; Hodson, 2008; Allchin, 2011a). Historische Betrachtungen beziehen sich dabei auf die zeitliche Entwicklung der Wissenschaften.

Die moderne Wissenschaft kann als ein Teilsystem der Gesellschaft verstanden werden (Luhmann, 2005, S. 24), innerhalb dessen „die methodischen Regeln [...] Verhalten[sweisen] steuern“ (Krysmanski, 1972, S. 60). Diese methodischen Regeln, sozialen Strukturen und Mechanismen – so fasst Luhmann (1992, S. 283-284) die Überlegungen von Foerster (1997, S. 44ff) zusammen – verändern sich im Laufe der Zeit: „[D]ie Wissenschaft ist eine historische Maschine, die mit jeder ihrer Zustandsänderungen eine andere Maschine wird“. Auch Helsper, Kramer und Thiersch (2013, S. 113) verstehen jegliche soziale Wirklichkeit als „Resultat historischer Hervorbringungsprozesse“, sodass ebenfalls die Naturwissenschaften aufgrund ihrer sozialen Strukturen als ein derartiges Resultat verstanden werden müssen.

Aktuelle Arbeitsweisen und Strukturen der Naturwissenschaften sind durch historische Prozesse hervorgebracht worden (Höttecke, 2001a, S. 152). Selbiges gilt für das naturwissenschaftliche Symbolsystem (Sibum, 1990, S. 64). Fleck (1994) fasst zusammen:

„[O]b wir wollen oder nicht, wir können nicht von der Vergangenheit – mit allen ihren Irrtümern – loskommen. Sie lebt in übernommenen Begriffen weiter, in Problemfassungen, in schulmäßiger Lehre, im alltäglichen Leben, in der Sprache und in Institutionen.“ (Fleck, 1994, S. 31)

So beeinflussen geschichtliche Konstitutionsprozesse der Naturwissenschaften entscheidend, was heute als naturwissenschaftlich anerkannt wird und wie Wissenschaft funktioniert (Sibum, 1990, S. 66). In diesem Sinne sind Naturwissenschaften als historisch gewachsen zu verstehen.

Ein umfassendes Verständnis der NdN wird auf Basis dieser Annahmen erst möglich, wenn gerade diese historischen Hervorbringungsprozesse thematisiert und reflektiert werden. So kritisiert Sibum (1990, S. 15), dass den Schüler\_innen durch die Vernachlässigung der historischen Gewordenheit ein zentraler „sinnstiftende[r] Kontext“ entrissen wird. Ein Verständnis der Naturwissenschaften als ein historisches Produkt, das sowohl von methodischen als auch von sozialen Mechanismen geprägt ist, ist besonders für die Fähigkeit zur gesellschaftlichen Teilhabe und damit für das Erreichen einer naturwissenschaftlichen Grundbildung bedeutsam. Der Prozess der zeitlichen Entwicklung und Veränderung der Naturwissenschaften ist auch heute nicht abgeschlossen, sondern setzt sich stetig fort. Erst wenn Schüler\_innen ein grundsätzliches Verständnis dieser Eigenschaft ausgebildet haben, wird es ihnen möglich sein, zukünftige Veränderungen der Naturwissenschaften bzw. ihrer Teile zu verstehen und auf sie zu reagieren.

Um dieser historischen Gewordenheit der Naturwissenschaften explizit als einer bedeutsamen Eigenschaft der Naturwissenschaften Rechnung zu tragen, sprechen Henke und

Höttecke (2013c) von „the diachronic nature of science“. *Diachron* bezeichnet als Gegenstück zu *synchron* eine Veränderung, Entwicklung oder einen Wandel von Eigenschaften der Naturwissenschaften in einer zeitlichen Dimension. Mit dieser Begrifflichkeit wird die in den oben genannten Definitionen der NdN oftmals vernachlässigte zeitliche Entwicklungsperspektive explizit gemacht. In der vorliegenden Arbeit liegt der Fokus auf eben dieser diachronen NdN. Dabei wird synonym zur diachronen NdN auch von der *zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften* gesprochen, da die diachronen NdN eben genau auf diese zeitliche Dimension fokussiert.

### Definition

Unter der *diachronen NdN* werden in der vorliegenden Arbeit die historische Gewordenheit der Naturwissenschaften, ihrer Begriffe, Methoden, Erkenntnisse und Vorgehensweise sowie deren stetige, auch zukünftige, Veränderung verstanden. Diese Eigenschaften sind erst nachvollziehbar, wenn Naturwissenschaften als Teil des sich wandelnden Sozial-, Gesellschafts-, Politik- und Finanzsystems verstanden werden (vgl. Erduran & Dagher, 2014). Zu einem umfassenden Verständnis der diachronen NdN gehört daher m. E. auch ein Verständnis der vielfältigen Verknüpfungen zwischen diesen Bereichen des Gesellschaftssystems und deren gegenseitige Einflussnahme im Laufe der Zeit.

In jedem naturwissenschaftlichen Unterricht, sei er auf das Erlernen von der NdN ausgerichtet oder nicht, wird den Schüler\_innen implizit etwas über die Natur der Naturwissenschaften vermittelt<sup>2</sup> (Höttecke, 2008; Driver et al., 1996). „School science, however it is structured and presented, provides further implicit (and perhaps also explicit) ideas about scientific work and scientific knowledge“ (Driver et al., 1996, S. 8). Entsprechend ist davon auszugehen, dass den Schüler\_innen im Unterricht auch immer etwas über die diachrone NdN vermittelt wird (Allchin, 1995). Eine Möglichkeit, die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften aufzugreifen, stellt eine explizite<sup>3</sup> Thematisierung der diachronen NdN im Unterricht, eingebettet in das Lernen von Fachinhalten dar (Höttecke, 2008; N. G. Lederman, Wade & Bell, 1998).

Bevor diese Idee von Unterricht in Kapitel 2.1.3 detailliert ausgeführt wird, soll zuerst der Blick auf den aktuellen Forschungsstand zur NdN gerichtet werden. Folgend werden daher empirische Ergebnisse zur (diachronen) NdN und der Implementierung in den Unterricht diskutiert sowie Konsequenzen für diese Arbeit abgeleitet.

---

<sup>2</sup>Der Begriff *implizit* bezieht sich in dieser Verwendung auf die Art der Vermittlung oder Darstellung von Inhalten, die unbewusst, ungeplant etwas über die NdN vermittelt. So könnte beispielsweise der unreflektierte Einsatz von Experimenten in jeder Stunde des Naturwissenschaftsunterrichts bei den Schüler\_innen den Eindruck erwecken, dass Experimente die einzige Erkenntnismethode der Naturwissenschaften seien. An anderer Stelle der vorliegenden Arbeit wird von *implizitem Wissen* gesprochen und bezieht sich dort auf die einer Person bewusste Zugänglichkeit des eigenen Wissens.

<sup>3</sup>Der Begriff *explizit* bezeichnet an dieser Stelle eine bewusste Thematisierung gewisser Inhalte im Unterricht. Die NdN wird damit zum Thema des Unterrichts.

### 2.1.2.3. Forschungsstand zur NdN

Ausgehend von der Forderung eines Verständnisses der NdN für das Erreichen einer naturwissenschaftlichen Grundbildung gibt es seit über 60 Jahren vielfältige Forschungsprojekte in diesem Bereich (N. G. Lederman, 2007, S. 836). Die große Anzahl bestehender Untersuchungen macht es unmöglich, alle Erkenntnisse in Gänze darzustellen. Es wird an dieser Stelle auf Überblicksartikel mit zusammenfassendem Charakter zurückgegriffen. Folgend werden Ergebnisse zu Vorstellungen von Schüler\_innen und Lehrkräften zur (diachronen) NdN sowie Erkenntnisse zur Implementierung der (diachronen) NdN in den Unterricht und in Schulbüchern dargestellt. Dabei stehen an dieser Stelle stärker die Ergebnisse und weniger die Erhebungsmethoden im Vordergrund. Die Methoden werden im Anschluss an den theoretischen Hintergrund im Methodenteil dargestellt, um einen Vergleich mit anderen Methoden zu ermöglichen (siehe Kapitel 3.1).

#### Schüler\_innen

Driver et al. (1996, S. 72ff) untersuchten Schülervorstellungen zum Ziel naturwissenschaftlichen Arbeitens, zum Status naturwissenschaftlichen Wissens und zu den Naturwissenschaften als soziales Vorhaben. Die Autor\_innen stellen fest, dass eine Großzahl der an ihrer Studie beteiligten neunjährigen Schüler\_innen nicht zwischen Evidenz und Erklärung unterscheiden. Zu Naturwissenschaften zählen die Schüler\_innen jeden Alters weniger soziale Phänomene, schreiben Wissenschaftler\_innen aber zu, für die Gesellschaft bedeutsame Probleme zu lösen. Dabei arbeiten die Wissenschaftler\_innen alleine, kollektives Vorgehen und Prozesse der Wissensanerkennung sehen die Schüler\_innen kaum. Sie vertreten zumeist die Ansicht, dass Erklärungen induktiv aus empirischen Daten abgeleitet werden. Jüngere Schüler\_innen beziehen sich dabei stärker auf schulische Erfahrungen zu Naturwissenschaften, ältere Schüler\_innen auch auf außerschulische Erfahrungen und der dortigen Darstellung naturwissenschaftlicher Arbeit. Mit steigendem Alter herrscht immer mehr die Vorstellung vor, dass Forschung Generalisierungen aus Evidenz ermöglicht. Insgesamt zeigt sich, dass solche mythenhaften Vorstellungen zur NdN in jedem Alter vorhanden sind und sich im Verlaufe der Schulbildung festigen.

Fünfzehn solcher empirisch identifizierter „Mythen“ über die NdN, welche von Didaktiker\_innen als besonders problematisch angesehen werden, stellt McComas (1998) in einer Meta-Analyse bestehender Untersuchungen zusammen: „The ‚myths of science‘ discussed here are commonly included in science textbooks, in classroom discourse and in the minds of adult Americans“ (McComas, 1998, S. 53). Dabei erhebt die Liste weder Anspruch auf Vollständigkeit, noch vertreten alle Befragten all diese Ansichten. Dennoch bietet diese Liste einen ersten Anhaltspunkt und verdeutlicht, wie vielfältig Vorstellungen zur NdN sein können (McComas, 1998, S.54ff Übersetzung JK):

1. Naturwissenschaftliche Gesetze und ähnliche Ideen sind absolut.
2. Hypothesen werden zu Theorien, Theorien dann zu Gesetzen.

3. Eine Hypothese ist eine Vermutung.
4. Es gibt eine universelle naturwissenschaftliche Methode.
5. Evidenz führt abschließend zu sicherem Wissen.
6. Naturwissenschaften und deren Methoden bringen absolute Sicherheit.
7. Naturwissenschaften sind stärker verfahrensorientiert und weniger kreativ.
8. Naturwissenschaften und ihre Methoden können alle Fragen beantworten.
9. Naturwissenschaften sind in Teilbereichen absolut objektiv.
10. Experimente sind der grundsätzliche Weg zu naturwissenschaftlichem Wissen.
11. Naturwissenschaftliche Erkenntnisse sind auf Exaktheit geprüft.
12. Die Akzeptanz von neuem naturwissenschaftlichen Wissen ist einfach.
13. Naturwissenschaftliche Modelle bilden die Realität ab.
14. Naturwissenschaft und Technik sind identisch.
15. Naturwissenschaftler\_innen arbeiten alleine.

Die Aufzählung zeigt, dass sich die Vorstellungen sowohl auf den Erkenntnisprozess, als auch auf den Status von Wissen sowie die Person des Wissenschaftlers beziehen. Mead und Metraux (1957) sowie Chambers (1983) beschäftigten sich intensiver mit dem letztgenannten Aspekt. Sie stellen fest, dass Schüler\_innen jeden Alters stereotype Vorstellungen von der Person des Wissenschaftlers vertreten. Meistens ist es ein Mann mit Bart und Brille, der allein in einem Labor arbeitet. Dabei nehmen die stereotypen Elemente mit dem Alter zu. Solomon (1993, S. 25) identifiziert vier grundsätzliche Typen von Vorstellungen zum Bild des Wissenschaftlers:

- Den verrückten, sonderbaren Wissenschaftler, dessen Arbeit keinen Einfluss auf die Gesellschaft nimmt,
- Den autoritären, hilfsbereiten Wissenschaftler, der für alle Menschen wichtige Dinge erforscht und erklärt,
- Den Techniker, der technische Geräte für die Menschen herstellt, ihre Funktionsweise testet und verbessert,
- Den Intellektuellen, der neue Ideen hat und diese experimentell prüft.

Solomon verweist mit den Medien und dem Schulunterricht auf unterschiedliche Quellen dieser Vorstellungen und begründet hiermit vielfach auftretende Mischformen der Typen.

In Bezug auf die diachrone NdN ermöglichen Untersuchungen von Vorstellungen zur Struktur von Wissen und zum Wissenserwerb, so genannten epistemologischen Vorstellungen, wichtige Einsichten (Halloun, 2001; Priemer, 2003; Urhahne, 2006). Dabei sind die Ergebnisse nicht einheitlich. Einerseits zeigen Studien, dass Schüler\_innen naturwissenschaftliches Wissen als unveränderlich ansehen (Priemer, 2003). Andererseits zitieren Deng, Chen, Tsai und Chai (2011) Studien, bei denen ein Großteil der Schüler\_innen Wis-

sen als veränderlich und durch gesellschaftliche Rahmenbedingungen beeinflusst ansehen. In diesem Sinne sprechen die Schüler\_innen Naturwissenschaften die Möglichkeit zur Veränderung und zum Wandel zu. Die Ergebnisse verschiedener Erhebungen zeigen darüber hinaus, dass drei Niveaus von Vorstellungen zur Sicherheit und Eindeutigkeit von Wissen unterschieden werden können (Priemer, 2006, S. 163): 1) absolutistische Auffassung von Wissen (wahr oder falsch), 2) relativistische Auffassung von Wissen (mit Subjektivität) und 3) moderate relativistische Auffassung von Wissen (Pluralität und gewisse Subjektivität).

Dazu passend identifizieren Songer und Linn (1991) drei Gruppen von Schülervorstellungen bezüglich der Veränderung von Wissenschaft insgesamt: statisch, dynamisch oder gemischt. Diejenigen, die Wissenschaft als statisch ansehen, konzipieren sie als eine Sammlung von Fakten, die es zu lernen gilt. Diejenigen, die sie als dynamisch ansehen, sprechen der Wissenschaft eine stetige Veränderung zu und vertreten eher konstruktivistische Lern-Ansichten. Ein Großteil der beteiligten Schüler\_innen zeigt Anteile beider Ansichten. Die Autoren machen aber auch deutlich, dass die Vorstellungen kontextspezifisch sind. Solch eine Kontextabhängigkeit, bezogen auf andere Aspekte der NdN, weisen Zeidler, Walker, Ackett und Simmons (2002) nach. Sie stellen heraus, dass Schüler\_innen keine konsistenten Strukturen von Vorstellungen haben, sondern diese je nach Kontext verändert ausgeprägt sein können.

Eine übergreifende Analyse von Studien zu Schülervorstellungen zur NdN gibt Höttecke (2001b): Als Motivation zur Forschung wird Wissenschaftler\_innen ein persönlicher Wissensdrang zugeschrieben. In Bezug auf den epistemologischen Charakter von Wissen zeigt sich die Tendenz zum ontologischen Realismus und die Vorstellung der Arbeit der Wissenschaftler\_innen wird als naiv-empiristisch zusammengefasst. So nimmt ein Großteil der Schüler\_innen an, dass außerwissenschaftliche Faktoren keinen Einfluss auf Prozesse der Forschung nehmen. Insgesamt kommt Höttecke (2001b) zu dem Schluss, dass die Vorstellungen der Schüler\_innen „als unzureichend und nicht adäquat bezeichnet werden müssen“ (Höttecke, 2001b, S. 20). Als adäquat werden dabei Vorstellungen bezeichnet, die dem Konsens der fachlichen Community entsprechen. Bezüglich einiger Aspekte der NdN herrscht Einigkeit der Forscher\_innen (N. G. Lederman, 2002, S. 499), sodass ein Vergleich der Schülervorstellungen mit diesen eine Bewertung der Vorstellungen in adäquat oder inadäquat möglich macht.

Bereits in den 1960er und 1970er Jahren wurde festgestellt, dass es den Schüler\_innen unter anderem an Wissen über die Funktion von Modellen und Theorien, über die Verschiedenheit von Hypothese, Gesetz und Theorie und an Wissen über die Beziehung zwischen Wissenschaft und Gesellschaft mangelt (N. G. Lederman, 2007, S. 837-838). Lederman verweist auf die Konsistenz der Ergebnisse bei unterschiedlichsten Erhebungsdesigns und kommt zu einem ähnlichen Ergebnis wie Höttecke (2001b): „[S]tudents did not possess adequate conceptions of the nature of science or scientific reasoning“ (N. G. Lederman, 2007, S. 838).

## Lehrer\_innen

Bei Untersuchungen zu Vorstellungen von Lehrer\_innen zur NdN zeigt sich ein ähnliches Bild. N. G. Lederman und Lederman (2014) fassen die bisherigen Ergebnisse wie folgt zusammen:

„(a) Science teachers do not possess adequate conceptions of NOS, irrespective of the instrument used to assess understandings; (b) techniques to improve teachers' conceptions have met with some success when they have included either historical aspects of scientific knowledge or explicit attention to NOS; and (c) academic background variables are not significantly related to teachers' conceptions of NOS.“ (N. G. Lederman & Lederman, 2014, S. 608)

Die Ergebnisse verweisen auf Lücken in der Lehrerbildung im Hinblick auf die NdN und bilden eine mögliche Ursache ab, warum auch Schüler\_innen über inadäquate Vorstellungen verfügen. Der Zusammenhang zwischen Vorstellungen und Einstellungen der Lehrkraft und dem Lernen der Schüler\_innen wurde entsprechend intensiv untersucht (vgl. Bartholomew, Osborne & Ratcliffe, 2004; N. G. Lederman, 1992; Solomon, Scott & Duveen, 1996; N. G. Lederman & Druger, 1985). Dass die Vorstellungen und Einstellungen der Lehrkräfte auch Einfluss auf ihre Unterrichtsgestaltung nehmen können, stellen Aguirre, Haggerty und Linder (1990) heraus. Sie identifizieren einen Zusammenhang zwischen den Vorstellungen zur NdN und den Lehr-Lern-Konzepten der untersuchten Lehramtsstudent\_innen (Aguirre et al., 1990, S. 389). Auf der anderen Seite gibt es aber auch Studien, die keinen Zusammenhang zwischen Vorstellungen und Verhalten der Lehrkräfte im Unterricht feststellen (N. G. Lederman & Zeidler, 1987). N. G. Lederman und Druger (1985) können ihre Hypothese, dass die NdN-Vorstellungen der Lehrkräfte Einfluss auf die Veränderung der Vorstellungen der Schüler\_innen in Bezug auf die NdN nehmen, empirisch ebenfalls nicht bestätigen. Höttecke (2001a, S. 83) fasst zusammen, dass Wissen der Lehrer\_innen über die NdN eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für ein adäquates Naturwissenschaftsverständnis der Schüler\_innen sei. Auf Grundlage der Ergebnisse wird eine stärkere Berücksichtigung der NdN sowie von entsprechenden Unterrichtsstrategien in der Lehrerfort- und ausbildung gefordert (Höttecke, 2001a, S. 83).

## Unterricht

In Deutschland beschränkt sich die konkrete Formulierung von Lernzielen im Bereich der NdN meist auf die Präambeln der Lehrpläne (Höttecke, 2004b, S. 44). Dies gilt auch heute noch und trifft ebenfalls für das Bundesland Hamburg zu, wo die empirische Untersuchung der vorliegenden Arbeit durchgeführt wurde. Eine explizite Thematisierung der NdN wird durch deutsche Bildungsdokumente entsprechend wenig gefordert (Rahmenplan Physik, 2011). International wird eine Implementierung der NdN in den Unterricht beispielsweise durch die Thematisierung der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften intensiver diskutiert (Höttecke, 2004b, S. 43). In den aktuellen Bildungsstandards der USA für den

naturwissenschaftlichen Unterricht wird ein Lernen über die NdN zum expliziten Ziel des Unterrichts aller Klassenstufen (National Research Council, 2012).

Vorstellungen der Schüler\_innen gehen sowohl auf Lernerfahrungen im Unterricht, als auch auf Alltagserfahrungen zurück (Solomon et al., 1996, S. 506). Auch Unterrichtsmaterialien „leisten [...] neben diversen Medien (Fernsehen, Kino, Comics, Literatur, Printmedien) einen Beitrag zur Herausbildung von Bildern und Vorstellungen von dem, was Physik ist und sein kann“ (Höttecke, 2001a, S. 33). Eine Interventionsstudie von Khishfe und Abd-El-Khalick (2002) zeigt, dass Schüler\_innen nach expliziter Thematisierung der NdN im Unterricht deutlich adäquatere Vorstellungen vertreten, als solche, die nur implizit über die NdN lernen konnten. Diese Befunde werden von mehreren weiteren Studien gestützt (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b; Clough, 2006; Deng et al., 2011).

Trotz positiver empirischer Befunde und bereits bestehender Unterrichtskonzepte ist die Thematisierung der NdN bis 2004 noch nicht in der Unterrichtspraxis angekommen (Bartholomew et al., 2004, S. 658), woran sich m. E. bis heute nicht viel geändert hat. Es drängt sich daher die Frage nach Gründen auf. Argumente für diesen Zustand fassen Kircher und Dittmer (2004, S. 4) zusammen:

- die Komplexität des Konstruktes der NdN,
- die fehlende Ausbildung der Lehrkräfte in Bezug auf die NdN,
- die Veränderlichkeit der NdN.

Die Einstellungen der Lehrkräfte nehmen erheblichen Einfluss auf die Implementierung der NdN in den Unterricht<sup>4</sup>. Sehen Lehrkräfte die Komplexität und Veränderlichkeit der NdN als hinderlich an und fühlen sich nicht ausreichend durch die Ausbildung vorbereitet, wird eine Implementierung in die Unterrichtspraxis erschwert. Die Unterrichtsgestaltung wird grundsätzlich vor allem von den Entscheidungen der Lehrkräfte und dabei von Schulbüchern beeinflusst: „While textbooks are not singly to blame for all the problems in student learning, they largely determine *what* topics and ideas are taught in the classroom and *how* these topics are taught“ (Stern & Roseman, 2004, S. 539 Hervorhebungen im Original). Für die deutsche Schullandschaft stellen Härtig, Kauertz und Fischer (2012, S. 198) fest, dass Lehrkräfte zumindest für das Fach Physik angeben, Schulbücher häufig zur Unterrichtsvorbereitung zu nutzen. Schulbücher können also in zweifacher Hinsicht Einfluss auf das Lernen über die NdN nehmen: Zum einen beeinflusst die Bereitstellung von Lernangeboten zur NdN im Buch in gewissem Maße überhaupt eine explizite Thematisierung der NdN im Unterricht. Zum anderen vermitteln Lehrmaterialien implizit immer etwas über die NdN (Höttecke, 2001a, S. 33).

Auch im Hinblick auf die diachrone NdN nimmt der Unterricht (explizit und implizit) Einfluss auf die Vorstellungen der Schüler\_innen. Dabei vermittelt der klassisch fachsystematische naturwissenschaftliche Unterricht oft eine gewisse Statik der Disziplin. Es scheint immer eine richtige und unveränderliche Antwort auf Fragen zu geben, die es mit

---

<sup>4</sup>Dieser Zusammenhang von Einstellungen der Lehrkräfte und Transfer von Innovationen in die Unterrichtspraxis wird im Zuge der Transferforschung untersucht (Gräsel, 2010).

einem empirisch-rationalen Vorgehen zu finden gilt (Höttecke, 2001b, S. 12ff). Die Logik steht stärker im Vordergrund als die Betrachtung der historischen Gewordenheit, welche, wie oben herausgestellt, jedoch gerade einen zentralen Aspekt der NdN darstellt:

„Dieses Verfahren der Aufhebung des Historischen zugunsten des Logischen entkleidet daher die Ergebnisse menschlichen Denkens und Handelns ihrer historischen und sozialen determinierten Kontexte und hinterläßt damit ein ahistorisches, objektives und statisches Theoriegebäude.“ (Sibum, 1990, S. 16)

Drechsel (1994, S. 79) spricht von einer „Enthistorisierung des wissenschaftlichen Unterrichts und seiner Didaktik in den vergangenen zweihundert Jahren“, Rieß und Schulz (1994, S. 203) von einer „Geschichtslosigkeit“. Höttecke (2001b, S. 21) fasst zusammen, dass „die empirisch-rationale Darstellung der Physik im Schulunterricht, das Ausblenden ihrer historischen Bedingtheit und Veränderlichkeit [...] zur Unkenntnis darüber [führt], was Naturwissenschaften sind“. In diesem Sinne wird durch den naturwissenschaftlichen Unterricht ein verzerrtes Bild über die NdN vermittelt. Dieser Zustand hat sich m. E. in Deutschland bis heute nicht geändert. Das sich aufgrund dieser Art von Unterricht ausbildende objektive und statische Bild von Naturwissenschaften führe zu einer „Immunsierung [...] gegen die notwendig gewordene kritische Reflexion“ (Sibum, 1990, S. 45) und verhindert damit das zentrale Anliegen der Scientific Literacy. Die grundsätzlichen nicht-diachronen Strukturen des Naturwissenschaftsunterrichts sind also als hinderlich im Hinblick auf die Vorstellungen der Schüler\_innen zur NdN und damit im Hinblick auf das Erreichen einer naturwissenschaftlichen Grundbildung zu bewerten. Pointiert formuliert fördert die ahistorische Art des Unterrichts inadäquate Vorstellungen zur NdN und erschwert eine kritische Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Erkenntnissen, Vorgehensweisen und Strukturen.

Im Unterricht spielt aktuell nicht nur die explizite Thematisierung der NdN, sondern auch der spezifischen diachronen NdN eine untergeordnete Rolle. Die Ausführungen machen aber auch deutlich, dass ein stärkerer Einbezug der historischen Prozesse in den Unterricht, also eben der diachronen NdN, das Potential bietet, diesen Zustand zu verändern und damit dem Ziel einer naturwissenschaftlichen Grundbildung näherzukommen.

### Schulbücher

Bisher hat eine explizite Thematisierung der NdN nur selten Einzug in die Unterrichtspraxis gefunden. Dabei nehmen gerade Schulbücher Einfluss auf die Implementierung bestimmter Inhalte in den Unterricht (Stern & Roseman, 2004, S. 539). Schulbücher wurden daher von der fachdidaktischen Forschung im Hinblick auf deren implizite und/oder explizite Thematisierung von Anteilen der NdN analysiert.

Abd-El-Khalick, Waters und Le (2008) untersuchen 14 High-School-Chemiebücher im Hinblick auf die Darstellung der NdN, inklusive der Veränderungen in den Auflagen der letzten vier Jahrzehnte. Im Zuge einer Analyse der Dokumente wurde einerseits geprüft, ob im Vorwege als relevant festgelegte Aspekte der NdN überhaupt thematisiert werden.

Andererseits wurden Punkte für die Art der Darstellung vergeben, wobei eine explizite Thematisierung mit einer höheren Punktzahl bewertet wurde als eine implizite. Die Autor\_innen stellen fest, dass die Schulbücher der NdN explizit wenig Platz einräumen. Beispielsweise wird die kulturelle Eingebundenheit von Naturwissenschaft bei 86 % der untersuchten Bücher an keiner Stelle thematisiert. Im Hinblick auf naturwissenschaftliche Methoden bestärken die Darstellungen in allen bis auf einem Buch implizit den Mythos einer eindeutigen naturwissenschaftlichen Methode. Der empirische Charakter der Naturwissenschaften – so das Fazit der Autoren – wird in allen Büchern auf adäquate Art und Weise dargestellt. Im Zuge neuerer Auflagen verändern sich die dargestellten Aspekte der NdN nur wenig und wenn, dann hin zu einer inadäquateren Darstellung. Die zentrale Stellung der NdN in der Diskussion um naturwissenschaftlich gebildete Bürger\_innen bildet sich in den untersuchten Chemiebüchern also nicht ab.

Guisasola, Almudí und Furió (2005) analysierten die Darstellung des Themas „Magnetisches Feld“ in 30 Physik-Lehrbüchern der ersten Studienjahre. Dabei wurden Bücher der Jahre 1972 bis 1999 im Hinblick auf die Darstellung der Inhalte aus Perspektive der NdN einbezogen. Die Autoren stellen unter anderem fest, dass der Entwicklungsprozess der Magnetfeldtheorie nur in zwei der 30 Bücher dargestellt wird. Hingegen werden in 42 % der Bücher die Grenzen der Theorien thematisiert. Die Ergebnisse zeigen: „[T]he large majority of books present the introduction to the theory of the magnetic field in a non-problematic, non-historical, ‚linear accumulation‘ manner“ (Guisasola et al., 2005, S. 333). Verknüpfungen zu anderen Themen werden nicht aufgezeigt. Aspekte der NdN werden gar nicht oder lediglich implizit deutlich.

Einen stärker qualitativen Analyseansatz verfolgte Irez (2009) bei den fünf meistgenutzten türkischen Biologie-Lehrbüchern der weiterführenden Schule aus den Jahren 2006 und 2007. Auch er analysierte die Darstellungen im Hinblick auf Aspekte der NdN und stellt fest, dass Biologie als eine unveränderliche Sammlung von Fakten dargestellt wird. Auch wenn eines der Bücher zu Beginn explizit den veränderlichen Charakter der Naturwissenschaften beschreibt, vermitteln die folgenden Darstellungen implizit auch hier die Unveränderlichkeit. In allen Büchern wird die objektive Sicht der Wissenschaftler\_innen auf die Forschungsgegenstände und Zusammenhänge betont und so nicht berücksichtigt, dass alle menschlichen Handlungen subjektiv geprägt sind. Es zeigt sich außerdem, dass die Schulbücher die Idee einer universellen naturwissenschaftlichen Methode fördern.

Auch in Deutschland wurden Analysen von Schul- und Hochschulbüchern vorgenommen. Für den Bereich Physik untersucht Raufuss (1989) Mittelstufen- und Oberstufenbücher im Hinblick auf die Darstellung der Denk- und Arbeitsweisen der Physik. Dabei stellt er eine starke Depersonalisierung der Physik fest. Anhand der Formulierungen in den Büchern macht er deutlich, dass oft die Physik selbst oder Gegenstände als aktive Subjekte konzipiert werden: „Es ist also nicht der Physiker, der arbeitet und denkt, sondern die Physik, ein abstraktes Subjekt“ (Raufuss, 1989, S. 93). Auf diese Art und Weise wird ein verfälschtes Bild der physikalischen Arbeitsweise, der Subjektivität und Personen-gebundenheit vermittelt. Darüber hinaus stellt Raufuss fest, dass erkenntnistheoretische Probleme kaum diskutiert werden, vielmehr werden Arbeits- und Denkweisen als etwas

Selbstverständliches dargestellt. Dies bestätigt sich auch für die Analyse der impliziten Darstellung von Physik in den untersuchten Mittelstufenbüchern.

Sibum (1990) stellt in seiner Analyse von Physik-Hochschulbüchern den Fokus auf das Einüben physikalischer Begriffe heraus. In den Büchern werde eine Vielzahl von Begriffen eingeführt, ohne jedoch auf ihre historische Gewordenheit einzugehen. So werde Physiklernen eher zu dem Lernen einer weiteren Sprache, ohne die Begrifflichkeiten in ihrer Gesamtheit zu verstehen.

„Die subjektive Aneignung dieser meist axiomatisch eingeführten Begriffe gelingt daher häufig nur durch das Hinzufügen individueller bzw. kollektiver Bedeutungsinhalte, Vorstellungen und Bilder. Diese werden auch in Alltagssituationen gesucht.“ (Sibum, 1990, S. 41)

Auch durch die Darstellung der Fachsystematik in Lehrwerken als „objektiver und ahistorischer Wissensblock“ (Sibum, 1990, S. 12) verzerre die Realität einer diachronen NdN. Der Autor kritisiert, dass „[d]iese unmittelbare Verwobenheit der Forschungsergebnisse mit ihrem Entstehungsprozeß [...] in den Lehrbüchern zugunsten des logisch begründbaren Aussagensystems aufgegeben“ werde (ebd., S. 15) und weist ausdrücklich darauf hin, dass durch diese Vorgehen implizites Wissen und Einstellungen über Physik vermittelt werden, welche das zukünftige Handeln leiten. Eine Möglichkeit, diesem verzerrten Bild von Physik entgegenzuwirken, ist seiner Ansicht nach die Thematisierung historischer Entwicklungsprozesse deren „Kenntnis es ermöglicht, die dem jeweiligen Fachwissen zugrunde liegenden Ziele, Ideen, Methoden und Folgen zu erkennen“ (ebd., S. 252).

Eine ähnliche, jedoch inhaltlich vollständig auf den Bereich der Geschichte der Naturwissenschaften fokussierte Analyse führten Pagliarini und Silva (2007) bei brasilianischen Schulbüchern durch. Dabei wurden 16 Bücher der 1980er Jahre bis 2006 im Hinblick auf die Darstellung der diachronen NdN untersucht. Es zeigt sich, dass die Mehrheit der Bücher historische Inhalte in spezifischen Abschnitten oder Info-Kästen darstellen und sich dabei vorrangig auf Daten, Namen und Zeitleisten beschränken. Vermehrt werden versimplifizierende historische Diskussionen dargestellt, die typische Mythen über die NdN fördern. Die Autoren heben hervor: „Only four collections [...] explain science as a complex enterprise, with no secure methods to be followed; and highlight the influences of humanistic and external factors“ (Pagliarini & Silva, 2007, S. 4). Dreiviertel der Bücher vermitteln ein vereinfachtes Bild der historischen Gegebenheiten, stellen naturwissenschaftliches Wissen als gesichert dar und fördern den Mythos einer eindeutigen wissenschaftlichen Erkenntnis-methode. Dabei ist zu bemerken, dass in Brasilien durch pädagogische Programme bereits eine verbindliche Überarbeitung von Lehrplänen und Schulbüchern in Bezug auf die NdN vorangetrieben wurde. Dies ist in Deutschland nicht der Fall, sodass davon ausgegangen werden muss, dass in klassischen Schulbüchern auch heute noch verfälschende Ansichten über die NdN und die Geschichte der Naturwissenschaften vermittelt werden.

Insgesamt zeigt sich, dass einer expliziten Thematisierung der NdN in Schulbüchern wenig Raum geboten wird. In diesem Sinne trägt die Gestaltung der Schulbücher nicht zu einer stärkeren Implementierung der NdN in den Unterricht bei. Ganz im Gegenteil verweisen

die Ergebnisse zu impliziten Darstellungen der NdN auf eine Förderung von Mythen in diesem Bereich. Naturwissenschaftliche Schulbücher sind daher in zweifacher Hinsicht eher als hinderlich für das Lernen über die Natur der Naturwissenschaften anzusehen, auch wenn dies selbstverständlich vom Einsatz dieser Lehrmaterialien abhängt und nicht pauschalisiert werden kann. Die Gestaltung der Bücher rückt darüber hinaus die diachrone NdN gänzlich in den Hintergrund. Darstellungen historischer Gegebenheiten beschränken sich auf faktenartige Zusammenfassungen in Info-Kästen und die objektive, ahistorische Darstellung der Naturwissenschaften in den Büchern fördert die Ausbildung von Mythen zur diachronen NdN.

#### 2.1.2.4. Konsequenzen für diese Arbeit

Die Ergebnisse zu Vorstellungen zur NdN zeigen insgesamt ein negatives Bild. Es herrschen eine Vielzahl inadäquater Vorstellungen auf Lehrer- und Schülerseite vor. Auch aufgrund der fehlenden Implementierung der NdN in den Unterricht kann nicht davon ausgegangen werden, dass eine naturwissenschaftliche Grundbildung im Sinne der Scientific Literacy bisher erreicht wird. N. G. Lederman et al. (1998) vertreten die Auffassung, dass man ein umfassendes Bild möglicher Schülervorstellungen im Bereich der NdN habe. Man solle sich in der Forschung daher stärker den Ursachen der Vorstellungen und den Auswirkungen auf den Unterricht zuwenden: „What is the source of these views, how are they learned, and how might more accepted views of science be learned efficiently?“ (N. G. Lederman et al., 1998, S. 346). Die Autoren beschreiben damit ein Forschungsdesiderat, welches über die reine Identifikation von Vorstellungen hinausgeht.

Der naturwissenschaftliche Unterricht und bestehende Unterrichtsmaterialien können Einfluss auf die Vorstellungen der Schüler\_innen zur NdN nehmen. Dabei wird durch die Art des Unterrichts zumeist ein eher statisches und ahistorisches Bild der Naturwissenschaften vermittelt. Aspekte der diachronen NdN werden unter anderem durch die Darstellung in Schulbüchern als weniger bedeutsam konzipiert. Die Möglichkeit, ein umfassenderes Verständnis der NdN zu erreichen, wird – der Argumentation in den Kapiteln 2.1.2.1 und 2.1.2.2 folgend – aber gerade Unterrichtskonzeptionen zugesprochen, die die diachrone NdN stärker explizit in den Vordergrund stellen. In diesem Sinne zeigt sich ein noch nicht umfassend ausgeschöpftes Potential einer expliziten Thematisierung der diachronen NdN im Hinblick auf eine naturwissenschaftliche Grundbildung und Befähigung zur kritischen gesellschaftlichen Teilhabe.

Möglichkeiten zu solch einer expliziten Thematisierung in Bezug auf die diachrone NdN werden unter dem Begriff *historisch orientierter Unterricht* bzw. im englisch-sprachigen Raum unter *History and Philosophy of Science* (HPS) diskutiert. In den folgenden Kapiteln wird diese Idee von Unterricht aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet.

### 2.1.3. Historisch orientierter Unterricht

In diesem Kapitel wird vorerst begründet, warum in der vorliegenden Arbeit von *historisch orientiertem Unterricht* gesprochen wird und nicht der bereits seit Jahrzehnten verwendete Begriff des *genetischen Unterrichts* Anwendung findet.

Wagenschein kann als der bedeutendste, wenn auch nicht erste Vertreter des genetischen Unterrichts verstanden werden (Möller, 2001, S. 17). Dabei bezieht Wagenschein sich vorrangig darauf, dass das Lernen der Schüler\_innen ein *individual-genetischer* Prozess ist, welcher innerhalb des Lernenden selbst initiiert wird und nicht durch voreilige Abstraktion und Fachsprache unterbunden werden darf (Wagenschein, 1995, S. 130ff). Der Autor macht die Bedeutung der exemplarischen Arbeit mit direkt erfahrbaren Phänomenen und sokratischen Dialogen stark. Auf der anderen Seite beinhaltet solch ein Unterricht auch eine *historisch-genetische* Seite, welche „die geschichtliche Abfolge des Entstehens von Wissen bezeichnet“ (Höttecke, 2001a, S. 109). Dabei ist für Wagenschein die Wissenschaftsgeschichte ein Mittel zum Zweck, um im Unterricht eine individuell-genetische Entwicklung im Lernenden zu ermöglichen (ebd. S. 112).

Die Überlegungen zu historisch-genetischem Unterricht wurden in Deutschland unter anderem von Pukies (1979), Heering, Rieß und Sichau (2000) sowie Höttecke (2001a) aufgegriffen und weiterentwickelt. Dabei steht weniger als bei Wagenschein der individuelle Lernprozess, sondern „vielmehr [...] die Entwicklung der wissenschaftlichen Teildisziplinen, Konzepte oder Wissensbestände“ im Vordergrund (Asmussen & Heering, 2014, S. 2). Die zeitliche Entwicklung der Wissenschaft wird im historisch-genetischen Unterricht in den Vordergrund gerückt, um ein Verständnis der Naturwissenschaften als systematische Wissenschaft und als gesellschaftliche Tätigkeit möglich zu machen (Pukies, 1979, S. 7 und 54). Eine solche Perspektive macht eine authentische und weniger idealisierte Sichtweise auf Naturwissenschaften möglich (Höttecke, 2001a, S. 116).

Köhnlein (1982, S. 88) unterscheidet neben dem individual-genetischen und dem historisch-genetischen auch den logisch-genetischen Aspekt. Der *logisch-genetische* Aspekt fokussiert die Nachvollziehbarkeit der inneren Strukturen eines Gegenstandes bzw. der Wissenschaft insgesamt, welche deutlicher werden, „wenn das Werden dieser Sache in ihrem Verlauf verfolgt werden kann“ (Möller, 2001, S. 23).

Auch wenn der Begriff des historisch-genetischen Unterrichts und die theoretischen Überlegungen dazu für diese Arbeit passend erscheinen, soll aus folgenden Gründen dennoch Abstand von ihm genommen werden: Zum einen zeigen die obigen Ausführungen, dass der Begriff des Genetischen nicht eindeutig verwendet wird und in seiner ursprünglichen Verwendung stärker auf den individuellen Lernprozess ausgerichtet ist. Dieser Schwerpunkt wäre für die vorliegende Arbeit irreführend, da die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften und nicht der Lernprozess der Schüler\_innen fokussiert werden soll. Eine veränderte Begriffswahl soll Missverständnissen vorbeugen. Zum anderen wird die für diese Arbeit wichtige Diskussion um Scientific Literacy und NdN intensiv im angelsächsischen Bereich geführt. Nach Möller (2001) besteht für den Begriff des Genetischen gerade keine

englische Übersetzung. Vielmehr ist dieser als speziell deutscher Begriff zu verstehen. Um auch in der internationalen Forschungslandschaft anschlussfähig zu sein, ist ein Begriff mit englischer Entsprechung sinnvoller. Dies ermöglicht der Begriff des *historisch orientierten Unterrichts*.

Unter historisch orientiertem Unterricht werden verschiedene methodisch-didaktische Ausformungen zusammengefasst. Allen gemein ist eine „wohldosierte [...] Implementation wissenschaftshistorischer Anteile in den Physikunterricht“ (Höttecke, 2012, S. 57-58), zusammen mit einer expliziten Reflexion von Aspekten der Natur der Naturwissenschaften mit den Schüler\_innen (ebd., S. 64). Im angelsächsischen Raum wird diese Art von Unterricht mit HPS bezeichnet. Diese Abkürzung hat sich etabliert und wird in dieser Arbeit synonym zum Begriff des historisch orientierten Unterrichts verwendet.

Die Bedeutung der NdN im Hinblick auf naturwissenschaftlich gebildete Bürger\_innen wurde bereits in Kapitel 2.1.1 dezidiert herausgestellt. Der Kerngedanke betrifft dabei die Ausbildung kritisch denkender Bürger, die das Wesen der Naturwissenschaften verstehen und als Grundlage ihrer Meinungsbildung nutzen können. Hodson (2009) macht deutlich, dass die Berücksichtigung von Wissenschaftsgeschichte im Unterricht dies zu leisten vermag:

„[A] focus on history, philosophy and sociology of science (HPS) in the school science curriculum can play a key role in bringing about a more *critical* understanding of scientists and scientific practice.“ (Hodson, 2009, S. 3 Hervorhebung im Original)

Seit Jahrzehnten wird die Idee von HPS in der naturwissenschaftsdidaktischen Gemeinschaft diskutiert (Conant, 1948; Pukies, 1979; Sibus, 1990; Dawkins & Glatthorn, 1998; Heering, 2000; Allechin, 2013). Schwerpunkttagungen, die Veröffentlichung von Schriften zum Thema und die Entwicklung von Unterrichtsmaterialien wurden und werden international vorangetrieben (Matthews, 2014, S. 1ff).

In den folgenden Kapiteln wird eine Definition von historisch orientiertem Unterricht vorgenommen und Beispiele bestehender Unterrichtskonzepte dargestellt. Anschließend werden Argumente für und Kritik an dieser Unterrichtsidee sowie der Forschungsstand zu HPS dargestellt, um abschließend Konsequenzen für die vorliegende Arbeit abzuleiten.

### 2.1.3.1. Definitionsversuche

Zentral in der deutschen Bezeichnung *historisch orientierter Unterricht* ist der Begriff *historisch*. Das Wort beschreibt etwas die Vergangenheit Betreffendes oder für die Geschichte Bedeutungsvolles (Brockhaus, 2013a).<sup>5</sup> Unter *historisch orientiertem Unterricht* kann laut Wortbedeutung also Unterricht verstanden werden, der sich an der Vergangenheit

---

<sup>5</sup>Vergangenheit und Geschichte sind nicht identisch. Vielmehr ist Geschichte als eine Konstruktion von Menschen zu verstehen, die sich mit der Vergangenheit auseinandersetzen, ihre Charakteristiken beschreiben und diese deuten. Die Vergangenheit hingegen bezeichnet einen nicht wiederkehrenden Zeitbereich.

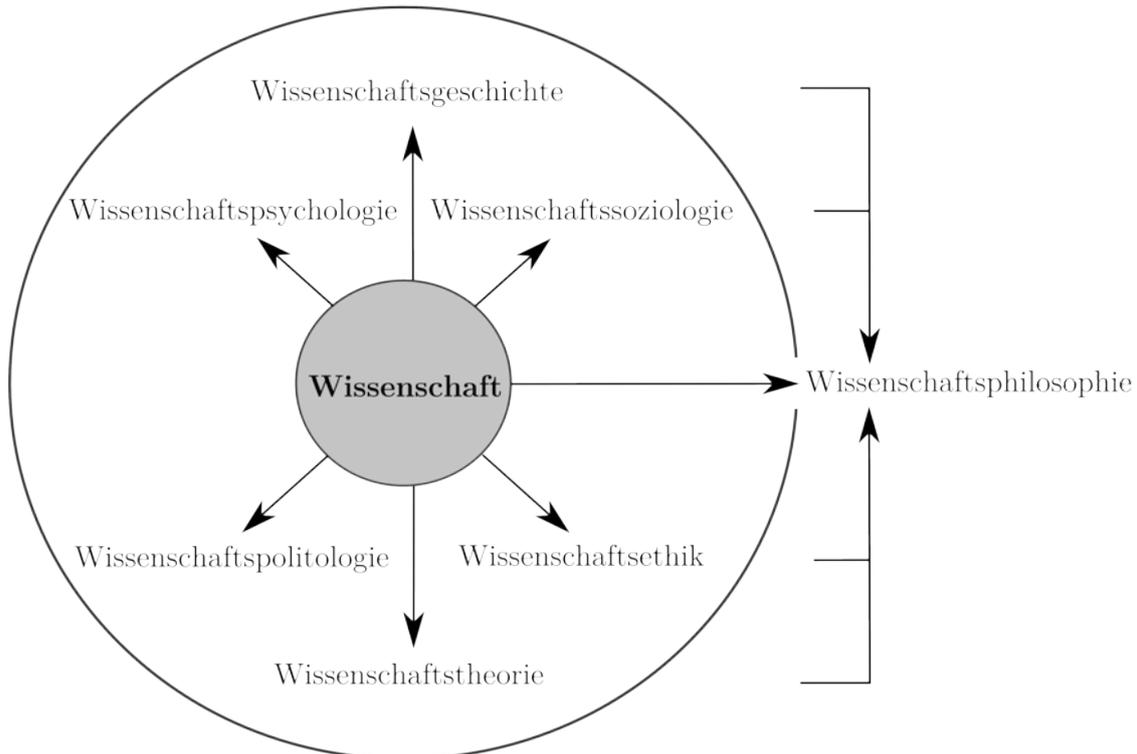


Abbildung 2.5.: Darstellung verschiedener Wissenschaften, die Wissenschaft zum Gegenstand haben in Anlehnung an Poser (2001, S. 13).

oder der Geschichte orientiert. Dabei befassen sich aus einer wissenschaftlichen Perspektive heraus ganz verschiedene Disziplinen mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften: Wissenschaftsgeschichte, Wissenschaftsphilosophie, Wissenschaftssoziologie, Wissenschaftstheorie... (vgl. Abbildung 2.5).

All diese Disziplinen beschäftigen sich mit Hilfe disziplinspezifischer Methoden mit den (Natur-)Wissenschaften und sind nicht als absolut trennscharf anzusehen. So zeigt sich bereits in der Darstellung von Abbildung 2.5, dass sich die Wissenschaftsphilosophie auf Erkenntnisse der anderen sechs genannten Disziplinen bezieht.

Die *Wissenschaftsphilosophie* beispielsweise versucht deskriptiv „die Wissenschaften, und insbesondere deren normative Praxis [...] auszuleuchten“ (Mühlhölzer, 2011, S. 16). Sie unternimmt einen „Ordnungsvorschlag für den Zusammenhang von Mensch, Gesellschaft und Welt“ (Poser, 2001, S. 17). Dabei steht eine Reflexion der Tätigkeit der Wissenschaftler\_innen aus einer distanzierteren Perspektive im Vordergrund, welche die handelnden Wissenschaftler\_innen selbst nicht einnehmen können. Es werden philosophische Fragen, wie „Was ist Evidenz und wie gewinnt man sie?“ und „Wer hat die Autorität, wissenschaftliche Urteile zu fällen und warum?“ diskutiert (Barker & Kitcher, 2014, S. 3).

Die *Wissenschaftstheorie* beschäftigt sich unter anderem mit der Frage, durch welche Vorgehensweisen man überhaupt zu Erklärungen kommen kann (Induktivismus, Deduktivismus, Falsifikationismus) (Salmon, 1999; Chalmers, 2001; Driver et al., 1996) und steht

im engen Zusammenhang mit der Wissenschaftsphilosophie (Mühlhölzer, 2011, S. 15). Möglichkeiten und Grenzen von Wissenschaft werden hinterfragt (Meidl, 2009, S. 34ff).

Die *Wissenschaftssoziologie* beschäftigt sich mit Wechselwirkungen von Wissenschaft und Gesellschaftssystem und andersherum, welche gesellschaftlichen Bedingungen erfüllt sein müssen, damit sich ein Wissenschaftssystem ausbilden kann (Bühl, 1974, S. 21). „Entsprechend kann man Wissenschaft als ein soziales Phänomen begreifen, zu dessen Erfassung das Verhalten von Forschergruppen zu untersuchen ist“ (Poser, 2001, S. 14).

Die *Wissenschaftsgeschichte* betrachtet die historische Entstehung und Entwicklung der Naturwissenschaften und einzelner Disziplinen. Sie versucht die Entstehung von Wissen und Entwicklung naturwissenschaftlicher Praxis sowohl auf Ebene der Einzeldisziplin, als auch auf allgemeinerer Ebene zu modellieren (Bialas, 1990). Dabei steht die Veränderung, beispielsweise naturwissenschaftlicher Theorien, im Vordergrund und gerade nicht eine Bewertung aus heutiger Perspektive (Poser, 2001, S. 14).

Alle genannten Disziplinen beschreiben nicht nur, was Naturwissenschaften und ihre Praktiken heute ausmacht: „Als kulturelle Erscheinung hat Wissenschaft natürlich ihre Geschichte, ihre Anfänge, ihre Irrtümer, ihre Erfolge, ihre großen Genies“ (Breil, 2011, S. 18). Vielmehr werden einige Erkenntnisse erst durch die Betrachtung der zeitlichen Entwicklung der einzelnen relevanten Aspekte deutlich. So beschreibt die Wissenschaftssoziologie nicht nur, wer heute als Wissenschaftler\_in gilt und wie heute Wissen anerkannt wird, sondern eben auch wie sich diese Mechanismen mit der Zeit verändert haben. Damit können alle oben genannten Disziplinen, nicht nur die Wissenschaftsgeschichte, als Bezugsdisziplinen für historisch orientierten Unterricht verstanden werden. Jede Bezugsdisziplin ermöglicht eine jeweils anders gelagerte Betrachtung der historischen Entwicklung der Naturwissenschaften.

#### Definition

In der vorliegenden Arbeit wird unter *historisch orientiertem Unterricht* jener Naturwissenschaftsunterricht verstanden, der Naturwissenschaften als Produkt historischer Hervorbringungsprozesse deutlich werden lässt (vgl. Kapitel 2.1.2.2) und Anteile eben dieser zeitlichen Komponente mit Bezügen zu verschiedenen Bezugsdisziplinen zum Gegenstand des Unterrichts macht. In historisch orientiertem Unterricht leitet allgemein *die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften* die Gestaltung des Unterrichts an.

#### 2.1.3.2. Bestehende Unterrichtskonzepte

Die Idee von historisch orientiertem Unterricht hat eine lange Tradition und es sei vorab bemerkt, dass historisch orientierter Unterricht keinesfalls eine Beschränkung allein auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften und einen Ausschluss fachlicher Inhalte bedeutet. Vielmehr ist das Lernen über die Natur der Naturwissenschaften immer mit dem

Lernen über Fachinhalte, Konzepte und Begriffe verknüpft (Kircher & Dittmer, 2004, S. 18; Höttecke, 2008, S. 8), so auch beim historisch orientierten Unterricht. Die folgende Aufzählung bestehender Unterrichtsansätze erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie gibt lediglich einen Einblick in diskutierte Konzepte. Dabei ist die Entwicklung und Erprobung konkreter Unterrichtsmaterialien zu den verschiedenen Unterrichtsansätzen unterschiedlich weit vorangeschritten.

Grundsätzlich gilt, dass in jedem Unterricht über die diachrone NdN gelernt werden kann. Begünstigt wird das Lernen über die NdN jedoch durch eine explizite Reflexion der NdN (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). Es gibt eine Vielzahl von Unterrichtskonzepten, die eine solche explizite Behandlung ermöglichen, beispielsweise offenes Experimentieren, forschender Unterricht (Höttecke, 2008) oder Ansätze wie „Science – Technology – Society“ (Ziman, 1980). Bei Letzterem werden mit den Schüler\_innen beispielsweise Aspekte des politischen und ökonomischen Einflusses auf die wissenschaftliche Forschung diskutiert, wobei auch wissenschaftshistorische Aspekte thematisiert werden können. Sie geraten bei diesem Ansatz nach der Einschätzung von Höttecke (2001a, S. 94) aber aufgrund der eingeschränkten Perspektive auf die politische und ökonomische Sicht schnell aus dem Blick. Im Folgenden werden nur Unterrichtskonzepte dargestellt, bei denen die historische Gewordenheit der Naturwissenschaften an erster Stelle steht. Dies schließt nicht aus, dass auch in allen anderen Unterrichtssettings etwas über die diachrone NdN gelernt werden kann und gelernt wird.

### **Historische Fallstudien**

Die von Ernst Mach in den 1880er Jahren veröffentlichten Schulbücher beinhalteten bereits eine historisch orientierte Einführung (Matthews, 1994, S. 97). Die ersten eigentlichen historischen Fallstudien entwickelte Conant (1948), welche für verschiedene Bereiche adaptiert wurden (Matthews, 1994). Historische Fallstudien thematisieren ein einzelnes historisches Forschungsvorhaben detailliert unter Einbezug verschiedener Perspektiven. Sie „ermöglichen authentische Perspektiven“ auf den prozesshaften Charakter der Naturwissenschaften (Höttecke, 2008, S. 10) und reduzieren die Komplexität naturwissenschaftlicher Praxis und Entwicklung im Hinblick auf einen Fall. Auf diese Art und Weise machen sie den Fall für den Unterricht zugänglich (Allchin, 2013, S. 39).

Trotz dieser thematischen Einschränkung bieten historische Fallstudien dennoch die Möglichkeit, Naturwissenschaften und ihre Prozesse als Ganzes abzubilden. Schüler\_innen setzen sich mit praktischen und lebensnahen Forschungssituationen auseinander. In diesem Sinne können Schüler\_innen anhand eines spezifischen Falles Detailwissen über naturwissenschaftliche Prozesse, die beteiligten Personen und Motive des Forschens erfahren (Höttecke, 2001a, S. 216). Dabei stellt Höttecke (2001a, S. 212) mit Bezug auf Allchin (1995) die Fähigkeit zur historischen Imagination und Einfühlung als ein zentrales Lernziel heraus. Dies können Schüler\_innen mit Hilfe historischer Fallstudien erlernen und bilden auf diese Art und Weise Empathie mit dem für sie aus heutiger Perspektive Frem-

den aus (ebd., S. 213). Naturwissenschaft kann auf diese Weise als etwas Dynamisches, von Menschen Erschaffenes, erlebt werden.

Verschiedenste Autoren erarbeiteten und erprobten historische Fallstudien (Conant, 1948; Pukies, 1979; Sibum, 1990; Dawkins & Glatthorn, 1998; Heering, 2000; Höttecke, Henke & Rieß, 2012; Allchin, 2013). Auch mit deutscher Beteiligung entwickelte beispielsweise die HIPST-Gruppe (History and Philosophy in Science Teaching) verschiedene Fallstudien zu Themen wie elektrische Leitfähigkeit sowie Anziehung und Abstoßung, dem Trägheitskonzept und zur Geschichte der Kühltechnik<sup>6</sup>. In den Unterrichtskonzepten spielen unter anderem historische Replikationen und szenische Dialoge eine zentrale Rolle. Diese können nicht vollständig ohne historische Fallstudien gedacht werden, werden hier dennoch separat vorgestellt.

### Historische Replikationen und szenische Dialoge

Sollen historische Gegebenheiten möglichst nahe erfahrbar werden, ist eine Beschränkung auf historische Textquellen unzureichend und sollte im Sinne der Prozesshaftigkeit von Naturwissenschaften unter anderem um den Bereich der historischen Experimente erweitert werden (Höttecke, 2001a, S. 235). Dazu dient der Einsatz historischer Replikationen experimenteller Aufbauten im Unterricht. Sowohl der Umgang mit historischen Replikationen, als auch die Durchführung szenischer Dialoge fällt in den methodischen Bereich der historischen Simulation:

„Unter einer historischen Simulation verstehe ich den Versuch, einen Ausschnitt der Geschichte, sei es eine Diskussion zwischen verschiedenen WissenschaftlerInnen, eine Institutssitzung oder ein Experiment nachzustellen, so daß naturwissenschaftliche Prozesse handlungsorientiert erarbeitet werden können.“ (Höttecke, 2001a, S. 213)

Historische Replikationen stellen Nachbauten technischer Gerätschaften historischer Experimente dar, die im Rahmen der eben beschriebenen Fallstudien zum Einsatz kommen können. Experimentelle Situationen werden so realitätsnäher erleb- und reflektierbar. Dabei werden historische Versuchsaufbauten entweder mit modernen Materialien oder, noch enger am historischen Kontext, mit Hilfe quellgetreuer Materialien repliziert und im Unterricht eingesetzt (Höttecke, 2001a, S. 235ff). Unter anderem Sichau (2000), Heering (2000) sowie Höttecke, Henke und Rieß (2012) entwickeln solche Replikationen und erproben sie im Unterricht. Auf diese Art und Weise kann mit den Schüler\_innen thematisiert werden, wie die Veränderung von Aufbauten und Materialien durch theoretische und kulturelle Bedingungen beeinflusst ist (Heering & Höttecke, 2014, S. 1486).

Szenische Dialoge empfinden teilweise hypothetische Diskussionen zwischen historischen Vertreter\_innen der Naturwissenschaften nach (Solomon, 1991). Auf diese Art und Wei-

---

<sup>6</sup>Für nähere Informationen zur HIPST-Gruppe und ihren Unterrichtskonzepten siehe <http://hipstwiki.wikifoundry.com/page/hipst+developed+cases>, für deutschsprachige Fallstudien Höttecke und Rieß (2009) oder Henke und Höttecke (2011), Höttecke, Henke und Rieß (2011), Höttecke und Henke (2012), Henke und Höttecke (2013a).

se wird deutlich, dass der Austausch von Argumenten im Kern der wissenschaftlichen Arbeit steht, dass es unterschiedliche Theorien zu einem Themengebiet geben kann und dass wissenschaftliche Erkenntnisse ausgehandelt werden. Dazu wurden bereits Unterrichtskonzepte entwickelt, unter anderem zu einer hypothetischen Diskussion über verschiedene Elektrizitätstheorien (Habben & Mehrle, 1994), zur kopernikanischen Wende (Leisen, 2008) und zum Wechsel der Theorien des Erdmagnetismus (Kasper, 2008).

### **Wissenschaftstheoretisch orientierter Unterricht**

Mit Hilfe dieses Unterrichtskonzepts werden ausgedehnte Phasen der Reflexion der Schülervorstellungen zu Art und Weise naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung fokussiert. Meyling (1997, S. 408) beschreibt diesem Reflexionsprozess in drei Levels, welche im naturwissenschaftlichen Unterricht auch über mehrere Schuljahre hinweg berücksichtigt werden sollten:

1. Vor-naturwissenschaftliches Level: Reflexion eigener Handlungspraxis zur Berücksichtigung des Vorverständnisses.
2. Speziell wissenschaftstheoretisches Level: Reflexion speziell über Vorverständnis zu Modellen, Gesetzen, Theorien usw. in den Naturwissenschaften.
3. Generell erkenntnistheoretisches Level: Reflexion genereller erkenntnistheoretischer Konzepte wie (kritischem) Realismus, Positivismus usw.

Mit Level 3 greift Meyling (1997) auch erkenntnistheoretische Aspekte auf. Er schlägt für die Reflexion auf Level 2 und 3 den Einsatz historischer Quellen vor. Die Vorstellungen der Schüler\_innen werden an verschiedenen Stellen mit historischem Material in Zusammenhang gebracht und so die Reflexion der Vorstellungen angeregt. Ein Nachteil dieses Konzeptes ist die starke theoretische, eher abstrakte Betrachtung. Naturwissenschaft wird hier weniger als eine soziale Unternehmung deutlich, was die Gefahr birgt, dass die NdN als abstrakt, theorielastig und normativ wahrgenommen wird: „Es wird weder deutlich, unter welchen aktuellen Rahmenbedingungen Naturwissenschaft gemacht wird, noch wird sie als historisch gewachsen transparent“ (Höttecke, 2001a, S. 108). Diese historische Gewachsenheit steht im Zentrum des nächsten Unterrichtskonzeptes.

### **Historische Geschichten, Storytelling und theaterähnliche Darstellungen**

Jünger und international weniger präsent ist der Einsatz von historischen Geschichten im naturwissenschaftlichen Unterricht. Clough (2011) berichtet von einem Projekt, in dem 30 historische Geschichten zu den fünf inhaltlichen Schwerpunkten Astronomie, Biologie, Geologie, Physik und Chemie entwickelt wurden, um die Geschichte der Naturwissenschaften und so die diachrone NdN im universitären Anfangsunterricht zu berücksichtigen. Die begleitende Forschung zeigt, dass die Studierenden mit Hilfe der historischen Kurzgeschichten adäquatere Vorstellungen bezogen auf die NdN ausbilden konnten. So verstehen die Studierenden nach der Beschäftigung mit dem Thema eher die Bedeutung von

Kreativität für die Arbeit von Wissenschaftler\_innen sowie die Eingelassenheit von Forschungstätigkeit in gesellschaftliche und kulturelle Mechanismen (Clough, 2011, S. 712). Dabei sind die Geschichten so gestaltet, dass sowohl naturwissenschaftliche Inhalte gelernt werden können, als auch gleichzeitig das Interesse der Studierenden gesteigert und ein Verständnis der NdN ermöglicht wird (ebd., S. 713).

Einen Ansatz, der sich stärker auf die erzählerischen Fähigkeiten der Lehrkräfte stützt, wird unter anderem von Heering (2000) vorgestellt. Dabei werden naturwissenschaftliche Sachverhalte durch von der Lehrkraft erzählte Geschichten vermittelt. Mit Hilfe dieser Geschichten können neben der Steigerung der Motivation der Schüler\_innen auch kulturelle, soziale und ökonomische Aspekte der naturwissenschaftlichen Forschung in den Unterricht integriert werden und so eine Thematisierung der diachronen NdN motivieren und ermöglichen (Heering, 2013)<sup>7</sup>. Bisher bestehen Geschichten zu verschiedenen Themen aller drei naturwissenschaftlichen Schulfächer (Blum & Heering, 2014).

Ødegaard (2003) fasst verschiedene Möglichkeiten theaterähnlicher Darstellungen von naturwissenschaftlichen Konzepten, Aspekten der NdN sowie Naturwissenschaften als einen Teil der Gesellschaft zusammen. Bei den verschiedenen Ansätzen variiert nicht nur der inhaltliche Fokus, sondern auch der Einfluss der Lehrkraft auf die Entstehung der Darstellungsform. So kann einerseits das Theaterstück vollständig durch die Lehrkraft vorgegeben sein und von den Schüler\_innen lediglich umgesetzt werden. Andererseits kann es auch Aufgabe der Schüler\_innen sein, ein Theaterstück zu entwickeln. Dabei müssen Hintergrundinformationen eingeholt und ein umfassendes Verständnis des Inhaltes des Stückes erarbeitet werden. Auf diese Art und Weise motiviert die Methode auch zur Auseinandersetzung mit dem Inhalt und ermöglicht durch Perspektivübernahmen Einblicke in die emotionale Betroffenheit der Beteiligten und den Prozess naturwissenschaftlicher Forschungspraxis (Ødegaard, 2003, S. 81ff). Empirische Begleitforschung zeigt positive Effekte: „Many students find drama methods lively and stimulating, and thus more memorable [...]. They give a sense of the richness and complexity of the events they relate to“ (ebd., S. 85).

### **Arbeit mit historischen Laborbüchern**

Auch originale Labornotizen können den Ausgangspunkt für die Beschäftigung mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften darstellen (Heering & Höttecke, 2014, S. 1485). Unter anderem Barth (2000) stellt Unterrichtskonzeptionen vor, die Auszüge von Faraday's Laborbüchern nutzen, um elektromagnetische Induktion einzuführen. Ausgehend hiervon werden teilweise Forschungstätigkeiten der Schüler\_innen angeschlossen, die die beschriebenen historischen Experimente mit heutigen Materialien nachahmen.

---

<sup>7</sup>Weitere Informationen unter <http://www.uni-flensburg.de/storytelling/>

## **Zusammenfassung**

Allein dieser kurze Überblick zeigt, dass eine Vielzahl verschiedener methodischer Varianten für historisch orientierten Unterricht besteht. Vielfach sind konkrete Unterrichtsmaterialien entwickelt und Methoden für den Unterricht erprobt. Dabei fokussieren die Unterrichtskonzepte unterschiedliche Aspekte der diachronen NdN. In jedem Fall werden Fachinhalte mit Lerngelegenheiten über die NdN verknüpft. Dabei ist, wie beim Einsatz jeder Methode und bei jedem Unterrichtsmaterial, zu bedenken, dass durch dieses ein bestimmter Fokus gelegt wird und unterschiedliche Schüler\_innen verschieden gut mit diesen umgehen können. So ist es auch möglich, dass beim Einsatz historischer Geschichten im Naturwissenschaftsunterricht auf Seiten der Schüler\_innen mit Widerstand zu rechnen ist, weil es sich um eine für den Naturwissenschaftsunterricht untypische Methode handelt. So hat auch historisch orientierter Unterricht Vor- und Nachteile.

### **2.1.3.3. Vor- und Nachteile historisch orientierten Unterrichts**

Bereits Klafki (1958, S. 456) betont als ein Auswahlkriterium von Bildungsinhalten die Bedeutung des Inhalts für die Zukunft der Lernenden. Es ist daher immer die Frage zu klären, ob und inwiefern ein Inhalt für die Zukunft der Schüler\_innen relevant sein kann. Setzt man dies in Beziehung zu den zuvor genannten zwei Zielperspektiven naturwissenschaftlichen Unterrichts (vgl. Kapitel 2.1.1) – einerseits Ausbildung naturwissenschaftlichen Nachwuchses, andererseits eine naturwissenschaftliche Grundbildung für alle – wird deutlich, dass jeweils verschiedene Aspekte in der Zukunft der Lernenden relevant sein werden. Schüler\_innen, die zum naturwissenschaftlichen Nachwuchs ausgebildet werden, müssen Spezifika des fachsystematischen Begriffs- und Klassifizierungssystems erlernen, um langfristig an der naturwissenschaftsspezifischen Kommunikation teilnehmen zu können. Sie müssen „Paradigmen“ der Forschung im Sinne Kuhns (1976) erlernen. Für das Erreichen dieser Zielperspektive ist Unterricht, der der Fachsystematik folgt, Strukturen von Inhaltsbereichen und Methoden aufzeigt sowie das ökonomische Erlernen von Wissen möglich macht, zielführend (Höttecke, 2001a, S. 6f).

Mit Blick auf die zweite Zielperspektive und der damit einhergehenden, oben herausgestellten Bedeutung eines Verständnisses der NdN wurde fachsystematischer Unterricht jedoch vielfach kritisiert (Stettler, 1997; Rieß & Schulz, 1988; Höttecke, 2001a; Pukies, 1979). Aufgrund der fachsystematischen Betrachtungsweise wird die Naturwissenschaft verdinglicht und als eindeutiges, wahres Wissensgerüst dargestellt. So treten „naturwissenschaftliche Resultate [...] dem Menschen als Waren gegenüber. Die Schüler konsumieren dementsprechend diese Wissenschaft auch wie eine Ware“ (Pukies, 1979, S. 12). Neben dieser verstärkt passiven Lernweise, beschreiben unter anderem Rieß und Schulz (1988), dass Unterricht, der allein der Fachsystematik folgt, Gefahr läuft „ein unvollständiges oder falsches Bild der Naturwissenschaften zu zeichnen“ (Rieß & Schulz, 1988, S. 37). Problematisch ist dabei nicht allein die Vermittlung eines verzerrten Bildes von Naturwissenschaften, sondern die fehlende Reflexion dessen: „Die Bilder und Vorstellungen von den Naturwissenschaften, die unreflektiert vermittelt werden, entziehen sich innerhalb

des fachsystematisch beschränkten Unterrichts der bewußten Reflexion durch die Lernenden“ (Höttecke, 2001a, S. 7).

Im Hinblick auf eine naturwissenschaftliche Grundbildung ist weniger, oder zumindest nicht maßgeblich, ein Verständnis der Fachsystematik für die Zukunft der Schüler\_innen relevant, sondern wie in Kapitel 2.1.1 dargestellt vor allem ein Verständnis vom Wesen der Naturwissenschaften. Fachsystematischer Unterricht ist darüber hinaus gerade für jene hinderlich, die sich vorrangig im naturwissenschaftlichen Unterricht mit Naturwissenschaften beschäftigen und den Inhalten entsprechend wenig Sinn in Bezug auf ihr Leben zuschreiben (Höttecke, 2001a, S. 7). Die Schüler\_innen laufen Gefahr „in einem Sumpf unverstandener und unverständlicher Fakten“ zu versinken (Pukies, 1979, S. 13) und Naturwissenschaften als gänzlich unverständlich und irrelevant zu konzipieren. Aufgrund eines fehlenden ganzheitlichen Überblicks, der einer langfristigen Beschäftigung mit Naturwissenschaften bedarf, wird die Fachsystematik für Schüler\_innen gerade im Anfangsunterricht nur schwer erkennbar.

Historisch orientierter Unterricht bietet im Kontrast zum fachsystematischen Unterricht die Möglichkeit, dass „[s]tatt vieler unverbundener Einzelkenntnisse [...] die systematische Struktur der Wissenschaften gelehrt werden, verbunden mit den Merkmalen ihrer gesellschaftlichen Entstehungs-, Entwicklungs- und Anwendungsbedingungen“ (Rieß, 1997, S. 23). Verbundstoff der naturwissenschaftlichen Themen ist hier nicht die Systematik des Faches, sondern die zeitliche Komponente. Auch Pukies (1979, S. 12) betont, dass eine Abkehr vom Lernen der Naturwissenschaften als Konsumieren einer Ware erst mit einer veränderten Gestaltung des Unterrichts erreicht werden kann.

N. Jung, Molitor und Schilling (2011, S. 14) betonen ganz allgemein die Bedeutung von Historizität und Geschichte für die Bildung: „*Zukunftsfähigkeit aber braucht Vergangenheit*“. Um Schüler\_innen für die Zukunft zu rüsten, ist immer ein Bezug zur Gegenwart und Vergangenheit notwendig. Beispielsweise ist für einen zukünftig nachhaltigen Umgang mit der Umwelt ein Verständnis der vergangenen und gegenwärtigen Handlungsweisen der Menschen und ihrer Konsequenzen notwendig. Verstehen der Gegenwart muss „immer geschichtlich sein“ (Rieß & Schulz, 1994, S. 189). So findet in den Curricula aller Fächer die zeitliche Dimension der jeweiligen Fachdisziplin Berücksichtigung (Gerstberger & Miller, 2004, S. 83).

Solch eine Zukunftsfähigkeit ist auch, vielleicht sogar vor allem, in den Naturwissenschaften von zentraler Bedeutung. Wie im Kapitel 2.1.1 bereits thematisiert, ist unser (politisches) Leben immer stärker naturwissenschaftlich geprägt. Probleme wie der Klimawandel und die Energiewende machen eine naturwissenschaftsspezifische Zukunftsfähigkeit aller Bürger\_innen unerlässlich. Mit Bezug zu N. Jung et al. (2011) muss daher auch im naturwissenschaftlichen Unterricht die Ausbildung einer Vergangenheitsfähigkeit ermöglicht werden. Dies fordern Naturwissenschaftsdidaktiker\_innen verschiedener Länder und unterstreichen die Bedeutung der Geschichte der Naturwissenschaft für das Ziel der Scientific Literacy (ausführlicher dazu Dally, 1997).

Neben den bisher ausgeführten Argumenten werden für den Einbezug der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften in den Schulunterricht zahlreiche weitere diskutiert. Matthews (1994, S. 50) fasst insgesamt sieben Vorteile historisch orientierten Unterrichts zusammen:

1. Historisch orientierter Unterricht kann zu einem besseren Verständnis von naturwissenschaftlichen Konzepten und Methoden führen.
2. Historisch orientierter Unterricht verbindet die Entwicklung des individuellen Denkens mit der Entwicklung naturwissenschaftlicher Ideen.
3. Historisch orientierter Unterricht ermöglicht die Vermittlung bedeutsamer, historischer Episoden, die allen Bürger\_innen bekannt sein sollten.
4. Historisch orientierter Unterricht ist notwendig für ein Verständnis der NdN.
5. Historisch orientierter Unterricht wirkt einer simplifizierenden und dogmatischen Darstellung von Naturwissenschaften, wie sie sich oft in Büchern oder Unterricht findet, entgegen.
6. Historisch orientierter Unterricht ermöglicht ein menschliches Bild der Naturwissenschaften und macht sie weniger abstrakt.
7. Historisch orientierter Unterricht ermöglicht eine Verdeutlichung von Beziehungen zwischen Themen und Disziplinen der Naturwissenschaften sowie mit anderen akademischen Disziplinen.

Ergänzend zu Punkt 2 wird von verschiedenen Autor\_innen ein Zusammenhang zwischen Wissenschaftsgeschichte und dem Lernprozess von Schüler\_innen diskutiert:

„[W]hen children are guided to discover some conceptualization, relationship, or law about a phenomena they are presented with, they often come up with ideas that are strikingly like those that have at different times been dominant in the history of the relevant science.“ (Matthews, 1989, S. 8).

Der Psychologe Jean Piaget untersuchte unter anderem, wie sich der physikalische Mengenbegriff bei Kindern im Alter von fünf bis zwölf Jahren entwickelt (Piaget & Inhelder, 1975). Dabei zeigen sich Ähnlichkeiten zwischen der Dynamik individueller Begriffs- und Konzeptentwicklung der Kinder und historischer Konzeptentwicklungen in den Naturwissenschaften (Höttecke, 2001a, S. 194). Dieser Befund verweist auf ein Potential historischer Betrachtungen im Unterricht im Hinblick auf die Selbstwirksamkeit und Motivation der Schüler\_innen. Eine Berücksichtigung der historischen Genese der Inhalte ist dem Lernprozess der Schüler\_innen näher, da auch dieser als ein genetischer zu verstehen ist (Rieß & Schulz, 1988, S. 37). Mit Hilfe einer Thematisierung historischer Aspekte kann den Schüler\_innen verdeutlicht werden, wie realitätsnah ihre Überlegungen sind. Es wird ein wertschätzender Umgang mit ihren Ideen geschaffen und so ein positiver Einfluss auf die Motivation und das Selbstkonzept bezogen auf Naturwissenschaften ermöglicht. Aus der Interessenstudie des IPN Kiel ist bekannt, dass in Bezug auf Naturwissenschaften und vor allem in Bezug auf Physik das Selbstwirksamkeitskonzept der Mädchen schwächer

ausgeprägt ist als das der Jungen und sich im Laufe der Schulzeit kaum eine Veränderung einstellt (Hoffmann, Lehrke & Häußler, 1998, S. 65). Eben dieses Selbstkonzept nimmt großen Einfluss auf das Interesse der Schüler\_innen am Fach Physik. Das Interesse an den naturwissenschaftlichen Fächern ist vor allem bei den Mädchen deutlich geringer als an anderen Fächern ausgeprägt und nimmt im Laufe der Schulzeit weiter ab (Hoffmann et al., 1998, S. 20ff).

Darüber hinaus sei auf potentielle motivationale Aspekte verwiesen, die sich explizit nicht in der obigen Aufzählung finden, jedoch in Matthews 6. Punkt implizit sind. Historisch orientierter Unterricht kann Naturwissenschaften als eine prozesshafte Aktivität von Menschen zeigen, welche eingelassen in Kultur und Gesellschaft stattfindet. In diesem Sinne kann eine stärkere Identifikationsmöglichkeit geschaffen werden. Naturwissenschaftler\_innen erscheinen als menschlich und könnte die Motivation für die Beschäftigung mit dem Fach steigern (Höttecke, 2004b, S. 47). Ein empirischer Beleg fehlt bisher jedoch. Ebenso ermöglicht historisch orientierter Unterricht „eine Lernatmosphäre der Pluralität, die dazu ermutigt, die eigenen Repräsentationsschemata zu Phänomenbereichen mitzuteilen, zu thematisieren und weiterzuentwickeln“ (Höttecke, 2012, S. 65).

Auf Grundlage der Ergebnisse verschiedener nationaler Untersuchungen, unter anderem dem Bericht „Science for All Americans“ (AAAS, 1990) wurde im Hinblick auf erfolgreichen, allgemeinbildenden Unterricht eine stärkere Kontextualisierung des naturwissenschaftlichen Schulunterrichts gefordert. Genau zu solch einer Kontextualisierung können historisch orientierte Unterrichtsansätze einen Beitrag leisten (Matthews, 1989).

All diese Argumente verweisen darauf, dass historisch orientierter Unterricht im Hinblick auf Scientific Literacy, Motivation und Selbstkonzept Vorteile gegenüber klassischem fachsystematischem Unterricht bieten kann. Ergänzend nimmt Allchin (2011b) Bezug auf Erkenntnisse zum Lernen über die NdN. Es zeigte sich, dass für ein erfolgreiches Lernen über die NdN eine explizite Thematisierung, angeleitete Reflexion der Schüler\_innen und die Beschäftigung mit authentischen Beispielen nötig sind. Dies wäre auch mit Hilfe aktueller authentischer Beispiele aus der Forschung möglich, jedoch bieten historische Beispiele folgende Vorteile: Sie sind zumeist abgeschlossen, sodass sich ein Referenzpunkt für das Denken und Aushandeln der Schülerperspektive auf die NdN ergibt. Darüber hinaus wird beispielsweise der kulturelle Einfluss auf die Forschung erst aus einer historischen Perspektive deutlich (Allchin, 2011b, S. 54). Er kommt daher zu dem Schluss: „Historical perspective is an indispensable resource for complete NOS lessons. That is why history and nature of science are typically coupled together in curriculum standards: as HNOS“ (Allchin, 2011b, S. 54).

Auch im Rahmenplan der gymnasialen Oberstufe für das Fach Physik des Bundeslandes Hamburg, in dem die empirische Untersuchung der vorliegenden Studie stattgefunden hat, wird die Entwicklung physikalischer Erkenntnisse als historisch, dynamischer Prozess betont. Es wird gefordert, dass Schüler\_innen „ein gefestigtes Wissen über physikalische Grundprinzipien (z. B. Erhaltungssätze, Kausalität, Relativität) und über zentrale historische und erkenntnistheoretische Gegebenheiten“ ausbilden und im Rahmen von Bewertun-

gen Bezüge zu diesem Wissen herstellen (Rahmenplan Physik, 2009, S. 14). Überlegungen zur Bedeutung historischer Betrachtungen auch für den Naturwissenschaftsunterricht finden in aktuellen Bildungsdokumenten also bereits Berücksichtigung und legitimieren auch fachdidaktische Forschung in diesem Bereich.

Die Ausführungen machen deutlich, dass historisch orientierter Unterricht Potential bietet die Ziele naturwissenschaftlicher Bildung zu erreichen. Es ist jedoch auch zu bemerken, dass die Diskussion um HPS in Deutschland weit weniger prominent ist als beispielsweise in den USA oder Großbritannien (Höttecke, 2004b, S. 43). Mit unterrichtspraktischen Veröffentlichungen zu historischen Fallstudien (Höttecke, Henke & Rieß, 2011; Henke & Höttecke, 2011; Höttecke & Henke, 2012; Henke & Höttecke, 2013a) zeigen sich aktuell auch in Deutschland weitere Entwicklungen im Hinblick auf die Bereitstellung historisch orientierten Unterrichtsmaterials.

HPS wurde dabei international auch kritisiert. Zwei Hauptkritikpunkte fasst Matthews (1992) zusammen: Erstens sei Wissenschaftsgeschichte ein komplexes Unterfangen und damit oft zu anspruchsvoll für Schüler\_innen. Dies führe dazu, dass verwendete historische Aspekte in ihrer Komplexität reduziert würden, so eher einen pseudo-historischen Charakter hätten und damit nicht mehr die Maßgabe erfüllen, authentisch zu sein. Zweitens wird die Meinung vertreten, dass Wissenschaftsgeschichte die naturwissenschaftlichen Überzeugungen von Schüler\_innen schwäche, die notwendig sind, um erfolgreich naturwissenschaftlich ausgebildet zu werden. Es bestünde die Gefahr, dass die Verlässlichkeit des naturwissenschaftlichen Dogmas, welches für den Enthusiasmus bezogen auf Naturwissenschaften wichtig sei, untergraben und so das Lernen der Fachinhalte behindert werden würde.

Beide Argumente sind nachvollziehbar, werden von Matthews (1994) jedoch sogleich entkräftet. Für fast jeden fachlichen Lerninhalt wird eine Reduktion der Komplexität vorgenommen. Die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften ist hier also nicht die Ausnahme, sondern die Regel. Gegen die Befürchtungen des zweiten Kritikpunktes sprechen bereits in den 1960er Jahren Ergebnisse empirischer Untersuchungen von Klopfer und Cooley (1963), die keinen solchen negativen Effekt auf den Enthusiasmus, sich mit Naturwissenschaften zu beschäftigen, feststellen konnten. Ganz im Gegenteil wurden zusätzlich sogar positive Effekte im Hinblick auf das Verständnis der NdN bei gleichem inhaltlichen Lernerfolg identifiziert. Aktueller stellen auch Henke und Höttecke (2013b) in einer Interventionsstudie mit Pre-Post-Test positive Effekte einer historisch orientierten Unterrichtseinheit (Historische Fallstudien mit Experimenten) auf die Vorstellungen der Schüler\_innen zur NdN fest. In dieser Studie zeigen sich aber auch kritisch zu betrachtende Konsequenzen historisch orientierten Unterrichts. So scheint die historisch orientierte Unterrichtseinheit beispielsweise „ungewollt naiv-verifikationistische Vorstellungen vom Forschungsprozess zu bedienen“ (Henke, 2016, S. 16). Darüber hinaus entwickeln die Schüler\_innen Mitleid mit den historischen Persönlichkeiten in Situationen sozialer Kontrollmechanismen der Forschung und sehen sie als epistemische Autorität an, deren Erkenntnisse sie selbst als Schüler\_innen im Unterricht zu reproduzieren haben (Henke,

2016). Weitere Forschungsbefunde zu Lernvoraussetzungen der Schüler\_innen werden im nächsten Kapitel dargestellt.

Historisch orientierte Unterrichtskonzepte sind im Hinblick auf das Lernen über die NdN nicht als Allheilmittel zu verstehen. Sie können lediglich einen Beitrag dazu leisten und Ausschnitte der NdN, wie soziale und kulturelle Mechanismen beleuchten (Allchin, Andersen & Nielsen, 2014; Erduran & Dagher, 2014). Aus diesem Grund plädieren Allchin et al. (2014, S. 478) dafür sowohl historische, als auch aktuelle Fallstudien und Ansätze forschenden Unterrichts einzubeziehen, um die NdN umfassend im Unterricht thematisieren zu können. In diesem Sinne stellen historisch orientierte Unterrichtskonzepte ein bedeutsames Werkzeug für das Lernen über die NdN dar. In seiner Darstellung zur Entwicklung und institutionellen Festigung von HPS kommt auch Höttecke (2004b, S. 44) zu dem Schluss: „International betrachtet wird historisch orientierter Unterricht also durchaus als sinnvoll erachtet, weiterentwickelt und erforscht“.

#### **2.1.3.4. Forschungsstand**

Die zuvor genannten Argumente für historisch orientierten Unterricht sollen nun durch empirische Ergebnisse gerahmt werden. Dabei werden Ergebnisse zur Wirksamkeit solcher Unterrichtseinheiten im Hinblick auf Vorstellungen zur NdN, auf die Motivation und die Selbstwirksamkeitserwartungen der Schüler\_innen dargestellt. Darüber hinaus wurde die Implementierung von HPS in den Regelunterricht untersucht. Abschließend werden, wie vom in Kapitel 2.1.4 dargestellten Modell der didaktischen Rekonstruktion gefordert, Erkenntnisse zur Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften dargestellt.

#### **Wirksamkeit von HPS in Bezug auf Vorstellungen zur NdN und Motivation**

Wie zuvor beschrieben, war es Conant (1948), der seit den späten 1950er Jahren historisch orientierte Lehr-Lern-Arrangements vorantrieb. Entsprechend weit zurück reicht die Forschung zur Wirkung dieser Unterrichtskonzepte. In einer Interventionsstudie mit über 2800 beteiligten Schüler\_innen in den USA stellen Klopfer und Cooley (1963) einen positiven Effekt historisch orientierten Unterrichts mittels Fallstudien auf die Vorstellungen bezüglich Methoden und Zielen der Naturwissenschaften sowie dem Bild von Naturwissenschaftler\_innen fest. Dabei zeigen sich kaum oder keine Unterschiede im fachlichen Lernzuwachs der Schüler\_innen im Vergleich zur Kontrollgruppe. Die Autoren kommen daher zu dem Schluss, dass der Einsatz von historisch orientiertem Unterricht Vorstellungen zur NdN, bei gleichbleibenden inhaltlichen Lernzuwächsen, hin zu adäquateren Vorstellungen verbessert.

Galili und Hazan (2001) stellen in einer Interventionsstudie mit einem historisch orientierten Unterrichtskonzept an der über 100 Schüler\_innen der 10. Klasse beteiligt waren fest, dass sich die Vorstellungen der Schüler\_innen zu Aspekten der NdN im Vergleich zu Schüler\_innen der Kontrollgruppe verändern: „Students became more aware of a variety of human, cultural and historical issues“ (Galili & Hazan, 2001, S. 28). Datenbasis

stellen offene und Multiple-Choice-Items eines Fragebogens dar. Die Auswertung der erhobenen Daten fand mittels qualitativer und quantitativer Methoden statt. Auch Studien von Lin und Chen (2002) sowie Irwin (2000) zeigen einen positiven Effekt der Berücksichtigung von HPS im Unterricht auf die Vorstellungen zu Teilbereichen der NdN von Lehramtsstudent\_innen bzw. Schüler\_innen. Bei beiden Studien handelt es sich um Interventionsstudien.

Lin und Chen (2002) untersuchten den Einfluss der Beschäftigung mit historisch orientiertem Unterrichtsmaterial und Möglichkeiten der Unterrichtsgestaltung im Rahmen des Lehramtsstudiums mit dem Fach Chemie auf die Vorstellungen der Teilnehmenden zur NdN. Mit Hilfe bestehender Fragebogeninstrumente wurden die Vorstellungen der Beteiligten erhoben und den Antworten entsprechend der Adäquatheit Zahlenwerte zugeordnet. Es zeigen sich signifikant bessere Ergebnisse der Interventionsgruppe im Post-Test. Irwin (2000) untersuchte als praktizierender Lehrer den Einfluss einer historisch orientierten Unterrichtseinheit im Vergleich zu einer nicht historisch unterrichteten Parallellklasse und fokussierte sowohl auf das Lernen über Fachinhalte, als auch auf das Verständnis der NdN. Basierend auf der Erhebung des fachlichen Wissens vor und nach der Einheit, Unterrichtsbeobachtungen und Gruppendiskussionen kommt er zu dem Ergebnis:

„This research does show that more time spent on the historical aspects of science might well lead to a cut in conventional curriculum content, but that, in regard to pupils' understanding of the nature of science, this time would be well spent.“ (Irwin, 2000, S. 23)

Clough (2011) fasst empirische Ergebnisse zum Einsatz von historischen Kurzgeschichten im Naturwissenschaftsunterricht der Sekundarstufe II zusammen. Es werden positive Effekte auf das Lernen der NdN, aber auch auf das Interesse an Naturwissenschaften und naturwissenschaftlichen Berufen festgestellt. In Bezug auf die Einstellungen von Schüler\_innen zu Naturwissenschaften konnten Mamlok-Naaman, Ben-Zvi, Hofstein, Menis und Erduran (2005) ebenfalls positive Effekte mittels historisch orientiertem Unterricht feststellen. Im Zuge ihrer empirischen Untersuchung nahmen 90 10. Klässler\_innen, die wenig naturwissenschaftsaffin waren, an einer insgesamt über 30 stündigen historischen Einheit zu „Science: an ever-developing Entity“ teil. Interviews, Beobachtungsdaten und informelle Gespräche wurden mit Hilfe qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet und zeigen, dass die Schüler\_innen am Ende der Einheit einer Beschäftigung mit Naturwissenschaften gegenüber positiver eingestellt waren und ihr Interesse an Naturwissenschaften allgemein gestiegen war (Mamlok-Naaman et al., 2005, S. 500f).

Im Gegensatz zu den positiven Befunden konnten Abd-El-Khalick und Lederman (2000b) keine empirischen Belege für die Wirksamkeit historisch orientierter Unterrichtskonzepte im Hinblick auf die Vorstellungen von Schüler\_innen und Lehramtsstudierenden zur NdN feststellen (beteiligt waren 166 Schüler\_innen und 15 Lehramtsstudierende). Dabei untersuchten sie drei verschiedene historisch orientierte Unterrichtseinheiten. In einem Unterricht kamen historische Fallstudien zum Einsatz, im anderen wurde die Geschichte der Naturwissenschaften allgemein und spezifisch die kulturelle und gesellschaftliche Ein-

gebundenheit der naturwissenschaftlichen Forschung erkundet. Eine dritte Unterrichtseinheit beschäftigte sich mit der Geschichte der Evolutionstheorie von ihrer Entstehung bis heute. Die Vorstellungen zur NdN wurden mit Hilfe von neun Items mit offenem Antwortformat bestehender NdN-Fragebögen erhoben. Interviews über die Antworten im Fragebogen sollten die Validität der Interpretation gewährleisten. Als Ergebnis fassen die Autoren zusammen: „[T]he present study indicates that one HPS course is not likely to enhance students’ NOS views in any substantial way. This finding, nonetheless, seems counterintuitive“ (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b, S. 1085). Es zeigt sich gleichzeitig, dass Schüler\_innen mit vergleichsweise adäquaten Vorstellungen zur NdN am stärksten von den historisch orientierten Unterrichtseinheiten profitieren und sich bei ihnen eine Verbesserung der Vorstellungen einstellt. Es wird drauf verwiesen, dass möglicherweise die Anzahl an Unterrichtseinheiten, die in dieser Studie mit einem Seminar recht kurz war, eine entscheidende Einflussgröße darstellen könnte. Zu einer ähnlichen Einschätzung kommt Heering (2000, S. 369) nach eigenen Lehrerfahrungen in einer historisch orientierten Unterrichtseinheit im Physikunterricht: „[O]ne has to spend weeks teaching physics through history to get specific results“. In keiner der genannten Studien wurde ein negativer Effekt auf Wissenszuwachs, NdN-Verständnis oder Motivation festgestellt.

### **Implementierung von HPS in den Regelunterricht**

Neben Forschungsbefunden zu Effekten auf Seiten der Lernenden wurde außerdem der naturwissenschaftliche Unterricht im Hinblick auf historische Orientierung untersucht. Im Laufe der 1980er Jahre hat mit der Gründung der IHPST (International History, Philosophy, and Science Teaching Group) ein Institutionalisierungsprozess der akademischen Arbeit in diesem Bereich eingesetzt und unterstützt den internationalen fachdidaktischen Austausch. Trotz bestehender Unterrichtskonzepte und positiver empirischer Befunde hat in Deutschland bisher jedoch kaum eine Etablierung von HPS im Naturwissenschaftsunterricht stattgefunden (Höttecke & Rieß, 2009, S. 2). Gründe hierfür identifizieren Höttecke und Silva (2011) vor allem auf Seiten der Lehrkräfte, da diese als „gatekeepers“ fungieren und großen Einfluss darauf nehmen, was im Unterricht wie behandelt würde (Höttecke & Silva, 2011, S. 294). Damit verhält es sich bei der Implementierung von HPS ähnlich wie bei allen anderen Lehrplaninnovationen. So zeigt sich in verschiedenen europäischen Ländern, dass Lehrkräfte sowohl wenig interessiert an Wissenschaftsgeschichte, als auch wenig kompetent im Unterrichten mittels historisch orientierten Konzepten sind (Höttecke & Rieß, 2009, S. 3-4). Es fehlen entscheidende Fähigkeiten, beispielsweise im Anleiten und Durchführen von Rollenspielen, im Erzählen von Geschichten oder im Moderieren offener Diskussionen (Höttecke & Silva, 2011, S. 295). Darüber hinaus widerspricht das Bild eines strukturierten, eindeutigen naturwissenschaftlichen Unterrichts vieler Physiklehrkräfte, aber auch der Schüler\_innen, historisch orientierten Unterrichtskonzepten (Heering, 2000; Höttecke & Silva, 2011). Eine Vielzahl von Lehrkräften sieht Lernen über die NdN nicht als zentrales Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts an und schreibt entsprechend auch HPS weniger Sinn zu. Wie bereits in Kapitel 2.1.2.3 dargestellt, spielt

auch in Lehrplänen und Schulbüchern HPS auf Ebene einer expliziten Thematisierung eine untergeordnete Rolle.

Diese „Enthistorisierung“ (Drechsel, 1994, S. 79), zumindest des Physikunterrichts, wurde bereits in Kapitel 2.1.2.3 ausgeführt. Im Kontrast dazu ist für ein effektives Lernen eine andauernde Integration von HPS über Wochen hinweg von Nöten (Heering, 2000, S. 369). Auch dies mag ein Grund für den geringen Grad an Implementierung in den Regelunterricht sein. Es scheint oft eine grundsätzliche Veränderung des Unterrichts (Veränderung zu behandelnder Inhalte, Wahl der Methoden, Umgang mit Vorstellungen der Schüler\_innen) und damit eine Veränderung der Einstellung der Lehrkräfte notwendig.

Bisher wurden Gründe oder Rahmenbedingungen angeführt, die eine Implementierung von historisch orientiertem Unterricht bereits vorab behindern. Weitere Probleme zeigen sich bei der konkreten Umsetzung von historisch orientiertem Unterricht (Henke & Höttecke, 2014). In Interviews mit acht HPS erfahrenen Lehrkräften zeigen sich eine Vielzahl von Schwierigkeiten. So benennen Lehrkräfte unter anderem Probleme beim Finden und komplexitätsreduzierendem Aufbereiten von historisch orientiertem Unterrichtsmaterial, beim motivierten Darbieten von Geschichte, beim Moderieren von ergebnisoffenen Diskussionen trotz des Wissens der historischen Ergebnisse und beim Rechtfertigen dieser Unterrichtskonzeption gegenüber Kollegen. Als problematisch nennen sie darüber hinaus den Umgang mit naiven Schülervorstellungen bezogen auf die Geschichte der Naturwissenschaften. Historische Situationen werden von den Schüler\_innen zumeist aus heutiger Perspektive und damit als ungenügend oder rückständig beurteilt (Henke & Höttecke, 2014, S. 25). Auch die Bedeutungszuschreibungen der Schüler\_innen bezogen auf HPS können herausfordernd sein. Für eine langfristige Implementierung von HPS wäre nach Einschätzung der Lehrkräfte mehr Wissen über die Schülerperspektive auf diesen Gegenstand nützlich: „[T]eachers wished to be more knowledgeable about students’ HPS relevant pre-instructional ideas and expectations“ (Henke & Höttecke, 2014, S. 31). Es wird also ein Desiderat fachdidaktischer Forschung benannt, das sich auf die Voraussetzungen der Lernenden bezieht.

### **Lernvoraussetzungen auf Seiten der Schüler\_innen**

Passend zu den geschilderten Empfindungen der Lehrkräfte zeigt sich bei der Analyse bisheriger Untersuchungen zu Vorstellungen im Bereich NdN kein Schwerpunkt auf die diachrone NdN. Ganz im Gegenteil fokussierten Erhebungen von Schülervorstellungen zur NdN bis zum Jahr 2001 die folgenden Aspekte (Höttecke, 2001b, S. 7):

- Person des Wissenschaftlers, seine Arbeit und ihre Bedingungen,
- epistemologischer Status naturwissenschaftlichen Wissens,
- Experimente im Unterricht und als Forschungspraxis,
- naturwissenschaftliche Wissensproduktion und ihre Bedingungen.

In einer jüngeren Übersicht fassen Deng et al. (2011, S. 970) bei einer Analyse von über 100 Veröffentlichungen zu Studien zwischen 1991 und 2010 zehn Dimensionen zusammen, auf welche Aspekte der NdN sich die Erhebungen beziehen:

- Quelle naturwissenschaftlichen Wissens,
- Theoriegeladenheit der naturwissenschaftlichen Prozesse,
- empirischer Charakter naturwissenschaftlichen Wissens,
- Vorläufigkeit von naturwissenschaftlichem Wissen,
- Kreativität in den Naturwissenschaften,
- Eigenschaften naturwissenschaftlicher Methoden,
- Charakter und Unterschiedlichkeit von Beobachtung und Folgerung,
- Charakter und Beziehung zwischen Theorien und Gesetzen,
- Kohärenz von naturwissenschaftlichem Wissen,
- soziale und kulturelle Eingebettetheit von Naturwissenschaften.

Viele dieser Dimensionen wirken wie eine spezifischere Formulierung der von Höttecke (2001b) identifizierten. Allein der Schwerpunkt auf die Person des Wissenschaftlers ist in jüngeren Studien nicht mehr vorhanden.

Wie sich bereits bei den zuvor dargestellten Ergebnisübersichten zu Lehrer- und Schülervorstellungen zur NdN (vgl. Kapitel 2.1.2.3) andeutet, ist die Perspektive auf Veränderung, Entwicklung, Wandel und Fortschritt der Naturwissenschaften kaum repräsentiert. Es wird vorrangig auf Fragen bezüglich der Veränderlichkeit von Wissen im Sinne epistemologischer Vorstellungen fokussiert. Untersuchungen der Schülerperspektive zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften gibt es bis 2010 nicht. So gibt es beispielsweise im Fragebogeninstrument von Kremer (2010) Items zum Bereich „Entwicklung“, welche sich jedoch nur auf die Entwicklung fachlicher Vorstellungen und wissenschaftlicher Theorien beziehen. Entwicklung im Sinne der Wissenschaftsgeschichte in einer konkreten epochalen Abfolge von Zeiträumen, beeinflusst durch gesellschaftliche Rahmenbedingungen, werden in diesen Items nicht abgebildet. Es muss attestiert werden, dass die diachrone NdN in Erhebungen zur NdN bis 2010 unterrepräsentiert ist. Die folgende Darstellung der Ergebnisse zu Voraussetzungen der Schüler\_innen in diesem Bereich beziehen sich daher auf Untersuchungen zu epistemologischen Vorstellungen und auf jüngere Forschungsprojekte nach dem Jahr 2010. Epistemologische Überzeugungen und deren Zusammenhänge mit verschiedensten weiteren Covariablen wie Geschlecht, Alter, sozioökonomischer Status der Familie etc. werden auch aktuell, sowohl international als auch in Deutschland, intensiv untersucht. Eine Übersicht aktueller Studien von 2000 bis 2014 und Ergebnisse einer Untersuchung aus dem Jahr 2016 findet sich bei Kampa, Neumann, Heitmann und Kremer (2016).

Die Ergebnisse zu epistemologischen Vorstellungen zur Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens zeigen kein einheitliches Bild (Höttecke, 2004a, S. 267f). Larochelle und

Désautels (1991) stellen fest, dass viele Schüler\_innen naturwissenschaftliches Wissen als eine gesicherte Sammlung unveränderbarer Fakten ansehen. Andere Studien hingegen verweisen darauf, dass Schüler\_innen grundsätzlich eine Veränderlichkeit von Wissensbeständen anerkennen (u. a. Aikenhead, 1987). Unter Beteiligung von 10800 kanadischen Schüler\_innen und dem Einsatz des Paper-Pencil-Tests VOSTS (vgl. Kapitel 3.1.1) wurden Schülervorstellungen zu Charakteristiken und Grenzen naturwissenschaftlichen Wissens erhoben. Dabei zeigt sich unter anderem, dass Schüler\_innen ein gering ausgeprägtes Verständnis naturwissenschaftlicher Modelle aufweisen, jedoch fast 100 % naturwissenschaftliche Erkenntnis als vorläufig ansehen (Aikenhead, 1987, S. 484).

Es ist in jedem Fall zu berücksichtigen, dass sich die Schüler\_innen „über den historischen, vorläufigen und möglicherweise auch artefaktischen Charakter jeglicher Naturbeschreibung nicht im Klaren“ sind (Höttecke, 2004a, S. 268). Sie vertreten vorrangig die Idee der Abbildung von Realität durch die Wissenschaften ohne jedoch soziale, gesellschaftliche oder wirtschaftliche Einflussfaktoren zu reflektieren. Eben dies könnte durch die Thematisierung der diachronen NdN aufgegriffen werden.

Als einzige bekannte Studie, die die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften fokussiert, ist jene von Henke und Höttecke (2013c) zu nennen. Sie untersuchen Vorstellungen von Achtklässler\_innen zur diachronen NdN. Dabei nehmen die Schüler\_innen im Rahmen eines offenen Erhebungsverfahrens selbst eine Relevanzssetzung bzgl. der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften vor und erläutern diese in Interviews. Die Autoren identifizieren mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse der Interviewdaten sieben Idealtypen von Schülervorstellungen zum Wandel in den Naturwissenschaften:

Tabelle 2.1.: Von Henke und Höttecke (2013c, S. 349, Übersetzung JK) identifizierte Idealtypen von Schülervorstellungen zur diachronen NdN.

Nr.	Zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften...	Beschreibung
1	... als das Schöpfen aus einer versiegenden Quelle	Naturwissenschaftler_innen enthüllen bis heute erfolgreich die Geheimnisse der Natur, indem sie wahre/genau wissenschaftliche Erkenntnisse mit Hilfe immer effektiverer Methoden liefern. Aufgrund der beschränkten Anzahl der noch unerforschten Naturphänomene wird es jedoch zukünftig keine neuen naturwissenschaftlichen Entdeckungen mehr geben. Aus diesem Grund wird die wissenschaftliche Arbeit, wie wir sie kennen, zurückgehen und letztendlich irgendwann komplett enden.
2	... als das schließlich Erwachsenwerden	Die Naturwissenschaft überwand in der Vergangenheit äußerliche, gesellschaftliche und technologische Hindernisse (z. B. Mystizismus, Religion, mangelnde Akzeptanz, unzureichende Materialien), die die volle Entfaltung des der Naturwissenschaft innewohnenden Potenzials behinderten. Außergewöhnliche Ereignisse oder Personen (Aufklärung, industrielle Revolution, geniale Wissenschaftler/Genies) trugen maßgeblich dazu bei, diese Hemmnisse zu überwinden. Heute ist die Wissenschaft vollkommen entfaltet und so dazu fähig, alte und fehlerhafte Ansichten der Vergangenheit durch korrektes und genaues Wissen zu ersetzen.

3	... als Naturwissenschaften nach Münchhausen Art	In der Vergangenheit war die Wissenschaft geprägt/geknebelt von inneren Unzulänglichkeiten (unzureichende Forschungswerkzeuge und -strategien, voreilige Schlussfolgerungen, fehlende Zusammenarbeit), welche die Entfaltung der Naturwissenschaft verhinderten. Da die Wissenschaftler_innen jedoch ihre Werkzeuge zum Erschließen von Wissen (z. B. zutreffende Konzepte, effektive Methoden etc.) verbesserten bzw. neue entdeckten, konnte auch dieses Problem gelöst werden. Zu jeder Zeit hängt die Beständigkeit wissenschaftlicher Vorstellungen von den Werkzeugen der Wissenschaftler_innen ab, sodass heutige Auffassungen fast als final angesehen werden können.
4	... als eine Geschichte aus lauter Sackgassen	Naturwissenschaft entwickelt sich evolutionär, indem sie jene Ideen aufgibt, die in eine Sackgasse führen, weil ihre Forschung nicht die erwarteten Ergebnisse erbringt. So wird denen der Weg bereitet, die es schaffen, die richtigen Fragen zu stellen oder die richtigen Ideen hatten. Mit der Zeit war es möglich, diese Grenze des Scheiterns zu identifizieren und damit die Anzahl an Sackgassen zu minimieren.
5	... als sequenzielles Lösen von Problemen	Durch Naturwissenschaft kann Wissen effektiv erschlossen werden, indem eine Fragestellung nach der anderen gelöst wird. Hierbei können Fragestellungen aus der Naturwissenschaft selbst (z.B. widersprüchliche Aussagen) oder von außen (z. B. Stoppen des Klimawandels) hervorgehen, beide Arten wurden und werden auch weiterhin erfolgreich gelöst. Jede Lösung wird durch einzigartige Forschungsaktivität gefunden. Das entstandene Wissen wird auf nicht-kumulative Art und Weise zum Bestehenden hinzugefügt.
6	... als objektiver technologischer Fortschritt	Wie wir selbst mit unseren eigenen Augen sehen können, verbessert sich der Zustand der Naturwissenschaft durch das Hervorbringen technologischer Produkte. Es gibt keine Grenze für die Menge dieses „Wissens“, welches enthüllt wird. Individuelle und gesellschaftliche Bedürfnisse bestimmen die Richtung der wissenschaftlichen Forschung und somit die Art und die Lösbarkeit der Problemstellungen.
7	... als ein Prozess von kreativen zu technisch geprägten Naturwissenschaften	Naturwissenschaftler_innen der Vergangenheit mussten aufgrund von verschiedenen Hindernissen (fehlender Technologie, Material, Rationalität) härter und kreativer arbeiten, um erfolgreich sein zu können. Die Rolle der Kreativität und des Einfallsreichtums nimmt mit der Zeit ab, da heutzutage die meisten wissenschaftlichen Prozesse technologisch gelöst sind, sodass die Wissenschaftler_innen von dieser Arbeitsverantwortung befreit wurden und nun eher der Rolle eines Managers der Wissenserschließung gerecht werden.

Diese Typen beziehen sich zwar auch, aber nicht ausschließlich auf den epistemologischen Status von Wissen. Mit Typ 7 wird beispielsweise auch auf den Wandel technischer Forschungsmöglichkeiten eingegangen. Hinter der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften verbirgt sich für die beteiligten Schüler\_innen deutlich mehr als die Veränderlichkeit von Wissen. Es zeigt sich, dass Schüler\_innen auch ohne historisch orientierten Unterricht über Vorstellungen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften verfü-

gen und diese in Interviews verbalisieren können. Henke (2016, S. 21) formulieren aber auch ein Desiderat fachdidaktischer Forschung, indem es „den Sinnbildungsprozess von Lernenden zu einzelnen NdN-Themen in Abhängigkeit von der Unterrichtsumgebung unter die Lupe [zu] nehmen [gilt]“. In historisch orientiertem Unterricht ist das zentrale NdN-Thema eben die diachronen NdN. Die vorliegende Arbeit nimmt sich diesem Desiderat an und betrachtet die Sinnbildung von Schüler\_innen zur diachronen NdN im Detail.

### 2.1.3.5. Konsequenzen für diese Arbeit

In der Diskussion um historisch orientierten Unterricht wurde das Potenzial dieser Art der Unterrichtsgestaltung im Hinblick auf verschiedenste Aspekte wie Motivation und Lernerfolg deutlich. Von einer Vielzahl von Fachdidaktiker\_innen wird im Hinblick auf das Erreichen einer naturwissenschaftlichen Grundbildung eine Implementierung historisch orientierten Unterrichts in den Regelunterricht befürwortet. Die Forschungsergebnisse zum Einfluss historisch orientierter Unterrichtsangebote auf das Lernen über die NdN sind uneinheitlich und machen damit weitere Forschung notwendig. Viele Studien verweisen auf positive Effekte historisch orientierten Unterrichts für das Lernen über die NdN.

Der Blick auf die dargestellten Studien zeigt, dass eine Vielzahl historisch orientierter Unterrichtskonzepte existiert, die Implementierung in den Unterricht in Deutschland und international jedoch nur wenig vorangeschritten ist. Von Lehrkräften, die historisch orientiert unterrichten, wird ein Mangel an Wissen über die Voraussetzungen der Schüler\_innen in diesem Bereich herausgestellt. Dies bestätigt sich in der Analyse bestehender Untersuchungen zu Schülervorstellungen. Bisherige empirische Untersuchungen beziehen sich nicht dezidiert auf die diachrone NdN. So zeigt sich im Hinblick auf historisch orientierten Unterricht ein deutliches Forschungsdesiderat in Bezug auf die Voraussetzungen der Lernenden.

Einzig die Untersuchung von Henke und Höttecke (2013c) beschäftigt sich mit der diachronen NdN. Dabei zeigt sich, dass Schüler\_innen auch ohne vorherigen historisch orientierten Unterricht in der Lage sind, über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften zu sprechen. Es ist bisher noch nicht bekannt, was dies ermöglicht und ob sich bei Schüler\_innen anderer Klassenstufen weitere Vorstellungen zeigen. Ein dezidiertes Wissen über die Perspektiven der Schüler\_innen ist jedoch für die Gestaltung effektiver Lehr-Lern-Arrangements nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion unerlässlich. Dieses Modell wird im folgenden Kapitel vorgestellt. Genau hier könnte eine Ursache für den teilweise festgestellten Misserfolg historisch orientierter Unterrichtskonzepte liegen. Eine umfassende Untersuchung der Schülerperspektive wie es N. G. Lederman et al. (1998, S. 346) oder die von Henke und Höttecke (2014) interviewten Lehrkräfte wünschen, erfolgte für die diachrone NdN bisher noch nicht. Dazu möchte die vorliegende Arbeit einen Beitrag leisten.

### 2.1.4. Modell der didaktischen Rekonstruktion

Das Plädoyer für eine explizite Thematisierung der Natur der Naturwissenschaften im Unterricht, beispielsweise mittels historisch orientiertem Unterricht, macht es notwendig, sich mit der Gestaltung von Lernangeboten auseinanderzusetzen. Dieses Kapitel beschäftigt sich auf einer allgemein fachdidaktischen Ebene mit der Planung von Lehr-Lern-Arrangements.

Die fachdidaktische Forschung zeigt, dass Schüler\_innen bereits mit Vorwissen und Erfahrungen in den Unterricht kommen. Sie sind gerade keine unbeschriebenen Blätter (Duit, 1993b, S. 8). Dieses Wissen bestimmt ihr weiteres Lernen, „weil die Schülerinnen und Schüler das Neue nur durch [die] Brille des ihnen bereits Bekannten und Vertrauten ‚sehen‘ können“ (Duit, 1993a, S. 7). Lernen, im Sinne des Konstruktivismus, ist ein aktiver Konstruktionsprozess auf Basis vorhandener Wissensbestände<sup>8</sup>. Damit Lernen erfolgreich stattfinden kann, sollten bei der Planung und Durchführung von Lernangeboten sowohl die fachliche Perspektive auf den Lerngegenstand, als auch die Perspektive der Schüler\_innen Berücksichtigung finden (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997). Diese Idee einer gleichberechtigten Berücksichtigung beider Perspektiven ist Ausgangspunkt des *Modells der didaktischen Rekonstruktion* (ebd., S. 6), welches in den 1990er Jahren von Fachdidaktiker\_innen der Fächer Physik und Biologie entwickelt wurde und sich explizit auf die Gestaltung naturwissenschaftlichen Unterrichts bezieht.

Das Modell beschreibt die Entwicklung von Lernangeboten und versucht damit Teile der fachdidaktischen Arbeit von Lehrkräften und Fachdidaktiker\_innen abzubilden. Die Bezeichnung des Modells geht auf Kattmann zurück, der den Begriff erstmals im folgend beschriebenen Sinne verwendete: „[D]em Terminus der didaktischen Rekonstruktion [wird] eine Bedeutung zugewiesen, die über die der Reduktion und Transformation von Wissensbeständen hinausgeht“ (ebd., S. 4). Es liegt also die Annahme zugrunde, dass für die Strukturierung von Lernangeboten eine reine Reduktion des fachwissenschaftlichen Gegenstandes nicht ausreicht. Vielmehr muss der Inhalt mit Blick auf die Ausgangslage der Schüler\_innen rekonstruiert werden. Bei der didaktischen Rekonstruktion werden daher die drei Teile „Fachliche Klärung“, „Erfassen von Schülerperspektive“ und „Didaktische Strukturierung“ aufeinander bezogen und eine Wechselwirkung zwischen ihnen angenommen (vgl. Abbildung 2.6).

Ziel des Prozesses der didaktischen Rekonstruktion ist die Entwicklung einer didaktischen Strukturierung, also eine Planung von Lernwegen für die Schüler\_innen, bezogen auf einen bestimmten Lerngegenstand. Diese Absicht beeinflusst die Auswahl der fachlichen Inhalte für die fachliche Klärung auf der einen Seite und schränkt dadurch auf der anderen Seite den Bereich der Schülerperspektive ein (siehe Abbildung 2.6 kleine Pfeile vertikal). Die fachliche Klärung beinhaltet die Wiederherstellung bedeutsamer Bezüge eines fachlichen Gegenstandes. Diese beeinflusst den Umgang mit der Schülerperspektive auf den Gegenstand.

---

<sup>8</sup>Siehe für detailliertere Ausführungen bspw. Roth (1994) oder Reich (2008).

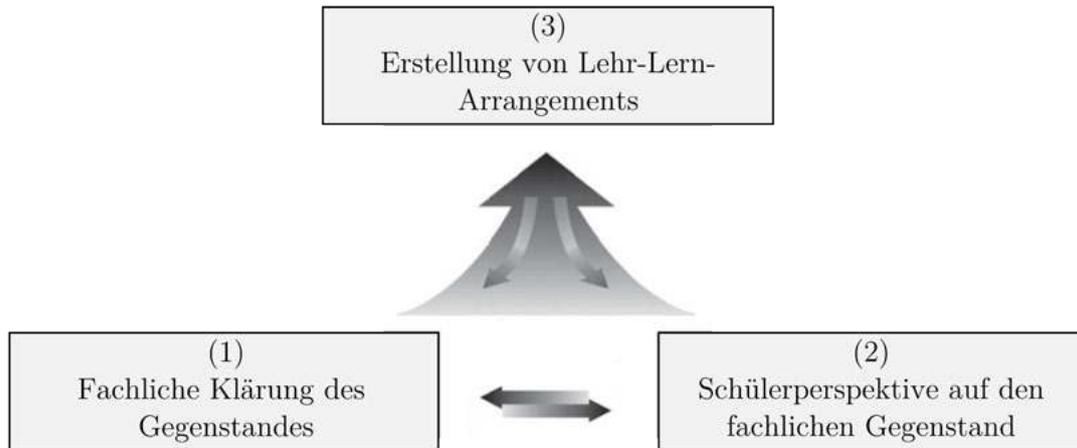


Abbildung 2.6.: Modell der didaktischen Rekonstruktion nach Kattmann, Duit, Gropengießer und Komorek (1997, S. 4).

Umgekehrt beeinflusst die Schülerperspektive die fachliche Klärung. Beide Bereiche werden immer wieder wechselseitig in Beziehung gesetzt und abgeglichen (siehe Abbildung 2.6 kleine Pfeile horizontal). Auf Grundlage dieses, in Abbildung 2.6 durch den großen vertikal ausgerichteten Pfeil symbolisierten Prozess, ergibt sich eine didaktische Strukturierung. Zentrales Anliegen ist eine gleichwertige Berücksichtigung fachlicher Aspekte und der Perspektive der Schüler\_innen bei der Planung didaktischer Strukturen. Insgesamt wird dieser Prozess von den Zielen naturwissenschaftlichen Unterrichts beeinflusst (Duit, 2004, S. 1).

Eine Berücksichtigung der Schülerperspektive bei der Unterrichtsgestaltung wird von vielen Autoren als notwendig angesehen, da die Schülerperspektive nach Annahmen des Konstruktivismus das weitere Lernen der Schüler\_innen beeinflussen (Duit, 1993b; Niedderer & Schecker, 2004; Kircher, 2015, S. 58). Auch Wagenschein beschreibt die Bedeutsamkeit der, wie er es nennt, „Vorphysik“ als Grundlage für das Lernen von Physik:

„Was vorausgeht, sagen wir: die 'Vorphysik' ist nun aber nicht ein armer Verwandter, nicht das Ergebnis einer beklagenswerten Unreife, das man als Lehrer schnell hinter sich und aus dem Blick der Kinder bringen sollte, sondern sie ist der große Ahne, der Boden, aus dem *allein* Physik hervorgehoben werden konnte und kann. Diese Vorphysik ist das Feld, dem der Lehrer seine größte Aufmerksamkeit zuwenden sollte.“ (Wagenschein, 1995, S. 119 Hervorhebungen im Original)

#### 2.1.4.1. Konsequenzen für diese Arbeit: Erkenntnisinteresse

Im Modell der didaktischen Rekonstruktion wird die Berücksichtigung der vorunterrichtlichen Schülerperspektive auf Lerngegenstände stark gemacht. Um dies gewährleisten zu können, ist Wissen über die Schülerperspektive bereits bei der Konzeption von Lernan-

geboten notwendig. Es wird als Aufgabe fachdidaktischer Forschung verstanden diesen Beitrag zu leisten. Wie sich in den Ausführungen des vorangegangenen Kapitels jedoch zeigt, ist die Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften bisher erst in Ansätzen untersucht. Das Modell der didaktischen Rekonstruktion bildet einen übergreifenden theoretischen Rahmen zur Begründung der Sinnhaftigkeit der Beschäftigung mit der Schülerperspektive.

Ausgehend vom Forschungsstand und dem Potential historisch orientierten Unterrichts ergibt sich das Erkenntnisinteresse dieser Arbeit: Es soll die Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften analysiert werden.

Im folgenden Kapitel 2.2 findet die fachliche Klärung des Gegenstandes „zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften“ für die vorliegende Arbeit statt. Eine solche Klärung ist als Ausgangspunkt einer differenzierten Betrachtung der Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften notwendig. Vor einer empirischen Untersuchung der Schülerperspektive muss darüber hinaus geklärt werden, wie die Schülerperspektive konzeptionell gefasst wird. Dies geschieht in Kapitel 2.3.

In diesem Sinne orientiert sich auch die vorliegende Arbeit am Modell der didaktischen Rekonstruktion, indem sowohl die fachliche Klärung, als auch Erkenntnisse zur Schülerperspektive wechselseitig aufeinander bezogen werden. Auf Grundlage dieses Inbeziehungsetzen können in Kapitel 5.4.2 Hinweise für die didaktische Strukturierung von historisch orientierten Lehr-Lern-Arrangements gegeben werden.

## 2.2. Die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften

Die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften kann sich, ausgehend von der in Kapitel 2.1.3.1 entfalten Violdimensionalität der Bezugsdisziplinen, auf ganz verschiedene Facetten beziehen. Es gibt entsprechend nicht eine objektive Beschreibung der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften, sondern eine Vielzahl von Blickwinkeln, Schwerpunkten und Perspektiven. Im Hinblick auf die Analyse der Perspektive der Schüler\_innen ist es aber dennoch notwendig normativ festzulegen, was als typische Entwicklungslinien der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften gilt. Dabei ist zu bemerken, dass die vorliegende Arbeit nicht im Feld der Wissenschaftsgeschichte entsteht und entsprechend keine umfassende Aufbereitung ihrer Erkenntnisse möglich ist. Vielmehr werden zusammenfassende Darstellungen von Erkenntnissen der Wissenschaftsgeschichte, -soziologie, und -theorie herangezogen, um einen Überblick über eben typische Entwicklungslinien der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften zu erhalten.

Die vorliegende Arbeit folgt Erduran und Dagher (2014) und versteht Naturwissenschaften als ein komplexes sozial-institutionalisiertes System, dessen verschiedene Teile sich gegenseitig bedingen (vgl. Kapitel 2.1.2.1). Entsprechendes gilt für die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften. Aus diesem Grund werden neben der zeitlichen Entwicklung naturwissenschaftlicher Erkenntnismethoden und wissenschaftstheoretischen Überlegungen

auch Veränderungen und Stellenwert soziologischer und gesellschaftlicher Bedingungen betrachtet. Insgesamt können sechs Entwicklungslinien identifiziert werden, anhand derer die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften nachvollzogen werden kann und die als charakteristisch für die Beschreibung der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften verstanden werden:

1. Die zeitliche Entwicklung soziologischer Strukturen und Bedingungen.
2. Die zeitliche Entwicklung gesellschaftlich-kultureller Bedingungen.
3. Die zeitliche Entwicklung der Technik und anderer Errungenschaften.
4. Die zeitliche Entwicklung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse.
5. Die zeitliche Entwicklung wissenschaftstheoretischer Überlegungen.
6. Die zeitliche Entwicklung naturwissenschaftlicher Erkenntnismethoden.

Anhand dieser Entwicklungslinien wird in den folgenden sechs Kapiteln ein systematischer Zugang zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften möglich, wie er bereits in kürzerer Version bei Höttecke, Henke und Krüger (2015) zu finden ist.

### **2.2.1. Entwicklung soziologischer Strukturen und Bedingungen**

Unabhängig von einer zeitlichen Komponente betont Fleck (1994, S. 59) die soziale Bedingtheit naturwissenschaftlicher Erkenntnis. Erst durch das Bestehen kollektiv geteilter Denkstile wird Erkenntnis möglich. Teil eines Denkkollektivs zu sein bedeutet, einem bestimmten Denkstil, einer Art und Weise zu denken und zu erkennen Folge zu leisten (Fleck, 1994, S. 54). Die Denkstile speisen sich aus der geschichtlichen Entwicklung des Gebietes, des Wissensstandes und des Kulturbestandes (ebd., S. 54-55). In diesem Sinne beeinflussen ganz allgemein historische Entwicklungen von Gesellschaft und Wissenschaft den Erkenntnisprozess.

Spezifischer äußert sich die Veränderung soziologischer Strukturen beispielsweise im Institutionalisierungsprozess wissenschaftlicher Arbeit. Dieser beinhaltet die Schaffung und Erhaltung formaler Strukturen und gründet insbesondere im Bedürfnis wissenschaftlicher Kommunikation (Weingart, 1976, S. 52). Als Zeichen des steigenden Institutionalisierungsgrades wird die Gründung von Institutionen, Stiftungen, Akademien, Universitäten und Gesellschaften angesehen. Dabei vereinten Akademien wie die Royal Society (gegründet 1660) die Naturforschung insgesamt und waren auch für damalige Amateure mit geringem gesellschaftlichem Stand offen (Stichweh, 1984, S. 66). Ab dem Jahre 1828 fand eine interne Differenzierung durch Gründung von Sektionen innerhalb der großen wissenschaftlichen Gesellschaften statt. Dieser Prozess verstärkte sich ab 1847 durch die Gründung unabhängiger Fachgesellschaften, die nun stärker disziplinspezifisch organisiert waren (Weingart, 1976, S. 52ff). Der Bedarf an spezifischer Kommunikation führte zu einer strukturellen Differenzierung nach unterschiedlichen Schwerpunkten und so auch zur Entwicklung verschiedener Disziplinen in den Naturwissenschaften (Stichweh, 1984, S. 39). Damit einher-

gehend fand auch eine Institutionalisierung der Ausbildung statt, indem beispielsweise seit Anfang des 18. Jahrhunderts in Deutschland Universitäten gegründet wurden und spezifische Forschungsinstitute den wissenschaftlichen Nachwuchs weiterqualifizieren (Weingart, 1976, S. 114). Ab dem 19. Jahrhundert stellen daher vor allem die Universitäten die nötige Infrastruktur für die fortschreitende Disziplinendifferenzierung zur Verfügung (Stichweh, 1984, S. 74).

Stärker quantitativ zeigt sich die Entwicklung der Naturwissenschaften durch die Anzahl der Wissenschaftler\_innen weltweit. Diese nahm im Laufe der Zeit immer weiter zu. Solla Price (1974, S. 13) arbeitet heraus, dass Anfang der 1970er Jahre 80 - 90 % aller jemals lebenden Wissenschaftler\_innen lebten. Das Wachstum der Wissenschaftler\_innenzahl kann als exponentiell beschrieben werden. Damit steigt die Anzahl der Wissenschaftler\_innen in einem deutlich höherem Maß als beispielsweise die Bevölkerung der USA insgesamt (Solla Price, 1974, S. 22). Aber nicht nur die Anzahl der Wissenschaftler\_innen, sondern auch das Publikationsvolumen stieg mit der Zeit an. Nach der Gründung der neuzeitlichen wissenschaftlichen Gesellschaften, wie der Royal Society, entstanden erste wissenschaftliche Zeitschriften. Publikationen von Artikeln wurde möglich und so die Publikation von Monografien erweitert (ebd., S. 74). Durch die Möglichkeit der wissenschaftlichen Kurzveröffentlichungen stieg auch die Anzahl der Publikationen weiter an. Dabei führten soziologisch begründete Bedürfnisse und weniger erkenntnislogische Gründe zur Etablierung dieser Art der Publikation:

„Die wissenschaftlichen Zeitschriften hatten ursprünglich weit eher einen sozialen Zweck, nämlich herauszufinden, was geforscht wurde und von wem, als die der Forschung dienende Absicht, neues Wissen zu veröffentlichen.“ (Solla Price, 1974, S. 75)

Soziale Strukturen nehmen entsprechend Einfluss auf die Arbeitsweisen und Mechanismen in den naturwissenschaftlichen Gemeinschaften. Dabei zeigt sich in einer zeitlichen Dimension ein Wandel von der Veröffentlichung von Monografien durch einen Autor, über die Publikation in Zeitschriften, bei der persönliche und vorläufige Forschung dargestellt wird, hin zur Publikation in Handbüchern mit kollektivem, allgemeingültigem Charakter (Solla Price, 1974; Fleck, 1994).

Auch Mechanismen der Anerkennung neuer Erkenntnisse haben sich im Laufe der Zeit verändert. So urteilten im 17. Jahrhundert so genannte „Gentleman of Science“ (Cohen, 1998) über die Gültigkeit neuer Erkenntnisse. Diesen Gentleman wurde zugesprochen, besonders ehrenvoll und ehrlich zu agieren, sodass auf ihr Wort Verlass sei (Shapin, 1994, S. 65ff). Sie hatten aufgrund ihrer Stellung jedoch auch die Möglichkeit, die Veröffentlichung von Erkenntnissen abzuweisen oder nur bestimmte Forschungen zu unterstützen. Gründe für die Verweigerung der Veröffentlichung von Ideen zur Elektrizitätslehre waren beispielsweise die als unpassend empfundene Sprache des Autors und die Abwendung von den, zu der Zeit gewöhnlichen Meinungen (Sibum, 1994, S. 110). Es sind also unter anderem soziale Mechanismen, die die Veröffentlichung von Forschungsergebnissen beeinflussen.

In der aktuellen Forschungspraxis wird die Anerkennung neuer Erkenntnisse über Nachvollziehbarkeit und Prüfbarkeit durch Experten der Scientific Community sichergestellt (Peer-Review-Verfahren). Befunde einzelner Wissenschaftler\_innen müssen einem institutionalisierten Testmechanismus standhalten, damit sie als Wissen anerkannt werden (Driver et al., 1996, S. 44). „Was als physikalisch relevante Natur und deren Deutung gilt, geht erst aus dem Konsens anerkannter Experten hervor und unterliegt damit einer sozialen Dynamik“ (Höttecke, 2001a, S. 116).

Die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften ist aufgrund der Tatsache, dass Naturwissenschaften als ein soziales Konstrukt zu verstehen sind, von sozialen Mechanismen und Veränderungen dieser beeinflusst. Als Entwicklungslinie kann die Veränderung innerwissenschaftlicher soziologischer Strukturen identifiziert werden.

### 2.2.2. Entwicklung gesellschaftlich-kultureller Bedingungen

Naturwissenschaften und gesellschaftliche sowie kulturelle Strukturen sind eng miteinander verwoben. Diese gesellschaftlich, kulturellen Strukturen verändern sich im Laufe der Zeit und beeinflussen dabei auch die naturwissenschaftliche Arbeit. Andersherum beeinflusst aber auch die Entwicklung der Naturwissenschaft kulturelle Bedingungen. Dies soll anhand einzelner Beispiele verdeutlicht werden.

„Die Auffassung, daß 'angewandte Wissenschaft' irgendwie von geringerem Werte ist als 'reine' Wissenschaft, mußte einer Gesellschaft, in der alle nützliche Arbeit durch Sklaven und Leibeigene geleistet wurde, und der Gewerbe und Industrie mehr durch überlieferte Vorbilder als durch Intelligenz geführt wurden, natürlich erscheinen.“ (Dewey, 1993, S. 302-303)

So überrascht es nicht, dass sich im Laufe der Zeit das Verständnis der Durchführung von Experimenten verändert hat. Galt handwerkliche Arbeit in der alexandrinischen Zeit mit der Sklavenarbeit noch als unschicklich (Mason, 1961, S. 166; Weingart, 1976, S. 99), gehören handwerkliche, experimentelle Fähigkeiten heute selbstverständlich zur Arbeit von Wissenschaftler\_innen. So zeigen sich an diesem Beispiel die Auswirkungen „sozialer Schichtung und Zweiklassigkeit“ auf die naturwissenschaftliche Arbeit (Dewey, 1993, S. 330). Erst durch eine kulturelle Veränderung und durch ein verändertes Rollenverständnis des Menschen im Kontext der Wissenschaft (von reiner Beobachtung der Natur hin zu aktiver Manipulation der Natur durch Experimente) wurde die „Aufhebung der Trennung in Kopf- und Handarbeit“ möglich (Pukies, 1979, S. 60).

Vice versa ermöglichte das vorherrschende Verständnis der Naturwissenschaften in der Renaissance und der Aufklärung die heute noch vorherrschende kapitalistische Produktionsweise der Wirtschaft. Zur damaligen Zeit wurde naturwissenschaftliche Erkenntnis als Wahrheit verstanden und der Vernunft eine zentrale Rolle zugeschrieben. Ziel der naturwissenschaftlichen Forschung wurde die Beherrschung der Natur, was somit auch ein (Aus-)Nutzen dieser legitimiert (Pukies, 1979, S. 74ff). Das Bürgertum sah sich durch die wahrheitbringenden Wissenschaftler\_innen aus ihren Reihen gestärkt. Es war Ziel, „die

Natur und ihre Kräfte bzw. Gesetze [zu] nutzen und für sich arbeiten [zu] lassen“ (Fischer, 2002, S. 52).

Wechselseitig beeinflussten sich naturwissenschaftlicher und politischer Fortschritt, die ihren „Höhepunkt in der gleichzeitigen politischen (französischen) und (durch naturwissenschaftliche Forschung und bürgerliches Gewinnstreben hervorgebrachten) industriellen Revolution am Ende des 18. Jahrhunderts“ fanden (Pukies, 1979, S. 80). Im Rahmen der industriellen Revolution veränderte sich die Rolle der Naturwissenschaftler\_innen weiter. Nun stellen sie nicht mehr Vertreter\_innen der Vernunft und des Bürgertums dar, sondern werden zu namenlosen Teilen der Maschinerie der Industrialisierung. Die Produktivität der Industrie ist zentrales Anliegen der Gesellschaft und beeinflusst entsprechend auch die Anforderungen an die Wissenschaft. Besonders deutlich zeigt sich dies bei der Entstehung der Thermodynamik. Die Entwicklung der Dampfmaschine zeigte deutliches Potential im Hinblick auf die Steigerung der Produktivität. Um diese weiter zu steigern, waren Maschinen mit höherem Wirkungsgrad von Nöten: „Die Dampfmaschine erforderte zu ihrer Verbesserung immer weitergehende naturwissenschaftliche Forschung; die schnelle Entwicklung der Thermodynamik ist direktes Resultat dieser Forderungen“ (ebd., S. 82).

Das veränderte Selbstbewusstsein des Bürgertums zur Zeit der Renaissance ermöglichte weitere gesellschaftliche und wissenschaftliche Veränderungen. Spiegelte die erste Aristotelische Systematisierung von Bewegungen noch das Feudal- und Kirchensystem wider, wurde dies durch die Impetustheorie in einem ersten Schritt aufgeweicht (Pukies, 1979, S. 59). Nicht nur Gott, sondern auch der Mensch wird als Ursache für Bewegung möglich. Die Grundpfeiler des Feudalsystems geraten ins Wanken, indem die gottgegebene Hierarchie von himmlischen Gestirnen und irdischen Bewegungen untergraben wird. Dies spitzt sich bei der Diskussion um das heliozentrische Weltbild zu. Die Auffassung einer unveränderlichen, gottgegebenen Hierarchie wurde gänzlich in Frage gestellt und entzog damit dem bestehenden Gesellschaftssystem seinen Boden.

„Naturwissenschaftler und Bürger waren Verbündete im Kampf gegen das Feudalsystem, das Zusammenwirken beider Kräfte ermöglichte den erfolgreichen Kampf sowohl gegen die Aristotelische Physik als auch gegen das feudalistische Herrschaftssystem.“ (Pukies, 1979, S. 64)

Dabei ist zentral, dass das heliozentrische Weltbild von den damaligen Wissenschaftler\_innen nicht im Sinne der Vernunft bewiesen werden konnte. So war es vielmehr eine Frage gesellschaftlicher Macht, dieses Weltbild durchzusetzen. Entsprechend verwundert der starke Widerstand der Kirche gegen diese Entwicklungen nicht, schließlich wurde sie ihrer grundsätzlichen Legitimation enthoben (Pukies, 1979, S. 64).

Die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften beeinflusst und ist beeinflusst durch gesellschaftliche Strukturen und Veränderungen dieser. Als Entwicklungslinie kann die Veränderung außerwissenschaftlicher gesellschaftlicher Strukturen identifiziert werden.

### 2.2.3. Entwicklung der Technik und anderen Errungenschaften

Wie bereits die vorherige Darstellung zeigt, sind naturwissenschaftliche Forschung und Technik eng miteinander verknüpft. So nahm der Bedarf an Dampfmaschinen höheren Wirkungsgrades direkten Einfluss auf die naturwissenschaftliche Forschung. Andersherum nimmt aber auch die Entwicklung der Technik Einfluss auf die Forschung. Beispielsweise konnten nur aufgrund der Verbesserung technischer Möglichkeiten der Forschung die experimentellen Ergebnisse von Hertz zur Ladung von Kathodenstrahlen bei den Untersuchungen von Leuchterscheinungen in Entladungsröhren relativiert werden. Erst verbesserte Möglichkeiten der Erzeugung von Vakuum durch stärkere Pumpen, ermöglichten einige Zeit später Thomson den Nachweis der negativen Ladung der Strahlen (Chalmers, 2001, S. 28f). „Lediglich im Licht darauf folgender theoretischer und technischer Fortschritte erweisen sich seine [Hertz] Resultate als nicht haltbar“ (ebd., S. 29). So beeinflusst die Entwicklung der Technik auch die technischen Möglichkeiten der Forschung.

Neben der Entwicklung technischer Möglichkeiten der Forschung veränderten sich in einer zeitlichen Dimension auch die Technologien des Alltags. Nach der industriellen Revolution erhielt die Technisierung in der westlichen Welt auch Einzug in den Haushalt und in die Arbeitswelt der Menschen. Vor allem die Chemie- und Elektroindustrie produzierten früh für den Massenkonsum (Lipp, 1993, S. 22). Mit der Etablierung des Elektromotors „veränderte sich der Arbeitsplatz in der Fabrik, aber auch die Lebensformen in der Industriegesellschaft“ (Lipp, 1993, S. 22). Die Technisierung in ländlichen Haushalten wurde vor allem durch die 1930 bis 1960 stattfindende Ausstattung von Gemeinschaftshäusern mit Geräten wie Backöfen, Teigknetmaschinen, Waschmaschinen, Schleudern, Bügelmaschinen und später mit Tiefkühlgeräten initiiert (Krieg, 1993, S. 142). Ab den 1960er Jahren waren durch die steigende Kaufkraft der Nachkriegszeit fast alle Privathaushalte mit technischen Geräten für das alltägliche Leben ausgestattet (Krieg, 1993, S. 148). Heutzutage gehören technische Geräte wie Computer, Mobiltelefone, Fernseher usw. zum Alltag der Menschen. Sie nehmen Einfluss auf unsere Lebenswelt (Jörissen & Marotzki, 2009, S. 27) und in jüngster Zeit verändert vor allem das Internet das alltägliche Leben der Menschen (Semar, 2014, S. 11ff). Auch Kinder oder Jugendliche haben täglich Kontakt mit diesem und anderen technischen Produkten. So stellt eine seit 1997 jährlich durchgeführte Studie von ARD und ZDF für das Jahr 2015 fest, dass im Schnitt knapp 85 % der 14 bis 49-Jährigen täglich das Internet nutzen (Frees & Koch, 2015, S. 366). Es wird von allgegenwärtiger oder durchdringender Computertechnik gesprochen und unter anderem Möglichkeiten diskutiert, Technik auch stärker in den Alltag älterer Menschen zu integrieren, um den altersbedingten Unterstützungsbedarf abdecken zu können (Weber, Frommeld, Manzeschke & Fangerau, 2015, S. 9). Technik ist heute also im Leben aller Generationen präsent und wird es vermutlich zukünftig noch stärker sein.

Neben dieser Entwicklung technischer Errungenschaften der Forschung in Form von Forschungsgeräten und Alltagsprodukten, entwickeln sich auch naturwissenschaftliche Erkenntnisse. So formuliert Jean Piaget in seiner Einführung in die genetische Erkenntnistheorie:

„Der gegenwärtige Stand der Erkenntnis ist gewissermaßen eine Momentaufnahme in der Geschichte, deren Gegenstand sich ebenso schnell – in vielen Fällen schneller – ändert, wie sich der Erkenntnisstand in der Vergangenheit immer geändert hat.“ (Piaget, 1973, S. 8)

Veränderungen der Erkenntnisse ziehen weitere Konsequenzen nach sich. Neue Erkenntnisse der Medizin und Hygiene beispielsweise beeinflussten maßgeblich die Lebenserwartung der Menschen von 40 Jahren Ende des 18. Jahrhunderts zu 75 Jahren im Jahre 1991 (Gloy, 1995, S. 15). Dass es dabei auch immer eine andere Seite der Medaille zu berücksichtigen gibt, zeigen die aufgrund dieser Entwicklung vorherrschenden Probleme der Überbevölkerung, Hungersnöte und Massensterben. Die zeitliche Entwicklung der Errungenschaften der Forschung bezieht sich neben technischen Geräten also ebenfalls auf Wissen, Verfahren, Vorgehensweisen und bringt auch Nachteile mit sich.

Die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften ist beeinflusst durch den Stand des Wissens und der Technik, den sie selbst hervorbringt. Als Entwicklungslinie kann die Veränderung technischer Möglichkeiten der Forschung, der Alltagstechnik und des Wissensstandes identifiziert werden.

#### **2.2.4. Entwicklung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse**

Im Laufe der Zeit stieg sowohl die Anzahl der Wissenschaftler\_innen exponentiell, als auch die Menge wissenschaftlicher Publikationen stark an (von 2002 zu 2008 um 34 % in den Bereichen Chemie, Medizin, Geowissenschaften, Ingenieurwesen und Technik, Mathematik, Physik, Biologie und Biomedizin (UNESCO, 2010, S. 14-15)). Dies kann als Indiz dafür gewertet werden, dass auch die Menge wissenschaftlicher Erkenntnisse wächst. Dabei ist nicht von einer Unveränderlichkeit der Erkenntnisse auszugehen. In einer zeitlichen Dimension können sich Urteile über experimentelle Ergebnisse zum Beispiel aufgrund eines neuen wissenschaftlichen Verständnisses oder neuer technischer Möglichkeiten verändern. Experimentelle Ergebnisse ergaben sich im historischen Wandel beispielsweise als irrelevant, da sie sich auf falsche theoretische Annahmen stützten (Chalmers, 2001, S. 28ff). In diesem Sinne unterliegt wissenschaftliche Erkenntnis grundsätzlich einer Vorläufigkeit und Veränderlichkeit (McComas, 1998). Dies macht naturwissenschaftliches Wissen dennoch nicht beliebig. Es ist eben „kein ewiggültiges Wissen, sondern ein operables Wissen, ein Handlungswissen“ (Bühl, 1974, S. 55). Dieses Wissen muss sich in der Praxis bewähren.

In einer zeitlichen Dimension verändert sich damit auch der epistemologische Status von Wissen durch das Vorhandensein neuer Evidenz (Priemer, 2003). So gibt es Wissen, welches bereits vielfältigen Prüfungen standgehalten hat und entsprechend etabliert ist. Auf der anderen Seite gibt es aber auch Wissen, welches noch offener für legitime Zweifel ist. Entsprechend sind aktuelle Erkenntnisse der Naturwissenschaften als die zurzeit bestmöglichen anzusehen, welche sich jedoch auch in Zukunft als falsch herausstellen können (Bartholomew et al., 2004, S. 657). So kristallisiert sich das „Bleibende vor dem Hintergrund ständiger Korrektur und eines entsprechenden Wandels“ heraus (Mühlhölzer, 2011,

S. 80). Auf diesen Prozess der Veränderung des Grades der Sicherheit von Erkenntnissen nehmen die Entwicklung der Technik, die Entwicklung der Gesellschaft und Kultur sowie die Entwicklung der soziologischen Strukturen der Naturwissenschaften Einfluss.

Die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften zeichnet sich dadurch aus, dass naturwissenschaftliche Erkenntnisse im Laufe der Zeit für Veränderungen offen bleiben und dennoch nicht beliebig sind, sondern durch Evidenz abgesichert werden. Als Entwicklungslinie kann die gleichzeitige Veränderlichkeit und Beständigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse identifiziert werden.

### 2.2.5. Entwicklung wissenschaftstheoretischer Diskussionen

Die Wissenschaftstheorie befasst sich mit philosophischen Fragen nach dem Selbstverständnis, den Möglichkeiten und Grenzen der Naturwissenschaften. Beispielsweise galten in der Renaissance und Aufklärung Naturwissenschaftler\_innen als Philosophen und suchten, ihrem philosophischen Selbstverständnis nach, nach der Wahrheit. Dieses Verständnis naturwissenschaftlicher Erkenntnis als Wahrheit verhalf Kopernikus und Galileos Theorien zu solch großem Einfluss (Pukies, 1979, S. 72f). In diesem Sinne beeinflussen gesellschaftlich geteilte wissenschaftstheoretische Ansichten den Stellenwert und die Entwicklung der Naturwissenschaften.

Im Laufe der Zeit wurden verschiedene Konzepte von Erklärungen in den Naturwissenschaften und von wissenschaftlichem Wandel sowie Fortschritt diskutiert. Dabei sind zwei grundsätzliche Ansätze zentral: Deduktives Vorgehen und induktives Vorgehen (Salmon, 1999, S. 337). Die deduktive Vorgehensweise, Erklärungen zu finden, beinhaltet das logische Ableiten einer Konsequenz aus bereits bestehenden Aussagen (Chalmers, 2001, S. 35f). Dieses Modell geht auf Carl Gustav Hempel und Paul Oppenheim zurück und wird seit den 1950er Jahren kontrovers diskutiert, da sich ein deduktiver Schluss auf fehlerhafte bestehende Aussagen beziehen kann (Salmon, 1999, S. 336ff). In dieser Form reicht die logische Deduktion alleine nicht aus, um Wissenschaft zu beschreiben.

Beim induktiven Vorgehen wird ausgehend von einem oder mehreren einzelnen Beobachtungen eine Generalisierung vorgenommen. Dieses Modell ist deutlich älter, als das des Deduktivismus und wurde bereits seit dem 18. Jahrhundert intensiv kritisch hinterfragt (Breil, 2011; Strahl, 2014). Es stellt sich das Problem, dass jede weitere Beobachtung der induktiv abgeleiteten Erklärung widersprechen kann und sie somit als unzureichend herausstellt. Diesem Problem begegnet Popper (1971) und schlägt ein Vorgehen mittels Falsifikation vor. Er stellt das Widerlegen von Hypothesen in den Vordergrund. Dabei bleibt er jedoch nicht beim reinen Widerlegen stehen, sondern konzipiert naturwissenschaftliche Forschung als einen hypothesenwiderlegenden Prozess, der Hypothesen durch jene größerer Reichweite ersetzt. Als wissenschaftlich gilt daher nur das, was falsifizierbar ist (Driver et al., 1996, S. 31). In einer zeitlichen Dimension besteht naturwissenschaftliche Forschung im Sinne Poppers also darin, „falsifizierbare Hypothesen vorzuschlagen sowie hartnäckig und bewusst zu versuchen, sie zu falsifizieren“ (Chalmers, 2001, S. 57),

um erneut Hypothesen vorzuschlagen. Mit jedem Versuch der Falsifikation können sich Hypothesen oder Theorien bewähren. Bewährt sich eine Hypothese, die im Hinblick auf das bestehende Hintergrundwissen eher unwahrscheinliche Dinge vorschlägt, so hat dies großen wissenschaftlichen Wert und setzt den „Falsifizierungsgrad des Systems“ herauf (Popper, 1971, S. 51). Diese Gebundenheit an den Kontext stellt einen Unterschied zum Induktivismus dar, bei dem jede logische Induktion als gleich wertvoll konzipiert wird (Chalmers, 2001, S. 87ff). Dabei ist kritisch zu betrachten, dass eben solch eine strenge Falsifikation wissenschaftlicher Theorien in der Vergangenheit nicht stattgefunden hat, sondern im Sinne eines raffinierten Falsifikationismus „Theorien im Angesicht einer Falsifikation modifiziert [...] und dass sogar trotz Falsifikation Theorien weiterverfolgt“ wurden (Chalmers, 2001, S. 85).

Diese Gebundenheit naturwissenschaftlicher Arbeit an gegebene und vergangene Bedingungen betrachtet T. S. Kuhn (1976) für seine Beschreibung wissenschaftlichen Wandels genauer. Mittels der Analyse der Geschichte der Naturwissenschaft identifizierte er zwei grundsätzliche Phasen naturwissenschaftlicher Forschung: Die normalwissenschaftliche Phase und die Phase der wissenschaftlichen Revolution. Dabei beinhaltet eine Revolution das Aufgeben einer theoretischen Struktur zugunsten einer anderen, mit ihr nicht zu vereinbarenden, theoretischen Struktur (T. S. Kuhn, 1976, S. 123). Zwischen diesen beiden Hauptphasen gibt es Kuhns Ansicht nach weitere Phasen, sodass sich ein zirkulärer Prozess aus Vor-Wissenschaft – Normaler Wissenschaft – Krise – Revolution – Neue Normalwissenschaft – Neue Krise usw. ergibt (Chalmers, 2001, S. 90). In der Phase der Normalwissenschaft leitet ein so genanntes *Paradigma* die wissenschaftliche Arbeit. Theoretische Annahmen, Methoden, Gesetze und deren Anwendung werden unhinterfragt von der Scientific Community anerkannt. Treten jedoch immer mehr Schwierigkeiten mit dem Paradigma auf, kommt es zu einer Krise und schließlich zu einer wissenschaftlichen Revolution. Eine Revolution beschreibt dabei den Wechsel zu einem anderen Paradigma, welcher „die Wissenschaftler tatsächlich [dazu veranlasst], die Welt ihres Forschungsbereichs anders zu sehen“ (T. S. Kuhn, 1976, S. 123).

Kuhns und Poppers Überlegungen haben trotz aller Verschiedenheit gemeinsam, dass sie sich vom Induktivismus abgrenzen und die Kontextgebundenheit naturwissenschaftlicher Arbeit betonen. Lakatos (1982) greift diese Tatsache auf und versucht Poppers Falsifikationismus zu modifizieren. Er konzipiert mit seinen *Forschungsprogrammen* ein Äquivalent zu den Kuhn'schen Paradigmen, welche aus methodologischen Regeln (Heuristiken) bestehen, die sich auf zu vermeidende oder zu nutzende Forschungswege beziehen (Lakatos, 1982, S. 46-47). Anders als Kuhn schlägt er jedoch keine vollständige Falsifikation des Forschungsprogramms vor, sondern eine Modifikation von Teilaspekten (Chalmers, 2001, S. 108). So gibt es seiner Ansicht nach einen harten Kern eines Forschungsprogrammes, welcher schwerer zu modifizieren ist, aber auch Zusatzannahmen, die zur Lösung von Widersprüchen verändert werden können.

In einer zeitlichen Dimension verändern sich also auch Ansichten, wie naturwissenschaftliche Arbeit von statten geht und entsprechend zu beschreiben ist. Die zeitliche Entwicklung

der Naturwissenschaften wird aus Perspektive der Wissenschaftstheorie mit Hilfe unterschiedlicher Modelle zu Erkenntnisweisen der Naturwissenschaften beschrieben.

### 2.2.6. Entwicklung naturwissenschaftlicher Erkenntnismethoden

Im Laufe der Zeit fand ein Wandel von der früher vorherrschenden Beobachtung der Natur (Jaeger, 2015, S. 19) zu einer gezielten Manipulation der Natur durch Experimente statt (Bacon, 1959).

Historische Wissenschaftler\_innen der griechischen Antike, so genannten Naturphilosophen, nutzten für ein Verständnis der Natur und ihrer Zusammenhänge aufgrund der bereits beschriebenen gesellschaftlichen Strukturen (Sklavenhaltung, Geringschätzung körperlicher Arbeit) keine praktisch-handwerklichen Methoden. Vielmehr versuchten sie die Natur durch Beobachtung und ein Nachdenken über die beobachteten Zusammenhänge zu verstehen (Pukies, 1979, S. 74ff; Mason, 1961, S. 42ff).

Seit der Aufklärung steht stärker die Beherrschung der Natur und ein Nutzen dieser für den Menschen im Vordergrund (Pukies, 1979, S. 74ff; Fischer, 2002, S. 52), sodass sich auch die naturwissenschaftlichen Wege zu Erkenntnissen zu gelangen, veränderten. Nun gehört die gezielte Manipulation der Natur in Form von Experimenten zum naturwissenschaftlichen Arbeiten, sodass Empirie und Theorie verknüpft werden müssen (Mason, 1961, S. 169). Die Entwicklung der „modernen Naturwissenschaft“ wird daher von Mason (1961) zu Beginn des 17. Jahrhundert datiert.

Während Experimente anfangs zumeist im häuslichen Umfeld durchgeführt werden, finden sie seit dem zweiten Weltkrieg auch in großen Forschungseinrichtungen wie dem DESY<sup>9</sup> oder dem CERN<sup>10</sup> statt (Solla Price, 1974). Die gemeinsame Arbeit mehrerer Wissenschaftler\_innen an großen Forschungseinrichtungen stellt ein Merkmal der so genannten „Big Science“ dar (Solla Price, 1974, S. 98). Diese Veränderung naturwissenschaftlicher Erkenntnismethoden führte unweigerlich auch zu einer veränderten soziologischen Struktur, indem stärker Teamarbeit und Gemeinschaftspublikationen sinnvoll erschienen (Solla Price, 1974, S. 102). Neben Experimenten wurde im 17. Jahrhundert auch „die Mathematik zu einem Bestandteil der wissenschaftlichen Methode“ und wurde als eine Erkenntnismethode eingesetzt (Mason, 1961, S. 179). Sie ermöglichte die Beschreibung von Zusammenhängen und Strukturen.

Die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften zeichnet sich dadurch aus, dass naturwissenschaftliche Erkenntnisse im Laufe der Zeit mittels sich wandelnder Erkenntnismethoden gewonnen werden. Als Entwicklungslinie kann daher die Veränderung der Erkenntnismethoden identifiziert werden.

---

<sup>9</sup>DESY steht für Deutsches Elektronen-Synchrotron, ein Teilchenbeschleuniger im Westen Hamburgs.

<sup>10</sup>CERN steht für die französischsprachige Bezeichnung der Europäischen Organisation für Kernforschung. Es handelt sich ebenfalls um eine Großforschungseinrichtung, die sich jedoch in Genf befindet.

### 2.2.7. Konsequenzen für diese Arbeit

In diesem Kapitel ist mit Bezügen zu Erkenntnissen der Wissenschaftsgeschichte, -soziologie und -theorie die Identifikation sechs charakteristischer Entwicklungslinien der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften gelungen. Dabei wird in der Gesamtschau auch die enge Verwobenheit dieser Entwicklungslinien deutlich. So bedingen beispielsweise veränderte gesellschaftliche Strukturen die Entwicklung der Technik. Die Entwicklungslinien sollen also nicht als vollständig voneinander isoliert verstanden werden. Vielmehr zeichnet sich die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften gerade dadurch aus, dass sich Entwicklungen in Gesellschaft, Politik, Wirtschaft und Naturwissenschaften gegenseitig beeinflussen. Auch dies wird als Charakteristik der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften verstanden. Eben diese identifizierten Charakteristika in Form von Entwicklungslinien können im Folgenden mit der Perspektive der Schüler\_innen in Verbindung gebracht und abgeglichen werden. Zur empirischen Untersuchung der Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften wird im folgenden Kapitel zunächst auf theoretischer Ebene geklärt, wie die Schülerperspektive konzeptionell gefasst werden kann.

## 2.3. Konzeption der Schülerperspektive<sup>11</sup>

In den vorangegangenen Kapiteln wurde die Idee über die Natur der Naturwissenschaften mit Hilfe historisch orientierter Unterrichtskonzepte zu lehren und zu lernen diskutiert. Nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion (vgl. Kapitel 2.1.4) ist für die Gestaltung effektiver Lehr-Lern-Arrangements die Berücksichtigung der Schülerperspektive von zentraler Bedeutung. Ziel dieses Kapitels ist die Entwicklung des für die vorliegende Arbeit relevanten konzeptionellen Verständnisses der Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften. Es ist anzunehmen, dass die Perspektive der Schüler\_innen in historisch orientiertem Naturwissenschaftsunterricht sowohl naturwissenschaftliche, als auch zeitliche Aspekte betrifft, da eben diese beiden Aspekte in historisch orientiertem Unterricht zusammenfallen. Diese Annahme gilt es empirisch zu prüfen. Als theoretische Konzeption der Schülerperspektive, auf die das methodische Vorgehen dieser Arbeit aufbaut, wird eine möglichst breite Konzeption angestrebt, um nicht im Vorwege bedeutsame Anteile der Schülerperspektive auszuschließen. Es erscheint daher sinnvoll, neben Erkenntnissen der Naturwissenschaftsdidaktiken auch Erkenntnisse der Geschichtsdidaktik zur Schülerperspektive auf Zeitlichkeit zu berücksichtigen.

In Kapitel 2.3.1 werden verschiedene Ansätze der Konzeption der Schülerperspektive aus dem Bereich der Naturwissenschaftsdidaktiken dargestellt. In Kapitel 2.3.2 wird dieser Blick um Erkenntnisse der Geschichtsdidaktik erweitert, so wie es bereits Rieß und Schulz (1988) versuchten, jedoch an der empirischen Ausgangslage der Geschichtsdidaktik in den

---

<sup>11</sup>Das vorliegende Kapitel, insbesondere die Kapitel 2.3.1 und 2.3.2 stellen eine ausführliche Version des veröffentlichten Beitrages J. Krüger und Höttecke (2016) dar.

1980er Jahren zum historischen Bewusstsein von Kindern und Jugendlichen scheiterten: Die Autoren versuchten herauszufinden, was die Geschichtsdidaktik über die Bedingungen der Herausbildung eines historischen Bewußtseins weiß, stellten jedoch fest, dass bis dato „weder empirische Untersuchungen darüber [existieren], noch [auf einen] theoretischen Bezugsrahmen, der ein solches Defizit bewußt machen würde [zurückgegriffen werden kann]“ (Rieß & Schulz, 1988, S. 54). Dies gelingt – um es vorweg zunehmen – in der vorliegenden Arbeit.

Neben der Analyse von Verknüpfungsmöglichkeiten der Erkenntnisse von Naturwissenschafts- und Geschichtsdidaktik, werden in Kapitel 2.3.3 theoretische Überlegungen aus dem Bereich der Soziologie diskutiert. Im anschließenden Kapitel 2.3.3.3 wird das konzeptionelle Verständnis der Schülerperspektive der vorliegenden Arbeit dargestellt und davon ausgehend in Kapitel 2.3.3.5 die diese Arbeit leitenden Forschungsfragen formuliert.

Es sei an dieser Stelle bemerkt, dass die vorliegende Arbeit im Bereich der Physikdidaktik entsteht und in ihrem Rahmen keinesfalls die gesamte geschichtsdidaktische Forschung oder vollständige Diskussionslinien der Soziologie abgebildet werden können und sollen. Für die Analyse der Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften relevante Aspekte werden aufgegriffen und in Ausschnitten erläutert. Es steht die Fruchtbarkeit dieser Überlegungen für die vorliegende Arbeit im Vordergrund und nicht eine umfassende theoretische Aufarbeitung.

### **2.3.1. Schülerperspektive in den Naturwissenschaftsdidaktiken**

Da allgemein die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften und nicht eine einzelne Disziplin im Vordergrund steht, werden Konzeptionen der Schülerperspektive aller drei Naturwissenschaftsdidaktiken herangezogen. Im ersten Kapitel wird der Wandel der Konzeption im Modell der didaktischen Rekonstruktion beschrieben. Nach der Darstellung enger Konzeptionen in Kapitel 2.3.1.2, werden in Kapitel 2.3.1.3 weiter gefasste Ansätze diskutiert.

#### **2.3.1.1. Schülerperspektive im Modell der didaktischen Rekonstruktion**

Das konzeptionelle Verständnis der Schülerperspektive im Modell der didaktischen Rekonstruktion hat sich seit den ersten Veröffentlichungen gewandelt. Ende der 1990er Jahre verstehen die Autoren unter der Schülerperspektive auf einen Lerngegenstand vorrangig Schülervorstellungen, welche als kohärent und stimmig angenommen werden (Kattmann et al., 1997, S. 6). Dabei fassen die Autoren unter Vorstellungen „kognitive Konstrukte<sup>12</sup> verschiedener Komplexitätsebenen, also Begriffe, Konzepte, Denkfiguren und Theorien zusammen“ (ebd., S. 11). Diese werden als notwendige Ausgangspunkte zukünftigen Lernens verstanden.

---

<sup>12</sup>Kognitive Konstrukte umfassen hierbei keine Emotionen.

In aktuelleren Veröffentlichungen wird die Konzeption der Schülerperspektive hingegen erweitert. Dabei findet sich ein verändertes Begriffsverständnis vorrangig im Hinblick auf *Vorstellungen*: „Vorstellungen werden also umfassend verstanden und enthalten auch die emotionalen und biografischen Komponenten“ und vereinen emotionale und soziale Aspekte in sich (Kattmann, 2007, S. 95). Auch das Interesse der Lernenden zählt nun zur Schülerperspektive, da das Konstrukt des Interesses ebenfalls als den Lernprozess beeinflussend angenommen wird (ebd., S. 95-96). Noch aktueller greifen Gropengießer und Kattmann (2013, S. 17) Kenntnisse, Fertigkeiten, Verständnisse und Kompetenzen der Lernenden auf. Auch Einstellungen der Schüler\_innen zu einem Thema werden nun zur Schülerperspektive gezählt.

Bereits in Veröffentlichungen zum Modell der didaktischen Rekonstruktion findet sich also keine einheitliche Konzeption der Schülerperspektive, vielmehr zeigt sich in den Naturwissenschaftsdidaktiken insgesamt im Laufe der Zeit ein Wandel von einer engen zu einer erweiterten Konzeption der Schülerperspektive. Dabei scheint der Begriff der „Vorstellung“ zentral zu sein, jedoch nicht einheitlich verwendet zu werden. Diese unterschiedlichen Konzeptionen werden in den folgenden Kapiteln detaillierter dargestellt.

### 2.3.1.2. Enge Konzeption der Schülerperspektive

Seit den 1970er Jahren wird in den Naturwissenschaftsdidaktiken die Schülerperspektive auf verschiedene Inhalte untersucht (Wiesner, Schecker & Hopf, 2009, S. 46). Neben explizitem Vorwissen, also bestimmten Kenntnissen zu Fachthemen, sind auch vorunterrichtliche Vorstellungen der Schüler\_innen relevant (W. Jung, 1978). Dieser zweite Anteil der Schülerperspektive wird begrifflich unterschiedlich gefasst. Es wird unter anderem von Schülervorstellung, Alltagsvorstellung, Fehlvorstellung, Präkonzept oder Misconception gesprochen. All diese Begriffe werden weitgehend synonym verwendet, verweisen jedoch auf verschiedene Voraussetzungen und Konsequenzen (Wiesner et al., 2009, S. 34).

Crossley (2012, S. 34) spricht von *Schülervorstellungen* und führt an, dass darunter in der Regel „diejenigen Vorstellungen von Schülern in Bezug auf einen naturwissenschaftlichen Sachverhalt verstanden [werden], über die sie vor der Behandlung des Themas im schulischen Fachunterricht verfügen“. Genau diese Herkunft der Vorstellungen wird durch die Bezeichnung als *Alltags-* oder *vorunterrichtliche Vorstellungen* fokussiert (Duit, 1993a; W. Jung, 1986). Andere Autoren, vor allem im englischsprachigen Raum, sprechen von *Misconception* und verweisen damit darauf, dass die Vorstellungen zumeist nicht dem fachlich adäquaten Verständnis bezüglich des Lerngegenstandes entsprechen (Brown & Clement, 1987). Duit (1993b, S. 10-11) versteht unter Schülervorstellungen artikulierbare Ideen zu physikalischen Zusammenhängen, die entweder durch Alltags- oder Unterrichtserfahrungen erlernt wurden. W. Jung (1978, S. 129) verweist ebenfalls darauf, dass es ihm bei seinen Untersuchungen von Schülervorstellungen um jene geht, „die artikulierbar sind, und deren sich der Lernende bewusst werden kann“. Dabei schließt er nicht aus, dass es auch dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht oder schwerer zugängliche Anteile gibt. So spricht er beispielsweise davon, dass unsere Sprache bestimmte Weltbilder vermittelt,

„die ohne Bewußtsein und ohne Alternative vom kleinen Kind gelernt werden“ (W. Jung, 1978, S. 125).

Für ein Verständnis des Begriffs der Schülervorstellung ist der Begriff der *Vorstellung* zentral. Gropengießer (1997, S. 73) versteht unter Vorstellungen kognitive Konstrukte, welche „Momentaufnahme der individuellen Lerngeschichte“ sind. In dieser Definition werden affektive Anteile nicht aufgegriffen, vielmehr verweist die Bezeichnung als kognitive Konstrukte auf latente, im Geiste ablaufende Prozesse, deren Produkte als Vorstellung bezeichnet werden. Weitere Begriffsdefinitionen aus dem Bereich der Psychologie und Philosophie fassen Vorstellung allgemeiner als einen anschaulichen, mentalen Inhalt, welcher Erinnerungsbild früherer Wahrnehmungen ist. Damit ist eine Vorstellung „der Versuch des Bewusstseins sich die Wirklichkeit anzueignen“ (Zwahr, 2006, S. 260). Der Begriff Vorstellung vereint den Repräsentationsakt und den Repräsentationsinhalt (Ritter, Gründer & Gabriel, 1972, S. 1228) und bezeichnet damit einerseits einen im Bewusstsein des Menschen stattfindenden Prozess, andererseits aber auch das Produkt dieses Prozesses, welches wiederum dem Bewusstsein des Menschen zugänglich ist. Das Bewusstsein ist damit in zweierlei Hinsicht bedeutsam: Vorstellen umfasst eine kognitive Tätigkeit und ein mentales, bewusstes Produkt. Eine unmittelbare Analyse kognitiver Prozesse wird in der vorliegenden Arbeit nicht angestrebt. Die Bedeutung von Vorstellung als dem Bewusstsein einer Person zugänglichem Produkt eines kognitiven Prozesses steht daher im Vordergrund. So werden auch in der Definition nach Gropengießer (1997) Vorstellungen als bildhafte, bewusste<sup>13</sup>, mentale Konstrukte konzipiert. Diese Konstrukte beziehen sich auf reale Gegenstände und sind in diesem Sinne keine Halluzination o. ä..

### Definition

Bezugnehmend auf diese Definitionen wird in der vorliegenden Arbeit *Vorstellung* als Produkt eines kognitiven Prozesses verstanden, welches dem Bewusstsein der Person zugänglich ist und von der Person artikuliert werden kann.

Seit über 40 Jahren gibt es weltweit Bestrebungen, Schülervorstellungen zu verschiedenen naturwissenschaftlichen Themenfeldern systematisch zu erheben (Wiesner et al., 2009). Heute stehen für viele Themen der Schulphysik Sammlungen möglicher Schülervorstellungen zur Verfügung (Müller, 2011; Kircher, 2015; Barke, 2006; Hammann & Asshoff, 2014). Duit (1993b) stellt heraus, dass es bereits 1993 über 300 Veröffentlichungen zu Schülervorstellungen zur Mechanik gab. Typische Schülervorstellungen zum Kraftbegriff sind beispielsweise die Betrachtung von Kräften als eine Eigenschaft von Körpern und nicht als Wechselwirkung zwischen diesen oder die Ansicht, dass Kräfte als Kennzeichen von Aktivität gelten (Backhaus, 2001). Derartige Vorstellungen entsprechen nicht immer der fachlichen Sicht, haben sich aber in vielen Alltagssituationen bewährt: So spricht man

---

<sup>13</sup>Als Gegenstück zu *bewusst* wird von *unbewusst* gesprochen und damit dem Bewusstsein einer Person nicht ad hoc zugängliche Anteile bezeichnet. Der Begriff wird nicht im psychoanalytischen Sinne unterbewusster Triebe o. ä. verwendet.

davon, dass eine Person Kraft hat oder man mit seinen Kräften haushalten soll. Aufgrund dieser Bewährung ist es nicht verwunderlich, dass vielfältige Untersuchungen die Resistenz von Schülervorstellungen gegenüber Veränderungen nachweisen (Duit, 1993b; W. Jung, 1993; Niedderer, 1999; Häussler, 1998). Häufig führt daher auch der Unterricht nicht zu einer vollständigen Anpassung der Vorstellungen der Schüler\_innen an die fachwissenschaftlich als korrekt betrachteten (Prenzel & Seidel, 2008; Brown & Clement, 1987). W. Jung (1993) spricht davon, dass im Laufe der Schulzeit lediglich „Hybridformen“ vorheriger Vorstellungen entwickelt werden<sup>14</sup>.

Im Bereich der Chemiedidaktik gibt es mit den Arbeiten von Helga Pfund ebenfalls bereits in den 1970er Jahren Erhebungen zu „Ursprüngliche[n] Erklärungen der Schüler für chemische Vorgänge“ (Pfundt, 1975). Fanta, Bröll und Oetken (2012, S. 233) sprechen davon, dass im Anfangsunterricht ein Schwerpunkt auf dem „Hervorlocken“ der Schülervorstellungen liegen sollte. Typische Vorstellungen sind beispielsweise, dass eine Wasserpflanze von einem Sonnenstrahl aufgesogen wird (Barke, 2006), dass eine Verbrennung einer Verwitterung von Stoffen gleichkommt oder dass das Lösen eines Stoffes als ein Zerfallen der Ursprungsmoleküle in andere Molekülstücke beschrieben werden kann (Barke, Harsch, Marohn & Krees, 2015). Ganz ähnlich beschreibt Sumfleth (1992) Vorstellungen als dem Bewusstsein der Schüler\_innen zugänglich und plädiert dafür, dass Lehrkräften mögliche Schülervorstellungen bekannt sein sollten.

Im Hinblick auf die Ursache der Vorstellungen schlägt Barke (2006, S. 22ff) eine Unterscheidung in *ursprüngliche Schülervorstellungen* und *hausgemachte Fehlvorstellungen* vor und verweist darauf, dass erstere außerhalb des Unterrichts und zweitere im Unterricht erworben werden. Labudde (2000, S. 34-35) führt als vier Hauptquellen von Schülervorstellungen sinnliche Erfahrungen, Alltagssprache, soziales Lernen und den Schulunterricht an und greift somit ebenfalls den Unterricht als eine mögliche Ursache auf.

Hammann und Asshoff (2014) fassen Forschungsergebnisse zur Schülerperspektive im Kontext Biologie zusammen. Als Ursachen werden ebenfalls Alltags- oder Unterrichtserfahrungen angeführt. Schüler\_innen beschreiben beispielsweise, dass sich ein Zwei-Chromatid-Chromosom nach der Befruchtung der Eizelle durch die Aneinanderlagerung eines mütterlichen und eines väterlichen Ein-Chromatid-Chromosoms bildet und berücksichtigen nicht den fachlich korrekten Reduplikationsprozess des Zellzyklus. Zellteilung wird mit dem Wachsen von Pflanzen in Verbindung gebracht und eine Vergrößerung von Zellen an sich nicht als Ursache des Wachstums angesehen. Bei der Vererbung herrscht die Vorstellung vor, dass Merkmale und nicht Gene weitergegeben werden (Hammann & Asshoff, 2014, S. 19ff).

Die hier deutlich werdende Art der Konzeption der Schülerperspektive wird im folgenden als „enge Konzeption“ bezeichnet. Weshalb diese Begrifflichkeit gewählt wird, wird erst durch die Ausführungen des folgenden Kapitels deutlich.

---

<sup>14</sup>Die conceptual change Forschung versucht genau diesen Prozess des Konzeptwechsels durch den Unterricht zu erforschen und Hinweise für die Unterrichtsgestaltung zu geben. Siehe zur Übersicht Vosniadou (2013).

### Definition

Zur *engen Konzeption der Schülerperspektive* zählen (1) Kenntnisse sowie (2) Vorstellungen der Schüler\_innen. Kenntnisse bezeichnen das Vorwissen, Vorstellungen werden als mentale Konstrukte verstanden, die auf bisherige (Lern-)Erfahrungen zurückgehen. Sowohl Kenntnisse, als auch Vorstellungen sind dem Bewusstsein des Lernenden zugänglich und beziehen sich auf spezifische Themenfelder des Faches, wie zum Beispiel auf den Sehvorgang, chemische Reaktionen oder auf Phänomene, die der Mechanik zugeordnet werden können.

#### 2.3.1.3. Weiter gefasste Konzeption der Schülerperspektive

In Kapitel 2.3.1.1 wurde bereits beschrieben, dass im Laufe der Zeit eine Erweiterung der Konzeption der Schülerperspektive unter anderem durch den Einbezug von Einstellungen, Interessen und Motivation der Schüler\_innen stattfand (Gropengießer, 1997, S. 20; Kattmann, 2007, S. 95). Auch Labudde (2000, S. 34) macht in einer Rückschau deutlich, dass Forschungsansätze Anfang der 1970er Jahre sehr eng gefasst wurden und zur Schülerperspektive lediglich Wissen zu Phänomenen, Begriffen und Theorien bezogen auf naturwissenschaftliche Inhalte zählten. Im Laufe erster unterrichtlicher Erprobungen zeigte sich jedoch, dass auch Vorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften, zum Lernen und Lehren sowie Interessen und Einstellungen der Schüler\_innen zu deren Perspektive auf einen Lerngegenstand gehören (Labudde, 2000, S. 34). So wird die Schülerperspektive um fachthemenübergreifende Aspekte erweitert. Dies schlug bereits W. Jung (1978, S. 126) vor, indem er zwischen „spezifische[n] Vorstellungen“ und jenen auf einer kategorialen Ebene unterschied. Zur zweiten Gruppe zählt er beispielsweise die naturwissenschaftliche Kategorie von Beziehungen und die Kategorie der Quantifizierung (W. Jung, 1978, S. 127). Diese beziehen sich, ähnlich wie die heute von der Kultusministerkonferenz festgelegten Basiskonzepte Materie, Wechselwirkung, System und Energie für das Fach Physik (KMK, 2004, S. 7), unabhängig von Fachthemen auf übergeordnete Konzepte der Naturwissenschaften. Im Vergleich zur engen Konzeption zeigt sich also eine Erweiterung in der Dimension *Fachthemenspezifität*.

Mögliche Schülervorstellungen zur NdN wurden bereits in Kapitel 2.1.2.3 ausführlich dargestellt. Auch ihre Ursachen werden in Alltags- oder Schulerfahrungen mit Naturwissenschaften vermutet (Solomon et al., 1996, S. 501). Zu Vorstellungen zur NdN zählen unter anderem epistemologische Überzeugungen bzw. epistemologische Vorstellungen (Neumann & Kremer, 2013, S. 224). Die verschiedenen Begrifflichkeiten verweisen auf die unterschiedlichen Bezugsdisziplinen Psychologie und Fachdidaktik. Beide Anteile werden als Teil der Schülerperspektive angesehen. Oschatz (2011, S. 122) beschreibt epistemologische Überzeugungen als „Baustein der *impliziten Theorie der Realität*“ (Oschatz, 2011, S. 106 Hervorhebungen im Original) und verweist auf ihre Gebundenheit an kulturelle Sozialisation. Dabei bezeichnet *implizit* jenen Anteil des Wissens eines Menschen, der von der Person selbst nicht beschrieben werden kann, sondern sich erst in ihrer Handlung äußert (An-

derson, 1996, S. 225). Es handelt sich um nicht verbalisierbares, unbewusstes Wissen, welches dennoch die Handlungen der Menschen leitet (Haider, 2000, S. 176). Implizites Wissen<sup>15</sup> gilt als verinnerlicht, sodass wir Menschen „mehr wissen, als wir aussprechen können“ (Polanyi, 1985, S. 25). Es ist „tief in den Köpfen der Lernenden verankert“ (Born, 2007, S. 85).

Mit der Berücksichtigung solch unbewusster Anteile der Schülerperspektive deutet sich, neben der Fachthemenspezifität, in einer zweiten Dimension eine weiter gefasste Konzeption an. Es wird nicht mehr davon ausgegangen, dass dem Bewusstsein der Schüler\_innen alle Anteile ihrer Perspektive auf den Lerngegenstand zugänglich sind. Diese Überlegungen führen für die Naturwissenschaftsdidaktiken unter anderem Schecker (1985), Vosniadou (1994) und Gebhard (2003) weiter aus. Auch W. Jung (1978) nimmt, wie oben bereits ausgeführt, dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht ad hoc zugängliche Anteile an, fokussiert bei seinen Untersuchungen jedoch diejenigen Anteile, die dem Bewusstsein der Schüler\_innen zugänglich sind.

Diese Veränderung der Konzeption äußert sich in der Verwendung neuer Begrifflichkeiten. Um sich von der zuvor beschriebenen engen Konzeption der Schülerperspektive abzugrenzen, spricht Schecker (1985) mit Bezug auf Walter Jung, Bruno Redeker und maßgeblich Hans Niedderer vom *Schülervorverständnis*. Das Vorverständnis eines Schülers/einer Schülerin umfasst dabei (Schecker, 1985, S. 23):

- Denkraumen und allgemeine Interessen,
- Präkonzepte und themenspezifische Interessen sowie
- Kenntnisse und Erfahrungen.

Denkraumen werden als Vorstellungen übergeordneter Art, als Denkschemata wie z. B. Eigenschafts- oder Wechselwirkungsdenken verstanden. Präkonzepte sind stabile inhaltliche Repräsentationen von Begriffen sowie deren affektive Besetzung. Interessen werden als überdauernde Verhaltensdispositionen verstanden, die sich in der Zuwendung zu Tätigkeiten oder Inhalten äußern können. Kenntnisse sind abrufbare Wissens Elemente und Erfahrungen abgespeicherter Wahrnehmungen und Deutungen von Situationen. Aus diesen Erfahrungen können langfristig Präkonzepte werden (Schecker, 1985, S. 23).

In Scheckers Konzeption der Schülerperspektive deuten sich somit verschiedene Ebenen an. Zum einen beinhaltet die Schülerperspektive themenspezifische Anteile, also z. B. Kenntnisse bestimmter Begriffe wie Kraft oder Energie. Zum Schülervorverständnis zählen aber auch naturwissenschaftsspezifische, themenübergreifende Denkschemata wie Eigenschaftsdenken, Wechselwirkungsdenken oder bestimmte Problemlösestrategien. Darüber hinaus zählen zum Schülervorverständnis Aspekte der Natur der Naturwissenschaften, Interessen der Schüler\_innen (Schecker, 1985, S. 22-23) sowie emotionale, affektive Kom-

---

<sup>15</sup>Der Begriff *implizit* bezieht sich an dieser Stelle auf die Art des Wissens und meint damit die Möglichkeit zur Artikulation des Wissens. In Kapitel 2.1.2.2 bezeichnete *implizit* die Art der Vermittlung von Wissen über die NdN. Es ist also zwischen impliziter Vermittlung bzw. dem impliziten Lernen und implizitem Wissen zu unterscheiden.

ponenten (Niedderer & Schecker, 2004, S. 253). Zu allgemeinen Denkraumen zählen unter anderem epistemologische Überzeugungen (Niedderer & Schecker, 2004, S. 253). Passend zu den obigen Ausführungen werden auch Anteile des Schülervorverständnisses, wie Denkraumen, als den Schüler\_innen nicht notwendiger Weise bewusst konzipiert (Schecker, 1985, S. 76). Einige Anteile des Schülervorverständnisses werden als „Gewußtes“, andere als „eher verdeckt fungierende Rahmenvorstellungen und Präkonzepte“ konzipiert (ebd., S. 76). Diese Anteile müssen von den Forscher\_innen aus Handlungen und Aussagen der Person rekonstruiert werden:

„Man kann Vorverständniselemente weder unmittelbar beobachten noch direkt erfragen. Wenn wir einen Schüler nach seinen Überlegungen zu einem bestimmten Problem fragen, sind seine Antworten bereits Ergebnis der Wechselwirkung seines Vorverständnisses mit der Situation.“ (Schecker, 1985, S. 18)

Auf diese Art und Weise wird mit dem Ansatz des Schülervorverständnisses ein „breiterer Forschungsansatz [...], der über Präkonzepte bzw. Schülervorstellungen zu den entsprechenden Inhaltsbereichen hinaus [geht]“ beschrieben (Niedderer & Schecker, 2004, S. 248).

Die Silbe „Vor-“ verweist dabei auf das grundsätzliche Vorhandensein dieses Verständnisses, welches wie „ein Netz, gebildet aus den [...] zur Verfügung stehenden Begriffen, Erfahrungen, Kenntnisse usw. über den Sachinhalt“ geworfen wird und so die Wahrnehmung und den Umgang mit dem gegebenen Problem strukturiert (Schecker, 1985, S. 8). Aufgrund dieser Annahme werden spontane Assoziationen nicht als Teil des Schülervorverständnisses verstanden, sondern nur relativ stabile Elemente. Spontane Assoziationen hingegen werden bereits als Erkenntnisprodukt, welches erst durch das Vorverständnis möglich wird, konzipiert (Schecker, 1985, S. 11). So nimmt das Vorverständnis Einfluss auf den Lernprozess, indem es Aufnahme, Verarbeitung und Speicherung neuer Informationen moderiert (Labudde, 2000, S. 35). Es ist Voraussetzung für „jegliche Deutung und Erkenntnis von Erfahrungen der Außenwelt“ durch eine Person (Niedderer & Schecker, 2004, S. 249). So sind es nicht nur die den Schüler\_innen bewussten Vorstellungen, die das Lernen beeinflussen, sondern gerade auch diese dem Bewusstsein nicht ad hoc zugänglichen Anteile. Entsprechend bedeutsam sind die dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht zugänglichen Anteile für die Begegnung mit einem Lerngegenstand. Ursachen des Vorverständnisses liegen unter anderem in der Sozialisation und in individuellen Erfahrungen begründet (Schecker, 1985, S. 12).

Vosniadou (1994) beschreibt im Rahmen der conceptual change Forschung ebenfalls zwei Ebenen, auf denen graduelle Veränderungen des mentalen Modells der Schüler\_innen stattfinden können: Die Ebene einer spezifischen Theorie und jene einer Rahmentheorie. Dabei beeinflusst die Rahmentheorie unter anderem, was eine Person beobachtet oder welche Informationen von ihr wie aufgenommen werden (Vosniadou, 1994, S. 45). Damit wird die Rahmentheorie als ursächlich für bestimmte Misconception angesehen. Die Rahmentheorie ist dabei dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht in Gänze zugänglich: „[F]ramework theory of naive physics [...] is not available to conscious awareness“ (Vosniadou, 1994, S. 47). Ähnliche Überlegungen sind auch in anderen Ansätzen des conceptual

change zentral, z. B. durch die Annahme, „that activities of learners are often established from underlying intuitive rules“ (Aufschnaiter & Rogge, 2015, S.211). So wird auch hier die Konzeption der Schülerperspektive um den Schüler\_innen nicht bewusste Anteile erweitert.

Die von Schecker (1985) nur angedeutete Relevanz der Sozialisation für das Vorverständnis wird im Ansatz der *Alltagsphantasien* stärker in den Vordergrund gestellt. Auch Gebhard (2003) beschreibt mit den Alltagsphantasien eine erweiterte Konzeption der Schülerperspektive. Er grenzt sich explizit vom Begriffsverständnis der Schülervorstellung ab und verweist darauf, dass eben auch die „nicht immer bewusst verfügbaren Zugänge der Schüler zu den Lerngegenständen“ relevant sind (Gebhard, 2015b, S. 113). Er möchte die Schülerperspektive um eine „Tiefendimension der intuitiven Vorstellungen“<sup>16</sup> erweitert wissen (Gebhard, 2007a, S. 118-119) und greift themenübergreifende Aspekte der Schülerperspektive auf. Er verweist darauf, dass beim Umgang mit Lerngegenständen „sowohl explizite Vorstellungen, die im Fokus der Aufmerksamkeit liegen und die sprachlich artikuliert werden können, als auch implizite Vorstellungen, die sich in Form von Assoziationen, Intuitionen und emotionalen Reaktionen äußern“ aktiviert werden (Gebhard, 2007a, S. 117). Eben diese weniger themenspezifischen, den Schüler\_innen nicht unbedingt bewussten Anteile, bezeichnet Gebhard als Alltagsphantasien:

„Alltagsphantasien gehen zum Teil weit über die jeweils thematisierte fachliche Dimension hinaus, sie treten eher als implizites denn als explizites Wissen in Erscheinung und nehmen aufgrund ihrer Bedeutungstiefe [...] Einfluss auf Werthaltungen, Interessen und Verhaltensweisen.“ (Gebhard, 2015a, S. 113)

Alltagsphantasien wirken außerhalb der bewussten Kontrolle der Person und haben oftmals einen metaphorischen Charakter (Oschatz, 2011, S. 70-71). Der metaphorische oder symbolische Charakter der Alltagsphantasien ermöglicht eine sinnhafte Orientierung in der Realität und strukturiert diese Realität gleichzeitig (Gebhard, 2005, S. 52). Alltagsphantasien haben eine handlungs- und erkenntnisleitende Funktion (Oschatz, 2011, S. 95) und werden als Ursache bestimmter Assoziationen zum Lerngegenstand konzipiert. Ein Pendeln zwischen dem unbewussten Zugang und dem bewussten, sprachlich-reflexiven Zugang zu einem Lerngegenstand wird als produktiv für problemlösende Prozesse angesehen (Combe & Gebhard, 2012, S. 34). Eben diese Annahme führt dazu, die enge Konzeption der Schülerperspektive um eine Tiefendimension unbewusster Anteile zu erweitern (Gebhard, 2007a, S. 118).

Ursachen der Tiefendimension der Schülerperspektive werden in der kulturellen und sozialen Prägung der Menschen gesehen. Alltagsphantasien sind „soziale Konstrukte“ (Gebhard, 2015b, S. 120), da sie durch die Sozialisation und kulturelle Konzepte beeinflusst

---

<sup>16</sup>Gebhard spricht vielfach von intuitiven oder impliziten Vorstellungen und bezeichnet damit eine besondere Form der Vorstellung. So ist ein anderes Verständnis von Vorstellung als das zuvor beschriebene leitend. Diese als Alltagsphantasien bezeichneten Vorstellungen sind dem Bewusstsein der Schüler\_innen eben nicht ad hoc zugänglich. Wird in dieser Arbeit allein von *Vorstellung* gesprochen, so ist immer wie in Kapitel 2.3.1.2 definiert das den Schüler\_innen bewusste Produkt eines kognitiven Prozesses gemeint.

sind (Oschatz, 2011). Im Zuge der Sozialisation von Menschen werden bestimmte Werte, Normen und Praktiken internalisiert<sup>17</sup> und sind dem Bewusstsein nicht mehr ad hoc zugänglich. Damit offenbaren die Alltagsphantasien „Aspekte der Enkulturation eines Menschen“ und müssen auch als Theorien über den Aufbau und die Ordnung der Welt verstanden werden (Oschatz, 2011, S. 73). In diesem Sinne übernehmen Alltagsphantasien eine „Orientierungsfunktion“ für das Selbst in der uns umgebenden Welt (ebd., S. 71). Alltagsphantasien werden daher als kollektiv geteilt verstanden.

Begründung und didaktische Relevanz der Alltagsphantasien ergibt sich aus dem Sinnbedürfnis des Menschen (Gebhard, 2003, S. 207ff). Durch die Berücksichtigung der Alltagsphantasien als subjektivem Zugang zu Lerngegenständen kann das Sinnbedürfnis der Schüler\_innen aufgegriffen werden. Die Alltagsphantasien liegen dicht an der eigenen Person, sodass über deren Berücksichtigung eine Verbindung zwischen Schüler\_in und Lerngegenstand aufgebaut werden kann. Auf diese Art und Weise werden „Lernprozesse möglich [...], die von Lernenden als subjektiv bedeutsam empfunden werden und [...] ein nachhaltigeres Lernen bewirken“ (Oschatz, 2011, S. 71).

Auch Niedderer und Schecker (2004, S. 249ff) heben die Bedeutung des Schülervorverständnisses für das Lernen und Denken der Schüler\_innen hervor. Sie fordern einen Unterricht, der das Vorverständnis der Schüler\_innen ernst nimmt, aufgreift und explizit zum Thema des Unterrichts macht. Unterricht, der diesen Anforderungen genügt, bezeichnen sie als „am Schülervorverständnis orientierte[n] Unterricht“ (Niedderer & Schecker, 2004, S. 258). So ermöglicht die Annahme eines Vorverständnisses auch eine Erklärung für Missverständnisse zwischen Personen mit verschiedenen Vorverständnissen (ebd., S. 254). Erst eine Berücksichtigung des Vorverständnisses insgesamt ermöglicht ein Verständnis bestimmter Reaktionen, beispielsweise Assoziationen oder Vorstellungen auf Schülerseite, durch die Lehrkraft. Mit der Annahme (themenübergreifender) Alltagsphantasien, die spontane Assoziationen bzgl. fachlicher Inhalte ermöglichen und den Umgang mit diesen anleiten, ist die gleiche Idee, wie beim Ansatz des Schülervorverständnisses leitend. Damit verweist auch der Ansatz der Alltagsphantasien auf die Notwendigkeit einer erweiterten Konzeption der Schülerperspektive um nicht unmittelbar bewusste Anteile.

### Definition

Die *weiter gefasste Konzeption der Schülerperspektive* greift neben (1) Kenntnissen und (2) fachthemenspezifischen Vorstellungen auch solche zu (3) fachthemenübergreifenden Anteilen, wie Vorstellungen zur NdN oder zum Lehren und Lernen sowie Motivation, Interessen, Einstellungen und Emotionen der Schüler\_innen auf. Verschiedene Fachdidaktiker\_innen verweisen darauf, dass es neben den dem Bewusstsein der Schüler\_innen zugänglichen Vorstellungen weitere Anteile gibt. Auch

---

<sup>17</sup>Internalisierung meint dabei mit Bezügen zu Emile Durkheim die Verinnerlichung kollektiv geteilter, verhaltensbestimmender Werte, Normen, Rollenverständnisse und Praktiken durch Sozialisation oder Erziehung (Geulen, 2007, S. 143).

diese (4) „Tiefendimension“ im Sinne Gebhards (2007, S. 118) wird zur Schülerperspektive gezählt und ist dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht in Gänze zugänglich, sondern von Fachdidaktiker\_innen durch die Analyse von Handlungen zu rekonstruieren.

#### 2.3.1.4. Konsequenzen für diese Arbeit

In der obigen Zusammenschau werden unterschiedlich enge Konzeptionen der Schülerperspektive deutlich. Dabei variiert sowohl die Fachthemenspezifität, als auch der Grad an Einbezug den Schüler\_innen unbewusster Anteile. Diese beiden Dimensionen spannen ein Feld unterschiedlich ausgerichteter Konzeptionen auf. Enge und weiter gefasste Konzeption umfassen jeweils verschieden große Bereiche dieses Feldes. Zur engen Konzeption zählen fachthemenspezifische Vorstellungen, die als dem Bewusstsein der Lernenden zugänglich verstanden werden. Dieser Bereich ist in Abbildung 2.7 schwarz markiert. In der weiter gefassten Konzeption werden auch themenübergreifende Vorstellungen sowie Interessen und motivationale Anteile berücksichtigt. Dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht ad hoc zugängliche Anteile werden unter anderem als strukturgebend für die Reaktionen auf einen Lerngegenstand angesehen. Entsprechend spricht Gebhard (2007a) von einer Tiefendimension der Schülerperspektive. Dazu können auch den Schüler\_innen unbewusste Denkrahmen, affektiv begründete Präkonzepte und Erfahrungen, Interessen und Alltagsphantasien gezählt werden. Auch aus diesem Grund wird von einer erweiterten Konzeption der Schülerperspektive gesprochen, die die enge Konzeption um die genannten Aspekte erweitert. Dabei werden Ursachen dieser Anteile in kulturellen Sozialisationsprozessen gesehen. Die weiter gefasste Konzeption der Schülerperspektive ist in Abbildung 2.7 grau dargestellt und beinhaltet den schwarzen Bereich. Im Hinblick auf das Forschungsinteresse dieser Arbeit muss ein Verständnis der Schülerperspektive, bezogen auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften, formuliert werden, das es begründet in den Spektren in Abbildung 2.7 zu verorten gilt. Die obigen Darstellungen stellen die Grundlage hierfür dar.

Neben der Schülerperspektive auf naturwissenschaftliche Inhalte bzw. auf die Natur der Naturwissenschaften ist für diese Arbeit auch eine zeitliche Dimension zentral. Die Schülerperspektive auf solch zeitliche Entwicklungen ist Gegenstand der Geschichtsdidaktik, sodass vor einer Verortung in den genannten Spektren Erkenntnisse der Geschichtsdidaktik dargestellt werden.

#### 2.3.2. Erkenntnisse aus der Geschichtsdidaktik

Mittels historisch orientiertem Unterricht wird eine Beschäftigung der Schüler\_innen mit zeitlichen Entwicklungen fokussiert. Aus dem Geschichtsunterricht verfügen die Schüler\_innen bereits über Lernerfahrungen mit Zeitlichkeit, die ebenfalls als Teil ihrer Perspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften zu berücksichtigen sind.

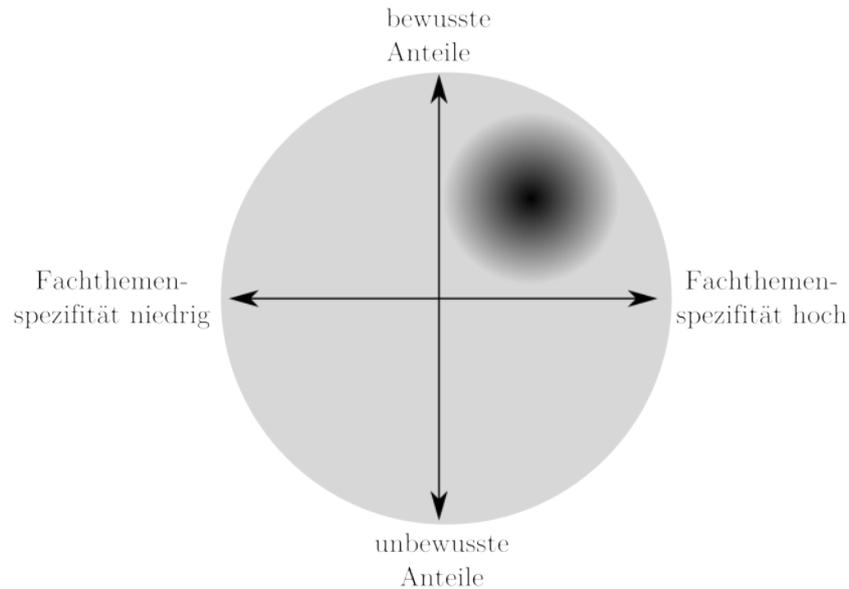


Abbildung 2.7.: Dimensionen, in denen sich enge und weiter gefasste Konzeptionen der Schülerperspektive in den Naturwissenschaftsdidaktiken unterscheiden lassen. Der schwarze Bereich markiert die enge Konzeption, der graue Bereich beinhaltet den schwarzen und symbolisiert die weiter gefasste Konzeption.

In den folgenden Kapiteln werden Ziele des Geschichtsunterrichts, die Konzeption der Schülerperspektive auf zeitliche Entwicklungen und das geschichtsdidaktische Begriffsverständnis von Schülervorstellungen dargestellt, um diese Erkenntnisse in die Konzeption der Schülerperspektive der vorliegenden Arbeit einbeziehen zu können.

### 2.3.2.1. Ziele des Geschichtsunterrichts

Ein Ziel des Unterrichts ist es, Geschichte nicht als etwas rein Objektives, sondern als einen Prozess der Begegnung mit der Vergangenheit darzustellen. Geschichte ist damit als etwas subjektiv Konstruiertes zu verstehen (Rüsen, 1983, S. 58). Diese Konstruktion ist abhängig von der Perspektive, sodass sich Vergangenheit aus unterschiedlichen Perspektiven verschieden zeigt und so nie von einem wirklichkeitstreuen Abbild die Rede sein kann. Geschichte ist damit eher als Narration über Vergangenes zu verstehen (Meyer-Hamme & Borries, 2008). Dies geschieht zwar aus einem individuellen Blickwinkel, ist deshalb aber nicht beliebig. Vielmehr wird Vergangenheit in Kollektiven erlebt, sodass es Gegenstand von Aushandlung ist, was als Geschichte zählt.

Im Geschichtsunterricht steht die Betrachtung der Geschichte von einer übergreifenden Perspektive aus im Vordergrund. Ziele des Geschichtsunterrichts werden auf zwei Ebenen unterschieden (Halldén, 1993). Die erste Ebene bezieht sich auf ein Verständnis themenspezifischer, historischer Grundbegriffe und Konzepte, wie beispielsweise die französische Revolution, die zweite auf kategoriale Einsichten, die das Verständnis von Geschichte

strukturieren. Dort steht also unter anderem ein konzeptuelles Verständnis von Evidenz, historischen Quellen und Erklärungen sowie Ideen von zeitlichem Wandel, Kontinuität und Kausalität im Vordergrund (Lee, Dickinson & Ashby, 1996). In diesem Sinne betrifft das Wissen der zweiten Ebene eine Metaebene, ähnlich der NdN und wird von Limón (2002, S. 274) entsprechend als „the nature of history“ bezeichnet.

Seit den 1980er Jahren vollzog sich ein Paradigmenwechsel vom Pauk- zum Denkfach, bei dem heutzutage das historische Denken stärker im Vordergrund steht als das Einprägen von Namen, Daten und Ereignissen (Martens, 2010, S. 15). Als Pendant zur Scientific Literacy (vgl. Kapitel 2.1.1) wird auch für das Schulfach Geschichte die Ausbildung einer *Historical Literacy* angestrebt (Nokes, 2013):

„Historical literacies include the ability to construct historical interpretations with primary and secondary sources, artifacts, scientific evidence and other sources as historians do – both consuming and producing texts of multiple genres [...]. They are able to make evidence-based inferences.“ (Nokes, 2013, S. 29)

Ähnlich der Orientierungsfähigkeit, welche im Rahmen der *Scientific Literacy* für naturwissenschaftlich-technische Aspekte gefordert wird, umfasst das Konzept der *Historical Literacy* ebenfalls eine solche Orientierungsfähigkeit im Hinblick auf eine zeitliche Dimension (Rüsen, 1989b; Nokes, 2013). Es wird von einem Bedürfnis der Menschen nach Orientierung in der Zeit ausgegangen, damit sie „sich nicht in der Veränderung ihrer Welt und ihrer Selbst verlieren“ (Rüsen, 1983, S. 52). Ziel des Geschichtsunterrichts ist die Ausbildung einer solchen Orientierungsfähigkeit. Um dieses Ziel zu erreichen, fordern Geschichtsdidaktiker\_innen die Schulung des *Geschichtsbewusstseins* der Schüler\_innen. Geschichtsbewusstsein ist bei jeder Zusammenkunft mit Geschichte zentral (Galda, 2013, S. 12) und ermöglicht eine Verknüpfung verschiedener Zeitbereiche: „[S]ich (der) Geschichte bewusst zu sein bedeutet [...] Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft zusammenhängend zu betrachten“ (Galda, 2013, S. 29). Erst durch diesen Zusammenhang der Zeitbereiche wird Orientierung des Selbst in der Zeit möglich.

Auch die Beschäftigung mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften in historisch orientiertem Naturwissenschaftsunterricht stellt eine solche Begegnung mit Geschichte dar, sodass auch dort das Geschichtsbewusstsein der Schüler\_innen von Bedeutung ist. Überraschender Weise fand im deutschsprachigen Raum, aber auch international, im Kontext von HPS bisher kaum eine Berücksichtigung geschichtsdidaktischer Perspektiven statt<sup>18</sup>. Wie bereits beschrieben verfolgten Rieß und Schulz (1988) diese Idee bereits in den 1980er Jahren, scheiterten aber an der empirischen Ausgangslage der Geschichtsdidaktik. Diese sich heute deutlich veränderte Ausgangslage wird in den folgenden Kapiteln dargestellt.

Andersherum greift auch die Geschichtsdidaktik Ideen, wie die conceptual change Forschung und Schülervorstellungsforschung aus dem Bereich der Naturwissenschaftsdidaktik

---

<sup>18</sup>Eine Ausnahme stellt dabei die Arbeit von Henke und Höttecke (2013c) dar, in der die geschichtsdidaktischen Erzählmuster nach Rüsen (1997) bei der Analyse der Daten Berücksichtigung finden.

ken auf und passt sie für ihr Fach an (Halldén, 1997; Limón, 2002; Günther-Arndt, 2006). Es scheint also durchaus eine fruchtbare Verknüpfung der beiden Didaktiken möglich. Im folgenden Kapitel wird das *Geschichtsbewusstsein* als zentrale Kategorie der Didaktik des Geschichtsunterrichts (Jeismann, 2000) diskutiert, um dessen Fruchtbarkeit für die Konzeption der Schülerperspektive zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften zu prüfen.

### 2.3.2.2. Geschichtsbewusstsein

Geschichtsbewusstsein beschreibt ein Konglomerat verschiedener Facetten, eine einheitliche Definition ist entsprechend schwierig. Geschichtsbewusstsein vereint verschiedene Elemente, wie geschichtsspezifische Haltungen, Werte, Normen, Einstellungen sowie Vorstellungen und Kenntnisse (Jeismann, 2000, S. 48-49). Seit über vier Jahrzehnten wird diese Begrifflichkeit in der Geschichtsdidaktik verwendet, wobei mit der Zeit ein Wandel von einer normativen Ausrichtung des Begriffs hin zu einer analytischen stattfand (Pandel, 2013, S. 129). Aus der Legitimationskrise des Geschichtsunterrichts heraus wurde Geschichtsbewusstsein zum normativen Ziel des Unterrichts und erst ab den 1970er Jahren empirisch mit Leben gefüllt und erhielt damit stärker eine analytische Perspektive (Pandel, 2013; Jeismann, 2000). Für die vorliegende Arbeit ist diese empirisch fundierte Perspektive von Bedeutung, sodass im Folgenden auf das jüngere Begriffsverständnis und entsprechende Definitionen Bezug genommen wird.

In Anlehnung an Rüsen (1983, S. 48-49) wird Geschichtsbewusstsein in dieser Arbeit als „Inbegriff der mentalen Operationen [verstanden], mit denen Menschen ihre Erfahrungen vom zeitlichen Wandel ihrer Welt und ihrer selbst so deuten, daß sie ihre Lebenspraxis in der Zeit absichtsvoll orientieren können“. Dieser Definition liegt die Annahme zu Grunde, dass Menschen das Bedürfnis haben sich selbst, ihrem Leben und der sie umgebenden Welt Sinn zuzuschreiben. Dabei wird Sinnzuschreibung als das Hegeln von Absichten, die Bestimmung von Zwecken und die Zuschreibung von Bedeutungen verstanden (Rüsen, 1983; Schulz-Hageleit, 2004). Damit ermöglicht erst das Geschichtsbewusstsein einer Person eine sinnhafte Orientierung des Selbst in der Zeit.

Das Geschichtsbewusstsein äußert sich im Prozess des historischen Denkens und Verstehens: „Alles historische Denken in seinen unterschiedlichen Ausprägungen, also auch die Geschichtswissenschaft, ist eine Artikulation von Geschichtsbewußtsein“ (Rüsen, 1983, S. 48). Historisches Denken wird daher zum Akt der *Sinnbildung über Zeiterfahrung* (Rüsen, 1983, S. 51). Mit Hilfe vergangener Zeiterfahrungen wird, bezogen auf eine neue Zeiterfahrung, Sinn gebildet, das heißt einer Zeiterfahrung werden Bedeutungen, Absichten und/oder Zwecke zugeschrieben. Sinnbildung über Zeiterfahrungen vereint damit zwei Dimensionen der Zeiterfahrung: Zum einen wird der *aktuellen Zeiterfahrung* ein Sinn zugeschrieben. Zum anderen rekurriert eine historisch denkende Person bei diesem Vorgang (unbewusst) auf Erfahrungen der Vergangenheit, der Gegenwart sowie auf ihre Erwartungen an die Zukunft und nutzt in diesem Sinne *bestehende Zeiterfahrungen*.

Bei verschiedenen Definitionen des Geschichtsbewusstseins, auch bei der obigen nach Rüsen, steht dessen Prozesshaftigkeit im Vordergrund. Geschichtsbewusstsein ist entsprechend „keine statische, sondern eine dynamische Größe“ (Schönemann, 2012, S. 104). Veränderte Erfahrungen und Zukunftserwartungen können die Absichten einer Person und damit auch ihr Geschichtsbewusstsein verändern. Auf dieser Grundlage wird angenommen, dass das Geschichtsbewusstsein altersspezifisch ist, da sich mit fortschreitendem Lebensalter die Erfahrungen erweitern (Borries, 2002, S.44f). In diesem Sinne erscheint eine normative Setzung eines *richtigen* Geschichtsbewusstseins weder möglich noch sinnvoll (Schönemann, 2012; Galda, 2013).

Der Aspekt der Individualität bzw. Kollektivität des Geschichtsbewusstseins ist im Hinblick auf die Konzeption der Schülerperspektive von besonderer Bedeutung und soll differenzierter betrachtet werden. So beschreibt Jeismann (2000, S. 47) Geschichtsbewusstsein als gruppenbezogene, gesellschaftliche Bewusstmachung von Vergangenheit, welche immer als prozesshaft zu betrachten ist. Schönemann (2000, S. 44) konzipiert Geschichtsbewusstsein als ein „Konstrukt, das sich in Internalisierungs- und Sozialisierungsprozessen“ aufbaut. Geschichtsbewusstsein kann damit nicht als rein individuelle Größe betrachtet werden. Vielmehr ist ihr Aufscheinen an eine Person gebunden, konstituiert sich aber als Ergebnis zahlreicher Sozialisations- und Internalisierungsprozesse. Geschichtsbewusstsein ist damit „kein universeller anthropologischer Tatbestand, sondern ein Resultat der Entwicklung [...] [von] Kulturen und Gesellschaften“ (Kölbel & Straub, 2001, Abs. 0). Entsprechend wird der Begriff Geschichtsbewusstsein als ein Kollektivsingular, ähnlich dem Nationalbewusstsein, verwendet (Pandel, 2013, S. 138).

„Geschichtsbewusstsein [...] [formiert] sich *empraktisch*, genauer: im Zuge der Teilhabe von Heranwachsenden<sup>19</sup> an der soziokulturellen Praxis der Temporalisierung, Dynamisierung und ‚Historisierung‘ der Welt und des Selbst“ (Kölbel & Straub, 2001, S. 46). Geschichtsbewusstsein baut sich also in Sozialisationsprozessen auf, indem kollektiv geteilte Werte, Normen, Wissensbestände und Praktiken internalisiert werden und so dem Bewusstsein der Personen nicht mehr ad hoc zugänglich sind, aber dennoch die Handlungen und Überlegungen der Personen unbewusst leiten. So ist davon auszugehen, dass eine Person sich ihres Geschichtsbewusstseins nicht in Gänze bewusst ist. Dies scheint im Widerspruch zum Begriff des Geschichtsbewusstseins zu stehen.

Geschichtsbewusstsein wird in Anlehnung an Rüsen (1983, S. 48-49) als Überbegriff für jene mentalen Operationen verstanden, mit deren Hilfe Menschen Zeiterfahrungen deuten und sich so in der Zeit orientieren. Der Begriff „Bewusstsein“ verweist darauf, dass es sich dabei um Bewusstseinsprozesse, also im Geiste ausgeführte Vorgänge, handelt. Der Begriff darf nicht als Gegenstück zu *unbewusst* verstanden werden. Die Konstitution von Geschichtsbewusstsein läuft durch Sozialisation vorrangig unbewusst ab. Zentral für das Geschichtsbewusstsein sind eben auch die „durchweg ‚hinter‘ den Inhalten lie-

---

<sup>19</sup>Der Fokus des Zitates auf Heranwachsende ist nicht als gänzlicher Ausschluss von Erwachsenen zu verstehen. Vielmehr nehmen auch Erwachsene an der soziokulturellen Praxis von Temporalisierung, Dynamisierung und Historisierung teil, sodass sich beispielsweise durch ein verändertes soziokulturelles Umfeld auch ihr Geschichtsbewusstsein verändern kann.

gen[den] und dem aufnehmendem Subjekt in aller Regel verborgen bleiben[den]“ Denk- und Einstellungsweisen (Schörken, 1972, S. 96). Schulz-Hageleit (2004) hebt hervor, dass auch Emotionen und Unbewusstes beim Umgang einer Person mit einem Gegenstand eine entscheidende Rolle spielen. Erst die Berücksichtigung auch des Unbewussten macht die Konstitution von Geschichtsbewusstsein tragfähig: „Geschichtsbewusstsein ohne Verbindung zum Unbewussten ist platt“ (Schulz-Hageleit, 2004, S. 56). Dieser Zusammenhang sollte seiner Ansicht nach im schulischen Unterricht explizit Berücksichtigung finden. Auch Galda (2013) hebt hervor, dass vorrangig implizites Wissen Ausgangspunkt für Geschichtsbewusstsein ist. Die Grundlage für die Orientierung des Selbst in der Zeit ist der Person also (zumindest teilweise) nicht ad hoc bewusst zugänglich.

Neben diesem Blick auf stärker individuelle Aspekte des Geschichtsbewusstseins (welches sich dennoch aus kollektiven Sozialisationsprozessen speist) wird in der Geschichtsdidaktik unter dem Begriff der *Geschichtskultur* außerdem die kollektive Bewusstheit von Geschichte in Gesellschaft, Kultur und Politik thematisiert. Rüsen (1995, S. 513) versteht unter Geschichtskultur die „praktisch wirksame Artikulation von Geschichtsbewußtsein im Leben einer Gesellschaft“. Nicht nur Individuen, sondern auch Kollektive verfügen über ein Geschichtsbewusstsein, welches sich beispielsweise in geschichtlich begründeten Feiertagen, Einrichtungen wie Museen oder der politischen Festlegung von Inhalten und Zielen des Geschichtsunterrichts äußert (Erdmann, 2007). Schönemann (2000) beschreibt daher Geschichtsbewusstsein und Geschichtskultur als zwei Seiten einer Medaille:

„Geschichtsbewußtsein und Geschichtskultur [lassen sich] als zwei Seiten einer Medaille begreifen – auf der einen Seite Geschichtsbewußtsein als *individuelles* Konstrukt, das sich in Internalisierungs- und Sozialisationsprozessen aufbaut, auf der anderen Seite Geschichtskultur als *kollektives* Konstrukt.“ (Schönemann, 2000, S. 44 Hervorhebungen im Original)

Unterschiedliche Autoren fokussieren auf die verschiedenen Seiten und sprechen dennoch jeweils von Geschichtsbewusstsein: Rüsen (1994) thematisiert – zumindest Anfang der 1990er Jahre – stärker die individuelle Sicht, wohingegen Jeismann stärker die kollektive Sicht betrachtet (Erdmann, 2007, S. 189). Erdmann (2007) arbeitet diese Unterscheidung weiter aus und schlägt eine einheitliche Begriffsverwendung vor. Sie begreift historisches Verstehen oder Denken einer Person als jenen Teil des Geschichtsbewusstseins, der sich beim Individuum äußert und die Geschichtskultur als den sich im Kollektiv äußernden Anteil (vgl. Abbildung 2.8). Übergeordnet und beides umfassend steht die zentrale Kategorie des Geschichtsbewusstseins (Erdmann, 2007, S. 189f). Für beide Dimensionen sind die mentalen Operationen der „Wahrnehmung, Deutung, Orientierung und Zwecksetzung“ zentral und „bilden die Sinnressource der menschlichen Lebenspraxis“ (Rüsen, 1995, S. 514).

In der vorliegenden Arbeit steht die Perspektive der Schüler\_innen im Vordergrund und daher stärker die individuelle Seite des Geschichtsbewusstseins. In historisch orientiertem Naturwissenschaftsunterricht müssen die Schüler\_innen historisch Denken und Sinn bezüglich der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften bilden. Eben diese stär-

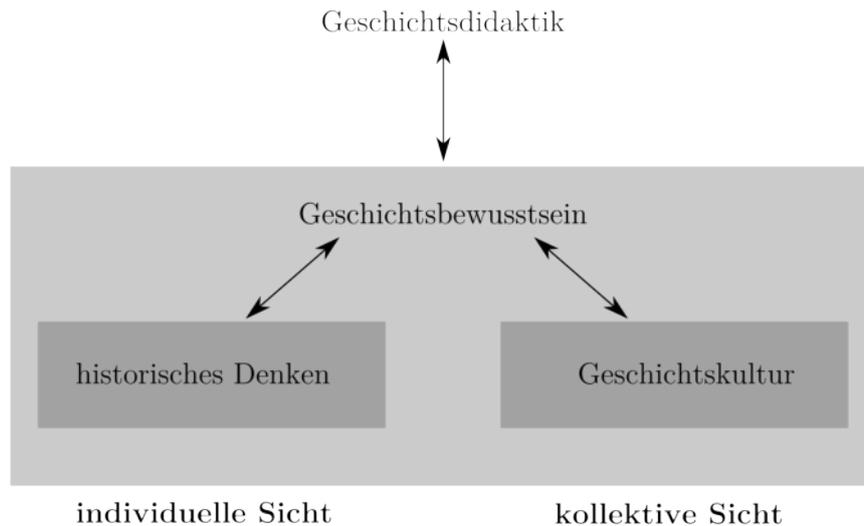


Abbildung 2.8.: Zusammenhang zwischen Geschichtsbewusstsein, historischem Verstehen und Geschichtskultur in Anlehnung an Erdmann (2007, S. 190).

ker individuelle Sinnbildung steht im Fokus und wird im Folgenden mit dem Begriff Geschichtsbewusstsein bezeichnet. Eine empirische Analyse der individuellen Seite des Geschichtsbewusstseins erfordert die Betrachtung mentaler Operationen und ist entsprechend nicht direkt möglich. Es stellt sich folglich die Frage, ob durch die Analyse bestimmter Handlungen auf ein Vorhandensein und die Form von Geschichtsbewusstsein geschlossen werden kann, ähnlich wie es bei Kompetenzen und Performanz der Fall ist. Rüsen (1997) schreibt der Handlung des *historischen Erzählens*<sup>20</sup> diese Möglichkeit zu. In der Sprachhandlung des historischen Erzählens, schließen sich die das Geschichtsbewusstsein konstituierenden, mentalen Operationen zu einer strukturellen Einheit zusammen und es realisiert sich Geschichtsbewusstsein (Rüsen, 1983, S. 57-58).

#### Definition

*Geschichtsbewusstsein* umfasst mentale Operationen, die eine Orientierung des Selbst in der Zeit ermöglichen. Dies bedeutet, dass *Sinn über Zeiterfahrungen gebildet* wird, indem unbewusst auf kollektiv geteilte Erfahrungen und internalisierte Wissensbestände, Werte, Normen usw. Bezug genommen wird. Geschichtsbewusstsein umfasst geschichtsspezifische Haltungen, Werte, Normen, Einstellungen sowie historische Vorstellungen und Kenntnisse. Es ermöglicht historisches Denken und zeigt sich unter anderem im historischen Erzählen.

<sup>20</sup>Historisches Erzählen meint die Handlung des Sprechens über Vergangenheit. Im Teil zum methodischen Vorgehen dieser Arbeit wird unter anderem auf die Zugzwänge des Erzählens eingegangen, die sich auf Erzählung konkreter eigener Erlebnisse beziehen.

An dieser Stelle wird bewusst von *historischen Vorstellungen* gesprochen, da sich zeigen wird, dass Vorstellungen in der Geschichtsdidaktik anders als in Kapitel 2.3.1.2 definiert, konzipiert werden. Zur Unterscheidung wird daher an dieser Stelle und im Folgenden von *historischen Vorstellungen* gesprochen, wenn sich auf das Begriffsverständnis der Geschichtsdidaktik bezogen wird. Der Begriff *Vorstellung* hingegen wird wie definiert, als Produkt eines kognitiven Prozesses verstanden, welches dem Bewusstsein der Person zugänglich ist.

### 2.3.2.3. Schülerperspektive in der Geschichtsdidaktik

Menschen allgemein und damit auch Schüler\_innen bringen einen historischen Gegenstand notwendigerweise immer mit ihrem eigenen Geschichtsbewusstsein in Einklang (Hasberg & Körber, 2003, S. 183-184). Dabei wird der Gegenstand kontextuell eingebunden, „durch die Relevanzsetzungen und Bedeutungszuschreibungen [...] Bezüge zur Gegenwart des interpretierenden Subjekts hergestellt“ (Martens, 2010, S. 62) und so Sinn über Zeiterfahrung gebildet. Auf diese Art und Weise bilden Menschen im Umgang mit Zeiterfahrung ein Geschichtsbewusstsein aus und verändern dieses stetig. Dies geschieht unter anderem im Geschichtsunterricht, jedoch ebenfalls bei jeglicher Begegnung mit der Welt. Auch Kinder und Jugendliche erleben bereits Veränderung und Zeit, sodass davon ausgegangen werden muss, dass Schüler\_innen über ein vorunterrichtliches Geschichtsbewusstsein verfügen. Schörken (1972, S. 99) fasst zusammen, dass „man davon ausgehen [kann], daß – ob mit oder ohne Geschichtsunterricht – ein bestimmter geschichtlicher Verständnishorizont immer schon vorhanden ist und Geschichtsbewußtsein in vielfältiger Gestalt“. Das Geschichtsbewusstsein eines Schülers/einer Schülerin muss im Sinne des Modells der didaktischen Rekonstruktion (vgl. Kapitel 2.1.4) also als Teil ihrer Perspektive auf einen geschichtlichen Unterrichtsgegenstand verstanden werden.

Mit obiger Definition des Geschichtsbewusstseins wird deutlich, dass es sich um eine sehr umfassende Konzeption handelt. Es zeigen sich Ähnlichkeiten zu der weiter gefassten Konzeption der Schülerperspektive in den Naturwissenschaftsdidaktiken, wie sie in Kapitel 2.3.1.3 dargestellt wurde. Im Hinblick auf die Konzeption der Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften weisen diese Überlegungen darauf hin, nicht der engen Konzeption der Naturwissenschaftsdidaktiken zu folgen. Es wird davon ausgegangen, dass in historisch orientiertem Naturwissenschaftsunterricht das Geschichtsbewusstsein der Schüler\_innen relevant ist und damit eine enge Konzeption der Schülerperspektive eben diese Aspekte von vornherein ausschließen würde. Dabei umfasst das Geschichtsbewusstsein unter anderem historische *Vorstellungen* (Jeismann, 2000, S. 48-49).

Der Begriff der Vorstellung kann als zentral für die enge Konzeption der Schülerperspektive in den Naturwissenschaftsdidaktiken bezeichnet werden, wird in der Geschichtsdidaktik jedoch anders konzipiert. Historische Schülervorstellungen werden in der Geschichtsdidaktik national und international als Begriffe, Konzepte und Theorien, die im Alltag erworben werden und mit Hilfe derer ein Sachverhalt erklärt wird, verstanden. Es handelt sich da-

her um Alltagskonzepte, welche erfolgreich Ereignisse und Phänomene der Lebenswelt erklären (Günther-Arndt, 2005, S. 44). Der Vorstellungsbegriff wird jedoch auch in der Geschichtsdidaktik nicht einheitlich verwendet. So umfassen historische Schülervorstellungen nach Borries (1989, S. 4) „Wissen und Vorurteile, Einstellungen und Erwartungen, Phantasien und Erinnerungen, Denkfiguren und Moralurteile“ und werden damit sehr umfassend verstanden. Diese breite Begriffsdefinition kritisiert Günther-Arndt (2008, S. 28) als nicht trennscharf genug zum Geschichtsbewusstsein.

Historische Vorstellungen können sich auf verschiedene Ebenen beziehen. Es existieren Erhebungen historischer Vorstellungen zu spezifischen Fachthemen, z. B. zum Mittelalter (Borries, 1989) oder zur französischen Revolution (Mathis, 2009). Darüber hinaus werden historische Vorstellungen zu themenübergreifenden historischen Konzepten wie *Reich*, *Demokratie*, *Revolution*, *Nation*, *Krieg*, *Macht* und *Gesellschaft* untersucht (Limón, 2002). Neben themenspezifischen und themenübergreifenden historischen Konzepten zählen auch historische Vorstellungen von Evidenz, Ursachen und Empathie sowie von Zeit, Raum, Wandel, Quelle, Fakten, Beschreibungen und Narrationen, also historische Vorstellungen über Geschichte, zu den Schülervorstellungen (Limón, 2002, S. 263). Diese werden von Lee, Dickinson und Ashby (1998, S. 228) als *second order concepts* bezeichnet und beziehen sich mit epistemologischen Überzeugungen und Vorstellungen vom Wesen von Geschichte auf eine ähnliche Ebene wie die Natur der Naturwissenschaften in den Naturwissenschaftsdidaktiken.

Es zeigt sich insgesamt, dass sich historische Vorstellungen von Schüler\_innen auf die folgenden drei Ebenen beziehen können, die nicht als absolut trennscharf anzusehen sind:

Ebene 1: Spezifische curriculare Fachthemen,

Ebene 2: Themenübergreifende historische Konzepte,

Ebene 3: Das Wesen von Geschichte (second order concepts).

In dieser Übersicht zeigt sich, dass in der Geschichtsdidaktik – wie auch in der Naturwissenschaftsdidaktik – die Ausprägung der Fachthemenspezifität der Schülerperspektive variiert.

Günther-Arndt (2008) fasst Ergebnisse der Schülervorstellungsforschung im Bereich Geschichte zusammen und bezieht sich dabei auf verschiedene empirische Studien von 1970 bis 2002. Die Ergebnisse stimmen darin überein, dass Schüler\_innen Geschichte als etwas Lineares, Eindimensionales ansehen und Strukturen personifizieren. Unterschiedliche Kontexte werden wenig berücksichtigt, monokausale Erklärungen und persönliche Motive stehen im Zentrum. Fehlende Distanz zur Vergangenheit führt zu einer Analogiebildung, bei der die Gegenwart als Referenzsystem genutzt wird. Dabei wird die Ansicht deutlich, dass große Männer und teilweise auch große Frauen Geschichte machen. Schüler\_innen zeigen außerdem ein intentionales Verständnis von Geschichte, wodurch menschlicher Wille als Ursache historischer Ereignisse deutlich wird (Günther-Arndt, 2006, S. 258). Bereits bei dieser Zusammenschau wird deutlich, dass die Erhebungen von historischen Schülervorstellungen weniger themenspezifisch, sondern themenübergreifender Natur sind. Hier

deutet sich ein Unterschied zwischen den Didaktiken an: Während die Naturwissenschaftsdidaktiken – vor allem in den Anfängen – vorrangig auf themenspezifische Vorstellungen fokussierten, legt die Geschichtsdidaktik den Schwerpunkt auf historische Vorstellungen zu Geschichte und ihren allgemeinen Charakteristiken (Günther-Arndt, 2008).

Darüber hinaus grenzen sich einige Autoren der Geschichtsdidaktik explizit von den Naturwissenschaften ab: Historische Konzepte (Ebene 2) seien Kategorien, deren Bedeutung von verschiedenen Historikern unterschiedlich definiert wird. Beispielsweise herrsche heutzutage keine Einigkeit was unter dem Begriff *Revolution* zu fassen sei, wie dies beispielsweise im Bereich der Naturwissenschaften für die Begriffe *Kraft* oder *Gravitation* der Fall sei (Limón, 2002, S. 261).

Historische Vorstellungen der 2. und 3. Ebene sind über verschiedene Themen hinweg von Bedeutung und werden im Geschichtsunterricht zumeist nicht explizit thematisiert, sondern lediglich implizit deutlich: „Historical concepts, [...] are frequently presented, not in an isolated way, but within a narrative or a factual account, so that they are implicit, rather than explicit, and students must therefore infer their meaning“ (Limón, 2002, S. 261). So zeigt beispielsweise Berti (1994) mittels Analyse von Schulbüchern und Unterrichtsbeobachtungen, dass das historische Konzept des *Staates* in den untersuchten Unterrichtsstunden nie explizit eingeführt wird, der Begriff dennoch zahlreiche Verwendung findet. Ein Verständnis durch die Schüler\_innen wird vorausgesetzt oder eben implizit durch den Unterricht vermittelt. Entsprechend werden diese Art der historischen Vorstellungen implizit erlernt und sind dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht immer ad hoc zugänglich. Auch historische Vorstellungen zu den second order concepts (Ebene 3) werden als implizit vorliegend angenommen: „These concepts are likely to be tacit, not only in the sense of being unspoken and implicit, but also because they concern matters students often never confront“ (Limón, 2002, S. 263). Diese Metakonzepte sind „als Resultate der geschichtskulturellen Sozialisation immer schon da“ (Zülsdorf-Kersting, 2007, S. 29) und dabei dem Bewusstsein der Personen nicht notwendigerweise zugänglich.

Aufgrund des Stellenwertes geschichtskultureller Sozialisation werden auch historische Vorstellungen in der Geschichtsdidaktik stärker als „diffuse und nicht reflektierte Prämissen der Geschichtsbetrachtung [...], ohne dass sich die Befragten ihrer bewusst sind“ konzipiert (Zülsdorf-Kersting, 2007, S. 25). Limón (2002, S. 271) plädiert dafür, mit Hilfe des Zusammenhangs verschiedener second order concepts, historische Vorstellung der Schüler\_innen von Geschichte als Ganzes zu rekonstruieren. Diese Rekonstruktionsarbeit wird als eine Aufgabe fachdidaktischer Forschung angesehen. Limón (2002, S. 271) rekonstruiert vier mögliche historische Vorstellungen der Ebene 3, also zum Wesen von Geschichte: Geschichte als Chronologie, Geschichte als Narration, Geschichte als Erklärung und Geschichte als Nachvollzug.

Es wird angenommen, dass die historischen Vorstellungen der Ebene 2 und 3 das Lernen der Schüler\_innen strukturieren: „History metaconcepts appear to act as a sieve for students' understanding of history curriculum content“ (Limón, 2002, S. 265). Entspre-

chend großen Einfluss nehmen sie auf den Lernprozess der Schüler\_innen und sind bei der Strukturierung von Lehr-Lern-Arrangements zu berücksichtigen.

Es zeigt sich insgesamt, dass der Grad, in dem sich Schüler\_innen ihrer historischen Vorstellungen bewusst sind, variiert. Während historische Vorstellungen der Ebene 1 als dem Bewusstsein zugänglich beschrieben werden, gilt dies weniger für die historischen Vorstellungen der Ebenen 2 und 3. Da der Schwerpunkt geschichtsdidaktischer Forschung auf Vorstellungen der Ebenen 2 und 3 liegt, werden historische Vorstellungen zumeist als dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht zugänglich konzipiert. Sie werden durch geschichtskulturelle Sozialisation internalisiert und beeinflussen den weiteren Lernprozess. Hier zeigt sich ein Unterschied zum oben dargestellten engen Begriffsverständnis der Naturwissenschaftsdidaktiken. Eine solch erweiterte Konzeption der Schülerperspektive durch den Einbezug unbewusster Anteile, wurde in den Naturwissenschaftsdidaktiken mit Hilfe veränderter Begrifflichkeiten verdeutlicht (Schülervorverständnis, Rahmentheorie, Alltagsphantasien). In der Geschichtsdidaktik wird dies als grundsätzliche Eigenschaft historischer Vorstellungen begriffen und daher vorrangig der Begriff der Vorstellung verwendet.

Von verschiedenen Autoren wird darauf hingewiesen, dass aufgrund der Perspektivität und Subjektivität von Geschichte weniger eine klare Bestimmung als Fehlvorstellung möglich sei, als dies in den Naturwissenschaften der Fall sei, da die historischen Schülervorstellungen kontextvariabel sind, teilweise implizit vorliegen und als themenübergreifend anzusehen sind (Limón, 2002; Halldén, 1997; Zülsdorf-Kersting, 2007). Als weitere Besonderheit macht Limón (2002, S. 261) deutlich, dass es historische Vorstellungen nicht isoliert gebe. Historische Vorstellungen, z. B. von Demokratie, variieren je nach regionalem und zeitlichem Kontext, sodass historische Vorstellungen zu historischen Konzepten hier als abhängig vom zeitlichen Kontext deutlich werden. Historische Konzepte stellen eher schwach definierte Kategorien dar und sind weniger starr als beispielsweise der naturwissenschaftliche Kraft- oder Energiebegriff.

Neben den verschiedenen Begriffsverständnissen und den von Geschichtsdidaktiker\_innen stark gemachten Unterschieden zu den Naturwissenschaften, zeigen sich auch Ähnlichkeiten in der Konzeption der Schülerperspektive. Sowohl in der Naturwissenschafts-, als auch in der Geschichtsdidaktik variiert die Themenspezifität der (historischen) Vorstellungen. Darüber hinaus gibt es jeweils Überlegungen, zur Schülerperspektive ebenfalls internalisierte, den Schüler\_innen unbewusste Anteile zu zählen. Diese Gemeinsamkeiten, aber auch die genannten Unterschiede werden im folgenden Kapitel 2.3.3 aufgegriffen und die Ansätze im Hinblick auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften zusammengeführt.

#### Definition

Als *Schülerperspektive auf historische Inhalte* versteht die Geschichtsdidaktik das Geschichtsbewusstsein der Schüler\_innen, welches unter anderem die drei Ebenen

historischer Vorstellungen (1 – zu spezifischen curricularen Fachthemen, 2 – zu themenübergreifenden historischen Konzepten und 3 – zum Wesen der Geschichte) und damit sowohl den Schüler\_innen bewusste als auch unbewusste Anteile umfasst.

Das Geschichtsbewusstsein ist jedoch nicht nur bei Inhalten im Geschichtsunterricht oder historisch orientiertem Naturwissenschaftsunterricht, sondern bei jeglicher Auseinandersetzung mit der uns umgebenden Welt relevant. Jeder Gegenstand, auch ein Unterrichtsgegenstand im Physikunterricht, ist ein historisch bedingter und muss mit dem eigenen Geschichtsbewusstsein in Einklang gebracht werden. So ist Geschichtsbewusstsein in jedem Unterricht relevant (Meyer-Hamme & Borries, 2008, S. 111). Diese Überlegungen werden nun weiter ausgeführt.

#### **2.3.2.4. Legitimation historisch orientierten Naturwissenschaftsunterrichts aus geschichtsdidaktischer Perspektive**

Auf Basis des theoretischen Gerüsts des Geschichtsbewusstseins soll nun die Bedeutung von historischem Denken und der Thematisierung der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften im Naturwissenschaftsunterricht diskutiert werden.

Menschen selbst sind Objekte der Veränderung und der Zeit ausgeliefert, in dem beispielsweise unsere Lebenszeit begrenzt ist und sich unser Körper mit der Zeit verändert. Zu jedem Zeitpunkt unseres Lebens sind wir also ein Stück weit ein Anderer bzw. eine Andere und erleben damit ständig Zeit und Wandel. Was uns heute als Mensch auszeichnet, unsere möglichen Verhaltensweisen und die uns umgebende Welt, sind historisch bedingt. Die Entwicklungen der Vergangenheit und Erwartungen an die Zukunft haben die aktuellen Gesellschaftsstrukturen, Weltordnungen, Werte und Normen hervorgebracht. Genauso sind Gegenstände, ihre Nutzung sowie deren Bedeutung für unser heutiges Leben historisch bedingt. Um es an einem Beispiel zu verdeutlichen: Erst der historische, kollektive Sozialisationsprozess der roten Signalfarbe gibt dem heutigen Regelsystem der Ampel seine Bedeutung. Auch ein solch alltäglicher Gegenstand und damit verbundene Praktiken, wie das Beachten einer Ampel, sind historisch gewachsen und müssen auch im Zuge empirischer Forschung als solche betrachtet werden.

In diesem Sinne ist bei der Begegnung einer Person mit jeglichen Gegenständen, Strukturen und Praktiken ihr Geschichtsbewusstsein relevant. Gleiches gilt für den naturwissenschaftlichen Unterricht, wobei mit Gegenständen sowohl reale Gegenstände in Form von experimentellen Aufbauten o. ä., als auch theoretische Gegenstände wie Modelle, Gesetze, Theorien o. ä. gemeint sind. Auch die Naturwissenschaften an sich, naturwissenschaftliche Praktiken und das verwendete Symbolsystem sind historisch und sozial geprägt (vgl. Kapitel 2.1.2.2 oder Sibum, 1990, S. 66). Aufgrund dieser historischen Prägung muss davon ausgegangen werden, dass Schüler\_innen und Lehrer\_innen bei der Beschäftigung mit Naturwissenschaften auf ihr Geschichtsbewusstsein zurückgreifen, ohne sich dessen

bewusst zu sein. Dies geschieht in jedem Naturwissenschaftsunterricht, sei er auf die Behandlung der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften ausgerichtet oder nicht.

Das häufig für historisch orientierten Unterricht angeführte Argument, Naturwissenschaften seien historisches Gut unserer gesellschaftlichen Entwicklung, sodass diese Eigenschaft im Unterricht thematisiert werden sollte (z. B. Driver et al., 1996), kann mit Bezug zum Konzept des Geschichtsbewusstseins erweitert werden. Den Rückbezug auf die zeitliche Gewordenheit der Naturwissenschaften nehmen die Schüler\_innen aufgrund ihres bestehenden Geschichtsbewusstseins immer vor. Sie bilden auch im naturwissenschaftlichen Unterricht Sinn und beziehen sich dabei aufgrund der historischen Gewordenheit der Praktiken, Symbole und Gegenstände auf ihre Zeiterfahrungen. Auf diese Weise, ist implizit jeder Unterricht ein Unterricht über Geschichte (vgl. Meyer-Hamme & Borries, 2008, S. 111). Durch historisch orientierten Naturwissenschaftsunterricht kann das Wissen der Schüler\_innen über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften erweitert werden und so zu reflektierteren Sinnbildungsprozessen, bezogen auf die Gegenstände der Naturwissenschaften, führen. Findet eine solche Berücksichtigung nicht statt, beziehen sich die Schüler\_innen auf ihre bisherigen Zeiterfahrungen, welche aus fachdidaktischer Perspektive möglicherweise weniger passend erscheinen.

Historisch orientierte Unterrichtskonzepte bringen also nicht gänzlich neue mentale Operationen in den Naturwissenschaftsunterricht ein, sondern greifen bereits bestehende auf und geben ihnen explizit Raum. Im Hinblick auf das Ziel einer naturwissenschaftlichen Grundbildung und damit verbunden dem Lernen über die Natur der Naturwissenschaften scheint es also sinnvoll, historisches Denken in den Unterricht zu integrieren, um so die Gewordenheit der Naturwissenschaften explizit zu machen und zu reflektieren. Auch naturwissenschaftlicher Unterricht trägt somit zur Konstitution von Geschichtsbewusstsein bei, entweder implizit und unreflektiert oder explizit und reflektiert.

Setzt man auf Grundlage dieser Argumentation voraus, dass historisch orientierte Unterrichtskonzepte in den Naturwissenschaftsunterricht integriert werden sollten, ist im Sinne des Modells der didaktischen Rekonstruktion eine Erfassung der Schülerperspektive auf diese Aspekte unerlässlich. Dabei ist nach den obigen Überlegungen auch das Geschichtsbewusstsein der Schüler\_innen maßgeblich und bei der didaktischen Strukturierung von Lernangeboten zu berücksichtigen. Im Folgenden werden daher der Forschungsstand zum Geschichtsbewusstsein von Schüler\_innen dargestellt und Forschungsdesiderate formuliert.

### **2.3.2.5. Forschungsstand zum Geschichtsbewusstsein von Schüler\_innen**

Die Definition von Geschichtsbewusstsein ist sehr breit. Entsprechend viele und differenzierte Forschungsvorhaben gab es seit den 1980er Jahren. Kölbl und Straub (2001, Abs. 24-34) geben einen Überblick über Felder der Forschung:

- Untersuchungen zum Erwerb historischer Kenntnis und Stand historischen Wissens,

- Studien zur ontogenetischen bzw. biographischen Entwicklung des Geschichtsbewusstseins,
- Arbeiten zum Zusammenhang zwischen dem historischen Bewusstsein und anderen kognitiven Kompetenzen, wie dem moralischen oder politischen Bewusstsein,
- Studien zum Geschichtsbewusstsein mit dem thematischen Schwerpunkt Nationalsozialismus,
- Kulturvergleichende Studien des Geschichtsbewusstseins,
- Studien zum Prozess des historischen Denkens,
- Untersuchungen zum geschichtlichen Interesse,
- Arbeiten zur medialen Darstellung von Geschichte.

Die Autoren kritisieren dabei die vielfach vorgenommene Wertung des Geschichtsbewusstseins als unzureichend und weisen auf eine konzeptionelle Unsauberkeit hin. Solche Bewertungen beziehen sich zumeist lediglich auf inhaltliche Wissensbestände und verweisen auf eine Diskrepanz zwischen normativen Erwartungen der Forscher\_innen und festgestellten Kenntnissen der Schüler\_innen (Kölbel & Straub, 2001, Ab. 101). Bei dieser Bewertung werden jedoch alle anderen Facetten des Geschichtsbewusstseins, wie geschichtsspezifische Haltungen, Werte, Normen, Einstellungen und historische Vorstellungen ausgeblendet.

Stärker deskriptiv versucht Rösen (1983) das Geschichtsbewusstsein von Personen zu beschreiben. Für ihn artikuliert sich Geschichtsbewusstsein durch den Akt des historischen Erzählens, in dem sich die Art der Sinnbildung zeigt. Entsprechend beschreibt er verschiedene Arten der Sinnbildung über Zeiterfahrung durch *Erzählmuster* (Rösen, 1994, S. 38ff):

- Traditionales Erzählen: Erinnert an die Ursprünge der gegenwärtigen Lebensverhältnisse. Aktuelle Zeiterfahrungen werden als Impulse zur Erneuerung des Ursprungs dieser Lebensverhältnisse verarbeitet. Die Identität der Person wird als im Verlauf der Zeit statisch gleichbleibend konzipiert.
- Exemplarisches Erzählen: Erinnert durch Beispiele an Regeln gegenwärtiger Lebensverhältnisse. Die geltenden Handlungsregeln befähigen die Person unabhängig von der Vielfalt von Handlungsbedingungen der Zeit zu begegnen.
- Kritisches Erzählen: Erinnert an Abweichungen, die gegenwärtige Lebensverhältnisse in Frage stellen. Identitätsbildung findet durch Abgrenzung statt.
- Genetisches Erzählen: Erinnert an Transformationsprozesse, bei denen von heute verschiedene Lebensverhältnisse in den gegenwärtigen münden. Zur Identitätsbildung muss von der Person zwischen Dauer und Wandel vermittelt werden. Veränderungen sind notwendig, um ein langfristiges Bestehen zu ermöglichen. „Durch genetisches Erzählen wird Identität als Selbstverhältnis des Menschen nicht wie im traditionellen Erzählen in der Zeit, nicht wie im exemplarischen Erzählen über der Zeit und auch nicht wie im kritischen Erzählen gegen die Zeit, sondern – wie man

entsprechend sagen müßte – mit der Zeit mitgehend zur Sprache gebracht“ (Rüsen, 1994, S. 40).

Rüsen (1994) argumentiert, dass diese vier Typen alle Möglichkeiten des historischen Erzählens erfassen, jedoch als idealtypisch zu betrachten sind. Sie kommen in Überlagerung vor und können je nach Situation variieren. Diese Typen wurden im Laufe der Zeit unter anderem durch Pandel (2002) und Körber (2013) aufgegriffen.

Eine der ersten groß angelegten empirischen Studien zum Geschichtsbewusstsein ist die Studie „Geschichtsbewußtsein Jugendlicher“ von Borries (1995). Die Ergebnisse der Fragebogen-basierten Untersuchung von 1992 werden im Folgenden in Ausschnitten dargestellt und beziehen sich vorrangig auf die Ausführungen in Borries (1995).

### **Assoziationen zu bestimmten Epochen**

Das Zeitalter der Antike wird global aus einer ästhetisch-abenteuerlichen Warte heraus beurteilt (Borries, 1995). Hingegen wird das Mittelalter vorrangig mit finstern Aberglauben und grausamen Hexenverfolgungen in Verbindung gebracht. Auch die Kolonialgeschichte wird vorrangig negativ attribuiert und mit Ausbeutung und Rassismus verknüpft. Die Industrialisierung wird mit einer verstärkten Belastung der Umwelt in Verbindung gebracht, was die Autoren dazu veranlasst anzunehmen, dass „gerade von den Jüngeren [...] Gegenwartswahrnehmungen auf die Geschichte übertragen“ werden (Borries, 1995, S. 63). Die Demokratisierung der Gesellschaft wird wenig mit dem Zeitalter der Industrialisierung in Verbindung gebracht, sodass nicht von einem globalen Modernisierungskonzept der Schüler\_innen gesprochen werden kann. Schüler\_innen haben keine zeitliche Vorstellung vom Mittelalter, sondern verwenden es synonym für etwas Altmodisches oder Rückständiges (Jenisch, 2004, S. 263).

### **Globaleinschätzungen der Vergangenheit**

Auch unabhängig von spezifischen Epochen wurden die Schüler\_innen zu einer Bewertung der Vergangenheit angehalten. Dabei zeigte sich, dass eine Reihe gegebener positiver Merkmale (friedlich, gesund, frei, sicher) verneint und im Gegensatz dazu negative (finstern, elend, grausam, ungerecht) bejaht werden. Die Lebensqualität vergangener Zeiten bezogen auf technisch-wirtschaftliche, medizinische Annehmlichkeiten, auf das generelle Lebensgefühl sowie auf politische Organisation und moralische Standards, werden eher negativ bewertet. Damit ist „ein recht ungültiges Urteil der Befragten über die ‚Vergangenheit‘ insgesamt [...] unverkennbar“ (Borries, 1995, S. 89). Im Sinne von Schönheit, Unterhaltungswert, Lebenssinn und Bewunderung (zusammenfassend als Buntheit bezeichnet) wird die Vergangenheit global neutraler bewertet. Insgesamt wird die Vergangenheit von den befragten Schüler\_innen also als eher düster, aber einigermaßen spannend bewertet. Mit steigendem Alter und höherer Schulform wird die Bewertung der Lebensqualität noch schlechter, wohingegen die Einschätzung der Buntheit gleich bleibt.

### **Gestaltungskräfte und Determinanten der Entwicklungen der Vergangenheit**

Der Verwissenschaftlichung mit der Entwicklung von Maschinen und technischen Geräten, der Verbreitung von Wissen und Bildung, naturwissenschaftlicher und technischer Erkenntnisse sowie politischer Reformen und wirtschaftlicher Interessen, wird ein hoher Einfluss auf vergangene Entwicklungen attestiert. Wachsende Rationalität und Rationalisierung scheinen für die Schüler\_innen zentrales Charakteristikum der Entwicklungen der Vergangenheit zu sein. Wachsende Technokratie und Expertentum werden als eine entscheidende Determinante der Entwicklungen der Vergangenheit wahrgenommen. Weiterhin werden Machtkämpfen vergangener Zeiten ein hoher Einfluss zugesprochen, der jedoch als weniger bedeutsam als der Einfluss der Verwissenschaftlichung angesehen wird. Naturkatastrophen wird ein vergleichsweise geringer Einfluss zugesprochen. Ideologische Aspekte wie Religion, Freiheitsstreben oder große Ideen von Denkern und Philosophen gelten deutlich weniger stark als Determinanten der Entwicklung (Borries, 1995).

### **Globaleinschätzungen der Gegenwart**

Als Eigenschaften der Gegenwart werden positive Adjektive wie frei, demokratisch und gesund gewählt. Weniger schreiben die Schüler\_innen der Gegenwart zu edel, fromm und finster zu sein. „Damit ist bereits klar, daß die Wahrnehmung der Gegenwart – im Mittel! – eher freundlich, aber nicht enthusiastisch ausfällt“ (Borries, 1995, S. 152). Die gegenwärtige Lebensqualität wird positiv eingeschätzt. Hier zeigt sich ein besonders starker Kontrast zur Einschätzung der Vergangenheit. Im Vergleich der Globaleinschätzungen von Vergangenheit und Gegenwart zeigt sich ein deutlicher Trend einer „Überlegenheit der Gegenwart“, einer „Fortschrittwahrnehmung“ und eines „Lebensqualitätsgewinn[s]“ (Borries, 1995, S. 172f).

### **Globalerwartungen an die Zukunft**

Sowohl der Bundesrepublik Deutschland, als auch den Entwicklungsländern werden günstige Prognosen erstellt, wobei negative Szenarien für die Entwicklungsländer als wahrscheinlicher und positive Szenarien als unwahrscheinlicher angesehen werden. Auf einer persönlichen Ebene sehen die befragten Schüler\_innen ihre eigenen Berufschancen als günstig an.

### **Gestaltungskräfte und Determinanten der Entwicklungen der Zukunft**

Starker Einfluss auf die Entwicklungen der Zukunft wird von Maschinen und technischen Geräten, der Verbreitung von Wissen und Bildung, von naturwissenschaftlichen und technischen Erkenntnissen sowie von wirtschaftlichen Interessen erwartet. Wie bereits bei den Determinanten der Entwicklungen der Vergangenheit, spielen künftige Verwissenschaftlichung und Technokratie in Wissenschaft und Wirtschaft eine herausragende Rolle. Deutlich weniger Einfluss wird Kriegen, Revolutionen sowie Konflikten zwischen Arm und

Reich zugeschrieben. Naturkatastrophen, Religionen und Ideen großer Denker und Philosophen werden künftig geringen Einfluss nehmen.

### **Wahrnehmung von Wandel**

Bei der Frage, in welchen der im Fragebogen genannten Bereiche Veränderungen mit der Zeit zu erwarten sind, zeigten sich zwei Gruppen. Im technisch-wirtschaftlichen Feld wird radikaler Wandel für möglich gehalten. So rechnen 90 % der Befragten mit einem völligen oder starken Wandel der Technik. Auch der Umwelt der Menschen wird eine starke Wandlung zugesprochen. Die zweite Gruppe bezieht sich auf moralisch-mentale Felder. Hier wird Wandel für deutlich weniger wahrscheinlich gehalten. So werden die Gefühle der Menschen oder der religiöse Glaube eines Menschen in den Bereich des geringen Wandels eingeordnet.

### **Konzepte zum Fortschritt**

Mit 72 % der Schüler\_innen bejaht ein großer Anteil, dass die Techniker seit 200 Jahren dem Glauben verhaftet sind, die Natur vollständig beherrschen und ausbeuten zu können, wobei die entstehenden Umweltschäden kollektiv zu tragen sind. Eine Vielzahl der Befragten teilt die Idee einer ausbeuterischen Art der Industrie in Bezug auf die Bodenschätze. „Eine fundamentale Skepsis gegenüber den segensreichen Auswirkungen von Industrialisierung, Modernisierung und Verwissenschaftlichung, die sich besonders aus der Sorge um die Umwelt speist, ist unverkennbar“ (Borries, 1995, S. 184). Die Schüler\_innen zeigen sich skeptisch gegenüber der Möglichkeit, dass der technische Fortschritt seine schädlichen Folgen wieder in den Griff bekommt. Dies wird von den Autoren als Fortschrittsskepsis zusammengefasst. Explizit zeigt sich für diesen Bereich eine Fortschrittsskepsis, welche scheinbar der obigen Wahrnehmung von Wandel und der Aufwertung der Gegenwart widerspricht. Bei den zuvor thematisierten Fragekomplexen wurde das Fortschrittskonzept eher implizit erfragt. So lässt sich vermuten, dass explizit zwar die Fortschrittsskepsis deutlich wird, die Schüler\_innen jedoch weitgehend unbewusst „fest vom Fortschritt überzeugt und tief im Fortschrittsparadigma verwurzelt“ sind (Borries, 1995, S. 385). Bei der Beurteilung weit zurückliegender Geschichtsabschnitte wird jeder Abschnitt mit der Gegenwart verglichen und diese dabei zumeist stark aufgewertet. Auf diese Art und Weise löst sich der scheinbare Widerspruch auf.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die genannten Daten der Studie von Borries (1995) über 20 Jahre alt sind und sich in dieser Zeit die Präsenz technischer Geräte im Alltag der Menschen stark verändert hat. Heutzutage weist der Alltag einen hohen Durchdringungsgrad von Technik auf (Herlyn, 2008, S. 10). „Ein wesentlicher Trend unserer Zeit zeigt sich also darin, dass Technik mittlerweile in alle Lebensbereiche vorgedrungen ist“ (Pelizäus-Hoffmeister, 2013, S. 37). Technik ist heutzutage entsprechend auch für Kinder und Jugendliche präsenter als noch vor 20 Jahren. In diesem Sinne sind die Aussagen zur Bedeutung der Technik für den Fortschritt vorsichtig zu betrachten.

### Erkenntnisse zur Geschichtssozialisation

In der Untersuchung von Borries (1995) zeigt sich, dass neben dem Erwerb von Wissen ein Ergebnis des Geschichtslernens die Übernahme konventioneller Deutungen, Erklärungsmuster und Zwecken von Geschichtsbeschäftigung ist. Dabei zeigt sich besonders deutlich, dass bei den Schüler\_innen „eher die Vergangenheit durch die Brille der Gegenwart gedeutet als umkehrt die Gegenwart aus ihrer geschichtlichen Entstehung erklärt“ wird (Borries, 1995, S. 400). Durch den Sozialisationsprozess innerhalb der gegenwärtigen Gesellschaft werden bestimmte moralische Ansichten erworben und unverändert auf historische Situationen angewandt. So herrschen traditionelle und exemplarische Erzähl- und damit Sinnbildungsmuster im Sinne Rüsens vor. Genetische Sinnbildung ist seltener und überfordert möglicherweise, so die These von Borries, die Schulsituation oder die Schüler\_innen.

Dabei zeigt sich insgesamt eine Altersabhängigkeit verschiedener Dimensionen des Geschichtsbewusstseins, welche jedoch unterschiedlicher Natur sind. Geschlechtsunterschiede zeigen sich weniger deutlich, sind aber trotzdem messbar. Mädchen sind im Mittel moralischer und progressiver als die Jungen (Borries, 1995, S. 361ff). Auch hierbei deutet sich ein Zusammenhang mit dem Alter an, sodass die Autoren schließen: „Diese Unterschiede bauen sich – völlig oder überwiegend – erst im Verlauf der Sozialisation auf“ (Borries, 1995, S. 245). Es scheinen sich hier also mit der Zeit Rollenerwartungen zu internalisieren.

Auf Grundlage seiner Erkenntnisse plädiert Bodo von Borries unter anderem für eine stärkere Förderung des Fremdverstehens und die Stimulation von Reflexivität im Geschichtsunterricht. Zentral ist ein Hineinversetzen in vergangene Zeiten und ein Wahrnehmen der Veränderungen und Gründe dieser Veränderungen seit der Vergangenheit.

Weitere empirische Ergebnisse zur nature of history wurden bereits in Kapitel 2.3.2.3 genannt. Schüler\_innen sehen Geschichte insgesamt als einen linearen Prozess an, bei dem Menschen durch ihr intentionales Handeln Geschichte machen. Häufig findet eine Analogiebildung zwischen der Gegenwart und der Vergangenheit statt. Mit einem stärker qualitativen Ansatz untersuchten Kölbel und Straub (2001) das Geschichtsbewusstsein Jugendlicher und stellen fest, dass sich dieses erstaunlich stark an wissenschaftlich-methodischen Rationalitätsstandards orientiert und für die Schüler\_innen intersubjektive Nachvollziehbarkeit und rationale Erkenntnisoperationen bedeutsam sind. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass „wir die historisch-narrativen Kompetenzen von Heranwachsenden in aller Regel drastisch unterschätzen“ (Kölbel & Straub, 2001, Abs. 103) und grenzen sich damit explizit von dem oftmals vorherrschenden Attestieren eines mangelhaften Geschichtsbewusstseins ab.

Pape (2006) konnte feststellen, dass bereits Kinder im Grundschulalter über ein Geschichtsbewusstsein verfügen. Die Ergebnisse zeigen, dass Grundschüler\_innen Verknüpfungen zwischen verschiedenen Zeitdimensionen herstellen können. Sie erkennen Veränderungsprozesse und können sich im Zeitverlauf orientieren. Dabei bringen Erstklässler ihre eigene Lebensgeschichte und die der Familie mit dem Zeitverlauf in Verbindung. In Bezug auf Wandel, Fortschritt und Rückschritt „werden von den Kindern u. a. Grundbedürfnisse nach Nahrung, Kleidung, Behausung sowie das Zusammenleben in Gemeinschaften [als

statisch] erkannt, die von der Menschheit von jeher zu befriedigen versucht werden“ (Pape, 2008, S. 188). Die Schüler\_innen unterschieden zwischen statischen und veränderbaren Aspekten. Bezogen auf zukünftige Entwicklungen sehen die Grundschul Kinder sich nicht als einflussreich an und stehen zukünftigen Veränderungen überwiegend distanziert gegenüber.

### 2.3.2.6. Konsequenzen für diese Arbeit

In der Zusammenschau zeigt sich, dass sich die Geschichtsdidaktik im Bereich der Vorstellungsforschung explizit auf die Naturwissenschaftsdidaktiken bezieht, den Begriff der Vorstellung jedoch schwerpunktmäßig anders konzipiert. Das Geschichtsbewusstsein wird als Schülerperspektive auf unterrichtliche Inhalte verstanden und umfasst unter anderem historische Vorstellungen, welche in ihrer Fachthemenspezifität variieren. Geschichtsbewusstsein muss bereits ab Beginn der Schulzeit als Lernvoraussetzung betrachtet werden und sollte im Sinne des Modells der didaktischen Rekonstruktion bei der Konzeption von Lernangeboten berücksichtigt werden. Da das Geschichtsbewusstsein als dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht in Gänze zugänglich konzipiert wird, werden auch unbewusste Anteile der Schülerperspektive angenommen. Auch in historisch orientiertem Naturwissenschaftsunterricht ist das Geschichtsbewusstsein als Lernvoraussetzung anzusehen, sodass die Überlegungen der Geschichtsdidaktik darauf verweisen, eine weiter gefasste Konzeption der Schülerperspektive anzustreben. Ähnlich wie in den Naturwissenschaftsdidaktiken variiert die Konzeption der Schülerperspektive in den Dimensionen (1) Fachthemenspezifität und (2) Berücksichtigung bewusster und unbewusster Anteile.

Das grundsätzliche Vorhandensein von Geschichtsbewusstsein eines Lernenden führt zu einem weiteren Legitimationsgrund für historisch orientierten Unterricht: Bei jeglicher Begegnung mit naturwissenschaftlichen Praktiken, Begriffen und Symbolsystemen, welche historisch bedingt sind, bilden Schüler\_innen Sinn über Zeiterfahrungen, so auch im Naturwissenschaftsunterricht. Historisch orientierter Unterricht bietet die Möglichkeit, die Zeiterfahrungen der Schüler\_innen zu erweitern und den, in jedem Fall stattfindenden Sinnbildungsprozess aufzugreifen. Naturwissenschaften und ihre Gegenstände sind also nicht nur historisch geworden, sondern werden auch immer (unbewusst) als solche interpretiert.

Bisherige Erhebungen zum Geschichtsbewusstsein beziehen sich nicht auf den Kontext Naturwissenschaften bzw. Wissenschaftsgeschichte. Lediglich Wissen zur Entwicklung der Technisierung und Industrialisierung wurde bisher erhoben. Es zeigt sich ein Desiderat fachdidaktischer Forschung, welches genau in der Schnittmenge aus Naturwissenschafts- und Geschichtsdidaktik liegt und für historisch orientierten Naturwissenschaftsunterricht von zentraler Bedeutung ist. Zur Bearbeitung dieses Desiderats möchte die vorliegende Arbeit einen Beitrag leisten. Dazu wird eine empirische Untersuchung der Schülerperspektive angestrebt, für die sich Anhaltspunkte in den theoretischen Arbeiten der Geschichtsdidaktik manifestieren. Geschichtsbewusstsein äußert sich in teilweise unbewusst ablaufenden Prozessen, bei denen auf eigene Erfahrungen zu zeitlichem Wandel zurückgegriffen wird.

Es baut sich in Sozialisationsprozessen auf, ist kollektiv geteilt und internalisiert. Solen kollektiv geteilte, unbewusste Anteile der Schülerperspektive Berücksichtigung finden, wäre es erforderlich, zwar individuell gebildeten Sinn zu betrachten, dies jedoch mit einer Methode zu tun, die dennoch die Rekonstruktion kollektiver, internalisierter Anteile ermöglicht.

Auch für die Gestaltung des Samples lassen sich Hinweise ableiten. Grundsätzlich wird angenommen, dass sich das Geschichtsbewusstsein wegen des Rückgriffs auf eigene Erfahrungen mit steigendem Alter verändert. Um diesen Aspekt zu berücksichtigen, müssen bei der Datenerhebung Schüler\_innen verschiedenen Alters beteiligt werden. Dabei wird nicht angenommen, dass Schüler\_innen gleichen Alters automatisch eine ähnliche Perspektive auf den Gegenstand vorweisen. Die Entwicklung des Geschichtsbewusstseins verläuft keinesfalls im Gleichschritt. Da angestrebt wird, die Perspektive von Jugendlichen möglichst umfassend abzubilden, erscheint jedoch die Berücksichtigung verschiedener Altersgruppen sinnvoll. Darüber hinaus zeigt sich Geschichtsbewusstsein in Narrationen, sodass es für die Erhebung notwendig sein wird, dass Schüler\_innen über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften sprechen und dabei eigene Relevanzsetzungen vornehmen können.

### 2.3.3. Schülerperspektive und deren Dimensionen

Im vorliegenden Kapitel sollen die Konzeptionen der Schülerperspektive aus Naturwissenschafts- und Geschichtsdidaktik zusammengebracht und um Ideen der Soziologie ergänzt werden. Ziel ist es, das konzeptionelle Verständnis der Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften festzulegen.

#### 2.3.3.1. Zusammenführung der dargestellten Konzeptionen

In historisch orientiertem Unterricht ist die *zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften* Gegenstand des Unterrichts. Damit werden naturwissenschaftliche und zeitliche Anteile miteinander verknüpft. Um dem Forschungsinteresse der umfassenden Analyse der Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften gerecht zu werden, werden Erkenntnisse beider Didaktiken berücksichtigt. Es ist außerdem eine eindeutige Begriffsverwendung notwendig. Strukturiert werden die folgenden Darstellungen anhand der zuvor für beide Disziplinen als relevant herausgearbeiteten Dimensionen: (1) Fachthemenspezifität und (2) Berücksichtigung bewusster und unbewusster Anteile der Schülerperspektive.

#### (1) Fachthemenspezifität – Schülervorstellungen

In beiden Didaktiken gehören Schülervorstellungen zur Schülerperspektive auf einen Unterrichtsgegenstand. Diese können themenspezifisch, themenübergreifend sein oder sich stärker auf die allgemeine Ebene der Natur der Naturwissenschaften bzw. der Natur der Geschichte beziehen.

Die von einigen Autor\_innen der Geschichtsdidaktik betonte Verschiedenheit der Fächer ist kritisch zu diskutieren. Vergleicht beispielsweise Limón (2002, S. 261) das historische Konzept *Revolution* mit dem des *Kraftbegriffs*, wird verkannt, dass diese auf verschiedenen Ebenen liegen. Zwar stellen beide zentrale Konzepte des jeweiligen Faches dar, die Definition des Kraftbegriffs wird jedoch explizit im Unterricht thematisiert. Es handelt sich stärker um Begriffs- oder Faktenwissen, welches zu erlernen ist. Ähnlich dem historischen Konzept der Revolution gibt es solch themenübergreifenden „grundlegenden Konzepte“ (Schecker, 1985, S. 72) auch in den Naturwissenschaften, beispielsweise das *Wechselwirkungsprinzip*, die *systemische Betrachtung* von Zusammenhängen oder die Idee von *Erhaltungssätzen*. Diese grundlegenden Konzepte der Naturwissenschaften sind themenübergreifend von Bedeutung und werden im Schulunterricht, zwar möglicherweise häufiger als dies im Geschichtsunterricht der Fall ist, jedoch keinesfalls immer explizit thematisiert.

So scheint der unterschiedliche Fokus der Schülervorstellungsforschung (Geschichtsdidaktik – stärker themenübergreifende historische Vorstellungen, Naturwissenschaftsdidaktik – anfänglich stärker themenspezifische Vorstellungen) zu einem Missverständnis geführt zu haben. Auch in den Naturwissenschaftsdidaktiken gibt es Untersuchungen, die sich mit themenübergreifenden Konzepten und einer Metaebene, also der Natur der Naturwissenschaften, befassen. Dies wurde in Kapitel 2.1.2 bereits detailliert ausgeführt. So zeigen sich analog zu den drei Ebenen, auf die sich historische Vorstellungen beziehen können (vgl. Kapitel 2.3.2.3), solche Ebenen ebenfalls für die Naturwissenschaftsdidaktiken: Es gibt Vorstellungen zu

Ebene 1: spezifischen curricularen Fachthemen,

Ebene 2: zu themenübergreifenden grundlegenden Konzepten sowie

Ebene 3: zur Natur der Naturwissenschaften.

Dabei wird die Ebene 3, ähnlich zu den second order concepts der Geschichtsdidaktik, auch hier separat aufgeführt. Ausgehend von den Zielen sowohl des Geschichts-, als auch des naturwissenschaftlichen Unterrichts wäre es auch möglich, diese Ebene als Thema des Faches anzusehen und so zur Ebene 1 zu zählen. Da empirische Befunde jedoch noch keine umfassende Implementierung der NdN im Naturwissenschaftsunterricht als curricular verankertes Fachthema zeigen und auch die Geschichtsdidaktik eine Unterscheidung vornimmt, erscheint eine explizite Trennung passender, um die aktuelle Praxis zu beschreiben. Damit wird nicht ausgeschlossen, dass es im Hinblick auf das Ziel einer naturwissenschaftlichen Grundbildung erstrebenswert wäre, auch die NdN als curriculares Fachthema zu etablieren.

In beiden Didaktiken wird bisher nur eine fachthemenspezifische und eine Metaebene (NdN und second order concepts) unterschieden, sodass die obige Einteilung neu, für diese Arbeit jedoch relevant ist. Sie ermöglicht eine Relativierung bisher stark gemachter Unterschiede zwischen den Disziplinen. Limón (2002, S. 261) vergleicht bei dem obigen

Beispiel themenspezifische Vorstellungen der Naturwissenschaften (Ebene 1) mit historischen Vorstellungen zu themenübergreifenden historischen Konzepten (Ebene 2).

Als Unterschied zwischen den Fächern wird weiterhin angeführt, dass sowohl themenspezifische als auch themenübergreifende Vorstellungen in den Naturwissenschaften stärker auf Erfahrungen aus dem Alltag zurückgingen. Historische Fachthemen und Konzepte seien im Alltag weniger präsent und damit seltener selbst erlebbar (Limón, 2002, S. 279). In der Geschichtsdidaktik zeigt sich außerdem die Einschätzung, dass naturwissenschaftliche Konzepte eindeutiger definiert seien als historische. Diese Einschätzung ergibt sich aus der vorherrschenden Enthistorisierung des Naturwissenschaftsunterrichts, in dem die historische Genese beispielsweise des Kraft- und Energiekonzepts kaum eine Rolle spielt (vgl. Kapitel 2.1.2.3). Diese Ansicht ist für die Ebene 1 konkreter curricularer Inhalte wie der Definition des Kraftbegriffs nachvollziehbar, lässt sich jedoch im Hinblick auf die NdN nicht grundsätzlich aufrecht erhalten. Die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften bezieht sich auf die diachrone NdN und damit weniger auf eindeutig definierte Begriffe, Konzepte und Praktiken. Wie unterschiedlich die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften aus verschiedenen Perspektiven beschrieben werden kann, wurde bereits in Kapitel 2.2 deutlich gemacht. In einer zeitlichen Dimension hat sich beispielsweise die Bedeutung und die Wertigkeit von Experimenten im Forschungsprozess verändert. Zählte handwerkliche Arbeit früher noch zu den niederen Tätigkeiten, hat experimentelles Vorgehen heute einen hohen Stellenwert (vgl. Entwicklungslinie soziologischer Strukturen in Kapitel 2.2.1 oder Dewey, 1993, S. 302-303). Auf Ebene der diachronen NdN ist der zeitliche Kontext relevant und so gibt es keine eindeutige, zeitunabhängige Einschätzung zur Bedeutung des Experiments in der naturwissenschaftlichen Forschung. Dies ist für die vorliegende Arbeit von zentraler Bedeutung, sodass für die diachrone NdN nicht von zeitunabhängig definierten Kategorien ausgegangen werden kann.

Auch Henke und Höttecke (2013c, S. 329) stellen die Zeitabhängigkeit als besonders bedeutsam für die Analyse der Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften heraus. Es können nicht ohne weiteres allgemeine Vorstellungen zur Natur der Naturwissenschaft als identisch zu Vorstellungen für einen spezifischen historischen Kontext angenommen werden. Die Schülerperspektive auf die diachrone NdN erfordert daher eine eigenständige Untersuchung.

Zu diskutieren bleibt die in der Geschichtsdidaktik beschriebene implizite Vermittlung historischer Vorstellungen und ihrer Internalisierung. Historische Konzepte und das Wesen der Geschichte werden im Unterricht vorrangig implizit und selten explizit vermittelt. Auch in der Naturwissenschaftsdidaktik wird das implizite Lernen über die Natur der Naturwissenschaften thematisiert (Höttecke, 2008; Driver et al., 1996), sodass auch hier von implizit erlernten Vorstellungen gesprochen werden kann. Dabei liegen Ursachen solcher Vorstellungen auch außerhalb des Unterrichts.

## **(2) Berücksichtigung der Schüler\_innen nicht bewusster Anteile der Schülerperspektive – Einfluss der Sozialisation**

Der Einfluss der Sozialisation auf die Schülerperspektive wird in der Geschichtsdidaktik intensiv diskutiert. Das Geschichtsbewusstsein einer Person baut sich in Sozialisationsprozessen im Umgang mit kollektiv geteilten Erfahrungen in Bezug auf Zeitlichkeit auf. Es ist internalisiert und damit dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht ad hoc zugänglich. Dennoch bzw. gerade wegen der Internalisierung beeinflusst es die Wahrnehmung neuer Zeiterfahrungen und damit das Lernen der Schüler\_innen. Weit weniger intensiv wird dieser Einfluss der Sozialisation in den Naturwissenschaftsdidaktiken thematisiert. Dabei ist auch hier bedeutsam, dass Naturwissenschaften einen Teil unserer Gesellschaft und Kultur darstellen, Schüler\_innen täglich mit ihnen in verschiedenen Formen in Berührung kommen und ihnen so regelmäßig Bedeutungen zuweisen müssen. Zwar wird die Relevanz außerschulischer Erfahrungen für die Entstehung bestimmter Vorstellungen in den Naturwissenschaftsdidaktiken diskutiert, dennoch werden den Schüler\_innen nicht bewusste Anteile der Schülerperspektive nur in wenigen Ansätzen explizit thematisiert und forschungspraktisch aufgegriffen (vgl. Ausführungen zum Schülervorverständnis und Alltagsphantasien in Kapitel 2.3.1.3).

Die Zusammenschau zeigt außerdem kein einheitliches Begriffsverständnis der „Vorstellung“ und selbst innerhalb einer Disziplinen werden ganz verschiedene Ebenen mit diesem Begriff bezeichnet. Da diese Arbeit im Rahmen der Physikdidaktik entsteht, wird sich im Folgenden auf das grundsätzliche Begriffsverständnis der Naturwissenschaftsdidaktiken bezogen. Der Begriff „Vorstellung“ verweist der Wortbedeutung nach gerade auf die Bewusstheit eines Inhalts (vgl. Kapitel 2.3.1.2), sodass die Bezeichnungen als „implizite“ oder „unbewusste Vorstellung“ einen Widerspruch darstellen und in die Irre führen würde. Vorstellungen sind im Begriffsverständnis der vorliegenden Arbeit dem Bewusstsein der Schüler\_innen zugängliche Produkte kognitiver Prozesse. Unabhängig davon, ob sie auf implizite oder explizite Art und Weise erlernt werden, wird angenommen, dass sie von den Schüler\_innen artikuliert werden können.

Mit diesem Verständnis ist die Verwendung des Vorstellungsbegriffs in Bezug auf internalisierte Anteile der Schülerperspektive nicht sinnvoll. Es ist daher im Hinblick auf eine einheitliche Begriffsverwendung eine alternative Bezeichnung für diese Anteile zu finden.

Eine Möglichkeit zur Konzeption dieses Anteils der Schülerperspektive stellen die Überlegungen zum Ansatz der Alltagsphantasien dar. Vor allem zwischen den Ansätzen der Alltagsphantasien und dem Geschichtsbewusstsein zeigen sich deutlich strukturelle Ähnlichkeiten: Genauso wie das Geschichtsbewusstsein werden die Alltagsphantasien als kulturell geteilt und aus Sozialisationsprozessen entstammend angesehen. Beides liegt entsprechend eher als implizites denn als explizites Wissen vor (Gebhard, 2007a; Galda, 2013). Dabei werden die Alltagsphantasien als notwendig für die Orientierung des Selbst in der Welt und das Geschichtsbewusstsein für die Orientierung des Selbst in der Zeit verstanden. In diesem Sinne ermöglichen und beeinflussen Alltagsphantasien bzw. Geschichtsbewusstsein auch den Umgang mit dem Lerngegenstand.

### Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften

In den vorangegangenen Ausführungen zeigen sich immer wieder Ähnlichkeiten zwischen Überlegungen der Naturwissenschafts- und der Geschichtsdidaktik, auch wenn sie aufgrund unterschiedlicher Begriffsverwendungen nicht auf den ersten Blick deutlich werden. Im Hinblick auf historisch orientierten Naturwissenschaftsunterricht schärfen sich diese Ähnlichkeiten weiter aus. So unterscheiden sich verschiedene Konzeptionen in beiden Disziplinen in den oben herausgearbeiteten Dimensionen Fachthemenspezifität und Einbezug unbewusster Anteile. Das Forschungsinteresse der vorliegenden Arbeit soll nun in diesen Spektren verortet werden.

Nach Erkenntnissen zur Implementierung von HPS in den Regelunterricht (vgl. Kapitel 2.1.3.4) stellt die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften kein curricular verankertes Fachthema dar. Reflexion über die diachrone NdN stellt eine themenübergreifende Ebene in den Vordergrund, sodass von einer geringeren Fachthemenspezifität ausgegangen werden kann. Die diachrone NdN kann im Zuge der Behandlung ganz verschiedener Inhalte thematisiert werden. Das Forschungsinteresse dieser Arbeit lässt sich daher in der Darstellung der beiden Dimensionen in Abbildung 2.9 stärker links verorten.

Die Annahme unbewusster Anteile der Schülerperspektive in einigen Ansätzen der weiter gefassten Konzeption der Schülerperspektive in den Naturwissenschaftsdidaktiken wird mit Bezügen zum Geschichtsbewusstsein bestärkt. Das Geschichtsbewusstsein ist in histo-

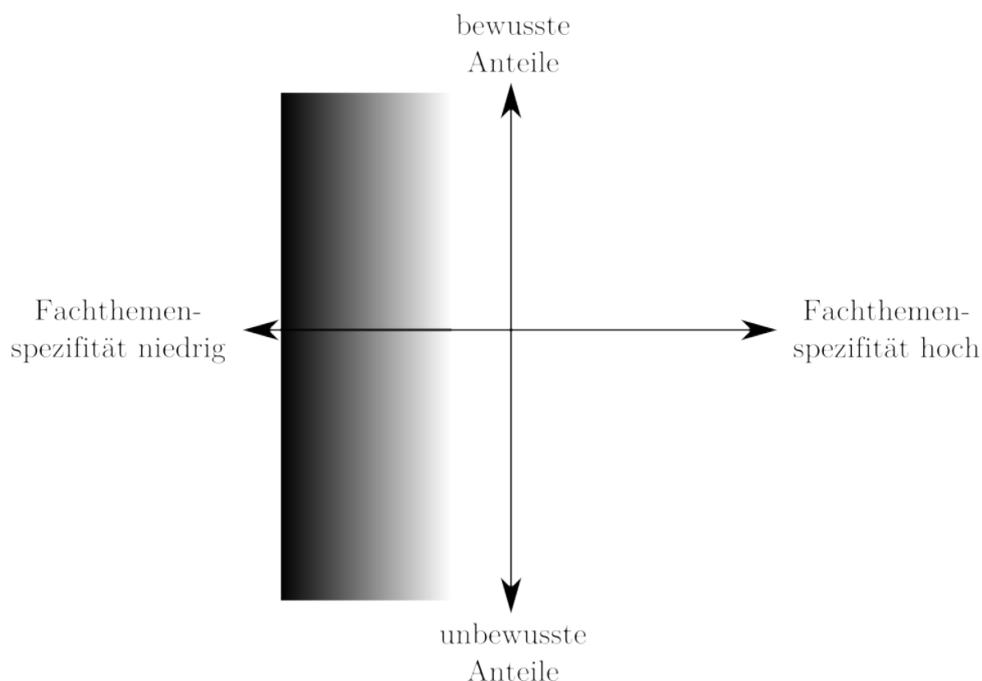


Abbildung 2.9.: Verortung des Forschungsinteresses in den Dimensionen Fachthemenspezifität und Schwerpunkt auf bewusste bzw. unbewusste Anteile der Schülerperspektive. Der Bereich des Erkenntnisinteresses ist dunkel markiert.

risch orientiertem Naturwissenschaftsunterricht ebenfalls relevant, sodass für eine umfassende Analyse der Schülerperspektive neben bewussten Anteilen auch unbewusste Anteile Berücksichtigung finden sollen. Dies liegt in der didaktischen Relevanz beider Anteile begründet: Die bewussten Anteile können von den Schüler\_innen artikuliert werden und stellen den Teil dar, mit dem Lehrkräfte in historisch orientiertem Unterricht unmittelbar konfrontiert sind, wenn über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften gesprochen wird.

Die dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht zugänglichen Anteile müssen sowohl nach den Überlegungen der Geschichtsdidaktik, als auch nach den Ansätzen der weiter gefassten Konzeption im Bereich der Naturwissenschaftsdidaktiken als die Handlungen der Schüler\_innen beeinflussend verstanden werden. Sie werden als urteils- und handlungsrelevant konzipiert (Gebhard, 2007b, S. 103) und nehmen entsprechend großen Einfluss auf die Begegnung mit dem Lerngegenstand. Erst wenn diese Anteile den Lehrkräften bekannt sind bzw. sie für ein Vorhandensein solch unbewusster, handlungsleitender Anteile der Schülerperspektive sensibilisiert werden, werden Denkweisen und Handlungen der Schüler\_innen nachvollziehbar und ein fruchtbarer Umgang mit diesen Anteilen im Unterricht möglich.

Ein weiteres Argument für die explizite Berücksichtigung der den Schüler\_innen nicht bewussten Anteile im Unterricht stellt Gebhard (2003, S. 209) heraus. Die unbewussten Anteile liegen dicht an der eigenen Person der Schüler\_in und sind oft Ursache emotionaler Reaktionen. Von den Schüler\_innen als sinnhaft erlebtes Lernen wird durch eine Berücksichtigung dieser Anteile der Schülerperspektive möglich. So kann eine Verbindung zwischen dem Lerngegenstand und der eigenen Person hergestellt und nachhaltigeres Lernen ermöglicht werden (Oschatz, 2011, S. 71). Daher ist bei der Erstellung von Lerngelegenheiten Wissen über bewusste und unbewusste Anteile vonnöten. Mit der Berücksichtigung beider Anteile will die vorliegende Arbeit diesem Anspruch gerecht werden. Daher erstreckt sich der dunkel markierte Bereich des Erkenntnisinteresses in Abbildung 2.9 sowohl über den 2., als auch über den 3. Quadranten des Koordinatensystems.

Nachdem das eigene Erkenntnisinteresse in den heraus gearbeiteten Dimensionen der bisherigen Konzeptionen verortet wurde, müssen konkrete Begrifflichkeiten für die verschiedenen Anteile gefunden werden. Dabei wird der Schwerpunkt aus mehreren Gründen auf die Unterscheidung in den Schüler\_innen bewusste und unbewusste Anteile gelegt: Zum einen bildet diese Dimension ein größeres Spektrum des Erkenntnisinteresses ab als die Dimension der Fachthemenspezifität, zum anderen gibt es in den Naturwissenschaftsdidaktiken bereits zahlreiche Erhebungen mit verschieden ausgeprägter Fachthemenspezifität, sodass in dieser Dimension bestehende Forschung bereits ein größeres Spektrum abdeckt. Weniger Forschungsvorhaben beschäftigen sich mit unbewussten Anteilen der Schülerperspektive. Genau diesen unbewussten Anteilen muss mit Bezügen zum Geschichtsbewusstsein jedoch eine zentrale Bedeutung in Bezug auf Zeitlichkeit und damit in Bezug auf historisch orientierten Unterricht zugesprochen werden. Dieser Fokus soll nicht nur theoretisch, sondern auch empirisch fortgeführt werden.

Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der  
Naturwissenschaften

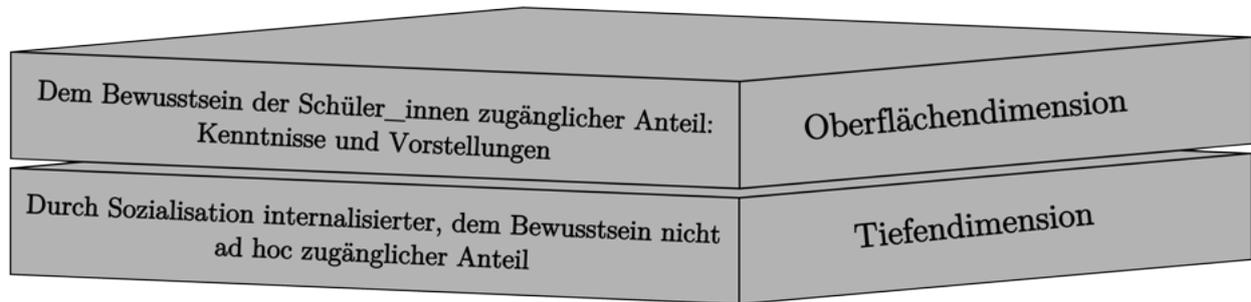


Abbildung 2.10.: Konzeptionelles Verständnis der Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften dieser Arbeit.

Dem Bewusstsein der Schüler\_innen ad hoc zugängliche Anteile der Schülerperspektive, unabhängig davon, ob sie sich auf spezifische Fachthemen beziehen oder themenübergreifend sind, werden in der vorliegenden Arbeit als *Vorstellungen* im zuvor definierten Sinne bezeichnet. Darüber hinaus ist es möglich, dass Schüler\_innen Wissen über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften (im Unterricht oder außerhalb) erlernt haben. In den Begrifflichkeiten Scheckers handelt es sich hierbei um *Kenntnisse*, die von den Schüler\_innen genannt werden können. Kenntnisse und Vorstellungen der Schüler\_innen werden einer *Oberflächendimension* der Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften zugeordnet (vgl. Abbildung 2.10). Neben dieser Oberflächendimension wird zusätzlich ein, dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht ad hoc zugänglicher Anteil angenommen. Dieser Anteil der Schülerperspektive wird in Anlehnung an Gebhard (2003) als *Tiefendimension* bezeichnet (vgl. Abbildung 2.10). Dieser muss auf Grundlage von Aussagen oder Handlungen von Schüler\_innen durch die Forscher\_innen rekonstruiert werden.

Wird im Folgenden von der Schülerperspektive gesprochen, so sind darunter diese Tiefendimension ebenso wie Schülervorstellungen und Kenntnisse zu verstehen. Diese Berücksichtigung der Tiefendimension macht „eine eigenständige Betrachtung der meist kulturell und biografisch verwurzelten“ Anteile der Schülerperspektive notwendig (Gebhard, 2007a, S. 119). Dabei werden für die vorliegende Arbeit Interessen und Motivation der Schüler\_innen nicht in die Konzeption der Schülerperspektive aufgenommen, um die Komplexität zu reduzieren. Sie gehören ohne Frage zur Perspektive der Schüler\_innen auf einen Lerngegenstand, eine Untersuchung kann jedoch oder ist bereits separat geschehen.<sup>21</sup>

Mit *Kenntnissen* und *Vorstellungen* stehen für die Oberflächendimension bereits präzise definierte Begrifflichkeiten bereit. Dies fehlt für die Tiefendimension bisher. Sozialisations-

---

<sup>21</sup>Einige Ergebnisse zu Interesse und Motivation im Hinblick auf historisch orientierten Unterricht wurden bereits in Kapitel 2.1.3.4 dargestellt.

und Internalisierungsprozesse werden als Ursache für das Bestehen einer Tiefendimension angesehen und aus einer wissenschaftlich-theoretischen Perspektive von der Soziologie analysiert. Aus diesem Grund werden Erkenntnisse dieser Disziplin für eine Begriffspräzision herangezogen.

### 2.3.3.2. Erkenntnisse der Soziologie

Die Soziologie untersucht das Miteinander von Menschen sowie dessen Voraussetzungen. Dabei stehen sowohl Handlungen von Personen, als auch diesen zugrundeliegende Wissensbestände im Vordergrund. Es wird untersucht, wie internalisierte Wissensbestände ein unmittelbares Verstehen innerhalb gewisser sozialer Gruppen ermöglichen (Mannheim, Kettler, Meja & Stehr, 1980) oder auf welche Art und Weise sich soziale Strukturen aufbauen und stabilisieren (Bourdieu, 1987; Reckwitz, 2003). Dabei spielt internalisiertes, implizites Wissen eine bedeutende Rolle. Internalisierte Wissensbestände sind sowohl im soziologischen Habitus-Konzept nach Bourdieu, als auch in der Wissenssoziologie nach Mannheim zentral, weshalb beide Konzepte an dieser Stelle dargestellt werden.

#### Bourdieu's Habitus-Konzept

Das vom Anthropologen und Soziologen Pierre Bourdieu entwickelte Habitus-Konzept entstammt seiner Beschäftigung mit der Logik gesellschaftlicher Praxis und versucht inkorporierte Praktiken sowie deren Ursachen zu beschreiben (Bourdieu, 1979). Bourdieu entwickelt zur Beschreibung sozialer Praxis mehrere Konzepte (Kapital, sozialer Raum, Felder, symbolische Gewalt, Habitus), wobei das Habitus-Konzept das meist rezipierte ist und eine übergreifende Verbindung aller Konzepte darstellt (Lenger, Schneickert & Schumacher, 2013a, S. 18). Ausgangspunkt war Bourdieus Kritik an der, in den Sozialwissenschaften vorherrschenden, Trennung in Subjektivismus und Objektivismus und die seiner Ansicht nach künstliche Spaltung in Gesellschaft und Individuum (Bourdieu, 1987, S. 49). So strebt er eine Theorie der „Logik der Praxis“ (Bourdieu, 1979) an, welche diese Dichotomien überwindet und Individuen und Gesellschaft als sich gegenseitig bedingt ansieht. Er begründet einen Wandel im sozialwissenschaftlichen Denken, indem er das Handeln einer Person nicht mehr als Resultat rein bewusster Entscheidungen versteht, sondern den internalisierten, mit anderen Menschen geteilten Habitus als die Handlungen beeinflussend konzipiert (Lenger, Schneickert & Schumacher, 2013b, S. 18).

Das Habitus-Konzept kann dabei nicht losgelöst vom Feld-Begriff diskutiert werden. Habitus und Feld stellen zwei Seiten einer Medaille dar (Schwingel, 2009, S. 75-76). Soziale Praxis vollzieht sich in bestimmten Feldern, beispielsweise im Feld der Ökonomie, im Feld der Religion, im Feld der Literatur oder im Feld der Wissenschaft (Dörfler, Graefe & Müller-Mahn, 2003, S. 16). Dabei bezeichnet *Feld* ein soziales Feld, welches sich durch die Beziehungen der beteiligten Subjekte untereinander und in Abgrenzung zu Anderen konstituiert. Diese Beziehungen sind abhängig von der Verteilung der Ressourcen, welche Machtverhältnisse und Positionen im Feld bestimmt (Bourdieu & Wacquant, 1996,

S. 127). Bourdieu und Wacquant (1996, S. 127-130) verdeutlichen den Feldbegriff mit dem Bild eines Spiels, in dem die Mitspielenden über bestimmte Trümpfe und Einsätze verfügen und diese strategisch einzusetzen versuchen, um den Mitspielern überlegen zu sein. Eben solche Trümpfe und Einsätze meint Bourdieu mit den zur Verfügung stehenden Kapitalsorten, die die Stellung im Feld bedingen. Als Kapitalsorten unterscheiden Bourdieu und Wacquant (1996, S. 127) *kulturelles Kapital* (Bildung und Titel), *ökonomisches Kapital* (finanzielle Mittel) und *soziales Kapital* (soziales Beziehungsnetzwerk). In jedem Feld werden diese Kapitalformen als unterschiedlich bedeutsam gewichtet, sodass Anerkennung und Ansehen im jeweiligen Feld verschieden hergestellt werden. Diese jeweils feldspezifische Konstellation der Kapitalsorten bezeichnen Bourdieu, Albagnac, Russer und Schwibs (2004, S. 309ff) wiederum als *symbolisches Kapital*. Präziser sprechen die Autoren auch von „symbolischen Effekten des Kapitals“ (Bourdieu et al., 2004, S. 311). Dabei lassen sich mehrere Felder „nicht immer klar voneinander abgrenzen, da sie sich partiell überlagern können, und ein Subjekt an mehreren Spielen parallel teilnehmen kann“ (Dörfler et al., 2003, S. 16).

Felder sind also durch spezifische Strukturen gekennzeichnet und beeinflussen dadurch die in diesem Feld handelnden Personen. Personen verleiben sich diese äußeren Strukturen ein, sodass sich internalisierte Strukturen in einem Individuum bilden, die den Personen einen „Sinn für die eigene Stellung im sozialen Raum“ und für Erlaubtes bzw. Unerlaubtes zur Verfügung stellen (Bourdieu, 1995, S. 17). Dieses internalisierte System aus „Wahrnehmung-, Denk- und Handlungsschemata“ wird als *Habitus* bezeichnet (Bourdieu, 1987, S. 101). In diesem Sinne determiniert der Habitus einer Person nicht ihr Handeln per se, macht aber bestimmte Handlungsalternativen wahrscheinlicher als andere. So äußert sich der Habitus in bestimmten KörperROUTINEN, im Kleidungsstil einer Person, aber auch in ihren Geschmackspräferenzen und Weltbildern (Bourdieu, 1982, S. 727-728; Meuser, 2007, S. 210). Der Habitus wird von Bourdieu (1987, S. 107) daher auch als „praktischer Sinn“ bezeichnet.

Andersherum beeinflusst auch eine handelnde Person die Strukturen im Feld, sodass sich Feld und Habitus stets gegenseitig bedingen (Schwingel, 2009, S. 81). Indem Wahrnehmung-, Denk- und Handlungsschemata im Feld erlaubte und nicht erlaubte Handlungen vorgeben, ermöglicht der Habitus die Orientierung des Selbst in der sozialen Welt. Bourdieu (1982, S. 728) bezeichnet dies als „gesellschaftliche[n] Orientierungssinn“, als „sense of one’s place“. Die bereits in Kapitel 2.3.3.1 ausgeführten strukturellen Ähnlichkeiten zwischen dem biologiedidaktischen Ansatz der Alltagsphantasien und dem Geschichtsbewusstsein können nun in Bezug auf das Habitus-Konzept weitergeführt werden. Sie alle beschreiben internalisierte, nicht bewusste Anteile, die die Wahrnehmung, das Denken und Handeln von Menschen beeinflussen. So wie das Geschichtsbewusstsein die Orientierung des Selbst in der Zeit und die Alltagsphantasien die Orientierung des Selbst in der Welt ermöglicht, gilt dies für den Habitus in Bezug auf die soziale Welt.

Der Habitus wird aufgrund gemeinsamer Erfahrungen von den Personen eines Feldes geteilt. Beispielsweise beschreibt Bourdieu (1982, S. 730) einen Klassenhabitus, der also von Personen einer gesellschaftlichen Klasse geteilt wird. Auf der anderen Seite ist es aber

„ausgeschlossen, da[ss] *alle* Mitglieder derselben Klasse (oder auch nur zwei davon) *die-selben Erfahrungen* gemacht haben, und dazu noch *in der selben Reihenfolge*“ (Bourdieu, 1987, S. 112 Hervorhebungen im Original). So spricht Bourdieu (1987, S. 112) neben dem „Klassen- oder Gruppenhabitus“ auch vom „individuellen Habitus“, welcher Ausdruck des Systems subjektiver, aber eben nicht vollständig individualisierter verinnerlichter Strukturen ist. „Der Habitus ist damit notwendiger Weise immer beides zugleich – individuell und kollektiv“ (Helsper et al., 2013, S. 135). Dabei konstituiert sich ein Habitus durch Erfahrungen in einem Feld, welche sich im Laufe der Zeit verändern können. In diesem Sinne wird der Habitus grundsätzlich als veränderbar angenommen (Bourdieu et al., 2004, S. 20). Dennoch ist aufgrund der Bedingtheit durch das Feld, welches träge bezüglich Strukturveränderungen ist, eine grundsätzliche Stabilität des Habitus anzunehmen.

Als zentrale Eigenschaft zeigt sich die Internalisierung des Habitus. Der Aufbau des Habitus vollzieht sich vorrangig unbewusst: „Die Erfahrungen von sozialer Welt und die darin steckende Konstruktionsarbeit vollzieht sich wesentlich in der Praxis, jenseits expliziter Vorstellung und verbalem Ausdruck“ (Bourdieu, 1995, S. 17). So baut sich ein Habitus durch das Agieren in einem bzw. mehreren Feldern auf und ist nicht ohne Weiteres dem Bewusstsein der Person zugänglich und explizierbar, wohl aber durch die Analyse der Praxis rekonstruierbar. Der Habitus arbeitet „jenseits von Bewußtsein und diskursivem Denken“ (Bourdieu, 1982, S. 730). Dabei wird *unbewusst* nicht im Sinne Freuds verstanden, wo Unbewusstes Ergebnis von Verdrängung und Trieben ist und nur durch Methoden der Psychoanalyse zugänglich wird (Freud, Mitscherlich, Richards & Strachey, 1994). Bourdieu will durch diese Begriffswahl ausdrücken, dass Menschen die Herkunft und den Aneignungsprozess ihres Habitus nicht beschreiben können, weil er eben der kollektiv geteilten Praxis implizit ist (Bourdieu, 1995, S. 17).

#### Definition

Unter dem *Habitus* wird in dieser Arbeit ein System kollektiv geteilter, internalisierter Wahrnehmungs-, Denk- und Handlungsschemata verstanden, das soziale Praktiken erzeugt und ordnet. Jeder Person ist solch ein Habitus eigen und leitet deren Handlungen an.

Dabei stellt Bourdieu (1987, S. 101) heraus, dass der Habitus „die aktive Präsenz früherer Erfahrungen, die sich in jedem Organismus in Gestalt von Wahrnehmungs-, Denk- und Handlungsschemata niederschlagen [gewährleistet]“. In diesem Sinne beschreibt Bourdieu (1995, S. 69) den Habitus als „leibhaft gewordene Geschichte“, da eine Einverleibung historischer Strukturen stattfindet. Der Habitus gewährleistet so die Präsenz früherer Erfahrungen und erscheint damit passend zu den Überlegungen zum Geschichtsbewusstsein.

### Mannheims Wissenssoziologie

Mannheim beschäftigt sich bei seinen Überlegungen stärker mit verschiedenen Strukturen des Denkens, die sich im Zuge der Kommunikation niederschlagen und ähnlich wie beim Habitus-Konzept auf soziale Praxis zurückgehen. So führt er aus, dass „Denken und Verstehen eine stets lebendige Funktion der sozialen Gemeinschaft“ ist (Mannheim et al., 1980, S. 163). Damit sind auch Denkstile und Methodologien verschiedener Wissenschaften abhängig von gesellschaftlichen Mechanismen.

Im Zuge des Vergleiches naturwissenschaftlichen und historischen Denkens und Erkennens identifiziert Mannheim Unterschiede dieser beiden Disziplinen. Er stellt heraus, dass für historisches Denken die Ebene des konjunktiven Erkennens bedeutsam ist (Mannheim et al., 1980, S. 211). Konjunktives Erkennen wird durch gemeinsame, geteilte Erfahrungen von Subjekten möglich. „Das Erfahrene ist durch und durch persönlich, [...], es ist »Dritten« nicht ohne weiteres mitteilbar“ (Mannheim et al., 1980, S. 215). In diesem Sinne wird in einem so genannten *konjunktiven Erfahrungsraum* Wissen aufgebaut, welches den Beteiligten gemein ist, Außenstehenden jedoch nicht ohne weiteres zugänglich ist und von den Beteiligten nicht ad hoc artikuliert werden kann. Unter einem konjunktiven Erfahrungsraum versteht Mannheim von mehreren Personen geteilte Erfahrungen der Lebenspraxis:

„Durch ein Zusammenleben mit uns, [...] lernt er unser Sehen der Dinge kennen und mitzumachen; er nimmt teil an unserem Erfahrungsraum [...]. Dieser Erfahrungsraum ist bereits nach außen abgeschlossen, für andere nur noch in den Oberflächenerscheinungen zugänglich.“ (Mannheim et al., 1980, S. 215-216)

Es geht also um Personen, die ähnliche Erfahrungen machen und darüber miteinander verbunden sind: Konjunktive Erfahrungsräume einer sozialen Gruppe, einer Berufsgruppe, der Familie usw. Zentral sind geteilte Erfahrungen „durch gemeinsames Erleben, durch gemeinsame Sozialisation, durch einen gemeinsamen sozialen Hintergrund“ (Bohnsack, 2003, S. 42). So wird deutlich, dass es sich nicht um zeitgleich erlebte Erfahrungen handeln muss, sondern sich diese Gemeinsamkeit auch vermittelt über eine ähnliche Sozialisation einstellen kann. So verfügen beispielsweise Schüler\_innen unterschiedlicher Schulen und Klassen über konjunktives Wissen zum System Schule. Es gibt eine Menge von Erfahrungen, die sie an unterschiedlichen Orten, mit anderen Personen, aber doch alle gemacht haben und so zum konjunktiven Erfahrungsraum „Schüler\_in im System Schule“ gehören. Es baut sich ein System aus Begriffen und Gesten auf, die mit konjunktiv geteilten Bedeutungen aufgeladen sind: Begriffe gewinnen „für die engere Gemeinschaft eine bestimmte konjunktiv bedingte Bedeutung [...], die nur jene verstehen, die den Erlebniszusammenhang mitgemacht haben“ (Mannheim et al., 1980, S. 218). Bestimmtes Wissen muss daher bei der Kommunikation zwischen Mitgliedern eines konjunktiven Erfahrungsraumes nicht expliziert werden, es ist allen bekannt und wird im Laufe der Zeit zu konjunktivem, nicht artikulierbarem Wissen.

Dieses konjunktive Erfahrungswissen wird von Mannheim an anderer Stelle auch als *atheoretisches Wissen*<sup>22</sup> bezeichnet, womit er auf den Unterschied zum theoretischen Wissen, also zu unmittelbar verbalisierbaren Theorien, hinweist (Mannheim et al., 1980, S. 73). Atheoretisches Wissen zeigt sich eben erst in der Handlungspraxis. Damit ist sich eine Person nicht bewusst, über was für konjunktive Wissensbestände sie verfügt, drückt sie aber dennoch unbewusst durch die Wahl bestimmter Worte oder Gesten aus. Hier zeigt sich eine strukturelle Ähnlichkeit zum Habitus-Konzept: „Mannheim und Bourdieu verbindet die Vorstellung von atheoretischem Wissen [und dessen] Erzeugung von Praxis“ (Martens & Asbrand, 2009, S. 212). Zusätzlich zum *konjunktiven Wissen* beschreibt Mannheim außerdem überkonjunktives Wissen, welches stärker an allgemeingültige Definitionen und Begriffe gekoppelt ist. Diese Ebene wird als *kommunikatives Wissen* bezeichnet und ist bei naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen relevant (Mannheim et al., 1980, S. 223). Auf dieser kommunikativen Ebene verstehen sich auch Personen, die nicht dem selben konjunktiven Erfahrungsraum angehören (ebd., S. 289). Die Bedeutung der Worte wird im Zuge der Kommunikation explizit gemacht, Wissen wird durch die Worte direkt artikuliert. Damit unterscheiden Mannheim et al. (1980, S. 289) allgemein zwei Arten von Wissen: Kommunikatives Wissen und konjunktives Wissen.

#### Definition

*Kommunikatives Wissen* ist dem Bewusstsein einer Person zugänglich und kann von ihr artikuliert werden. *Konjunktives Wissen* hingegen ist durch konjunktives Erleben internalisiert und dem Bewusstsein der Person entsprechend nicht ad hoc zugänglich, beeinflusst aber ihre Verhaltensweisen und Aussagen. In diesem Sinne ist die Trennung in die zwei Ebenen als eine analytische zu betrachten. Jede Aussage einer Person beinhaltet immer beide, jedoch je nach Kontext mit verschobenem Schwerpunkt (Mannheim et al., 1980, S. 296).

Passend zu diesen Überlegungen unterscheidet Mannheim (1964, S. 104) in verschiedene Sinnschichten einer Aussage: Den *objektiven Sinn*, den *intendierten Ausdruckssinn* und den *Dokumentsinn*. Der objektive Sinn bezeichnet die allgemeine Bedeutung eines Textinhaltes oder einer Handlung. Dabei meint objektiv, dass der Ausdruckssinn „über das besondere Individuum [...] hinausrag[t]“ (Mannheim, Kettler, Meja & Stehr, 1984, S. 95) und so auch von Personen außerhalb des konjunktiven Erfahrungsraumes direkt erschlossen werden kann (kommunikatives Wissen). Der intendierte Ausdruckssinn bezeichnet das, was die Person auszudrücken beabsichtigt (Mannheim, 1964, S. 107). Dieser inten-

---

<sup>22</sup>Nohl (2012, S. 4) führt aus, dass die Begriffe des atheoretischen Wissens (Mannheim), des praktischen Sinns (Bourdieu) und des impliziten Wissens (Polany) zwar aus verschiedenen Theorielagern stammen, jedoch alle das gleiche Phänomen menschlicher Praxis beschreiben, dass einige Handlungen auf Wissen zurückgehen, welches dem Bewusstsein der Person nicht ad hoc zugänglich ist. All diese Begriffe wurden im Verlauf dieser Arbeit bereits eingeführt. Bezugnehmend auf Nohl werden konjunktives, implizites und atheoretisches Wissen sowie praktischer Sinn im Folgenden synonym verwendet.

dierte Sinn ist nicht durch eine andere Person erfass- oder rekonstruierbar (Nohl, 2012, S. 4). Der Dokumentsinn oder dokumentarische Sinn verweist auf die Herstellungsweise der Handlung und ist entsprechend direkt mit dieser verbunden (konjunktives Wissen) (Mannheim et al., 1980, S. 73f).

### 2.3.3.3. Konzeption der Tiefendimension der Schülerperspektive

Die Tiefendimension der Schülerperspektive wurde in dieser Arbeit bisher mit Bezügen zum Ansatz der Alltagsphantasien, dem Geschichtsbewusstsein und dem Schülervorverständnis als internalisierter, dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht ad hoc zugänglicher Anteil beschrieben (vgl. Kapitel 2.3.3.1). Sowohl Bourdieus Habitus-Konzept als auch Mannheims Wissenssoziologie beziehen sich auf die Idee, dass dem Bewusstsein der Personen nicht zugängliches Wissen die Handlungen dieser beeinflusst (Martens & Asbrand, 2009, S. 212). Dabei sind jedoch verschiedene Fokusse zu identifizieren: Stehen bei Bourdieu Überlegungen zur Aufrechterhaltung und Reproduktion objektiver, sozialer Strukturen im Vordergrund (Koller, 2009, S. 25), wendet sich Mannheim stärker dem Handeln zugrundeliegenden Wissensstrukturen zu und interessiert sich „für die Genese von Wissen und Sinnbildung“ (Asbrand, Martens & Petersen, 2013, S. 175).

Im Hinblick auf eine einheitliche begriffliche Konzeption der Schülerperspektive wird an dieser Stelle begründet eines der beiden soziologischen Konzepte als Bezugspunkt gewählt. Aus verschiedenen Gründen wird im Folgenden die Schülerperspektive mit Bezug zu Mannheims Wissenssoziologie konzeptionell beschrieben: Zum einen ermöglicht die Unterscheidung in kommunikatives und konjunktives Wissen eine Beschreibung der Schülerperspektive insgesamt. Das Habitus-Konzept hingegen beschränkt sich auf die Beschreibung der Tiefendimension. Zum anderen stehen im Fokus des Habitus-Konzeptes gesellschaftliche Verhältnisse und Praktiken. Mannheims Wissenssoziologie hingegen fokussiert auf die Kommunikation mittels verschiedener Sinnebenen von Aussagen. Im Unterricht steht gerade die Kommunikation über Themen und weniger die Bedeutung gesellschaftlicher Verhältnisse im Vordergrund, sodass die Wissenssoziologie im Hinblick auf die fachdidaktische Rahmung dieser Arbeit als passender erscheint.

Dennoch verweisen die zuvor dargestellten Überlegungen zum Habitus-Konzept auf die Bedeutung unbewusster Anteile für das menschliche Denken, Wahrnehmen und Handeln. Der Habitus baut sich ab dem Kindesalter auf, da bereits dort mit anderen Personen in sozialen Feldern interagiert wird. So ist davon auszugehen, dass auch die Wahrnehmung von Schüler\_innen, das Denken über und der Umgang mit einem schulischen Inhalt vom Habitus beeinflusst werden. Ähnlich wie im vorherigen Kapitel 2.3.3.1 aus fachdidaktischen Ansätzen herausgearbeitet, wird mit dem Habitus eine internalisierte Tiefendimension angenommen, welche das Denken und Lernen von Schüler\_innen beeinflusst. In diesem Sinne bietet das Habitus-Konzept eine weitere theoretische Fundierung für die Annahme einer Tiefendimension der Schülerperspektive und deren Bedeutung für den Lernprozess.

### Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften

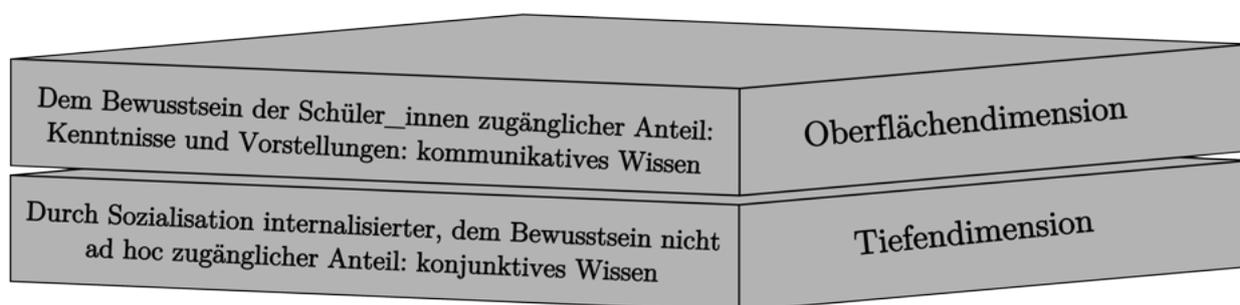


Abbildung 2.11.: Konzeptionelles Verständnis der Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften dieser Arbeit mit Bezügen zu Mannheims Wissenssoziologie.

Mit kommunikativem und konjunkktivem Wissen stehen passende Begriffe zur Verfügung, die unabhängig von den verschiedenen Begrifflichkeiten der Geschichts- und Naturwissenschaftsdidaktiken die Schülerperspektive in ihren zwei Dimensionen beschreiben. Wie in Abbildung 2.11 dargestellt, wird die Tiefendimension der Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften in dieser Arbeit daher als konjunktives Wissen der Schüler\_innen verstanden. Die Oberflächendimension kann als kommunikatives Wissen bezeichnet werden.

Wie zuvor bereits ausgeführt, finden Interessen und Motivation der Schüler\_innen in der Konzeption der Schülerperspektive in dieser Arbeit keine explizite Berücksichtigung, um die Komplexität im Hinblick auf eine empirische Untersuchung zu reduzieren. Es wird nicht der Anspruch erhoben, die Schülerperspektive umfassend zu beschreiben, sondern dies lediglich umfassender zu tun als es eine ausschließliche Betrachtung der Oberflächendimension ermöglicht. Vielmehr zeigte sich aus Erkenntnissen der drei Disziplinen Naturwissenschaftsdidaktik, Geschichtsdidaktik und Soziologie die Bedeutsamkeit *beider* Anteile der Schülerperspektive für das Lernen über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften und die bisher dünne empirische Forschungslage in Bezug auf die Schülerperspektive zur diachrone NdN.

#### 2.3.3.4. Zusammenhang von Schülerperspektive und Sinnbildung

Die beiden Dimensionen der Schülerperspektive äußern sich erst im Umgang mit einem unterrichtlichen Gegenstand. Werden Schüler\_innen in historisch orientiertem Unterricht mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften konfrontiert, werden die Dimensionen der Schülerperspektive wirksam und nehmen Einfluss auf die Begegnung mit dem Lerngegenstand. In Bezug auf den Umgang mit Zeitlichkeit wird dieser Vorgang von Rösen

(1989a) als *Sinnbildung über Zeiterfahrungen* bezeichnet. Sinnbildung<sup>23</sup> bezeichnet dabei den Prozess der Zuweisung von Bedeutungen oder die Bestimmung von Zwecken (Schulz-Hageleit, 2004; Rösen, 1983). Im Zuge dieses Vorgangs nehmen die Schüler\_innen eigene Schwerpunktlegungen vor, in dem sie der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften oder bestimmten Teilen der zeitlichen Entwicklung eine Bedeutung zuweisen und so Sinn über Zeiterfahrungen bilden.

Sinn kann als Resultat individueller Auslegung vergangener Erlebnisse, die von einem aktuellen Standpunkt aus reflektiert werden, verstanden werden (Schütz & Luckmann, 2003, S. 44). So besitzen Gegenstände keinen Sinn an sich. Sinn ist nicht objektiv gegeben, sondern wird von einem Individuum hergestellt. Gebhard (2005, S. 49) hebt hervor, dass Sinnbildung nur stattfinden kann, wenn gerade die subjektiven, symbolischen, affektiven Anteile der Schülerperspektive, also Anteile der Tiefendimension, zugelassen werden. In Sinnbildungsprozessen greifen Schüler\_innen auf Kenntnisse und Vorstellungen zurück, die nach den Überlegungen im vorherigen Kapitel als kommunikatives Wissen bezeichnet werden können. Da dieses Wissen direkt von den Schüler\_innen artikuliert werden kann, ist es mittels schriftlicher oder mündlicher Befragungen erhebbar. Auf der anderen Seite strukturiert das dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht zugängliche, konjunktive Wissen den Sinnbildungsprozess. Dieser Anteil der Schülerperspektive kann von den Schüler\_innen nicht artikuliert werden, sondern muss durch eine andere Person rekonstruiert werden. Sinnbildungsprozesse laufen daher nicht in Gänze bewusst ab (Combe & Gebhard, 2007, S. 49-50; Gebhard, 2015b, S. 113):

„[I]m Falle einer [...] Fremdheitszumutung [haben wir] mit einem Prozess zu rechnen [...], der schon lange bevor wir bewusst und sprachlich, etwa durch Problematisierung und eine entsprechende Fragestellung darauf reagieren, in einem unbewusst Informationen verarbeitendem System schon begonnen [hat].“  
(Combe & Gebhard, 2007, S. 50)

Der Begriff der Sinnbildung wird vorrangig in der Geschichtsdidaktik diskutiert, findet aber auch in dieser, im Kontext der Naturwissenschaftsdidaktiken entstehenden Arbeit Anwendung, da er den relevanten Prozess passend beschreibt. Aufgrund des bestehenden Geschichtsbewusstseins der Schüler\_innen bilden sie zwangsläufig Sinn über Zeiterfahrung. In historisch orientiertem Unterricht werden sie mit Zeitlichkeit konfrontiert und so der Sinnbildungsprozess initiiert.

---

<sup>23</sup>Der Begriff der Sinnbildung wird ebenfalls in der Bildungsgangforschung verwendet. Die Bildungsgangforschung beschäftigt sich mit der biografischen Dimension von Entwicklungs-, Lern- und Bildungsprozessen (Koller, 2008). Dabei steht ebenfalls die Bildung von Sinn, also die Zuweisung von Bedeutungen im Vordergrund: „[I]n welcher Weise und unter welchen Bedingungen weisen Schülerinnen und Schüler den Inhalten und Formen schulischen Unterrichts biografisch bedeutsamen Sinn zu [?]“ (Koller, 2008, S. 7). Diese Arbeit bezieht sich auf das Begriffsverständnis der Geschichtsdidaktik. Dabei heben Meyer-Hamme und Borries (2008, S. 111) die Strukturähnlichkeit des Geschichtsbewusstseins mit Ideen der Bildungsgangforschung hervor: „Es ist offenkundig, dass hier [bei den Zielsetzungen von Geschichtsbewusstsein] genau solche Prozesse eine Rolle spielen, wie sie die Bildungsgangforschung untersucht“.

### Definition

Als *Sinnbildungsprozess* wird jener Prozess verstanden, in dem die Schüler\_innen, beispielsweise in historisch orientiertem Unterricht, der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften (bzw. Anteile dieser) eine Bedeutung zuweisen. Im Zuge dieses Prozesses greifen die Schüler\_innen auf Vorstellungen und Kenntnisse zurück (kommunikatives Wissen). Insgesamt wird der Prozess von internalisierten, unbewussten Anteilen der Schülerperspektive (konjunktives Wissen) strukturiert.

Dass Schüler\_innen auch ohne historisch orientierten Unterricht Vorstellungen und Kenntnisse zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften äußern können, zeigte sich bereits in einer Untersuchung von Henke und Höttecke (2013c), bei der Achtklässler\_innen befragt wurden. Zu klären bleibt die Frage, ob eine Rekonstruktion von konjunktivem Wissen möglich ist und welches konjunktive Wissen den stattfindenden Sinnbildungsprozess strukturiert.

#### 2.3.3.5. Konsequenzen für diese Arbeit: Forschungsfragen

##### Konzeption der Schülerperspektive

Ausgehend von der Zusammenführung der Konzeptionen der Schülerperspektive aus Geschichtsdidaktik und Naturwissenschaftsdidaktiken wird die Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften als aus zwei Dimensionen bestehend angenommen (vgl. Abbildung 2.11). Die Oberflächendimension umfasst dem Bewusstsein der Schüler\_innen zugängliche Anteile und greift Vorstellungen und Kenntnisse auf. Mit Bezügen zu soziologischen Überlegungen Mannheims wird diese Dimension als kommunikatives Wissen bezeichnet. Die Tiefendimension der Schülerperspektive ist dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht ad hoc zugänglich, beeinflusst aber maßgeblich Denken und Handeln. Dieser als konjunktives Wissen bezeichnete Anteil strukturiert den Sinnbildungsprozess. Entsprechend bedeutsam ist ein Wissen über die Tiefendimension der Schülerperspektive für die Gestaltung von Lehr-Lern-Prozessen, in denen die Schüler\_innen dem Lerngegenstand ebenfalls Sinn zuschreiben.

##### Forschungsdesiderate und Forschungsfragen

Desiderate fachdidaktischer Forschung zeigen sich im Hinblick auf historisch orientierten Unterricht in Bezug auf die Voraussetzungen der Lernenden gleich in zweifacher Hinsicht. Einerseits beziehen sich bestehende Untersuchungen der Schülerperspektive nicht fokussiert auf die diachrone NdN. Lediglich die Studie von Henke und Höttecke (2013c) betrachtet diesen spezifischen, für historisch orientierten Unterricht besonders relevanten Aspekt der NdN. Die Autoren berücksichtigten jedoch nur Achtklässler\_innen. Ein Ziel dieser Arbeit ist es, die bestehenden Ergebnisse zur Oberflächendimension im Hinblick auf Vorstellungen zur diachronen NdN weiter auszuschärfen und vor allem weitere Klas-

senstufen zu berücksichtigen. Die erste Forschungsfrage bezieht sich im Sinne Mannheims auf kommunikatives Wissen und lautet:

### Forschungsfrage

1) Welche Vorstellungen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften lassen sich bei Schüler\_innen verschiedener Klassenstufen rekonstruieren?

Andererseits zeigt sich als weiteres Desiderat der Forschung die bisher fehlende Berücksichtigung der Tiefendimension der Schülerperspektive. Da für die diachrone NdN noch keinerlei Erkenntnisse in diesem Bereich vorliegen, bezugnehmend auf die theoretischen Überlegungen die Tiefendimension jedoch Einfluss auf den Sinnbildungsprozess der Schüler\_innen nimmt und entsprechend bei der Strukturierung von Lehr-Lern-Arrangements berücksichtigt werden sollte, liegt hier der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit. Dabei zeigen die Ergebnisse von Henke und Höttecke (2013c), dass Schüler\_innen in der Lage sind, Sinn bzgl. der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften zu bilden. Es stellt sich also die Frage, wodurch die Sinnbildung der Schüler\_innen ermöglicht und strukturiert wird. Mit dieser Frage steht die Tiefendimension der Schülerperspektive und damit konjunktives Wissen im Sinne Mannheims im Fokus der Aufmerksamkeit.

### Forschungsfrage

2) Welches konjunktive Wissen strukturiert die Sinnbildung der Schüler\_innen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften?

Auf diese Art und Weise findet im Zuge der empirischen Untersuchung der Schülerperspektive sowohl deren Oberflächen- als auch Tiefendimension Berücksichtigung und macht so eine umfassendere Betrachtung möglich.



# 3. Methodische Überlegungen und Forschungsdesign

## 3.1. Erkenntnisstand zu Erhebungsverfahren der Schülerperspektive

In diesem Kapitel werden ausgehend von den theoretischen Bezugspunkten methodische Überlegungen zur Datenerhebung und -auswertung dargestellt. Dabei wird erneut auf Erkenntnisse der Naturwissenschafts- und Geschichtsdidaktik Bezug genommen, jedoch auf methodische Überlegungen fokussiert. Empirische Ergebnisse zu Schülervorstellungen zur NdN und zum Geschichtsbewusstsein wurden bereits in Kapitel 2.1.2.3 und 2.3.2.5 dargestellt. An dieser Stelle stehen die Erhebungs- und Auswertungsverfahren im Vordergrund.

### 3.1.1. Erhebungs- und Auswertungsverfahren der Naturwissenschaftsdidaktiken

Zur Oberflächendimension der Schülerperspektive zählen nach den Ausführungen des vorangegangenen Kapitels Kenntnisse und Vorstellungen (vgl. Abbildung 2.11), die in der Erhebungssituation schwer voneinander zu trennen sind. Auch in der Arbeit von Hofheinz (2008) werden explizit erlerntes Wissen über die NdN und vorunterrichtliche Vorstellungen zur NdN zusammengedacht. Sowohl Kenntnisse als auch Vorstellungen wurden in den Naturwissenschaftsdidaktiken bisher mittels offener oder geschlossener Fragebögen sowie Befragungen erhoben, indem Schüler\_innen zur Artikulation ihres Wissens bzw. ihrer Vorstellungen aufgefordert wurden.

Seit über 60 Jahren besteht naturwissenschaftsdidaktische Vorstellungsforschung zur NdN. Erste empirische Erhebungen führte Wilson 1954 mit dem „Science Attitude Questionnaire“ bei einer kleinen Stichprobe von 43 georgischen Schüler\_innen durch (N. G. Lederman, 2007, S. 861-861). Im Laufe der Zeit folgten zahlreiche weitere Untersuchungen, die auch größere Personengruppen einschlossen. So führten bereits drei Jahre später Mead und Me-traux (1957) eine groß angelegte Studie mit 35.000 Teilnehmern\_innen durch. Eine Übersicht über die im Laufe der Zeit entwickelten Erhebungsinstrumente von den Anfängen bis 2004 findet sich bei N. G. Lederman (2007, S. 862). Weitere Verfahren wurden in den vergangenen Jahren auch in Deutschland entwickelt und erprobt. Die Übersicht Ledermans kann daher aktuell ergänzt werden und ist in dieser erweiterten Form in Tabelle 3.1 dar-

gestellt. Neben diesen spezifischen Tests für Vorstellungen zur NdN existieren weitere, die auf epistemologische Überzeugungen fokussieren, hier jedoch aufgrund dieses spezifischen, stärker aus der Psychologie stammenden Fokus nicht aufgeführt werden.

Tabelle 3.1.: Übersicht von Fragebogeninstrumenten zur Erhebung von Vorstellungen zur NdN bis 2006 in Anlehnung an N. G. Lederman (2007, S. 862) und (N. G. Lederman, Bartos & Lederman, 2014, S. 980), erweitert um aktuellere – auch deutschsprachige – Instrumente.

Jahr	Instrument	Autoren
1954	Science Attitude Questionnaire	Wilson
1958	Facts About Science Test	Stice
1959	Science Attitude Scale	Allen
1961	Test on Understanding Science (TOUS)	Cooley & Klopfer
1962	Processes of Science Test	BSCS
1966	Inventory of Science Attitudes, Interests and Appreciations	Swan
1967	Science Process Inventory	Welch
1968	Science Support Scale	Schwirian
1968	Nature of Science Scale	Kimball
1969	Test on the Social Aspects of Science	Korth
1970	Science Attitude Inventory	Moore & Sutman
1974	Science Inventory (SI)	Hungerford & Walding
1975	Nature of Science Test (NOST)	Billeh & Hasan
1975	Views of Science Test (VOST)	Hillis
1976	Nature of Scientific Knowledge Scale	Rubba
1978	Test of Science-Related Attitudes	Fraser
1980	Test of Enquiry Skills	Fraser
1981	Conceptions of Scientific Theories Test	Cotham & Smith
1982	Language of Science	Ogunniyi
1987	Views on Science-Technology-Society	Aikenhead, Fleming & Ryan
1990	Views of Nature of Science A (VNOS-A)	Lederman & O'Malley
1992	Modified Nature of Scientific Knowledge Scale	Mechtry
1995	Critical Incidents	Nott & Wellington
1998	Views of Nature of Science B (VNOS-B)	Abd-El-Khalick, Bell & Lederman
2000	Views of Nature of Science C (VNOS-C)	Abd-El-Khalick & Lederman
2002	Views of Nature of Science D (VNOS-D)	Lederman & Khishfe
2003	Deutsche Version des Views about Science Survey	Priemer
2004	Views of Nature of Science E (VNOS-E)	Lederman & Ko
2006	Student Understanding of Science and Scientific Inquiry (SUSSI)	Liang et al.
2006	Views on Science and Education Questionnaire	Chen
2008	Views of scientific inquiry (VOSI)	Schwartz, Lederman & Lederman
2008	Deutsche Version des VNOS-C	Hofheinz
2010	Verständnis der NdN bei Schülern	Kremer
2011	Nature of scientific knowledge and scientific inquiry (NOSSI)	Neumann

Einer der bedeutendsten paper-pencil-Tests ist der TOUS von Cooley und Klopfer, der viele Jahre in verschiedenen Untersuchungen zum Einsatz kam (N. G. Lederman, Bartos & Lederman, 2014, S. 981). Bei diesem Erhebungsinstrument handelt es sich um einen Multiple-Choice-Test, bei dem 60 Items drei Subskalen bilden: Verständnis des Wissen-

schaftsbetriebes, der Naturwissenschaftler\_innen sowie Methoden und Ziele der Naturwissenschaften. Auch bei den anderen dargestellten Instrumenten bis 1987 handelt es sich um diese Art von Test, jeweils mit variierenden inhaltlichen Schwerpunkten und variierender Anzahl an Antwortmöglichkeiten (N. G. Lederman, 2007, S. 863). Dabei gibt es bisher kein Fragebogeninstrument, welches auf die diachrone NdN fokussiert. N. G. Lederman et al. (1998, S. 331) heben hervor, dass es in den 1960er bis 1980er Jahren, ähnlich zur Bildungsforschung und der Forschung im psychologischen Bereich, auch im Bereich der NdN prominent war, Vorstellungen ökonomisch erheben und bewerten zu können. So kamen vorrangig Fragebogeninstrumente mit geschlossenen Fragen zum Einsatz. Im Laufe der Jahre wurde jedoch deutlich, dass solch ein Vorgehen für ein tiefgreifendes Verständnis der Schülerperspektive nicht ausreicht. Auf diese Art und Weise kann lediglich eine Beschreibung des Zustandes, in durch die Forscher\_innen festgelegten Kategorien vorgenommen werden, nicht aber die Relevanzsetzungen der Befragten oder Ursachen für ihre Vorstellungen erfasst werden.

„[I]n an attempt to gain more in-depth understandings of students' and teachers' thinking, educational researchers have resorted to the use of more open-ended probes and interviews.“ (N. G. Lederman, Bartos & Lederman, 2014, S. 979)

Diese Tatsache berücksichtigen N. G. Lederman und O'Malley (1990) und entwickeln mit dem VNOS-A einen Fragebogen, bestehend aus sieben Fragen zur Veränderlichkeit von Wissen mit einem offenen Antwortformat. Im Anschluss an den Fragebogen werden Interviews durchgeführt und darin das Verständnis der Antworten durch die Forscher\_innen abgesichert.

Die hohen Anforderungen schriftlicher Versprachlichung solch offener Items berücksichtigen Schwartz et al. (2008, S. 9-10) und entwickeln für jüngere Schüler\_innen ein verbales Erhebungsverfahren mittels Gruppeninterviews. Die Autoren unterscheiden explizit in die Bereiche Nature of Science und Nature of Scientific Inquiry und entwickeln entsprechend dieser Bereiche und ausgehend von den Gruppeninterviews die offenen Fragebogeninstrumente VNOS und VOSI (Schwartz et al., 2008). Ausgewertet werden die schriftlichen Antworten der Schüler\_innen kategorial in Bezug auf die von ihnen angesprochenen Themen (ebd., S. 6-7).

In einer Metaanalyse bestehender Erhebungsinstrumente der Jahre 1991 bis 2010 stellen Deng et al. (2011, S. 979) einen Wandel vom Einsatz quantitativer Methoden hin zu einem stärker qualitativen Vorgehen fest. So setzen unter anderem Driver et al. (1996) und Carey, Evans, Honda, Jay und Unger (1989) (teilweise gekoppelt an Fragebögen) Interviews ein, um Vorstellungen zu Teilen der NdN zu erheben. Auch Gruppendiskussionen im Kontext „Science Technology and Society“ kommen zum Einsatz (Solomon, 1992). Dabei findet die Auswertung jeweils kategorial statt. Deng et al. (2011, S. 979) kommen bei ihrer Metaanalyse bestehender Instrumente insgesamt zu dem Schluss: „Content analysis is a predominant method for data analysis“.

Neben Fragebögen, Interviews und Gruppendiskussionen gibt es außerdem Bestrebungen Zeichnungen einzusetzen, um Vorstellungen bezogen auf die Person der Naturwissenschaftler\_in zu erheben. Chambers (1983) entwickelt den sogenannten „Draw-a-scientist-Test“ (DAST) und analysierte über 4500 Zeichnungen von Kindern bis zur fünften Klasse. Hierbei verlief die Auswertung entlang von Bildmerkmalen, für die ein Vorhandensein oder Nicht-Vorhandensein festgestellt wurde. Der DAST wird auch heute noch zur Analyse von Vorstellungen zur Person der Wissenschaftler\_in eingesetzt (Christidou, Bonoti & Kontopoulou, 2016).

Wie bereits erwähnt, wurden auch in Deutschland in den letzten Jahren in Anlehnung an die Entwicklung im englischsprachigen Raum Erhebungsinstrumente bezogen auf die NdN entwickelt. Geber (2004) beispielsweise entwickelt einen Fragebogen für die Erhebung epistemologischer Überzeugungen bei Fünftklässlern. Hofheinz (2008) adaptiert den VNOS-Fragebogen Version C und entwickelt eine deutsche Version der offenen Fragen. Dabei kürzt er den Umfang und nimmt eine kommunikative Validierung der Fragestellungen vor. Kremer (2010) entwickelt in ihrer Dissertation ein deutschsprachiges Fragebogeninstrument. Sie identifiziert in einer Metaanalyse der bisherigen fachdidaktischen Diskussion zehn Kerndimensionen der NdN. Bei der Erprobung des Instruments wurden diese in sieben Subskalen (Sicherheit von naturwissenschaftlichem Wissen, Entwicklung des Wissens, Einfachheit des Wissens, Rechtfertigung des Wissens, Herkunft des Wissens, Zweck der Naturwissenschaften, Kreativität und Vorstellungskraft) überführt (Urhahne, Kremer & Mayer, 2008, S. 84). Die Formulierung der Items wurde kommunikativ validiert und die Reliabilitäten der Skalen geprüft. Das Instrument kam bei einer Studie mit etwa 6000 Teilnehmer\_innen zum Einsatz.

Inspiziert vom Vorgehen des Draw-a-scientist-Tests nutzten Henke und Höttecke (2013c) metaphorische Zeichnungen vom Weg der Wissenschaft („The Way of Science“, TWOS), um in sich anschließenden Interviews über die Zeichnungen, Vorstellungen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften zu identifizieren. Die Auswertung fand hierbei mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse statt.

Uhlmann und Priemer (2011, S. 423) kommen zu dem übergreifenden Urteil, dass „Ansichten von Schülern über NOS [...] schwierig valide zu erfassen [sind]. Dies zeigt die Forschung der naturwissenschaftlichen Didaktiken und der Psychologie sehr eindrücklich“. Auch N. G. Lederman (2007, S. 868) betont: „Most researchers realize how difficult it is to assess a construct as complex as NOS with multiple-choice and Likert scale items“ und verweist damit auf Kritik an derartigen Erhebungsverfahren.

Neben Vorstellungen und Kenntnissen, wie sie bei den bisher dargestellten Verfahren im Fokus stehen, zählt auch die Tiefendimension konjunktiver Wissensbestände zur Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften. Auch zur Untersuchung dieser Tiefendimension geben bestehende Ansätze fachdidaktischer Forschung Hinweise. Gebhard (2015b, S. 115) verweist auf die konzeptuelle Verschiedenheit der Tiefendimension von der Ebene der Vorstellungen und betont den damit einhergehenden Bedarf anderer Erhebungsverfahren: „Um auf die Ebene [...] der latenten Sinnstrukturen

zu gelangen, bedarf es besonderer methodischer Zugänge“. Auch Schecker (1985, S. 18) beschreibt, dass man Anteile des Schülervorverständnisses „weder unmittelbar beobachten noch direkt erfragen“ kann. Vielmehr müssen durch die Analyse des Umgangs mit dem unterrichtlichen Gegenstand diese Anteile durch die Forscher\_innen rekonstruiert werden.

Im Hinblick auf die den Schüler\_innen unbewussten Anteile der Schülerperspektive muss also ein Wandel der Datenerhebung und Auswertung stattfinden, indem stärker qualitative Methoden mit einem rekonstruktiven Vorgehen im Vordergrund stehen. Rekonstruktive Verfahren ermöglichen durch deutendes Verstehen einen möglichst umfassenden und unverstellten Zugang zu sozialen Sinnstrukturen (Kleemann, Krähnke & Matuschek, 2013, S. 14). Nach eben solchen Sinnstrukturen fragt die zweite Forschungsfrage.

Als einen möglichen methodischen Zugang zu Alltagsphantasien (die auf der Ebene der Tiefendimension angesiedelt sind), beschreibt Gebhard (2015b, S. 115ff) ein Vorgehen mittels Gruppendiskussionen, in Anlehnung an das Philosophieren mit Kindern. Durch einen Stimulus in Form einer Dilemmageschichte o. ä. werden die Diskussionen initiiert. Ausgewertet wurden die entstehenden Daten qualitativ mittels der Grounded Theory, welche die Rekonstruktion der zu Grunde liegenden impliziten Theorien der Befragten ermöglicht. Holfelder (2016, eingereicht) rekonstruiert implizites Wissen im Kontext des Ansatzes der Alltagsphantasien ebenfalls mit Hilfe von Gruppendiskussionen jedoch unter Einsatz der dokumentarischen Methode.

Schecker (1985) untersucht das Schülervorverständnis zur Mechanik mittels Unterrichtsbeobachtungen. Der Umgang der Schüler\_innen mit dem Thema und ihre Aussagen zu physikalischen Zusammenhängen wurden in detaillierten Wortprotokollen festgehalten. Ergänzend kamen Fragebögen zum Einsatz (ebd., S. 90f). Die Daten wurden nach genannten Begriffen oder beschriebenen physikalischen Phänomenen sortiert und so Listen häufig auftretender Ausdrucks- und Verhaltensweisen der Schüler\_innen erstellt (ebd., S. 90). Durch Abgleich mit seinem eigenen Vorverständnis entwickelt Schecker (1985) Hypothesen über Elemente des Schülervorverständnisses, die das beobachtete Verhalten der Schüler\_innen plausibel erklären und prüft diese in weiteren Beobachtungen. Hier steht also die Analyse des Umgangs der Schüler\_innen mit dem unterrichtlichen Gegenstand im Vordergrund und ermöglicht unter anderem Einblicke in die dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht ad hoc zugänglichen Anteile ihrer Perspektive auf den Gegenstand. Weitere Hinweise zur Datenerhebung und Auswertung geben die im folgenden Kapitel dargestellten Erhebungsverfahren der Geschichtsdidaktik.

#### **3.1.2. Erhebungs- und Auswertungsverfahren der Geschichtsdidaktik**

Die in Kapitel 2.3.2.5 dargestellten empirischen Ergebnisse zum Geschichtsbewusstsein stammten zum großen Teil aus der Untersuchung von Borries (1995). In dieser Fragebogenstudie wurden knapp 6500 Schüler\_innen der Klassen 6, 9 und 12 befragt. Der Fragebogen erfasst neben den Sozialdaten auch Geschichtskennntnisse, -fertigkeiten und -interessen, ebenso wie Einschätzungen zu Wandel, Vergangenheit und Gegenwart sowie

Zukunftserwartungen. Dabei kamen geschlossene Fragen, bei denen die Schüler\_innen Einschätzungen vornehmen sollten, Aufgaben zum Textverständnis und Ordnungsaufgaben zum Einsatz. Die Auswertung erfolgte statistisch durch die Bildung von Mittelwerten, Häufigkeitsverteilungen und Skalenbildung der Items (Borries, 1995, S. 31ff). Mit diesem Vorgehen wurden stärker dem Bewusstsein der Schüler\_innen zugängliche Anteile der Schülerperspektive erfragt, durch die Analyse der Relationen der Antworten zueinander jedoch auch Anteile der Tiefendimension rekonstruiert. So identifiziert Borries (1995, S. 209ff) *Kognition*, *Motivation*, *Moral* und *Emotion* als strukturelle Merkmale des Geschichtsbewusstseins Jugendlicher. Damit leistete die Studie einen maßgeblichen Anteil zur Modellierung von Geschichtsbewusstsein, nachdem der Begriff lange Zeit lediglich normativ definiert wurde (vgl. Kapitel 2.3.2.2). Es kann jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass das Geschichtsbewusstsein auf diese Art und Weise umfassend empirisch erhoben wurde. Das Vorgehen mittels expliziter Befragung kann als erste Annäherung an das komplexe Konstrukt des Geschichtsbewusstseins verstanden werden. Für eine tiefer greifende Analyse kamen in der folgenden Zeit stärker qualitativ ausgerichtete Forschungsprojekte zum Einsatz.

Kölbel und Straub (2001) beispielsweise analysieren die historisch-narrative Kompetenz Jugendlicher mittels Gruppendiskussionen. Sogenannte Grundreize wie Radiowerbung aus den 1950er Jahren und dem 21. Jahrhundert initiieren die Diskussion. Nach einem Verfahren der sequenziellen Interpretation wurde das Datenmaterial analysiert und so mit Hilfe unterschiedlicher Vergleichshorizonte fallübergreifende Strukturen identifiziert (Kölbel & Straub, 2001, Ab. 38). Auf diese Art und Weise wurden Strukturen der historischen Narration und damit des Sinnbildungsprozesses deutlich.

Pape (2006) wiederum untersucht das Geschichtsbewusstsein von Grundschulkindern mit Hilfe von Gruppendiskussionen und Kinderzeichnungen vergangener Epochen. Die Daten wurden mit Hilfe der Grounded Theory ausgewertet. Die Autorin kommt zu dem Ergebnis, dass „zeichnerische Darstellungen in Verbindung mit mündlichen Befragungen [...] sich als durchaus fruchtbare Datenquellen in der Kindheitsforschung, hier zur Erfassung verschiedener Dimensionen und Ebenen historischen Bewusstseins [erwiesen haben]“ (Pape, 2006, S. 107). Auch Jenisch (2006) setzt Bilder und Schülerzeichnungen ein, um historische Vorstellungen zum Wandel zu identifizieren. Dabei hebt er hervor, dass fast alle bisherigen Analysen belegen, dass Jugendliche historische Ereignisse analog zu Erlebnissen der eigenen Lebenswelt darstellen und damit eher aktualistisch statt historisch denken (Jenisch, 2006, S. 118). Die Schülerzeichnungen wurden ebenfalls als Interviewstimulus eingesetzt und die Interviews mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet. Bei der Analyse der Zeichnungen kamen Methoden der Kunstpädagogik und Psychologie zum Einsatz.

„Es wurde gezeigt, dass sich Schülerzeichnungen in besonderer Weise dazu eignen, [historische, JK] Vorstellungen zu erheben, da Kinder und Jugendliche stark bildlich denken. Vielen Schülerinnen und Schülern fällt es leichter zu zeichnen, was ihnen als wichtig oder als charakteristisch erscheint, als es zu verbalisieren.“ (Jenisch, 2006, S. 123)

Da historische Vorstellungen zum Wandel zur dritten Ebene historischer Vorstellungen, zu den second-order-concepts (vgl. Kapitel 2.3.2.3) zählen, beziehen sich die Überlegungen Jenischs auf die dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht ad hoc zugänglichen Anteile. Die Bedeutung von Bildern in der erziehungswissenschaftlichen Forschung, sowohl als Forschungsgegenstand als auch als Mittel zur Generierung von Daten, hat nach dem „iconic turn“ in den 1970er Jahren im Laufe der Zeit immer weiter zugenommen (Welter, 2007, S. 303).

#### 3.1.3. Vor- und Nachteile der beschriebenen Verfahren

In den vorangegangenen Kapiteln wurden verschiedene Verfahren zur Datenerhebung und Datenauswertung in Bezug auf die NdN und das Geschichtsbewusstsein sowie historische Vorstellungen dargestellt. Untergliedert nach Art des Verfahrens zur Datenerhebung werden nun Vor- und Nachteile auch im Hinblick auf die Untersuchung der Schülerperspektive auf die diachrone NdN diskutiert.

##### Geschlossene Fragebögen

Die bisher entwickelten Fragebögen mit geschlossenen Antwortformaten werden aus verschiedenen Gründen kritisiert. N. G. Lederman (2007) merkt an, dass die meisten in Tabelle 3.1 dargestellten Instrumente nur einen Teilbereich dessen abbilden können, was die NdN ausmacht, aber trotzdem vorgeben, die Fähigkeiten bezogen auf die gesamte NdN zu messen. In diesem Sinne wird die Validität der Verfahren in Frage gestellt. Das heißt Instrumente oder zumindest die Darstellungen der Ergebnisse suggerieren, dass etwas gemessen wird, das mit dem Instrument nicht umfassend abgebildet werden kann. Wie im Kapitel 2.1.2.1 beschrieben, ist gerade die Komplexität der NdN zentral, sodass selbst unter Fachdidaktiker\_innen keine Einigkeit beherrscht, was genau unter der NdN zu fassen sei. Darüber hinaus ist auch die NdN, wie alle Erkenntnis, vorläufig und veränderbar (vgl. Kapitel 2.1.2.3). Entsprechend schwierig ist es festzulegen, wann ein Item im Fragebogen als richtig beantwortet gilt. Je nach Konstruktion des Fragebogens ist auch eine gestufte Wertung der Items möglich. Das Problem liegt in jedem Fall in der Interpretation der Score-Ergebnisse eines Fragebogens (N. G. Lederman et al., 1998, S. 344).

Gerade im Kontext der diachronen NdN gibt es verschiedene Perspektiven auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften, von denen keine als richtig oder falsch bezeichnet werden kann (vgl. Entwicklungslinien in Kapitel 2.2). N. G. Lederman et al. (1998) fordern, nicht davon zu sprechen, wer Naturwissenschaften besser versteht und hoffen, „that the need to collect valid data as opposed to large data sets will prevail“ (N. G. Lederman, 2007, S. 868).

Kremer (2010, S. 30) greift Kritik auf, die die Vermischung von Prozesskompetenzen und Einstellungen bezogen auf die Naturwissenschaften mit der Erhebung von Vorstellungen zur NdN betrifft. Darüber hinaus weisen Ergebnisse von Befragungen darauf hin, dass

nicht immer davon ausgegangen werden kann, dass die Befragten die Items so verstehen, wie sie von den Erstellern der Fragebögen verstanden werden (N. G. Lederman & O'Malley, 1990). Auch aus diesem Grund wird die Validität vieler Multiple-Choice-Tests zur NdN hinterfragt (N. G. Lederman et al., 1998, S. 333). Es ist eine intensive Absicherung der Validität der Items notwendig, die gerade für deutschsprachige Instrumente m. E. bislang nicht in jedem Fall umfassend durchgeführt wurde.

Zu berücksichtigen ist außerdem, dass durch vorgegebene Antwortitems eines Fragebogens bereits eine gewisse Perspektive eingenommen wird und so stärker die Perspektive des Forschers Einfluss auf die Datenerhebung nimmt (N. G. Lederman, 2002, S. 502). Das sinnentnehmende Lesen der Fragen und Antwort-Items stellt darüber hinaus hohe Anforderungen an die Lesefähigkeit der Teilnehmer\_innen (Schwartz et al., 2008, S. 9).

Neben allen Schwächen weisen Lederman und Kollegen jedoch auch ausdrücklich darauf hin, dass die Konsistenz der Ergebnisse der Vielzahl der geschlossenen Fragebögen für eine gewisse Qualität dieser spricht. Bei entsprechend sorgfältiger Testkonstruktion können Aussagen über die Vorstellungen der Schüler\_innen in Bezug auf die NdN gemacht werden. Die Autoren weisen auf Chancen und Grenzen der Instrumente hin:

„What seems to be recognized is that while paper and pencil instruments can reveal something about students' views of the nature of science, they cannot tell us everything we would like to know.“ (N. G. Lederman et al., 1998, S. 345)

### **Offene Fragebögen, Interviews und Gruppendiskussionen**

Bei Fragebögen mit offenem Antwortformat, Interviews oder Gruppendiskussionen zeigt sich bezogen auf die Vorgaben von Antworten ein Vorteil gegenüber geschlossenen Items. Hier geben nur die Fragen, nicht aber eine Auswahl an Antwortmöglichkeiten inhaltlich eine Richtung vor. Die Messkonstrukte sind durch geschlossene Antwortformate fixiert, bei offenen Formaten hingegen offen für eine Ausgestaltung durch die Befragten.

Problematisch ist jedoch auch hier die Art der Auswertung. Schriftliche oder mündliche Aussagen müssen auf irgendeine Art und Weise systematisiert werden. Auch hier gilt es Ledermans Ansicht nach von einer Bewertung der Aussagen mittels der dichotomen Kategorien *richtig* oder *falsch* abzusehen (N. G. Lederman et al., 1998, S. 344). Bisher wurde die angestrebte Systematisierung bei bestehenden Instrumenten häufig durch kategoriale Auswertung mittels qualitativer Inhaltsanalyse erreicht (Deng et al., 2011, S. 982). Dieses Vorgehen ermöglicht die Rekonstruktion individueller Vorstellungen (D. Krüger & Riemeyer, 2014, S. 133), ist jedoch weniger geeignet, den Schüler\_innen nicht bewusstes Wissen zu rekonstruieren (dazu ausführlicher in Kapitel 3.2). Die Grounded Theory, so wie sie bei der Rekonstruktion von Alltagsphantasien aus Gruppendiskussionen zum Einsatz kam, ermöglicht diese Rekonstruktion den Befragten nicht zugänglicher Anteile grundsätzlich, ist auf der anderen Seite mit erheblichem Interpretationsaufwand verbunden und kann entsprechend nicht ohne weiteres für große Datenmengen zum Einsatz kommen.

Auf ein weiteres Problem bei der Auswertung schriftlicher Antworten weisen N. G. Lederman und O'Malley (1990) hin. Sie stellten fest, dass sich ihre Interpretation von schriftlichen Antworten in einem anschließenden Interview über diese Antworten nicht bestätigten (N. G. Lederman & O'Malley, 1990). Damit scheint eine valide Interpretation schriftlicher Antworten nicht ohne Folgeinterview möglich zu sein. Solch ein Vorgehen erhöht den zeitlichen Aufwand für die Datenerhebung und Auswertung und stellt einen beträchtlichen Nachteil gegenüber Fragebögen mit geschlossenen Antwortformaten dar. Darüber hinaus sind offene Antwortformate anspruchsvoll im Hinblick auf die Fähigkeit der Befragten zur Textproduktion. Interviews oder Gruppendiskussionen nehmen diese Hürde und ermöglichen eine direkte Verbalisierung. Dabei unterliegt die gesprochene Sprache deutlich weniger Restriktionen und Regeln als dies bei der Schriftsprache der Fall ist (Egger, 1984, S. 160).

#### **Zeicheninstrumente**

Erhebungen mittels Zeichnungen haben vor allem in der Psychologie eine lange Tradition (Billmann-Mahecha, 2010, S. 707f). Im Bereich der NdN kamen sie seltener zum Einsatz, haben aber den Vorteil, dass die Hürde der Versprachlichung genommen wird. Kritisch zu diskutieren ist hierbei jedoch der Einfluss von Zeichenfähigkeit und Zeichenmotivation der Teilnehmer\_innen. Die Zeichenfähigkeit bildet sich bis zu einem Alter von 13 Jahren aus (Levinstein, 1918, S. 10-11). Erst ab diesem Alter können beispielsweise Perspektiven richtig dargestellt werden. Gegenläufig ist die Entwicklung der Motivation zum Zeichnen. Je älter Schüler\_innen werden, desto stärker nehmen sie ihre Zeichnungen als unzulänglich im Vergleich zur Realität wahr und verlieren die kindliche Motivation zum Zeichnen (Schetty, 1974, S. 39).

In Bezug auf den Draw-a-Scientist-Test zeigt sich, dass Schüler\_innen häufig stereotype Bilder von Wissenschaftler\_innen erstellen (Chambers, 1983, S. 262ff). Es wurde jedoch auch festgestellt, dass bei einer zweiten Zeichnung die Anzahl stereotyper Zeichnungen abnimmt (Finson, 2002, S. 340ff). Dies gilt es bei der Auswertung der Daten zu berücksichtigen. Ausgewertet wurden die Bilder deduktiv, indem zu sieben Kategorien ein Vorhandensein oder ein Nichtvorhandensein festgestellt wurde (Chambers, 1983, S. 258). An diesem Vorgehen kann kritisiert werden, dass die Perspektive des Forschers und weniger die Perspektive der Zeichner im Vordergrund steht und Detailwissen verloren geht.

Bei metaphorischen Zeichnungen ergibt sich das weitreichendere Problem, dass einem Bildelement vom Ersteller eine gewisse Bedeutung zugeschrieben wird. Diese metaphorische Übertragung von Bedeutung ist subjektiv und daher nur schwerlich allein durch eine Analyse des Bildes rekonstruierbar (Neuß, 1999, S. 43f; Sachs-Hombach, 2003, S. 25). Eine Kopplung mit erläuternder schriftlicher Beschreibung oder mündlicher Befragung ist daher von Nöten (Neuß, 1999, S. 44). Schriftliche Erläuterungen stellen erneut höhere sprachliche Anforderungen an die Befragten und eine valide Interpretation ist nach den bereits beschriebenen Erfahrungen von N. G. Lederman und O'Malley (1990) aufwändig. Interviews oder andere Arten der mündlichen Befragung in Verbindung mit Zeichnungen

erhöhen deutlich den Aufwand der Datenerhebung, zeigten sich jedoch in der geschichtsdiaktischen Forschung als fruchtbar zur Analyse der, dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht zugänglichen Anteile ihrer Perspektive auf einen Inhalt.

Unabhängig von der Art der Datenerhebung und Auswertung wurde bereits in Kapitel 2.1.3.4 dargestellt, dass lediglich das Verfahren von Henke und Höttecke (2013c) inhaltlich auf die diachrone NdN fokussiert. Mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse war es den Autoren möglich, Vorstellungen der Schüler\_innen zu identifizieren. Einen erprobten Fragebogen mit geschlossenen oder offenen Items, der umfassend die diachrone NdN in den Blick nimmt, gibt es m. E. bisher nicht.

### 3.1.4. Konsequenzen für diese Arbeit: Forschungsdesign

Existierende Erhebungsverfahren zur Schülerperspektive auf die (diachrone) NdN fokussieren mit der Analyse von Vorstellungen und Kenntnissen auf die Oberflächendimension. Sie ermöglichen damit nur die Analyse bestimmter Teile der Schülerperspektive. Da der Fokus der vorliegenden Arbeit auch auf der Analyse der Tiefendimension liegt, war die Entwicklung und Erprobung eines Erhebungs- und Auswertungsverfahrens notwendig, dass eben auch die den Schüler\_innen unbewussten Anteile in den Blick nimmt.

Erfahrungen der Biologie- und Geschichtsdiaktik, aber auch die theoretische Konzeption der Tiefendimension der Schülerperspektive verweisen darauf, dass dazu qualitative, rekonstruktive Verfahren der Datenauswertung und möglichst offene Erhebungsverfahren einzusetzen sind. Im Hinblick auf das Bilden von Sinn zu Zeitlichkeit stellen beispielsweise Kölbl und Straub (2001, Abs. 41) die Notwendigkeit heraus, dass „die Jugendlichen ihr geschichtliches Wissen nach eigenen Relevanzsetzungen und in ihrer Sprache artikulieren und es so auf die eigene Praxis, Gegenwart und Zukunft beziehen können“. Damit grenzen sich die Autoren von einem Vorgehen mittels geschlossener Fragebögen ab, da diese weniger eine Relevanzsetzung durch die Schüler\_innen ermöglichen. Genau solch eine Schwerpunktlegung oder Relevanzsetzung muss für die Analyse von Sinnbildungsprozessen ermöglicht werden, da sich das Bilden von Sinn gerade durch die von den Schüler\_innen mit Bedeutung belegten Aspekte zeigt. Eine Analyse der Art und Weise der Relevanzsetzungen der Befragten – so die Annahme der vorliegenden Arbeit – macht den Zugang zur Tiefendimension der Schülerperspektive möglich.

Für die empirische Untersuchung der zweiten Forschungsfrage wird daher ein offenes, qualitativ ausgerichtetes Vorgehen gewählt, das Relevanz- und Schwerpunktsetzungen durch die Schüler\_innen ermöglicht. In Kapitel 3.2 werden qualitative Forschungsmethoden detailliert ausgeführt. In verschiedenen Untersuchungen der Geschichtsdiaktik und bei der Studie von Henke und Höttecke (2013c) zu Schülervorstellungen zur diachronen NdN kamen erfolgreich Schülerzeichnungen gekoppelt mit mündlichen Befragungen zum Einsatz. Schülerzeichnungen als Impulse für Befragungen werden in Kapitel 3.3 wieder aufgegriffen. Zu prüfen ist außerdem, ob neben der Rekonstruktion der Tiefendimension auch die Erhebung der Oberflächendimension der Schülerperspektive (und damit die Beantwortung

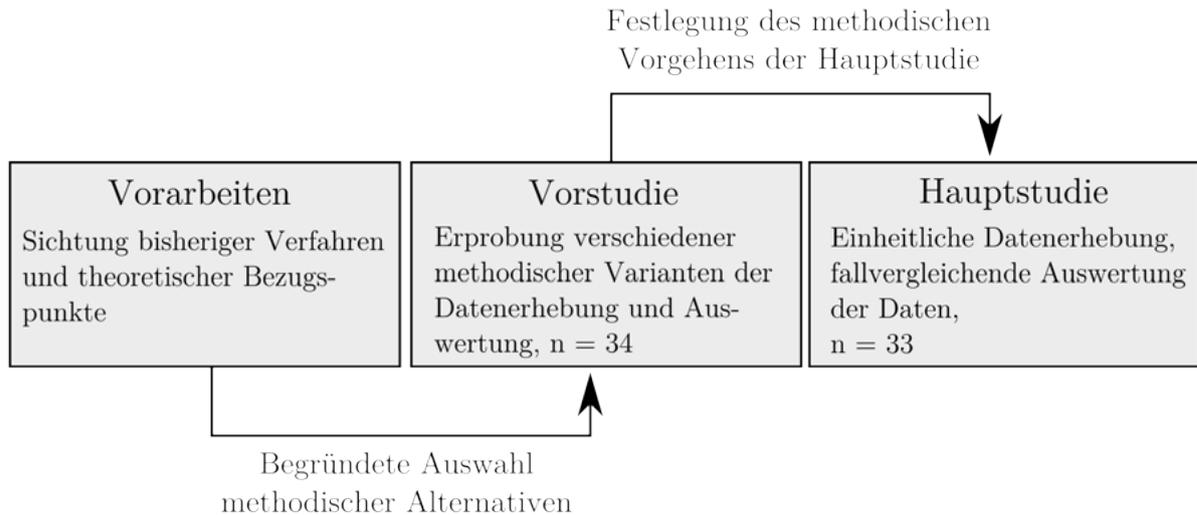


Abbildung 3.1.: Überblick über das Forschungsdesign.

der ersten Forschungsfrage) möglich ist. Möglich wäre beispielsweise die Analyse expliziter Aussagen der Schüler\_innen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften, welche in solch einer offenen Erhebungssituation getätigt werden.

Insgesamt zeigt der Kenntnisstand zu Erhebungsverfahren der Schülerperspektive, dass Verfahren zur Analyse den Schüler\_innen nicht bewusster Anteile, nicht mit dem Fokus auf die (diachrone) NdN bestehen, sondern im Zuge dieser Arbeit entwickelt werden müssen. Aus diesem Grund besteht das Forschungsdesign der vorliegenden Arbeit aus drei Teilen (vgl. Abbildung 3.1). Weitere Vorarbeiten zu theoretischen Bezugspunkten sind notwendig, um die Entwicklung eines Erhebungsverfahrens und die Auswahl von Auswertungsmethoden zu ermöglichen. Ausgehend von diesen Vorarbeiten gliedert sich die empirische Untersuchung der vorliegenden Arbeit in eine Vor- und eine Hauptstudie. Eine begründete Auswahl methodischer Alternativen für Datenerhebung und -auswertung wird in einer Vorstudie erprobt, um so ein Vorgehen zu identifizieren, das die Analyse der Sinnbildung der Schüler\_innen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften ermöglicht. Einen detaillierten Überblick über die erprobten methodischen Alternativen, das Sample sowie die Ergebnisse der Vorstudie gibt Teil 4.

Ausgehend von den Erkenntnissen der Vorstudie werden methodische Konsequenzen für die Hauptstudie abgeleitet. An der Hauptstudie waren 42 Kinder und Jugendliche beteiligt, die jeweils mit identischem Vorgehen mit dem Thema der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften konfrontiert wurden. In die Auswertung der Hauptstudie gingen jedoch nur 33 dieser Fälle ein. Das Vorgehen der Datenerhebung und Auswertung der Hauptstudie, Begründungen für die Reduktion der Fallanzahl für die Auswertung sowie die Ergebnisse werden in Teil 5 dargestellt. Die folgenden zwei Kapitel beschäftigen sich mit weiteren theoretischen Bezugspunkten, die als Grundlage für methodische Entscheidungen der Vorstudie und Hauptstudie angesehen werden können.

## 3.2. Qualitative Forschung

Das Hauptforschungsinteresse dieser Arbeit begründet die Wahl qualitativer Forschungsmethoden: Aufgrund der Berücksichtigung der Tiefendimension der Schülerperspektive sind rekonstruktive Verfahren erforderlich, um die den Schüler\_innen unbewussten Anteile sichtbar machen zu können. Darüber hinaus wird mit dem Fokus auf die Oberflächen- und Tiefendimension der Schülerperspektive zur diachronen NdN ein neuer Forschungsbereich erstmalig erschlossen (vgl. Forschungsdesiderate in Kapitel 2.3.3.5). Aus diesem Grund erscheint eine Annäherung explorativen Charakters mit vergleichsweise kleiner Stichprobe und entsprechenden Detailerkennnissen über die Fälle sinnvoll.

### 3.2.1. Grundsätze qualitativer Forschung

Qualitative Forschung unterscheidet sich von quantitativem Vorgehen nicht nur auf der bloßen Ebene der Methoden, sondern gänzlich im grundlegenden Verständnis des Verhältnisses von Gegenstand und Methode (Flick, 2014, S. 122). Im Ansatz qualitativer Sozialforschung ist der Gedanke von *Menschen als erkennenden Subjekten* leitend. Sowohl Forschende, als auch beforschte Personen handeln intentional, weisen Dingen Bedeutung zu und haben bestimmte Erwartungen (Lamnek, 2010, S. 30). Diese Subjektivität von Forschenden und Beforschten wird als Bestandteil des Forschungsprozesses angesehen (Flick, 2014, S. 29). Jegliche Handlung ist eingebettet in Kultur, Gesellschaft und Geschichte. Auch der Forschende kann sich von diesen nicht befreien und vollständig objektiv agieren (Lamnek, 2010, S. 30). Vielmehr ist es das Ziel qualitativer Forschung, gerade „die Prozesse zu rekonstruieren, durch die die soziale Wirklichkeit in ihren sinnhaften Strukturierungen hergestellt wird“ (Lamnek, 2010, S. 30). Qualitative Forschung strebt die Rekonstruktion von Bedeutung an (Hussy, Schreier & Echterhoff, 2010, S. 180). „Sie verdeutlicht die Unterschiedlichkeit der Perspektiven [...] auf den Gegenstand und setzt an den subjektiven und sozialen Bedeutungen, die mit ihm verknüpft sind, an“ (Flick, 2014, S. 29). So rekonstruieren qualitative Verfahren „Sinn oder subjektive Sichtweisen“ (Helfferich, 2011, S. 21) und nicht statistisch analysierbare, objektivierbare Variablen.

Da mit der zweiten Forschungsfrage Sinnbildungsprozesse, welche von einer kulturell und sozial beeinflussten Tiefendimension strukturiert werden, im Fokus der Aufmerksamkeit stehen, sind für diese Arbeit genau solche Zuweisungen von Bedeutung und unterschiedliche Sichtweisen relevant. Es muss der subjektiv hergestellte Sinn bzgl. der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften rekonstruiert werden. Im Hinblick auf das Erkenntnisinteresse dieser Arbeit ist es wichtig, dass die Befragten die Kommunikation weitestgehend selbst strukturieren und damit auch die Möglichkeit erhalten zu dokumentieren, ob die Fragestellung überhaupt als interessant oder für relevant empfunden wird und wann genau sie Bedeutung gewinnt (Bohnsack, 2003, S. 20). Es geht also darum,

„die Befragten ein Thema in deren eigener Sprache, in ihrem Symbolsystem und innerhalb ihres Relevanzsystems entfalten zu lassen; nur so können die In-

interviewer(innen) oder Beobachter(innen) vermeiden, in den Einzeläußerungen Bedeutungen hineinzuprojezieren, die ihr nicht zukommen.“ (Bohnsack, 2003, S. 20-21)

Qualitative Forschung stützt sich dabei unter anderem auf strukturalistische Modelle kultureller Rahmung sozialer und subjektiver Wirklichkeit, bei denen zwischen

„der Oberfläche des Erlebens und Handelns – die den beteiligten Subjekten zugänglich ist – und den Tiefenstrukturen des Handelns – die von alltäglich-individueller Reflexion nicht mehr (unmittelbar) erreicht werden – unterschieden [wird]. Die Oberfläche wird an Intentionen und dem mit dem Handeln verbundenen subjektiven Sinn festgemacht, während Tiefenstrukturen als handlungsgenerierend verstanden werden.“ (Flick, 2014, S. 90)

Diese Annahme greift genau die für diese Arbeit relevante Konzeption der Schülerperspektive in Oberflächen- und Tiefendimension (vgl. Kapitel 2.3.3.3) auf. Dabei versucht qualitative Forschung den Untersuchungsgegenstand holistisch zu beschreiben und zu verstehen. Es werden keine kausalen Erklärungsketten angestrebt (Hussy et al., 2010, S. 185). So wird keine Verallgemeinerung der Erkenntnisse zu einzelnen Variablen/Merkmalen auf eine Grundgesamtheit möglich, sondern der Komplexität der Wirklichkeit Rechnung getragen (Kruse, 2015, S. 53). Dabei wird durchaus angestrebt, mehrere Falltypen authentisch und umfassend zu repräsentieren und diese, beispielsweise in einer Typenbildung zu systematisieren (ebd., S. 57). Qualitative Forschungsvorhaben sind dabei charakteristischer Weise von Zirkularität geprägt. Datenerhebung und -auswertung sind zeitlich gesehen nicht zu trennen. Dies macht eine Stärke qualitativer Forschung aus, „da sie [...] zu einer permanenten Reflexion des gesamten Forschungsvorgehens und seiner Teilschritte im Lichte der anderen Schritte zwingt“ (Flick, 2014, S. 126). Aus dieser Charakteristik erwachsen aber auch Probleme wenn beispielsweise klassische, stärker auf lineare Forschungsprozesse ausgerichtete Kriterien zur Beurteilung der Güte herangezogen werden.

#### 3.2.2. Gütekriterien qualitativer Forschung

Im Zuge der Diskussion um Gütekriterien qualitativer Forschung werden zwei grundsätzliche Ausrichtungen diskutiert. Entweder werden die Gütekriterien quantitativer Forschung (Validität, Reliabilität und Objektivität) übernommen und für die qualitative Forschung reformuliert oder neue „methodenangemessene Gütekriterien“ entwickelt (Flick, 2014, S. 489). Flick (2010, S. 397) stellt heraus, dass die Übernahme klassischer Gütekriterien kritisch zu sehen ist, weil die grundsätzlichen theoretischen Annahmen über Wirklichkeit qualitativer und quantitativer Forschung zu unterschiedlich seien. Steinke (1999) schlägt veränderte Kernkriterien für die Bewertung der Güte qualitativer Forschung vor (Steinke, 1999, S. 205ff):

- Intersubjektive Nachvollziehbarkeit: Der Forschungsprozess und die gewählten Schritte müssen durch andere Forscher\_innen nachvollzogen werden können, dies ist beispielsweise durch eine detaillierte Dokumentation des Forschungsprozesses, der Er-

hebungsmethoden, des Erhebungskontextes und durch selbst-reflexive Analyse des Forschers möglich.

- Indikation des Forschungsprozesses: Dieses Kriterium bezieht sich auf die Angemessenheit der Erhebungs- und Auswertungsmethoden. Indiziert die Fragestellung qualitative Methoden? Sind die Methoden gegenstandsangemessen?
- Empirische Verankerung der Theoriebildung und -prüfung: Zu prüfen ist, wie dicht die entwickelte Theorie an den realen empirischen Daten liegt. So sollten ausreichend Textbelege für eine Theorie angeführt werden und auch der Umgang mit abweichenden Fällen thematisiert werden. Anfängliche Ideen zur Theorie müssen im Laufe des Forschungsprozesses offen für Veränderungen sein.
- Limitation: Die Grenzen des Geltungsbereiches einer im Forschungsprozess entwickelten Theorie sind zu klären, aber dennoch der Geltungsbereich der Theorie nicht unrealistisch klein zu halten. Dazu ist die Kontrastierung verschiedener Fälle, aber auch eine Typenbildung geeignet.
- Reflektierte Subjektivität: Der Forscher ist immer als Teil der empirischen Erhebung anzusehen und nimmt damit Einfluss auf die Datenerhebung. Diese Tatsache sollte berücksichtigt werden, indem beispielsweise der Einfluss des Berufs, der kulturellen Herkunft des Forschers oder dessen persönliche Beziehung zum Forschungsthema auf den Forschungsprozess reflektiert wird.
- Kohärenz: Die entstehende Theorie muss in sich kohärent, stimmig sein. So ist zu fragen, ob Widersprüche zwischen Daten und Interpretation bearbeitet und ggf. offengelegt wurden.
- Relevanz: Eine Bewertung kann auch anhand der pragmatischen Relevanz des Forschungsvorhabens erfolgen: Ist die Fragestellung relevant? Welchen Beitrag leistet die Theorie? Werden neue Einsichten möglich? Ermöglicht die Theorie Erklärungen für das interessierende Phänomen?

Ähnliche Kriterien nennt auch Kruse (2015, S. 57), der vor allem auf die Bedeutung kollegialer Validierung in Interpretationsgruppen im Zuge der Interpretation hinweist, um dem Problem der Subjektivität zu begegnen. Das Kriterium der intersubjektiven Nachvollziehbarkeit wird von verschiedensten Autoren als zentral beschrieben und leitet daher auch die vorliegende Arbeit. Zuvor wurde bereits mit Bezügen zur theoretischen Konzeption und zum Forschungsstand des Untersuchungsgegenstandes herausgestellt, dass die zweite Forschungsfrage qualitative, rekonstruktive Verfahren indiziert. Die empirische Verankerung der Ergebnisse gilt es im Zuge der Ergebnisdarstellung transparent zu machen. Auf die Limitation der Ergebnisse der empirischen Studie wird im Anschluss an die Ergebnisdarstellung eingegangen, indem Grenzen des methodischen Vorgehens und offene Fragen aufgezeigt werden. Im Sinne der reflektierten Subjektivität ist der Forscher/die Forscherin als Teil der Erhebung anzusehen und seinen/ihren Einfluss auf die Erhebung im Zuge der Auswertung zu reflektieren. So wurde beispielsweise das Rollenverhältnis von Forscherin und beteiligten Schüler\_innen bei der Auswertung der Daten berücksichtigt

und Interpretationsergebnisse bewusst in Interpretationsgruppen mit Personen anderer fachwissenschaftlicher Sozialisation zur Diskussion gestellt. Dies wird an geeigneter Stelle im Folgenden detaillierter ausgeführt. Auch eine Prüfung der Kriterien Kohärenz und Relevanz kann erst im Anschluss an die Ergebnisdarstellung erfolgen.

#### 3.2.3. Methodische Überlegungen zur Datenerhebung

Zur Analyse der Sinnbildung der Schüler\_innen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften ist es notwendig, diesen Sinnbildungsprozess zu initiieren. Wie in Kapitel 2.3.2.2 beschrieben geht es also darum, dass die Befragten der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften oder Anteilen dieser Bedeutung zuschreiben und eigene Relevanzsetzungen vornehmen. Auf welche Art und Weise die Sinnbildung initiiert werden könnte wird im folgenden Kapitel 3.3 thematisiert. Da es sich beim Bilden von Sinn um einen kognitiven Prozess handelt, kann er nicht direkt beobachtet werden. Erst die Analyse der Ergebnisse des Sinnbildungsprozesses macht eine Rekonstruktion der strukturgebenden Merkmale möglich. Als Ergebnis des Prozesses werden jegliche Handlungen im Umgang mit dem Thema verstanden. Dabei wäre es zum einen denkbar, die Schüler\_innen im Umgang mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften beispielsweise in historisch orientiertem Unterricht zu beobachten, da sie dort aufgefordert sind, sich mit Anteilen des Themas auseinander zu setzen. Zum anderen wäre eine schriftliche Befragung oder ein Vorgehen, bei denen die Schüler\_innen über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften sprechen, möglich. Diese Ansätze unterscheiden sich unter anderem in der Art der Daten.

Aus folgenden Gründen findet im Zuge dieser Studie eine Einschränkung auf Erhebungsverfahren verbaler Daten statt:

1. Ansätze historisch orientierten Unterrichts sind bisher wenig in den Regelunterricht implementiert (vgl. Kapitel 2.1.3.4), sodass eine direkte Beobachtung des Umgangs mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften schwer im normalen Schulalltag zu realisieren wäre. Die Zusammenarbeit mit Lehrkräften und die Untersuchung im Rahmen der Unterrichtszeit brächten darüber hinaus einen erheblichen organisatorischen Aufwand mit sich.
2. Mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften steht ein sehr abstraktes Thema, mit dem die Schüler\_innen in der Gesamtheit keine konkreten Erfahrungen gemacht haben, im Fokus des Erkenntnisinteresses. Jegliche Beobachtung des Umgangs mit dem Thema außerhalb des Unterrichts würde daher höchst artifiziell wirken und die Schüler\_innen wegen der Unbekanntheit möglicherweise überfordern oder verunsichern.
3. Die Ergebnisse des Sinnbildungsprozesses im Zuge schriftlicher Erhebungsformate zu formulieren, bringt weitere Anforderungen mit sich. Möglicherweise noch sehr diffuse Ideen müssten in sprachlich adäquate Form gebracht werden.

4. Die höheren Anforderungen geschriebener Sprache im Vergleich zum verbalen Ausdruck (Egger, 1984, S. 160) könnten die Schüler\_innen von der Beschäftigung mit dem Thema abschrecken oder aber die Schreibfähigkeiten der Schüler\_innen die Ergebnisse überlagern.
5. Bei Unverständlichkeiten schriftlicher Aussagen bestünde für die Forschenden nicht die Möglichkeit, Nachfragen zu stellen und so die Bedeutungen der Aussagen zu klären.
6. In der bereits bestehenden Studie von Henke und Höttecke (2013c) wurden mit Hilfe von Interviews bereits erfolgreich Vorstellungen zur diachronen NdN erhoben, sodass mit solch einem Vorgehen auch die Bearbeitung der ersten Forschungsfrage möglich ist.

Im Zuge der Datenerhebung der vorliegenden Arbeit wären mit Einzelinterviews, Gruppendiskussionen oder der Methode des lauten Denkens verschiedene methodische Zugänge denkbar. All diesen ist gemein,

„dass sie denjenigen, die Gegenstand der Forschung sind, die Strukturierung der Kommunikation im Rahmen des für die Untersuchung relevanten Themas so weit wie möglich überlassen, damit diese ihr Relevanzsystem und ihr kommunikatives Regelsystem entfalten können und auf diesem Wege die Unterschiede zum Relevanzsystem der Forschenden überhaupt erst erkennbar werden.“ (Bohnsack, 2003, S. 21)

Ausgehend von den folgenden Darstellungen wird in Kapitel 3.2.3.4 eine begründete Auswahl getroffen.

### 3.2.3.1. Einzelinterviews

Es existieren verschiedene Formen von Einzelinterviews, unter anderem: Narrative, problemzentrierte oder fokussierte Interviews.<sup>1</sup> Diese Arten von Interviews unterscheiden sich unter anderem im Grad ihrer Offenheit (Kruse, 2015, S. 148ff). Im Hinblick auf das Erkenntnisinteresse dieser Arbeit ist insgesamt zu beachten, dass den Befragten so viel Raum zu geben ist, dass sie ohne fremdgesteuerte Strukturierungen ihre subjektiven Relevanzsysteme, Deutungen und Sichtweisen verbalisieren können. Dies kann durch eine non-direktive Gesprächsführung erreicht werden, bei der konkrete Fragen oder Stimuli weitgehend höhrerorientiert und erzählgenerierend gestaltet sind (Kruse, 2015, S. 148).

Unabhängig von der Art des Interviews ist zu berücksichtigen, dass man eine „Einzeläußerung erst im Gesamtkontext einer Erzählung oder längeren Darstellung adäquat verstehen“ kann (Bohnsack, 2003, S. 21) und dies entsprechend bei der Auswertung der Daten zu berücksichtigen ist.

---

<sup>1</sup>Für eine detaillierte Beschreibung verschiedener Interviewarten sei auf die Ausführungen verschiedenster Methodenhandbücher verwiesen (Fontana & Frey, 2005; Lamnek, 2010; Flick, 2014; Kruse, 2015).

### 3.2.3.2. Gruppendiskussionen und Philosophieren mit Kindern

Eine Gruppendiskussion ist ein Gespräch mehrerer Teilnehmer\_innen zu einem Thema, welches der Diskussionsleiter benennt (Lamnek, 2010, S. 372). Dabei stehen weniger die Inhalte der Äußerungen im Vordergrund, sondern die Reaktionen der Gruppenmitglieder auf Äußerungen anderer. Gruppendiskussionen kommen daher vorrangig dort zum Einsatz, wo „Interaktions-, Diskurs- und Gruppenprozesse für die Konstitution von Meinungen, Orientierungs- und Bedeutungsmustern“ als relevant für die Beantwortung der Forschungsfrage angesehen werden (Bohnsack, 2003, S. 105). Sie sind weniger geeignet, um Einzelmeinungen zu untersuchen, sondern ermöglichen die Rekonstruktion kollektiver Meinungen als Produkt kollektiver Interaktion (ebd., S. 106-107). Gruppendiskussionen werden darüber hinaus eingesetzt, wenn gruppenspezifische Verhaltensweisen untersucht werden sollen (Lamnek, 2010, S. 376).

Das Philosophieren mit Kindern wird an dieser Stelle thematisiert, weil es erstens im Rahmen der fachdidaktischen Forschung zur Tiefendimension der Schülerperspektive bereits erfolgreich eingesetzt wurde und zweitens die Möglichkeit bietet, Schüler\_innen zu einer verbalen Auseinandersetzung mit einem Thema zu bewegen. Dieses Vorgehen zeichnet sich dadurch aus, dass wirklich offene Fragen, auf die es keine allgemeingültige Antwort gibt, in einer Gruppe von Kindern oder Jugendlichen diskutiert wird (Michalik, 2005). So kann das Philosophieren mit Kindern als eine Art Gruppendiskussion angesehen werden, bei der der Impuls eben solche eine offene Fragestellung darstellt. Die Methode wird in erster Linie nicht als Methode zur Erhebung qualitativer Daten diskutiert, sondern die durch sie erhoffte Nachdenklichkeit der Teilnehmer\_innen als Ziel der schulischen Bildung angesehen (Michalik, 2005, S. 13). In dieser Ausrichtung stehen auch die inhaltlichen Aussagen im Vordergrund des Interesses und weniger gruppenspezifische Mechanismen der Meinungsbildung. Mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften und wie sie beschrieben werden kann, steht eine offene Frage im Vordergrund, die nicht eindeutig zu beantworten ist (vgl. Kapitel 2.1.3.1), sodass auch dieses Vorgehen sinnvoll einsetzbar erscheint.

### 3.2.3.3. Methode des lauten Denkens

Die Methode des lauten Denkens ermöglicht den Einblick in Gedanken, Assoziationen und Absichten der denkenden Person. „Durch Lautes Denken soll der (Verarbeitungs-)Prozess untersucht werden, der zu mentalen Repräsentationen führt“ (Konrad, 2010, S. 476). Die befragte Person wird zur direkten Verbalisierung von allem, was ihr bei der Beschäftigung mit einem Thema durch den Kopf geht, aufgefordert (Hussy et al., 2010, S. 227). Dabei führt die Veränderung des Zeitpunktes der Versprachlichung (unmittelbar oder nachgelagert) zu zwei verschiedenen Formen des lauten Denkens: *periaktionales lautes Denken* und *postaktionales lautes Denken* (Hussy et al., 2010, S. 227). Es liegt in jedem Fall die Annahme zugrunde, dass auf diese Art und Weise handlungssteuernde Kognitionen beleuchtet werden können (Konrad, 2010, S. 481). So wird unmittelbar deutlich, welche Aspekte in den Fokus der Aufmerksamkeit geraten (ebd., S. 483). Dieses zumeist un-

gewohnte Vorgehen sollte zu Beginn der Befragung geübt werden (Someren, Barnard & Sandberg, 1994, S. 43ff). Dabei darf im Hinblick auf unbewusste Verarbeitungsprozesse und automatisch ablaufende Prozesse nicht davon ausgegangen werden, dass Protokolle des lauten Denkens vollständig die Perspektive der Befragten abbilden, sondern eben nur dass, was verbal geäußert werden kann oder die Person äußern will (Konrad, 2010, S. 486).

#### 3.2.3.4. Konsequenzen für diese Arbeit

Ausgehend von den Darstellungen verschiedener Erhebungsverfahren verbaler Daten, kann eine begründete Auswahl für die Datenerhebung der vorliegenden Studie getroffen werden. Im Zentrum des Erkenntnisinteresses steht die, die Sinnbildung strukturierende Tiefendimension der Schülerperspektive. Auch wenn für die Tiefendimension, mit Bezügen zum Geschichtsbewusstsein und konjunktivem Wissen, kollektiv geteilte Anteile anzunehmen sind, steht im Kern des Erkenntnisinteresses die individuelle Herstellung von Sinn. Es steht gerade nicht ein kollektiver Aushandlungsprozess im Vordergrund, sodass der Einsatz von Gruppendiskussionen weniger passend erscheint.

Das Philosophieren mit Kindern und Jugendlichen bringt den Nachteil mit sich, dass den Schüler\_innen das Vorgehen für eine fruchtbare Datengrundlage bekannt sein muss. Dadurch könnten nur Schüler\_innen Berücksichtigung finden, die bereits Erfahrungen mit dieser Methode gesammelt haben. Dies würde einerseits den Aufwand für die Rekrutierung von Teilnehmer\_innen erhöhen, andererseits das Sample einschränken. Dies widerspricht dem Anliegen verschiedene Altersgruppen zu berücksichtigen. Darüber hinaus sollen in dieser explorativen Studie Schüler\_innen unterschiedlicher Schulformen, Klassenstufen, Profulfächer, Geschlecht usw. berücksichtigt werden, um eine große Bandbreite von Schüler\_innen mit verschiedenen Erfahrungen berücksichtigen zu können. Sinnvoller einsetzbar erscheinen daher Einzelinterviews.

In Bezug auf die Wahl der Art des Interviews scheiden narrative Interviews aus, da mit dem Thema der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften weniger Anteile der eigenen Biografie angesprochen werden. Es steht auch kein gesellschaftlich stark diskutiertes Problem im Vordergrund. Da fokussierte Interviews zum Einsatz kommen wenn subjektive Bedeutungen rekonstruiert werden sollen, erscheint diese Form im Hinblick auf das Bilden von Sinn besonders passend. Typischerweise werden fokussierte Interviews durch einen Stimulus initiiert, welchen es zu entwickeln gilt. Mit dem Verfahren des lauten Denkens könnte stärker als mit Interviews der Sinnbildungsprozess in den Blick geraten. Ob eine simultane Versprachlichung jedoch zu einer Überforderung der Schüler\_innen führt, da bereits die Beschäftigung mit einem abstrakten und weniger bekannten Thema sehr anspruchsvoll erscheint, ist vor der eigentlichen Hauptstudie zu prüfen. Darüber hinaus müsste auch diese Methode mit einem geeigneten Stimulus verknüpft werden.

### 3.2.4. Methodische Überlegungen zur Datenauswertung

Im Bereich der qualitativen Auswertung von Daten gibt es zwei grundsätzliche Vorgehensweisen: Kategoriales oder sequenzielles Vorgehen (Flick, 2014, S. 387). Beim kategorialen Vorgehen wird durch die Zuweisung von Kategorien der Umfang des Ursprungsmaterials reduziert, beim sequenziellen Vorgehen kommt der Gestalt der Daten (Semantik, Syntax, sprachliche Besonderheiten, Abfolge von Aussagen usw.) eine größere Bedeutung zu (Flick, 2014, S. 422). Bei diesen Verfahren wird mittels Interpretation Stück für Stück die Struktur des Falls rekonstruiert. Diese verschiedenen Vorgehensweisen gehen mit unterschiedlichem Erkenntnisinteresse einher.

Da davon ausgegangen wird, dass die Tiefendimension (konzeptuell gefasst durch konjunktives Wissen) die Sinnbildung strukturiert, wird auch das Sprechen über das Thema im Zuge der Datenerhebung durch diese Tiefendimension beeinflusst. Im Umkehrschluss ist durch die Analyse der Struktur des entstehenden Textes ein Rückschluss auf die die Sinnbildung strukturierenden Anteile möglich (vgl. Abbildung 3.2). In diesem Sinne kommt dem Aufbau des Textes für die Beantwortung der zweiten Forschungsfrage eine besondere Bedeutung zu. Aus diesem Grund finden für diese Arbeit sequenziell vorgehende Auswertungsverfahren Anwendung. Auf diese Art und Weise wird auch der von Deng et al. (2011, S. 982) formulierten Forderung nach weniger kategorialen Auswertungsverfahren für Kenntnisse zu „in-depth-mechanism“ der Perspektive der Schüler\_innen auf die NdN Folge geleistet.

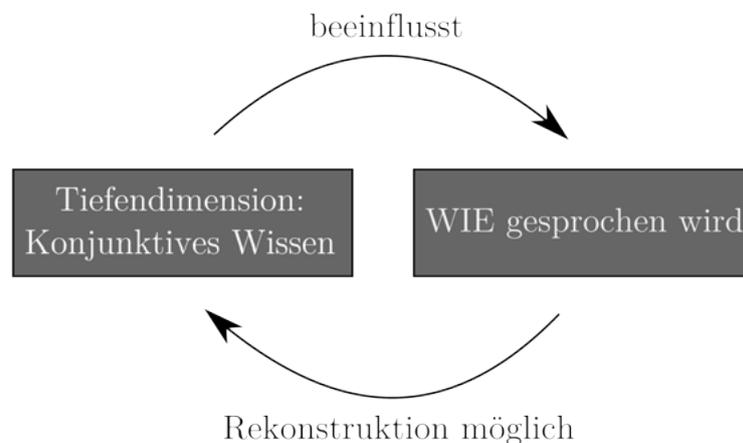


Abbildung 3.2.: Schematische Darstellung des wechselseitigen Zusammenhangs zwischen Tiefendimension der Schülerperspektive und der Struktur des Gesprochenen als Begründung für die Wahl sequenzieller Auswertungsverfahren.

Als typische sequenziell vorgehende Methoden sind die *dokumentarische Methode*, die *Narrationsanalyse* und die *objektive Hermeneutik* zu nennen (Kleemann et al., 2013). Aus folgenden Gründen findet in dieser Arbeit eine Festlegung auf die dokumentarische Methode statt:

1. Die theoretischen Bezugspunkte der Methode erweisen sich als äußerst passend zu der theoretischen Konzeption der Schülerperspektive und dessen Tiefendimension. Dies wird in Kapitel 3.2.4.1 deutlich.
2. Ziel der Narrationsanalyse ist die Rekonstruktion von Prozessstrukturen z. B. Interaktionsprozesse, Lebensverlauf der Beforschten (Kleemann et al., 2013, S. 64ff). Es steht das subjektive Erleben von Ereignissen im Vordergrund (Kleemann et al., 2013, S. 107) und ist damit weniger passend im Hinblick auf das Forschungsinteresse dieser Arbeit.
3. Zwischen objektiver Hermeneutik und dokumentarischer Methode zeigen sich sowohl im Vorgehen, als auch bei den zugrunde liegenden theoretischen Annahmen starke Ähnlichkeiten (Wagner, 1999, S. 86). Abgesehen von den verschiedenen Begrifflichkeiten ist der zentrale Unterschied jedoch das jeweilige Erkenntnisinteresse. Die objektive Hermeneutik nimmt soziale Handlungen und die Herstellung von Sinnzusammenhängen insgesamt in den Blick, während die dokumentarische Methode sich mit spezifischen Erfahrungsräumen beschäftigt (Kleemann et al., 2013, S. 199). „Die Dokumentarische Methode fokussiert auf kollektiv geteilte Anschauungen und Wissensbestände, die dem Handeln von Personen zugrunde liegen“ (Kleemann et al., 2013, S. 198) und ist damit im Hinblick auf das Erkenntnisinteresse der zweiten Forschungsfrage sowie zur theoretischen Konzeption der Tiefendimension besonders passend. Dabei wird angenommen, dass Erfahrungen der Schüler\_innen in verschiedenen Erfahrungsräumen den Sinnbildungsprozess beeinflussen und nicht grundsätzlich von einer globalen Struktur der Sinnbildung ausgegangen werden kann.
4. Im Hinblick auf historische Denkprozesse, so wie sie auch in dieser Arbeit eine Rolle spielen, stellt Kölbl (2005) fest, dass „Gruppendiskussionen, fokussierte Interviews und die dokumentarische Methode [...] für diejenigen, die empirische Einsichten in diesem Themengebiet anstreben, besonders hilfreich“ sind (Kölbl, 2005, S. 27).
5. Darüber hinaus zeigte sich die Methode im Rahmen der Vorstudie der vorliegenden Arbeit (vgl. Kapitel 3.1.4) als fruchtbar. In diesem Sinne ist die Festlegung der Methode zur Datenauswertung nicht als rein theoretisch determiniert anzusehen, sondern wurde erst im Zuge der ersten empirischen Erhebungen als sinnvoll deutlich.

#### **3.2.4.1. Dokumentarische Methode – theoretische Annahmen**

Die dokumentarische Methode wurde maßgeblich von Ralf Bohnsack entwickelt. Er verfolgte das Ziel, eine Ethnomethode, das heißt eine Methode der Interpretation von Alltagspraxis, wie Personen sie im Umgang miteinander ständig einsetzen, zu einer wissenschaftlichen Methode zur Analyse der Handlungspraxis weiterzuentwickeln (Loos, Nohl, Przyborski & Schäffer, 2013, S. 12). Dabei nimmt er Bezug auf verschiedene theoretische Annahmen und empirische Methoden, unter anderem auf Mannheims Wissenssoziologie und Bourdieus Habitus-Konzept. Beide wurden bereits in Kapitel 2.3.3.2 dargestellt. Der Habitus als internalisierte Wahrnehmungs-, Denk- und Handlungsschemata ist durch das

entsprechende Feld beeinflusst, kollektiv geteilt und erzeugt und ordnet die Praktiken menschlichen Handelns. Mannheim unterscheidet mit kommunikativem und konjunktivem Wissen in zwei unterschiedliche Arten von Wissen und geht ebenfalls davon aus, dass das konjunktive Wissen die Praxis strukturiert.

Bohnsack geht mit Bezügen zu Mannheim et al. (1980) von *konjunktiven Erfahrungsräumen* aus und stellt damit kollektiv geteilte Erfahrungen von verschiedenen Personen in den Vordergrund:

„Diejenigen, die über Gemeinsamkeiten des atheoretischen handlungsleitenden Erfahrungswissens und somit über Gemeinsamkeiten des Habitus verfügen, sind durch eine fundamentale Sozialität, durch eine ‚konjunktive‘ Erfahrung miteinander verbunden. Innerhalb derartiger ‚konjunktiver Erfahrungsräume‘ kommt es zu einem unmittelbaren ‚Verstehen‘“ (Bohnsack, 2012, S. 122 Hervorhebungen im Original).

Mit Bezug zum Habitus-Konzept nimmt Bohnsack an, dass diese konjunktiven Wissensbestände das Denken, Wahrnehmen und Handeln von Personen strukturieren. Ziel von Bohnsacks Forschungsmethode ist es, dieser „latenten Sinnstruktur auf die Spur zu kommen, die sich relativ unabhängig von und teilweise auch widerständig gegenüber den Intentionen der beteiligten Subjekte durchsetzt“ (Loos et al., 2013, S. 17). Die Struktur des konjunktiven Erfahrungswissens oder des impliziten Wissens in den Begriffen von Polanyi (1985), bezeichnet Bohnsack als *Orientierungsrahmen* (Bohnsack, 1998, 2003, 2012). Dieser Rahmen wird von den Mitgliedern eines konjunktiven Erfahrungsraumes geteilt, ist den Handelnden nicht bewusst, rahmt aber dennoch ihr Handeln und Denken. Orientierungsrahmen können beziehungsweise auf Nohl (2013) als themenspezifische Rahmen verstanden werden, die einen Teil des Habitus darstellen. In der vorliegenden Arbeit wird diesem Begriffsverständnis Folge geleistet und die Rekonstruktion verschiedener themenspezifischer Orientierungsrahmen angestrebt, von denen einer Person mehrere zugeordnet werden können. Es gerät damit ein Ausschnitt ihres Habitus in den Blick.

Neben der Struktur des konjunktiven Wissens, also dem Orientierungsrahmen, ist für das Handeln auch das *kommunikative Wissen* im Sinne Mannheims bedeutsam. Hierbei handelt es sich um explizierbares Wissen. Diese Ebene von Wissen wird von Bohnsack (1998) in der dokumentarischen Methode als *Orientierungsschema* bezeichnet. Er bezieht sich auf Schütz (1971) und beschreibt das Orientierungsschema als *Um-zu-Motive*, die expliziert werden können. Orientierungsrahmen hingegen umfassen *Weil-Motive*, die nicht ad hoc, sondern erst durch Reflexion expliziert werden können. Weil-Motive sind immer auf die Vergangenheit und Um-zu-Motive auf die Zukunft gerichtet (Schütz, 1971, S. 80). So sind einer Person die eigenen Weil-Motive erst nach der Handlung durch Reflexion zugänglich, weil sie erst dann der Vergangenheit angehören. Dies soll an einem Beispiel verdeutlicht werden: Ein Mann hebt beim Vorbeigehen an einer bekannten Person seinen Hut. Diese Handlung beinhaltet Aussagen auf verschiedenen Ebenen (Panofsky, 1975, S. 36ff). Fragt man den Mann nach dem Grund für diese Handlung, wird er ein Um-zu-Motiv äußern: Er hat den Hut gehoben, *um* den Bekannten auf der anderen Straßenseite

zu grüßen. Mit dem Handlungsentwurf wird ein Ziel in der Zukunft angestrebt. Hinter diesem Motiv liegt auf einer anderen Ebene noch ein Weil-Motiv, welches seinen Ursprung in der Vergangenheit hat. So hebt er möglicherweise den Hut, *weil* ihm dies von seinen Eltern in der Kindheit beigebracht wurde oder *weil* er diese Geste in der Vergangenheit als respektvollen Umgang miteinander erlebt hat. Schließlich wären auch andere Arten des Grüßens denkbar gewesen, um das Um-zu-Motiv zu erreichen. Dem Weil-Motiv ist sich der grüßende Mann nicht bewusst und kann es erst nach einem Reflexionsprozess im Anschluss an die Handlung, wenn überhaupt, formulieren. Dennoch veranlasst ihn genau dieses Weil-Motiv zur Handlung. Die beiden Ebenen von Wissen (kommunikatives und konjunktives Wissen, in Form von Um-Zu- und Weil-Motiven und von Bohnsack als Orientierungsschemata und -rahmen bezeichnet) sind daher miteinander gekoppelt: „Die Orientierungsschemata gewinnen immer nur vermittelt über das handlungsleitende atheoretische Wissen, also innerhalb des Orientierungsrahmens, ihre handlungspraktische Relevanz“ (Bohnsack, 2012, S. 128). Will man also die Handlungspraxis von Personen analysieren oder beschreiben, reicht es daher nicht aus explizite Orientierungsschemata zu betrachten.

Bohnsack verwendet zumindest in neueren Arbeiten den Begriff des Orientierungsrahmens und den des Habitus synonym (Bohnsack, 2013). Er entwirft also nicht ein gänzlich neues theoretisches Konstrukt, sondern erarbeitet mit Bezügen zu anderen Theorien und Annahmen über soziale Praxis und Strukturen von Wissen (Karl Mannheim, Alfred Schütz, Michael Polanyi) eine empirische Analysemethode. Der in der Bezeichnung der Methode zentrale Begriff „dokumentarische“ geht ebenfalls auf Begrifflichkeiten und theoretische Überlegungen Mannheims zurück. Wie bereits in Kapitel 2.3.3.2 beschrieben, unterscheidet Mannheim in drei Sinnebenen einer Aussage und bezeichnet jene, die sich auf das konjunktive Wissen bezieht, als dokumentarischen Sinn (Mannheim et al., 1980, S. 73f). Eben diese möchte die dokumentarische Methode rekonstruieren.

Wie in Kapitel 2.3.3.3 dargestellt, wird die Tiefendimension der Schülerperspektive als Anteil des konjunktiven Wissens einer Person gefasst, welches den Prozess der Sinnbildung strukturiert. Mit der dokumentarischen Methode ist es möglich, genau solche „Sinnkonstruktionen von Kollektiven oder Individuen zu rekonstruieren“ (Bonnet, 2009, S. 223). Das Vorgehen der dokumentarischen Methode ermöglicht einen „Zugang zur Sinnstruktur des Handelns“ (Bohnsack, 2013, S. 186). Die zweite Forschungsfrage fragt danach, was den Prozess der Sinnbildung der Schüler\_innen strukturiert. In den Begrifflichkeiten der Methode stehen also die Orientierungsrahmen der Schüler\_innen in Bezug auf den Sinnbildungsprozess zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften im Fokus. „In ihm [dem Begriff des Orientierungsrahmens] wird die Struktur, die die Sinnkonstruktion steuert, begrifflich rekonstruiert“ (Bonnet, 2009, S. 225). Die erste Forschungsfrage hingegen fragt nach den dem Bewusstsein der Schüler\_innen zugänglichen Vorstellungen und Kenntnissen. Dieses kommunikative Wissen kann als Orientierungsschema beschrieben werden. Damit ermöglicht der Einsatz der dokumentarischen Methode grundsätzlich die Beantwortung beider, diese Arbeit leitende Forschungsfragen.

### 3.2.4.2. Dokumentarische Methode – Arbeitsschritte

Die Unterscheidung in kommunikatives und konjunktives Wissen ist für das konkrete Vorgehen der dokumentarischen Methode leitend. Die Methode erfasst systematisch und analytisch getrennt sowohl den objektiven Sinn, als auch den dokumentarischen Sinn einer Aussage oder Handlung. Grundsätzlich wird daher in zwei Arbeitsschritte unterschieden: (1) die *formulierende Interpretation* und (2) die *reflektierende Interpretation*. Die folgenden Ausführungen beziehen sich dabei auf das Vorgehen bei fokussierten Interviews (Nohl, 2005), wie sie in dieser Arbeit zum Einsatz kommen.

#### (1) Formulierende Interpretation

Im ersten Schritt wird mittels der Formulierung von Ober- und Unterthemen eine thematische Struktur des Interviewmaterials erstellt. Dabei ergeben sich die Oberthemen zumeist ähnlich zum Aufbau des Interviewleitfadens, der bei fokussierten Interviews bereits eine thematische Struktur vorgibt<sup>2</sup>. Im Anschluss daran wird möglichst nah an den Aussagen der Beforschten paraphrasiert WAS, im Sinne des objektiven Sinns, gesagt wurde (Bohnsack, 2003, S. 34). Im Fokus steht die kommunikative Ebene (Bohnsack, 2013, S. 190). Ziel ist es, konsequent innerhalb des Relevanzsystems, innerhalb des Rahmens in dem die Beforschten das Thema behandeln, zu verbleiben (Bohnsack, 2003, S. 34).

#### (2) Reflektierende Interpretation

Diesen Rahmen des Sprechens der Interviewten explizit zu machen, ist Ziel des sich anschließenden Schrittes der reflektierenden Interpretation. Hierbei steht nun der dokumentarische Sinngehalt, das konjunktive Wissen, im Vordergrund (Bohnsack, 2013, S. 190). Dieser dokumentarische Sinngehalt lässt sich durch die Analyse des WIE des Sprechens rekonstruieren (Nohl, 2012, S. 41). Es ist die Frage zu klären, in welchem Rahmen ein Thema bearbeitet wird und was sich darin über das Individuum dokumentiert (Bohnsack, 2013, S. 190). Um das WIE der Bearbeitung nachzeichnen zu können, müssen „über eine Sequenz von (erzählten) Handlungen hinweg Kontinuitäten“ identifiziert werden, so dass ein sequenzielles Vorgehen von Nöten ist (Nohl, 2012, S. 45). Aufgrund des leitenden Rahmens, wird davon ausgegangen, dass auf eine erste Aussage nur eine bestimmte zweite folgen kann. Für die Rekonstruktion des Orientierungsrahmens ist diese implizite Regelmäßigkeit zu identifizieren. Dies ist schematisch in Abbildung 3.3 dargestellt. Die erste und zweite Aussage sind über eine spezifische Regelmäßigkeit miteinander verbunden, deren Gestalt jedoch erst im Vergleich mit anderen solcher Regelmäßigkeiten deutlich wird. Sie lassen Rückschlüsse auf den jeweils zugrunde liegenden Orientierungsrahmen zu.

Um diese implizite Regelmäßigkeit identifizieren zu können, ist das „Prinzip des *Kontrasts in der Gemeinsamkeit*“ zentral (Bohnsack, 2003, S. 38 Hervorhebungen im Original). Es geht also darum, mittels Fallvergleichen Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen den Fällen im Hinblick auf etwas Drittes zu identifizieren. Dieses, den Vergleich strukturierende Dritte wird als *tertium comparationis* oder *Vergleichsdimension* bezeichnet und kann beispielsweise das Thema einer Interviewpassage sein (Bohnsack, 2013, S. 194). Im Ver-

---

<sup>2</sup>Entwicklung und Aufbau des Interviewleitfadens werden im Detail in Kapitel 4.3.2.1 dargestellt.

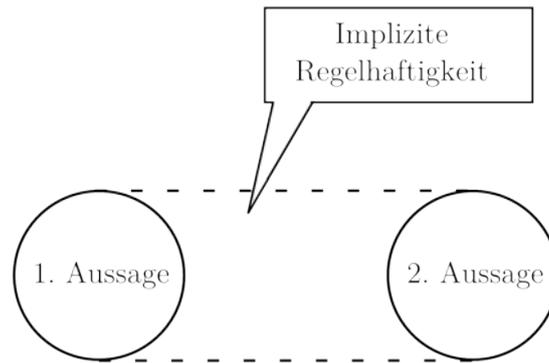


Abbildung 3.3.: Schematische Darstellung der Verknüpfung von Aussage 1 und Aussage 2 in einem Interview, durch eine implizite Regelhaftigkeit in Anlehnung an Nohl (2012, S. 45).

gleich werden andere Fälle gesucht, die sich ebenfalls mit dem Thema beschäftigen und der jeweilige Umgang mit diesem Thema verglichen (Nohl, 2012, S. 49). Die Vergleichsdimension stellt eine Art Blickwinkel dar, unter dem die Fälle betrachtet werden. Aus verschiedenen Blickwinkeln zeigen sich die Fälle verschieden und auch Gemeinsamkeiten und Unterschiede sind verschieden. So kann ein Fall im Hinblick auf Vergleichsdimension A ähnlich zum zweiten Fall sein, sich aber im Hinblick auf eine andere Vergleichsdimension B als ganz verschieden zeigen (Nohl, 2012, S. 53).

Durch diesen dauerhaften Einbezug minimaler (homologe Fälle) und maximaler Kontrastfälle (heterologe Fälle), kann die Identifikation der Regelhaftigkeiten empirisch-methodisch kontrolliert vollzogen werden (Bohnsack, 2003, S. 38; Nohl, 2012, S. 46). Entsprechend nimmt der Fallvergleich eine zentrale Rolle im Verlauf des Interpretationsprozesses ein. Im Laufe des Prozesses werden Hypothesen, so genannte *Lesarten*, für die implizite Regelhaftigkeit entwickelt und sukzessiv an den folgenden Aussagen geprüft, ggf. modifiziert oder verworfen. So muss sich die implizite Regelhaftigkeit, also ein Orientierungsrahmen, an mehreren Stellen im Interview als tragfähig erweisen, um als solcher anerkannt zu werden. Orientierungsrahmen und Vergleichsdimension sind immer aneinander gekoppelt und es ist möglich, mit Hilfe verschiedener Blickwinkel aus ein und der selben Passage des Interviews verschiedene Orientierungsrahmen zu rekonstruieren (Nohl, 2012, S. 53). In dieser Arbeit wird also davon ausgegangen, dass einem Fall mehrere Orientierungsrahmen zugeordnet werden können.

Zur Systematisierung dieses Auswertungsschrittes und um neben der Logik der Aussagenabfolge auch die genaue Wahl der Worte in den Blick zu nehmen, wurde in dieser Arbeit außerdem eine *mikrosprachliche Feinanalyse* in Anlehnung an Kruse (2010) durchgeführt. Dieser Schritt ermöglicht es dem Forschenden, der selbst Interviews geführt hat, den Einfluss seines „Vorwissens“ aus der Datenerhebung im Auswertungsprozess zu begrenzen und das Vorgehen der Auswertung transparenter zu machen (Kruse, 2010, S. 168). Da in der vorliegenden Arbeit alle Interviews von der Autorin selbst geführt und ausgewertet wurden, war dies besonders bedeutsam. Ziel ist es, das WIE des Sprechens zu beschrei-

ben, um erst im Anschluss zu interpretieren, was für Bedeutung damit konstruiert worden ist. Dafür werden Syntaktik und Semantik des Gesagten betrachtet und Auffälligkeiten markiert. Kruse (2010, S. 193ff) entwickelte eine Übersicht möglicher relevanter mikrosprachlicher Aspekte, aus der für diese Arbeit relevante Aspekte ausgewählt wurden. So kann beispielsweise eine semantische Analyse Hinweise darauf geben, wie die Interviewten Zeit modellieren. Die Wahl von Worten wie „dann“, „danach“ und „mittlerweile“ verweist auf ein lineares Zeitmodell, hingegen die Verwendung von „immer wieder“, „jedes Mal“ auf ein zyklisches Zeitmodell und „wieder, aber dann...“ auf ein spiralförmiges Zeitmodell. Neben dem *Zeitmodell* wurden auch die Aspekte *Positionierungen* (Wie positioniert sich der/die Interviewte zur Welt/zum Thema?), *Agency* (Präsentation der eigenen Handlungs- und Wirkmächtigkeit), *Episteme* (Geltungskraft der Aussagen), *Zeitlichkeit und Perspektivität* (Verhältnis von Heute und Früher, Perspektivübernahme), *Wandel vs. Kontinuität*, *Adversationen* (Gegensatzpaare), *Selbstverständliches, Eingebundenheit und Kollektivität vs. Individualität* (Bezieht sich der Sprecher in die Gruppe ein?) und *Inkonsistenzen/Widersprüche* einbezogen. Neben diesen für die Forschungsfragen relevant erscheinenden Aspekte, wurden allgemein Pronominawahlen, Partikel, Verben, Passiv-Aktiv-Konstruktionen, Satzverbindungen, der allgemeine satzsyntaktische Aufbau, Abstrakta/Konkretisierungen und Reinszenierungen (szenische Präsenz durch erlebte Rede) in den Blick genommen (Kruse, 2010, S. 205).

Vor allem mit Hilfe von Adversationen oder Bewertungen ist es möglich für den Befragten, so genannte *positive oder negative Gegenhorizonte* zu identifizieren (Przyborski, 2004, S. 56). Durch Abgrenzung vom oder Zuwendung zum Geschilderten wird die Positionierung der eigenen Person deutlich. Ein positiver Horizont bezieht sich auf positive, angestrebte Ideale. Als negativer Gegenhorizont wird das Gegenteil bezeichnet, nämlich Aspekte zu denen eine Abgrenzung deutlich wird. Diese Gegenhorizonte gilt es im Zuge der reflektierenden Interpretation herauszuarbeiten, da sich in diesen Horizonten der Orientierungsrahmen einer Person zeigen kann.

Dabei ist durch die Verwobenheit von Orientierungsrahmen und -schemata auch für die Bearbeitung der ersten Forschungsfrage der Schritt der reflektierenden Interpretation notwendig. So äußern die Befragten nicht in jedem Fall explizit ihre Vorstellungen in der Form „Ich denke naturwissenschaftliche Forschung ist X und hat dabei folgende Eigenschaften, die sich im Laufe der Zeit verändern...“. Vielmehr werden diese auch dadurch deutlich, auf welche Art und Weise etwas gesagt wird. Von einem Orientierungsschema wird in dieser Arbeit gesprochen, wenn es sich um Wissen handelt, das vom Hörer/Leser direkt aus einer Aussage und deren Kontext erschlossen werden kann. Solche Orientierungsschemata sollten möglichst an mehreren Stellen im Interview deutlich werden. Ein Orientierungsrahmen hingegen zeichnet sich dadurch aus, dass dieser über mehrere Passagen hinweg als zugrunde liegendes strukturgebendes Muster der Aussagen bezeichnet werden kann. Beispielhaft wird die Rekonstruktion von Orientierungsschema und -rahmen in Kapitel 5.1.4 verdeutlicht.

*Aufbereitung der Daten und Auswahlkriterien geeigneter Passagen*

Aus den Überlegungen zu diesem zweiten Auswertungsschritt ergibt sich eine bedeutsame Konsequenz für die Aufbereitung der verbalen Daten. Diese sind in einem vorgelagerten Schritt (0) zu transkribieren und so in Textdaten zu überführen. Da für die Analyse das WIE des Sprechens besonders relevant ist, sollen mittels der Transkription Auffälligkeiten der Aussprache, Pausen, Stottern und ggf. Wort- oder Aussagenreihenfolgen möglichst wortgetreu abgebildet werden. All dies sind Kennzeichen, wie die Person mit einem Thema umgeht und sind damit bedeutsam für die Analyse. Das Transkriptionsmanual, nach dem die Interviews in dieser Arbeit transkribiert wurden, befindet sich in Anhang A.1.

Die dokumentarische Analyse ist sehr umfassend und aufwändig. Entsprechend ist es zu meist nicht möglich und im Hinblick auf das Erkenntnisinteresse auch nicht notwendig, das gesamte entstandene Material zu analysieren. Vielmehr kann davon ausgegangen werden, dass sich Orientierungsrahmen im gesamten Material und in bestimmten Passagen besonders deutlich zeigen. Diese Passagen gilt es zu identifizieren und sequenziell zu analysieren. Als Auswahlstrategien kommen die folgenden zum Einsatz: Zum einen werden Passagen, die thematisch für das Forschungsinteresse besonders relevant erscheinen, in die Interpretation einbezogen (inhaltliches Kriterium). Zum anderen findet mit Bezügen zu Überlegungen von Bohnsack (2003, S. 86) auch ein strukturelles Kriterium Berücksichtigung, in dem besonders dichte Passagen, so genannte *Fokussierungsmetaphern* einbezogen werden: So gelingt es

„Wirklichkeitskonstruktionen vor allem dort nachzeichnen, rekonstruieren [zu können], wo dieser [der Vorgang des Sprechens, JK] sowohl hinsichtlich seines Prozessverlaufs, seiner *Dramaturgie* (Form), als auch hinsichtlich des *metaphorischen Gehalts* (Inhalt) Höhepunkte des Engagements, der Intensität und Dichte erreicht, also in jenen Diskurspassagen, die wir *Fokussierungsmetaphern* genannt haben.“ (Bohnsack, 2003, S. 86 Hervorhebungen im Original)

In anderen Studien zeigte sich die jeweilige Eingangspassage zum Thema des Erkenntnisinteresses als bedeutsam für die Rekonstruktion der Orientierungsrahmen (Kruse, 2010, S. 156; Bauer, 2014; Sander, 2016). Auch in der vorliegenden Studie ist davon auszugehen, dass sich durch die mit Bedeutung belegten Anteile der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften Relevanzsetzungen und Bedeutungszuschreibungen der Schüler\_innen zeigen. Die Eingangspassagen sind daher im Hinblick auf die Analyse der Sinnbildung von herausragender Bedeutung. In Anlehnung an Nohl (2012, S. 20ff) wurden außerdem Passagen, in denen sich Narrationen über eigene Erlebnisse finden, in die Auswertung einbezogen. In diesen kann aufgrund der „Zugzwänge des Erzählens“ (Kallmeyer & Schütze, 1977, S. 162) der Orientierungsrahmen dem Forscher besonders deutlich werden (Nohl, 2012, S. 43).

Die vorliegende Arbeit folgt dabei nicht der von Nohl (2005) vorgeschlagenen strengen Textsortentrennung in Erzählung, Beschreibung und Argumentation, da davon auszugehen ist, dass nicht alle Schüler\_innen über konkrete Erfahrungen mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften verfügen über die sie erzählen können. Den theo-

retischen Annahmen folgend (Zugzwänge des Erzählens) sind Erzählungen besonders geeignet um Orientierungsrahmen zu rekonstruieren und werden daher in jedem Fall in die Auswertung einbezogen. Es wird jedoch auch davon ausgegangen, dass das zugrunde liegende konjunktive Wissen ebenso Beschreibungen und Argumentationen strukturiert und auch hier die Rekonstruktion von Orientierungsrahmen möglich ist. Es werden also nicht alle Passagen der Interviews in die Datenauswertung einbezogen, innerhalb der gewählten Passagen jedoch sequenziell analysiert.

#### (3) Typenbildung

Anschließend an diese ersten beiden Schritte der Auswertung kann eine Typenbildung erfolgen. Dabei gibt es verschiedene Möglichkeiten zur Generalisierung der Ergebnisse durch Typenbildung. Eine Möglichkeit stellt die *sinn genetische Typenbildung* dar (Nohl, 2012, S. 50ff; Bohnsack, 2013, S. 194ff). Hierbei werden im Zuge der reflektierenden Interpretation im Hinblick auf eine Vergleichsdimension Orientierungsrahmen verschiedener Fälle rekonstruiert. Im Idealfall zeigten sich dabei homologe und heterologe Fälle. Im Zuge der sinn genetischen Typenbildung werden die Orientierungsrahmen vom jeweiligen Fall abstrahiert und als Typen ausformuliert (Nohl, 2012, S. 51). Für die Typenbildung sind also maximale Kontrastfälle besonders bedeutsam. „Die sinn genetische Typenbildung zeigt, in welcher unterschiedlichen Orientierungsrahmen die erforschten Personen jene Themen und Problemstellungen bearbeiten, die im Zentrum der Forschung stehen“ (Nohl, 2012, S. 52). Typisiert werden also nicht die Fälle, sondern Orientierungsrahmen im Hinblick auf eine oder mehrere Vergleichsdimensionen.

Von Nohl (2012) wird zusätzlich eine *relationale Typenbildung* vorgeschlagen, bei der mehrere sinn genetische Typen zu verschiedenen Vergleichsdimensionen (die dann als Typik bezeichnet werden) übereinander gelegt werden, sodass eine mehrdimensionale Typenbildung möglich wird, die eben die Relationen unterschiedlich typisierter Orientierungsrahmen abbildet (Nohl, 2013, S. 43). So tritt möglicherweise Orientierungsrahmen A der Typik 1 in verschiedenen Fällen immer gekoppelt mit Orientierungsrahmen III der Typik 2 auf. Diese relationalen Zusammenhänge können ebenfalls abstrahiert beschrieben werden und so eine, in diesem Beispiel zweidimensionale Typenbildung erfolgen (Nohl, 2012, S. 53ff).

Soziale Zusammenhänge und die Genese eines Orientierungsrahmens hingegen werden erst in einer *soziogenetischen Typenbildung* deutlich, die mindestens zweidimensional ist (Nohl, 2012, S. 52). So darf die Interpretation nicht beim Vergleich der Fälle im Hinblick auf ein einziges behandeltes Thema stehen bleiben. Vielmehr müssen thematisch andere Passagen einbezogen werden, um weitere Orientierungsrahmen rekonstruieren zu können. Zeigen sich im Hinblick auf eine Vergleichsdimension Ähnlichkeiten zwischen Fällen, kann in einem nächsten Schritt beispielsweise untersucht werden, ob sich trotz aller Ähnlichkeiten Unterschiede zwischen Fällen verschiedenen Geschlechts zeigen. Solch ein Vergleich wird nur möglich, wenn die Struktur des Samples dies zulässt und es wird nur nötig, wenn das Erkenntnisinteresse der Fragestellung darauf abzielt (Nohl, 2012, S. 56). Dabei

ist es zur Absicherung oder Ausdifferenzierung einer soziogenetischen Typenbildung oftmals notwendig, nach der ersten Auswertung weitere Daten zu erheben, um systematisch Merkmale der Interviewten (Geschlecht, Alter, Berufsgruppe, Klassenstufe, Interessen, ...) zu variieren. Durch solch eine Analyse werden Rückschlüsse auf die Ursache bestimmter Orientierungsrahmen in konjunktiven Erfahrungsräumen möglich (Bohnsack, 2013, S. 195). Der Aufwand einer solchen Typenbildung ist im Rahmen dieser Arbeit nicht zu leisten und im Hinblick auf das Erkenntnisinteresse nicht notwendig. Es wird die explorative Erkundung eines neuen Erkenntnisgebietes angestrebt, welche bereits mit einer sinngenetischen oder relationalen Typenbildung erfolgen kann.

### 3.2.4.3. Dokumentarische Methode – Bildinterpretation

Neben der Interpretation verbaler Daten ist auch eine Auswertung von Bild- oder Videomaterial mit der dokumentarischen Methode möglich (Bohnsack, 2009). So ist auf Grundlage der theoretischen Überlegungen anzunehmen, dass das konjunktive Wissen auch die Gestaltung eines Bildes strukturiert. Da im folgenden Kapitel der Einsatz von Bildern im Zuge der Datenerhebung als fruchtbar deutlich wird, wird an dieser Stelle auch auf die Möglichkeit der dokumentarischen Bildinterpretation eingegangen. Die Methode ermöglicht „einen Zugang zum konjunktiven Erfahrungsraum der Bild-Produzent(inn)en [...], dessen zentrales Element der individuelle oder kollektive Habitus darstellt“ (Bohnsack, 2009, S. 160).

Nach Annahmen der Methode kann durch eine Analyse der formalen Komposition des Bildes der Sinn des Bildes rekonstruiert werden (Bohnsack, 2003, S. 169). Dazu gehören die folgenden vier Schritte (Bohnsack, 2003, S. 166-167):

1. Ikonografische Analyse: In diesem Schritt wird ähnlich zur formulierenden Interpretation beschrieben, WAS auf dem Bild zu sehen ist.
2. Perspektivische Projektion: Analyse, auf welche Art und Weise Räumlichkeit und Körperlichkeit im Bild hergestellt wird. Es steht die Frage im Vordergrund, welche Perspektive der Bildproduzent einnimmt, welche Sicht auf das Dargestellte sich zeigt.
3. Szenische Choreografie: Analyse von Gestik, Mimik und Körperhaltung der abgebildeten Personen.
4. Planimetrische Ganzheitsstruktur: Analyse der Strukturen in der Ebene. Es steht die Frage im Vordergrund, was die Komposition des Bildes in Gänze bestimmt, unabhängig von den objektiv dargestellten Elementen.

Die Schritte 2) bis 4) werden der reflektierenden Interpretation zugeschrieben. Dabei ermöglicht der Schritt 3) die Rekonstruktion des Habitus der *abgebildeten* Personen und die Schritte 2) und 4) die Rekonstruktion des Habitus der *abbildenden* Personen (Nohl, Schäffer, Loos & Przyborski, 2013, S. 32).

### 3.2.5. Konsequenzen für diese Arbeit: Forschungsfragen in den Begriffen der Methode

Das Erkenntnisinteresse dieser Arbeit legt qualitativ-rekonstruktive Auswertungsmethoden nahe, wobei die dokumentarische Methode als besonders passend im Hinblick auf das Forschungsinteresse und die theoretische Konzeption der Schülerperspektive deutlich wurde. Die Methode ermöglicht die Bearbeitung beider diese Arbeit leitenden Forschungsfragen, indem die Schülervorstellungen (kommunikatives Wissen) als Orientierungsschemata und die die Sinnbildung strukturierenden Anteile der Schülerperspektive (konjunktives Wissen) als Orientierungsrahmen aufgefasst werden.

Die in Kapitel 2.3.3.5 formulierten Forschungsfragen können mit Hilfe der methodischen Begrifflichkeiten reformuliert werden:

#### Forschungsfragen

- 1) Welche Vorstellungen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften lassen sich bei Schüler\_innen verschiedener Klassenstufen rekonstruieren? In den Begriffen der dokumentarischen Methode: Welche Orientierungsschemata zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften zeigen sich bei Schüler\_innen verschiedener Klassenstufen?
- 2) Welches konjunktive Wissen strukturiert die Sinnbildung der Schüler\_innen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften? In den Begriffen der dokumentarischen Methode: Welche Orientierungsrahmen strukturieren die Sinnbildung zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften?

### 3.3. Stimulus des Sinnbildungsprozesses – Schülerzeichnungen

Zur Untersuchung der Sinnbildung der Schüler\_innen muss der Sinnbildungsprozess erst einmal initiiert werden. Es ist davon auszugehen, dass das Thema der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften den Schüler\_innen eher unbekannt und darüber hinaus als sehr abstrakt anzusehen ist. Daher ist es notwendig, im Zuge der Datenerhebung ein Vorgehen zu wählen, welches die Schüler\_innen zu einer Beschäftigung mit dem Thema motiviert und dabei nicht überfordert. Eine direkte Konfrontation mit dem Thema mittels Interviewfragen erscheint aufgrund dieser Ausgangslage nicht sinnvoll, da die spontane, konsistente Formulierung von Ideen sehr anspruchsvoll ist. Sowohl in Interviews als auch bei der Methode des lauten Denkens ist eine Phase zu integrieren, in der die Schüler\_innen sich selbstständig mit dem Thema beschäftigen und ihre Gedanken systematisieren. In jedem Fall ist also die Entwicklung eines Stimulus der Sinnbildung notwendig. Theoretische und methodische Überlegungen dazu werden in diesem Kapitel vorgestellt.

In verschiedenen Studien, der in Kapitel 3.1.2 genannten Erhebungsverfahren aus der Geschichtsdidaktik, zeigte sich der Einsatz von Schülerzeichnungen als hilfreich, um eine Beschäftigung mit einem (historischen) Thema zu initiieren. Zeichnungen berücksichtigen die geforderte Offenheit für Relevanzsetzungen durch die Schüler\_innen und ermöglichen ein Umgehen der hohen Anforderungen schriftlicher oder ad hoc zu formulierender verbaler Äußerungen.

Im vorliegenden Kapitel werden Schülerzeichnungen aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet und Vorteile sowie Nachteile bei der Untersuchung der Schülerperspektive mit Hilfe dieses Verfahrens diskutiert (Kapitel 3.3.1). In Kapitel 3.3.2 wird eine Typisierung verschiedener Arten von Zeichnungen vorgenommen und davon ausgehend detaillierter auf metaphorische Zeichnungen eingegangen (Kapitel 3.3.3). In Kapitel 3.3.4 werden Konsequenzen für die vorliegende Arbeit formuliert.

#### 3.3.1. Vor- und Nachteile von Zeichnungen als Erhebungsinstrument

Zeichnungen<sup>3</sup> enthalten neben kommunikativen auch ästhetische, emotionale sowie intellektuelle Anteile (Reiß, 2000, S. 232) und können damit sehr umfassend die Perspektive des Erstellers abbilden. „Kinderzeichnungen sind ein Schlüssel zum Denken und Fühlen eines Kindes“ (Reiß, 2000, S. 235). Dabei wird davon ausgegangen, dass der „Sprache und dem Denken [...] Bilder und keine Begriffe zugrunde [liegen], mit deren Hilfe wir in der Lage sind, etwas zu verstehen und die Welt zu ordnen“ (Schneider, 2003, S. 16). Das Zeichnen<sup>4</sup> wird daher als eine natürliche Art und Weise der Verarbeitung von Eindrücken

---

<sup>3</sup>Zeichnung werden als eine spezifische Art von Bildern verstanden. Während Bilder auch Fotografien o. ä. einschließen, bezeichnen Zeichnungen lediglich durch die Nutzung eines Zeichenwerkzeugs erstellte Bilder. In diesem Sinne bezeichnet der Begriff Bild im Rahmen dieser Arbeit das Produkt des Zeichenprozesses der Schüler\_innen.

<sup>4</sup>Zeichnen wird in dieser Arbeit synonym zu Malen verwendet.

und Erkenntnissen beschrieben. Kinder und Jugendliche „denken in Bildern“ (Daucher, 1990, S. 135). Dieses Argument nannte bereits Levinstein (1918, S. 34). Kinder erlernen dieses Vorgehen bereits sehr früh, meist ab dem zweiten Lebensjahr (Egger, 1984, S. 8). „Wann immer Kinder malen, malen sie auch ihre Auseinandersetzung mit der Umwelt. Malen gibt ihnen die Möglichkeit, diese zu verstehen“ (Egger, 1984, S. 139). Leutner und Schmeck (2014, S. 445) konnten zeigen, dass „drawnig activity is a plausible way to promote generative cognitive processing that helps learning“. Auch wenn die vorliegende Arbeit nicht auf Lernprozesse fokussiert, verweisen die Ergebnisse von Leutner und Schmeck (2014) darauf, dass die Handlung des Zeichnens kognitive Prozesse unterstützen kann.

Kritisch zu bedenken ist, dass Kinder spätestens mit dem Übergang in das Jugendalter, oft bereits ab etwa 9 Jahren, die Freude am Zeichnen verlieren (Levinstein, 1918, S. 93; Schetty, 1974, S. 39). Ab diesem Alter stellt das Zeichnen also keinen selbstverständlichen Verarbeitungsmodus mehr dar. Bis zur Pubertät steigt „[d]ie Fähigkeit in Bildern zu erzählen“ an (Levinstein, 1918, S. 93).

Die Überlegungen zur bildhaften Prägung des Menschen und der Gesellschaft führt Cassirer (1990) auf einer allgemeineren Ebene fort: „[E]r [der Mensch, JK] begreift die Welt in symbolisch verfasster Form“ (Welter, 2007, S. 306). Sowohl Sprache als auch Zeichnungen stellen Arten der Symbolisierung dar und sind typische Formen menschlichen Ausdrucks. Dabei stellt die Sprache eine Abkürzung, eine Abstraktion der Wirklichkeit dar, wohingegen in Zeichnungen „die Wirklichkeit in ihrer Tiefendimension der Konkretheit erfasst [wird]“ (Welter, 2007, S. 307). Der Mensch wird als „*animal symbolicum*“ bezeichnet (Cassirer, 1990, S. 51 Hervorhebungen im Original), da „symbolisches Denken und symbolisches Verhalten zu den charakteristischen Merkmalen menschlichen Lebens gehören“ (Cassirer, 1990, S. 52). Piaget und Inhelder (1990) nennen zwei Gründe, warum es zur Erfassung der Erfahrungswelt des Menschen notwendig ist, das Symbolsystem der Sprache um ein bildhaftes zu erweitern. Zum einen speichern wir Erfahrenes in einem System bildhafter Symbole ab, zum anderen kann es individuelle Erfahrungen geben, für die es in der Sprache keinen Ausdruck gibt und die entsprechend nur in Zeichnungen ausgedrückt werden können (Piaget & Inhelder, 1990, S. 497-498).

„Man muß also, wenn man das Wahrgenommene durch das Denken evozieren will, das System der verbalen Zeichen durch ein System von bildhaften Symbolen verdoppeln [...] das Bild ist ein Symbol, weil es das notwendige semiotische Instrument darstellt, um das Wahrgenommene zu evozieren und zu denken“.  
(Piaget & Inhelder, 1990, S. 498)

Da im Zuge dieser Arbeit Sinnbildungsprozesse in den Blick geraten, spielen Erfahrungen eine bedeutsame Rolle. Diese können in Zeichnungen einfacher verarbeitet werden als in der gesprochenen Sprache. Es ist durchaus möglich, dass Schüler\_innen beim Zuweisen von Bedeutungen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften auf Erfahrungen rekurren, die sie nicht ad hoc verbalisieren können. So scheint zumindest für eine erste Annäherung an das Thema die Wahl einer bildlichen Darstellung sinnvoll.

In Bezug auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften ist besonders relevant, dass Symbolisierung dem Menschen die Bewusstmachung von Zeitlichkeit ermöglicht: „Symbolisierung [...] schenkt ihm [dem Menschen, JK] Geschichte, weil er sich in der Symbolisierung durch die Zeiten Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft bewegen kann“ (Welter, 2007, S. 306). Dabei sind Zeichnungen im Gegensatz zur Sprache von einer Simultanität geprägt (Neuß, 1999, S. 91; Welter, 2007, S. 307). Zeitliche Entwicklungen müssen gleichzeitig in einem Produkt dargestellt werden. In diesem Sinne erscheint der Einsatz von Zeichnungen im Hinblick auf die Untersuchung der Sinnbildung zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften besonders passend.

In Abgrenzung zur gesprochenen Sprache ist das Zeichnen weit weniger Regeln unterworfen (Egger, 1984, S. 160). Zeichnungen liegen dichter an der Realität. So können Gegenstände auf drei grundsätzliche Arten repräsentiert werden: Durch die *Spur*, durch das *Bild* und durch die *Sprache*. Als Spur wird der Abdruck eines Gegenstandes in der Wirklichkeit bezeichnet, beispielsweise Schatten oder Fußspuren. Die Spur ist damit selbst ein Teil der Realität. Die Sprache ist am abstraktesten, da die Ordnung künstlich und durch Regeln festgelegt ist. Das Bild steht zwischen diesen beiden Extremen und ist durch Form und Farbe dichter an der Realität als die Sprache (Fellmann, 2011, S. 54). Bildliche Repräsentationen stehen damit dem Erlebnis näher als sprachliche Zeichen. Daraus ergeben sich Probleme für die Interpretation von Zeichnungen. Aufgrund der nicht eindeutigen Regeln zu Erstellung und Form einer Zeichnung, ist die Botschaft einer Zeichnung weniger eindeutig als jene der gesprochenen Sprache (Wichelhaus, 1989, S. 199). Der Zusammenhang, den der Zeichner zwischen Bildelement und Realität herstellt, muss vom Interpreten rekonstruiert werden. Für diesen Interpretationsschritt bezieht sich der Interpret auf seine eigenen Relevanzsysteme und weniger auf die des Zeichners. Die alleinige Interpretation einer Zeichnung ohne Erläuterung des Zeichners ist aufgrund dieser Tatsache kritisiert worden (Sachs-Hombach, 2003, S. 25). Für eine valide Interpretation ist es unbedingt notwendig, dem Zeichner die Möglichkeit zu geben, seine Zeichnung zu erläutern und den Elementen Bedeutungen zuzuweisen. Erst durch ein Gespräch mit dem Ersteller über die Zeichnung kann man den Bedeutungen aus Sicht der Zeichner auf die Spur kommen (Egger, 1984, S. 141). Dabei ist es auch möglich, dass einigen Bildelementen erst post hoc, initiiert durch die Beschreibung der Zeichnung, eine Bedeutung zugewiesen wird (Wichelhaus, 1989, S. 204).

Als weitere Vorteile im Hinblick auf die angestrebte Rekonstruktion der die Sinnbildung zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften strukturierenden Anteile werden deutlich:

1. Dem Bewusstsein nicht zugängliche Anteile können nicht unmittelbar versprachlicht werden, sich wohl aber in Zeichnungen und dem Sprechen über die Zeichnung zeigen.
2. Durch die Phase des Zeichnens kann der Sinnbildungsprozess initiiert werden.
3. Die Schüler\_innen erhalten durch den Zeichenprozess Zeit, sich mit dem Thema aus ihrer Perspektive heraus zu beschäftigen.

4. Zeichnen wird im naturwissenschaftlichen Kontext weniger als Prüfungs- oder Leistungssituation wahrgenommen.

Zu 1.: „Durch das Zeichnen könnte man zudem oft weit mehr als durch Schreiben und Sprechen von dem wirklichen Inhalt des Kinderkopfes erfahren“ (Levinstein, 1918, S. 81). So äußern sich in Zeichnungen auch dem Zeichner unbewusste Anteile, z. B. bestimmte Beziehungsverhältnisse, Relationen und Relevanzen, welche dem Zeichner nur schwerlich bis gar nicht bewusst gemacht werden können (Egger, 1984, S. 144; Neuß, 1999, S. 76). „Durch kommunikative Prozesse zu Zeichnungen wird die Ebene des Sichtbaren überschritten“ (Neuß, 1999, S. 89). Da die Tiefendimension der Schülerperspektive dem Bewusstsein der Befragten nicht ad hoc zugänglich ist, bietet die Methode des Zeichnens mit anschließender Versprachlichung Möglichkeiten die Tiefendimension auszudrücken.

Wie oben bereits angesprochen, ist eine nachgelagerte Versprachlichung unerlässlich, um die Bildinterpretation valide durchführen zu können. Eine blinde Interpretation (ohne die Aussagen des Erstellers, Hintergrundinformationen zur Person und zum Zeichenprozess) bezeichnet Schetty (1974, S. 42) als ein „unverantwortliches Vorgehen“ und kritisiert damit das teilweise angewandte Vorgehen in der damaligen psychologischen Forschung. Dabei ist zu beachten, dass durch den Prozess der Versprachlichung ein weiterer Komplexitätsgrad hinzukommt.

Zu 2.: Die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften stellt ein komplexes und abstraktes Thema dar. Es ist wenig greifbar oder in Gänze an konkreten Erfahrungen festzumachen. Es ist nicht möglich, Schüler\_innen ohne konkreten Anlass zu einer Beschäftigung mit diesem Thema zu bewegen. Aber erst eine solche Beschäftigung initiiert den Sinnbildungsprozess und macht eine Rekonstruktion der, die Sinnbildung strukturierenden, Orientierungsrahmen möglich. Der Auftrag, eine Zeichnung zu erstellen, bietet die Möglichkeit den Sinnbildungsprozess zu initiieren.

Dabei ist aufgrund der Komplexität und Abstraktheit des Themas bei der Formulierung der Zeichenaufgabe durch den Forschenden zu beachten, dass ein Kind „auf wiederholbare, graphische Formen angewiesen [ist], von denen es weiß, dass es sie zeichnen kann“ (Haenni, 1995, S. 48). Um die Datenerhebung nicht durch zu hohe zeichnerische Anforderungen zu behindern, muss die Wahl des Zeichenauftrages und entsprechenden Vorgaben besonders sorgfältig getroffen werden. Um auch gerade ältere Schüler\_innen nicht vor dem Zeichnen zu verschrecken, sollte der Auftrag offen für verschiedene Arten der Ausgestaltung sein und mit wenigen Details bereits als vollständig bearbeitet angesehen werden können.

Zu 3.: Die Erstellung einer Zeichnung bietet die Möglichkeit, mit möglichst wenig Vorgaben, der gewünschten Offenheit der Erhebungssituation gerecht zu werden. Die Zeichenphase gibt den Schüler\_innen Zeit, sich abseits vom Zwang der Verbalisierung mit dem Thema zu beschäftigen und eigene Relevanzsetzungen vorzunehmen. Dabei wäre es erstrebenswert, dass in der Aufgabenstellung die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften möglichst global und nicht nur in Ausschnitten (beispielsweise lediglich die zeitliche Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens o. ä.) aufgegriffen wird, sodass die

Schüler\_innen selbst Schwerpunkte legen und Relevanzen ausdrücken könnten. Zeichenzeit ist bewusst eingeräumte Reflexionszeit (Neuß, 1999, S. 84f). Im Prozess des Zeichnens können Veränderungen vorgenommen werden (Reiß, 2000, S. 234) und die Schüler\_innen sich so Stück für Stück dem gewünschten Ergebnis annähern.

Durch die Erstellung einer Zeichnung entsteht darüber hinaus ein konkretes Produkt, das es den Schüler\_innen möglicherweise erleichtert, über das Thema zu sprechen. Sie können sich auf ihre Zeichnung beziehen und erhalten damit Orientierung und Sicherheit. Dies erscheint erstrebenswert, um eine Überforderung der Befragten zu vermeiden.

Zu 4.: Es ist davon auszugehen, dass das Selbstkonzept der Schüler\_innen (Moschner & Dickhäuser, 2010, S. 761) gerade im Kontext Naturwissenschaften starken Einfluss auf ihr Lern- und Leistungsverhalten nimmt (Pawek, 2009, S. 47). Um die Schüler\_innen zu eigenen Relevanzsetzungen anzuregen, sollte der Eindruck vermieden werden, dass es sich um eine schulische Leistungs- oder Prüfungssituation handelt. Der Einsatz von Zeichnungen bietet diese Möglichkeit: „The use of drawings can also be beneficial for students with low self-esteem in science, who might frame writing assignments as tests of their science content knowledge“ (Henke & Höttecke, 2013c, S. 330).

Diese Vielzahl von Argumenten spricht für den Einsatz von Schülerzeichnungen, um den Sinnbildungsprozess zu initiieren. Bei der Entwicklung einer geeigneten Aufgabenstellung sind jedoch auch die genannten Nachteile und Probleme zu berücksichtigen und die Art der angestrebten Zeichnung festzulegen.

### 3.3.2. Typisierung verschiedener Arten von Zeichnungen

Im Zuge der Konzeption einer einheitlichen Bildtheorie beschreibt Sachs-Hombach (2003) drei grundsätzliche Arten von Bildern, die sich im jeweiligen Bildinhalt und Bildbezug unterscheiden (Sachs-Hombach, 2003, S. 191). Dabei meint der Bildbezug die Verbindung zwischen Realität und Bild. Die erste Gruppe, die der *darstellenden Bilder*, zeichnet sich durch einen direkten Bildbezug aus. Eigenschaften des realen Gegenstandes entsprechen jenen im Bild. Bei der zweiten Gruppe, die der *Strukturbilder*, wird dieser Bezug lediglich im Hinblick auf Eigenschaften oder Strukturen hergestellt. Eigenschaftsrelationen, auch solche, die im Realen nicht visuell erfassbar sind, werden im Strukturbild dargestellt (Sachs-Hombach, 2003, S. 191). Beispiele für Strukturbilder sind Landkarten, Pläne, Graphen oder Diagramme (ebd., S. 201f). In der dritten Gruppe von Bildern werden solche zusammengefasst, die selbst bildhafte Darstellungsformen thematisieren. Es handelt sich also um ungegenständliche Bilder, die vorrangig der modernen Kunst zugeordnet werden (ebd., S. 208). Diese werden als *reflexive Bilder* bezeichnet. Diese dritte Gruppe ist für die vorliegende Arbeit nicht relevant, da keine Reflexion künstlerischer Darstellungen durch eine Zeichnung angestrebt wird.

Eine ähnliche Einteilung stellen Henke und Höttecke (2013c, S. 332) vor. Sie unterscheiden in Anlehnung an Kaufmann (1980) und Leisen (1998) ebenfalls grundsätzlich drei Arten

von Zeichnungen. Dabei ähneln die ersten beiden Kategorien den *darstellenden Bildern* und *Strukturbildern*:

- realistische Zeichnungen,
- symbolische Zeichnungen sowie
- metaphorische Zeichnungen.

Realistische Zeichnungen meinen dabei Abbildungen realer Gegenstände, Situationen oder Beziehungen (Henke & Höttecke, 2013c, S. 332). Symbolische Zeichnungen hingegen zeichnen sich durch die symbolhafte Darstellung von Zusammenhängen aus. Beispiele wären Diagramme, Modelle oder die semantische Darstellung von Zusammenhängen in Form von Wortnetzen o.ä. (Leisen, 1998). Metaphorische Zeichnungen weisen Bildelementen eine Bedeutung auf einer weiteren Ebene zu. Dabei stehen Elemente oder Zusammenhänge zwischen diesen, stellvertretend für andere in einem anderen Kontext (Beck, 1978, S. 83). Die Unterscheidung von Henke und Höttecke (2013c) legt den Fokus weniger auf den Bildinhalt, sondern auf die Art der Darstellung. Dabei sind die dargestellten Relationen in Strukturbildern bzw. symbolischen Darstellungen in der Darstellung explizit genannt (Legenden, Achsenbezeichnungen an Diagrammen) oder gelten als so etabliert, dass sie nur implizit deutlich werden (Sachs-Hombach, 2003, S. 207). Die Bedeutung der Elemente metaphorischer Bilder kann durch den Betrachter nicht notwendigerweise entschlüsselt werden. Da in metaphorischen Zeichnungen, im Gegensatz zu reflexiven Bildern, grundsätzlich eine Beschäftigung mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften möglich ist, wird die von Henke und Höttecke (2013c) vorgeschlagene Einteilung für die weiteren Überlegungen aufgegriffen.

Sowohl realistische, als auch symbolische und metaphorische Zeichnungen kamen bereits bei Erhebungen im pädagogischen oder psychologischen Bereich zum Einsatz. Als Beispiel für den Einsatz realistischer Zeichnungen kann der bereits in Kapitel 3.1.3 erwähnte Draw-a-Scientist-Test angeführt werden. Symbolische Zeichnungen kamen beispielsweise zum Einsatz, um Schülervorstellungen zu Gasen zu erheben (Benson, Wittrock & Baur, 1993). Dabei erhielten Schüler\_innen den Auftrag, symbolisch Luft unter dem Druck, der 1 und 0,5 Atmosphären entspricht, darzustellen. Auch Schanze (2014) beschreibt, wie mit Hilfe symbolischer Zeichnungen beispielsweise von Reaktionsgleichungen auf Atom- oder Molekülebene Vorstellungen der Schüler\_innen identifiziert und Schülerzeichnungen im Unterricht produktiv eingesetzt werden können. Metaphorische Zeichnungen wurden beispielsweise beim Draw-a-bridge-Test eingesetzt (Hays, 1981). Der in der Psychotherapie eingesetzte Test nutzt die metaphorische Zeichnung einer Brücke, die für einen eigenen Entwicklungsprozess steht. Es wird davon ausgegangen, dass „[images] people draw reflect or project statements or attributes about themselves“ (Hays, 1981, S. 213).

Für den Einsatz in der vorliegenden Arbeit scheidet die Erstellung realistischer Zeichnungen aus, da die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften einen abstrakten Inhalt darstellt. Vielmehr werden Naturwissenschaften und ihre Praktiken durch Menschen konstruiert (vgl. Kapitel 2.1.2.2). Denkbar ist hingegen der Einsatz symbolischer oder meta-

phorischer Zeichnungen. Mittels symbolischer Zeichnungen ist eine Übersetzung von Zusammenhängen in Symbolsysteme erforderlich. Bei metaphorischen Zeichnungen wird gewählten Elementen eine metaphorische Bedeutung zugewiesen. Beide Arten sind durch die notwendige Übersetzungsarbeit ähnlich anspruchsvoll. Metaphorische Zeichnungen bieten gegenüber symbolischen jedoch zwei Vorteile: Zum einen könnten symbolische Darstellungen wie Diagramme oder Modelle stärker mit dem schulischen Kontext in Verbindung gebracht werden und so an eine Prüfungs- oder Leistungssituation erinnern, zum anderen sind metaphorische Zeichnungen vielfältiger ausgestaltbar und weniger an Normen und idealtypische Darstellungen gebunden. Da die Schüler\_innen eigene Schwerpunktlegungen vornehmen sollen, erscheint ein Fokus auf symbolische Darstellungen eher hinderlich.

### 3.3.3. Metaphorische Zeichnungen

Nach der Argumentation der vorangegangenen Kapitel 3.3.1 und 3.3.2 erscheint für das Erkenntnisinteresse dieser Arbeit der Einsatz metaphorischer Zeichnungen als am geeignetsten. Daher befasst sich dieses Kapitel mit Metapherntheorien sowie weiteren Vorteilen und möglichen Problemen bei der Erhebung der Schülerperspektive mittels metaphorischer Zeichnungen. Darüber hinaus findet eine Analyse statt, welche Metaphern in der deutschen Sprache für zeitliche Entwicklungen Verwendung finden.

#### 3.3.3.1. Metapherntheoretische Überlegungen

Metaphern sind als rhetorische Figuren der Sprache zu verstehen (Plett, 2000, S. 40). Sie gehören neben Ironie, Metonymie und Synekdoche zur rhetorischen Kategorie der Tropen, also zu Wortgruppen, die im übertragenden Sinne verwendet werden und damit im Gegensatz zum eigentlichen Sprechen zum uneigentlichen Sprechen gehören (Strub, 2004, S. 13ff). „Eigentlich ist ein Sprechen, das wahrheitsfähig ist, d.h. von einer Form her etwas Wahres oder Falsches über die Welt sagen kann“ (Strub, 2004, S. 7). Tropisches Sprechen ist jedoch grundsätzlich nicht wahrheitsfähig, da es unzulässige Kategorisierungen vornimmt. Zur Entschlüsselung der Bedeutung dieses uneigentlichen Sprechens ist es notwendig, die Metapher mit dem eigentlichen Sprechen in Verbindung zu bringen (Strub, 2004). Eben dieser Zusammenhang zur Entschlüsselung der Bedeutung einer Metapher wird in verschiedenen Metapherntheorien unterschiedlich konzipiert. So hebt auch Rolf (2005) hervor, dass keine einheitliche Metapherntheorie existiert. Vielmehr werden vorrangig seit dem 2. Weltkrieg verschiedene Theorien diskutiert (Rolf, 2005, S. 1). Die folgend dargestellten Überlegungen zu Metaphern beziehen sich sowohl auf sprachliche, als auch auf visuelle Metaphern. Dabei sind visuelle Metaphern solche, die sich in Bildern zeigen (Gansen, 2010, S. 465). Vor der Diskussion visueller Metaphern werden zwei grundsätzliche Metapherntheorien vorgestellt: Die Interaktionstheorie nach Black (1983a) und die Konzeptualisierungstheorie nach Lakoff und Johnson (1980).

#### Interaktionstheorie

Die Interaktionstheorie wird maßgeblich mit Max Black in Verbindung gebracht und lenkt den Blick auf das metaphorische Denken (Gansen, 2010, S. 29). Als Vordenker kann Ivor A. Richards angesehen werden, der bereits 1936 hervorhob: „*Denken* ist metaphorisch und verfährt vergleichend; daraus leiten sich die Metaphern der Sprache her“ (Richards, 1983, S. 35 Hervorhebung im Original). Metaphern werden damit nicht mehr als rein rhetorisches Mittel des Vergleiches verstanden, wobei das eigentliche Ausdruckswort durch ein anderes substituiert wird (Substitutionstheorie nach Aristoteles) (Kurz, 1997, S. 7). Die Metapher wird als Erkenntnisinstrument und als ein Modell des Denkens konzipiert (Gansen, 2010, S. 49). Dabei stellt Black die Bedeutung des Kontextes bzw. des Rahmens, in dem die Metapher gebraucht wird, in den Vordergrund (Black, 1983a, S. 57). Er bezeichnet das metaphorisch gebrauchte Wort einer metaphorischen Aussage als *focus*, den Rest der Aussage als *frame* (Black, 1983a, S. 58). Um es an einem Beispiel zu verdeutlichen: In dem metaphorischen Satz „Der Vorsitzende pflügte durch die Diskussion“ stellt der Begriff „pflügte“ den *focus* und der Rest den *frame* dar (Black, 1983a, S. 57f). Erst in diesem Rahmen wird das Wort „pflügte“ zu einer Metapher, während es in einem anderen Rahmen (bspw. „Der Bauer pflügte das Feld“) gerade keine wäre. Rahmen und Fokus interagieren miteinander und bringen so eine Metapher hervor. Durch diese Interaktion wird die reine Wortbedeutung des Begriffs „pflügen“ übertragen. Der Hörer/Leser einer Metapher muss zu ihrem Verständnis also zwei verschiedene Kontexte zusammenbringen (Gansen, 2010, S. 51). Metaphern stellen eine Art Filter dar, welcher die Aufmerksamkeit des Hörers/Lesers auf einen bestimmten Aspekt fokussiert und damit andere aus dem Blick geraten lässt (ebd., S. 52).

Die Metapher stellt durch die Interaktion zwischen Fokus und Rahmen neue Zusammenhänge her und verlangt damit vom Hörer/Leser eine neue Art zu denken. Dabei brauchen wir diese Art des Denkens, „weil metaphorisches Denken und Sprechen manchmal Erkenntnisse verkörpern, die auf keine andere Art auszudrücken wären“ (Black, 1983b, S. 401). Auf der anderen Seite wirkt eine Metapher auch als kognitives Instrument, das notwendig dafür ist, bestimmte Beziehungen überhaupt wahrnehmen zu können. Metaphorischer Sprache wird damit eine zentrale Funktion bei der Wahrnehmung und Formulierung neuer Erkenntnisse eingeräumt (Gansen, 2010, S. 54).

Auch Fernandez (1974) beschäftigte sich allgemein mit metaphorischem Denken und spezifiziert die in Kapitel 3.3.1 genannte Tatsache, dass menschliches Denken bildhaft strukturiert ist. Er beschreibt sieben Funktionen, die Metaphern im Zuge menschlichen Denkens übernehmen (Fernandez, 1974, S. 120-132), welche von Beck (1978, S. 84, übersetzt von JK) zu fünf Funktionen zusammengefasst werden:

- Metaphern ermöglichen es, undefinierten Dingen ein konkretes Bild zu geben.
- Metaphern ermöglichen den Bezug zu Emotionen oder Erfahrungen.
- Metaphern ermöglichen das Überbrücken logischer Lücken.
- Metaphern ermöglichen die Einordnung eines Teils in einen größeren Kontext.

- Metaphern helfen dabei, nonverbale Phänomene zu verdeutlichen.

Metaphern ermöglichen also einerseits erst ein Nachdenken über bestimmte Dinge (kognitive Funktion von Metaphern) (Goschler, 2012, S. 3) und helfen andererseits dabei, Erfahrungen und Emotionen auszudrücken (expressive Funktion von Metaphern).

### **Konzeptualisierungstheorie/ kognitive Metaphertheorie**

Lakoff und Johnson (1980) gehen mit ihrer kognitiven Metaphertheorie noch weiter und sehen Metaphern als unentbehrlich für die Orientierung in der Lebenswelt an (Gansen, 2010, S. 85). Die Autoren versuchen mit ihrer Theorie starker Funktionen und Leistungen von Metaphern für das menschliche Leben zu beschreiben. Sie zeigen, dass sowohl unsere Sprache, als auch unser Denken und Handeln metaphorisch strukturiert sind: „We have found [...] that metaphor is pervasive in everyday life, not just in language but in thought and action“ (Lakoff & Johnson, 1980, S. 3). Die Autoren gehen davon aus, dass unsere metaphorische Sprache auf Erfahrungen zurückgeht und bei sogenannten Primärmetaphern (Lakoff & Johnson, 1999, S. 49) vor allem frühkindliche, sensomotorische Erfahrungen relevant sind. So geht der Begriff des „Begreifens“ auf das Erlernen und Verstehen im Säuglingsalter durch das Betasten, Manipulieren oder eben Be-Greifen von Gegenständen zurück (Lakoff & Johnson, 1999, S. 54). Erfahrungen werden in sogenannten *metaphorischen Konzepten* bewältigt und sprachlich greifbar gemacht (Gansen, 2010, S. 35). Daher wird diese Theorie als Konzeptualisierungstheorie bezeichnet. Dabei sind die Erfahrungen immer in einem kulturellen, sozialen Kontext eingebunden und werden entsprechend auch durch diesen beeinflusst (Lakoff & Johnson, 1998, S. 71). Mit der Zeit baut sich, abhängig von diesen kulturell geprägten Erfahrungen, ein metaphorisches Konzeptsystem auf, welches unbewusst auch unser Denken und Handeln beeinflusst: „Doch unser Konzeptsystem ist kein Gebilde, dessen wir uns im Normalfall bewußt sind“ (Lakoff & Johnson, 1998, S. 11).

Durch die Analyse der Nutzung sprachlicher Metaphern arbeiteten Lakoff und Johnson (1980) typische *metaphorische Konzepte* heraus. Ein solches Konzept umfasst mehrere Metaphern. Ein Beispiel für ein metaphorisches Konzept ist *Geld ist Wasser*, welches sprachlich beispielsweise durch Ausdrücke wie „Geld fließt“, „Geldregen“, „den Geldhahn zudrehen“ oder „Er ist nicht flüssig/liquide“ deutlich wird (Moser, 2001, S. 43). Konzipieren wir Geld als Wasser, legt dieses metaphorische Konzept fest, was alles mit Geld gemacht werden kann (fließen lassen, einfrieren), woher es kommt (Quelle) und wie es sich verhält (es kann kanalisiert werden). Dieses Konzept zeigt auch, dass Geld bzw. Geldkreisläufe (unbewusst) als etwas Natürliches angesehen werden, die entsprechenden (Natur-)Gesetzen unterliegen (Moser, 2001, S. 45). An diesen Beispielen wird die charakteristische Eigenschaft einer Metapher in der Konzeptualisierungstheorie deutlich:

„Das Wesen der Metapher besteht darin, da[ss] wir durch sie eine Sache oder einen Vorgang in Begriffen einer anderen Sache bzw. eines anderen Vorgangs verstehen und erfahren können.“ (Lakoff & Johnson, 1998, S. 13)

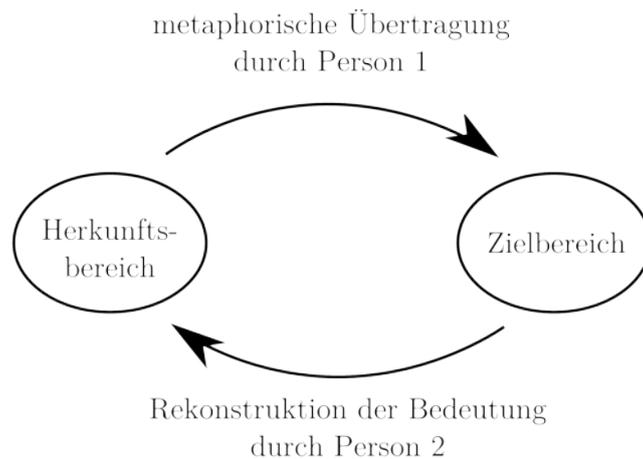


Abbildung 3.4.: Vorgang der metaphorischen Übertragung zwischen Herkunfts- und Zielbereich sowie Rekonstruktion der Bedeutung in Anlehnung an Henke und Höttecke (2013c, S. 335).

Metaphern übernehmen eine unerlässliche Funktion für das menschliche Denken und Handeln. Mit Hilfe einer Metapher wird die Bedeutung von Zusammenhängen im *Herkunfts-bereich* auf Zusammenhänge im *Zielbereich* projiziert (Goschler, 2012). Der Herkunfts-bereich im obigen Beispiel wäre der Kontext *Wasser* und der Zielbereich der Kontext *Geld* (vgl. Abbildung 3.4).

Dabei kann es verschiedene Herkunftsbereiche für den gleichen Zielbereich geben. So kann Geld neben dem Herkunftsbereich „Wasser“ auch durch den Herkunftsbereich „Medizin“ metaphorisiert werden, indem man beispielsweise von *Geldspritzen* spricht.

Ähnlich wie bei der Interaktionstheorie focus und frame, werden auch in der Konzeptualisierungstheorie zwei Bereiche, hier Herkunfts- und Zielbereich der Metapher, in Verbindung gebracht. Im Beispiel des durch die Diskussion pflügenden Vorsitzenden stellt der Kontext Landwirtschaft den Herkunfts- und die Art der Diskussionsleitung den Zielbereich der Metapher dar. Lakoff und Johnson nach stehen jedoch weniger einzelne Worte, sondern ganze metaphorische Konzepte im Vordergrund, die als kollektiv geteilt zu verstehen sind. Die Autoren versuchen stärker als die Vertreter der Interaktionstheorie eine Systematisierung mehrerer Metaphern zu metaphorischen Konzepten.

Im Zuge dieser Systematisierung beschreiben Lakoff und Johnson (1998) unter anderem verschiedene Arten von Metaphern, die sich in der Art des Herkunftsbereichs unterscheiden:

- Strukturmetaphern (z. B. Zeit ist ein bewegliches Objekt: *Zeit zieht an uns vorüber*)
- Orientierungsmetaphern (z. B. niedriger Status ist unten: dein Ansehen *sinkt*)
- Ontologische Metaphern (z. B. der Geist ist eine Maschine: er konnte seine Gedanken nicht *abstellen*).

Strukturmetaphern beziehen sich im Herkunftsbereich auf konkrete Objekte oder Tätigkeiten. Orientierungsmetaphern hingegen beziehen sich auf räumliche Komponenten, wie oben – unten, hinten – vorne, innen – außen. Ontologische Metaphern beziehen sich auf Entitäten und Materie, können aber auch Personifikationen einschließen (z. B. *das Leben hat mich betrogen*) (Lakoff & Johnson, 1998, S. 54ff). All diese Metaphern gehen auf konkrete Erfahrungen zurück und sind kulturspezifisch (Lakoff & Johnson, 1998). Die genannten Beispiele gelten für die westlich geprägten Kulturen und können nicht ohne Weiteres auf andere übertragen werden<sup>5</sup>. Aufgrund dieser kulturellen Konventionalisierung werden viele Metaphern kaum noch als solche wahrgenommen (Günther-Arndt, 2005, S. 45). Sie sind für uns Menschen ein selbstverständliches Mittel der Verständigung (Goschler, 2012, S. 3).

Metaphern übernehmen die wichtige Funktion, uns zu abstrakten Konzepten, die in unserer Erfahrung unkonkret bleiben (Emotionen, Ideen, Zeit usw.), mittels anderer Konzepte (Raumorientierungen, konkrete Objekte) einen Zugang zu verschaffen (Lakoff & Johnson, 1998, S. 135). „[W]e typically conceptualize the nonphysical *in terms* of the physical“ (Lakoff & Johnson, 1980, S. 59 Hervorhebungen im Original). Gebhard (2015b, S. 109) hebt hervor: „Unser Bezug zur Welt ebenso wie unsere Möglichkeit von Erkenntnis von Welt wird durch Metaphern ermöglicht und zugleich prinzipiell begrenzt“.

Interaktions- und Konzeptualisierungstheorie heben die Bedeutung von Metaphern für das menschliche Denken hervor, wobei Lakoff und Johnson Metaphern als einen selbstverständlichen und internalisierten Teil menschlichen Denkens konzipieren, während in der Interaktionstheorie Metaphern stärker als ein einzusetzendes Erkenntnisinstrument verstanden werden. In beiden Theorien wird neben dieser kognitiven Funktion auch eine expressive Funktion von Metaphern diskutiert: Metaphern ermöglichen teilweise erst das Sprechen über ein bestimmtes Thema, weil sie abstrakte Aspekte greifbar machen. Die im Sprechen vollzogene Bedeutungsübertragung muss im Kommunikationsprozess von einer zweiten Person rekonstruiert werden (vgl. Abbildung 3.4). Im Hinblick auf die empirische Erhebung der vorliegenden Studie ist der Kerngedanke beider Theorien relevant und bestärkt, dass auch das Denken der Schüler\_innen metaphorisch strukturiert ist und durch Metaphern gerade das Nachdenken und Sprechen über abstrakte Themen wie die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften ermöglicht wird.

### Visuelle Metaphern

In der Kunsttheorie hat der Begriff der Metapher bisher nicht systematisch Einzug gehalten (Rimmele, 2011, S. 3).

„Metapher‘ kann demzufolge nur ein aus systematischen Gründen gewählter, kein auf eine historische Bildtheorie zurückführbarer Begriff in der Beschreibung und Analyse von (figurativen) Bildern sein.“ (Rimmele, 2011, S. 3)

---

<sup>5</sup>Beispielhaft werden Unterschiede der Metaphorisierung von Zeit in der englischen Sprache und Mandarin in Kapitel 3.3.3.3 dargestellt.

Solch systematische Gründe liegen in dieser Arbeit vor, da der Einsatz metaphorischer Zeichnungen im Hinblick auf das Erkenntnisinteresse sinnvoll erscheint. Es kann für die Konzeption und Beschreibung visueller Metaphern also nicht wie zuvor auf bestimmte Metapherntheorien zurückgegriffen werden. Dennoch gibt es einige Überlegungen zu Eigenschaften visueller Metaphern. So gibt es verschiedene Niveaus, auf die sich der Metaphernbegriff beziehen kann. Es können ganze Bilder eine Metapher darstellen, in Bildern können sprachliche Metaphern visualisiert werden oder aber einzelnen Elementen der Mikroebene (Farbwahl, Positionen, Relationen) werden metaphorische Bedeutungen zugeschrieben (Rimmele, 2011, S. 16). Diese Verschiedenartigkeit stellt den größten Unterschied zu sprachlichen Metaphern dar.

In anderen Charakteristiken stimmen sprachliche und visuelle Metaphern weitgehend überein. Auch bei visuellen Metaphern werden verschiedene Gegenstandsbereiche miteinander verknüpft und der Betrachter muss die metaphorische Bedeutung rekonstruieren (Gansen, 2010, S. 465). Metaphern suggerieren Ähnlichkeiten zwischen zwei verschiedenen Dingen (Rimmele, 2011, S. 4). Dazu nutzen visuelle Darstellungen andere Mittel als die Sprache: „Bildliche Darstellung hat eine Reihe von Möglichkeiten der Zuordnung von Verschiedenem zueinander, der Überbrückung von räumlicher Distanz durch Ähnlichkeit von Form, Farbe usw.“ (Rimmele, 2011, S. 4). Dabei ist die Bedeutungsübertragung jedoch weniger gesellschaftlich geteilt und direkt verständlich als bei sprachlichen Metaphern. Die Zuweisung von Bedeutung und das Ersetzen von Elementen durch andere ist individueller und subjektiver (ebd., S. 5). Wird bei visuellen Metaphern nur das reine Bild ohne Hintergrundinformationen betrachtet, ist eine Rekonstruktion der Bedeutung nicht möglich. Es würde gänzlich der Kontext (frame bzw. Zielbereich in den Begrifflichkeiten der beiden dargestellten Theorien) fehlen, der ausdrückt, wofür das Bild eine Metapher ist. Für eine valide Interpretation der Darstellung ist es daher notwendig, dass die erstellende Person ihre subjektive Bedeutungsübertragung erläutert. Bei sprachlichen Metaphern ist eine Rekonstruktion der Bedeutungsübertragung notwendig, um überhaupt den Sinn der Aussage zu verstehen, geschieht jedoch aufgrund der Internalisierung und Selbstverständlichkeit sprachlicher Metaphern selten bewusst. Visuelle Metaphern hingegen können problemlos ignoriert werden und in der Darstellung dennoch ein Sinn ausgemacht werden. Visuelle Metaphern drängen sich nicht so auf wie sprachliche (Rimmele, 2011, S. 6). Dabei gilt genauso wie bei sprachlichen Metaphern, dass „[m]etaphorische Übertragungen [...] immer Verlustgeschäfte zugunsten einer erhellenden Fokusverengung [sind]“ (Rimmele, 2011, S. 5).

Diese Fokusverengung nutzen beispielsweise die Medien und Werbung, koppeln diese zum besseren Verständnis jedoch zumeist mit Sprache (Gansen, 2010, S. 468). So wird die in Abbildung 3.5 dargestellte visuelle Metapher erst durch den Text „Die nächste kommt bestimmt“ und durch den Kontext als Plakatwerbung auf U-Bahn-Stationen umfassend verständlich. Die Kopplung von Bild und Text sowie Kontext gibt der Darstellung eine zweite Bedeutungsebene. Die serielle Positionierung von mehreren Zigaretten wird in diesem Kontext zu einer Schiene oder zur Reihung der Fenster eines U-Bahn-Zuges. Der Text



Abbildung 3.5.: Beispiel der Kopplung von visueller Metapher und Text auf einem Plakat für Zigarettenwerbung, wie sie im Jahr 2014 auf einer Hamburger U-Bahn-Station zum Einsatz kam.

wird dadurch doppeldeutig und bezieht sich mit „Die“ sowohl auf die nächste Bahn, die kommen wird, als auch auf die nächste Zigarette.

Die Bedeutung visueller Metaphern für den Prozess der Weltaneignung stellt Gansen (2010) heraus: „[S]ymbolische Ausdrucksformen und Metaphern [können] Verstehensprozesse erschweren und behindern, aber auch in besonderer Weise initiieren und fördern“ (Gansen, 2010, S. 462). Dabei bezieht er sich explizit auf visuelle Metaphern.

### 3.3.3.2. Vor- und Nachteile metaphorischer Zeichnungen als Erhebungsinstrument

#### Vorteile

Die Überlegungen der Metaphertheorien verweisen auf weitere Vorteile im Hinblick auf den Einsatz von Zeichnungen zur Analyse der Sinnbildungsprozesse von Schüler\_innen. Da jegliches Denken und die Kommunikation metaphorisch strukturiert sind, greift eine Datenerhebung mittels metaphorischer Zeichnungen eine, den Schüler\_innen bekannte Art des Denkens auf. Durch die Rezeption und Produktion von Metaphern kann sich metaphorisches Denken entfalten (Gansen, 2010, S. 84). Dabei haben nicht nur sprachliche, sondern auch visuelle Metaphern in unserer stark medial geprägten Welt, auch für Kinder und Jugendliche, eine große Bedeutung und sind selbstverständlicher Bestandteil der Alltagskommunikation (ebd., S. 460ff). Metaphern können „aufgrund ihrer Bildhaftigkeit die Vorstellungen der Schüler aktivieren und dadurch zur Veranschaulichung von abstrakten oder nicht repräsentierbaren Sachverhalten beitragen“ (Herzog, 1983, S. 314). Mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften steht gerade ein solch abstraktes

Thema im Fokus. Wie beschrieben helfen Metaphern dabei, sich einem solchen Inhalt vermittelt über einen wohl bekannten Kontext zu nähern und über ihn sprechen zu können. Moser (2001, S. 45) fasst zusammen, „dass die Verwendung von Metaphern die Anschaulichkeit eines Problems oder Sachverhalts und damit auch seine Kommunizierbarkeit und Transferierbarkeit wesentlich erhöhen kann“. In diesem Sinne sind Metaphern besonders geeignet, das Thema der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften der Kommunikation, im sich anschließenden Interview bzw. dem Prozess des lauten Denkens zugänglich zu machen.

Moser (2000, Abs. 12) verweist darauf, dass mittels Metaphern auch implizites Wissen, dessen sich die Person nicht bewusst ist, operationalisiert werden kann: „Metaphors are a linguistic manifestation of tacit knowledge“. Die Autorin beschreibt den methodischen Ansatz eines Metaphernworkshops, in dem mittels der Analyse genutzter Metaphern implizite Wissensbestände der Teilnehmer\_innen der Reflexion zugänglich wurden (Moser, 2001). Metaphern bilden „unterschiedliche implizite Perspektiven auf denselben Gegenstand und implizites Wissen über diesen Gegenstand ab“ (Moser, 2001, S. 41). Auch Ortony (1975) betont, dass Metaphern die Möglichkeit bieten, die Grenzen der verbalen Sprache zu überschreiten: „[T]he function of metaphor is to express succinctly what can only be said circuitously if, indeed, it can be said at all“ (Ortony, 1975, S. 50). So können durch den Einsatz von Metaphern also auch die den Schüler\_innen unbewussten Anteile der Schülerperspektive aufgegriffen und überhaupt erst ausdrückbar gemacht werden.

Darüber hinaus stellt vor allem Gebhard die Bedeutung von Symbolen und Metaphern für den Prozess der Sinnbildung heraus: „Durch Metaphern kann einer ansonsten unbegreiflichen Welt Sinn verliehen werden“ (Gebhard, 2015b, S. 109). Mit Hilfe von Sprache, die wie gezeigt durch und durch metaphorisch ist, organisieren Menschen Wissen und Bedeutung (Günther-Arndt, 2005, S. 47). Damit ist auch die Zuweisung von Bedeutung, also das Bilden von Sinn, durch metaphorische Konzepte beeinflusst. Entsprechend kann die Vorgabe einer metaphorischen Beschäftigung mit einem Thema den Sinnbildungsprozess initiieren, andersherum aber auch Einfluss auf diesen nehmen. Dabei bietet der Bezug zu bekannten metaphorischen Konzepten die Möglichkeit zur Orientierung sowie Komplexitätsreduktion und kann damit den Schüler\_innen Sicherheit im Umgang mit dem Thema bieten (Günther-Arndt, 2005, S. 48ff). Es wird davon ausgegangen, dass Metaphern Sinn stiften (Gansen, 2010, S. 34; Gebhard, 2015b, S. 109).

Auf Grundlage dieser Überlegungen erscheint der Einsatz metaphorischer Zeichnungen für die Initiierung der Sinnbildungsprozesse der Schüler\_innen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften geeignet. Es müssen aber auch Nachteile und mögliche Probleme in den Blick genommen werden.

#### **Nachteile**

Die Produktion von Metaphern, das Denken in Metaphern oder der Umgang mit Metaphern ist aufgrund der Abstraktion und der Notwendigkeit zur Übertragung von Be-

deutungen anspruchsvoll. So zeigen Erhebungen verschiedenster Bereiche, dass Grundschul Kinder noch nicht in der Lage sind, Metaphern kontextsinnvoll einzusetzen und ihre Bedeutung zu rekonstruieren (Gansen, 2010, S. 234ff). Als zentrales Ergebnis ihrer Forschung zur Produktion von Metaphern und dem metaphorischen Denken von Kindern und Jugendlichen zwischen drei und 19 Jahren stellt Bertau (1996, S. 254) fest, dass 10-jährige Kinder Metaphern grundsätzlich verstehen können, ihnen aber noch die Fähigkeit fehlt, ihre Interpretationen erklären zu können. Erst älteren Kindern und Jugendlichen gelingt dies. In einer Zusammenschau sieben verschiedener empirischer Studien kommt Fehse (1998) zu dem Schluss, dass

„der Metaphernerwerb parallel zur kognitiven Entwicklung des Kindes verläuft, an die er unmittelbar gebunden ist. Er scheint mit einer verstärkten Konzentration auf die Metaphern p r o d u k t i o n im symbolischen vorbegrifflichen Stadium zu beginnen und über ein gesteigertes Interesse am vollständigen Metaphern v e r s t ä n d n i s auf der Stufe des formalen Denkens sein Ziel zu erreichen.“ (Fehse, 1998, S. 45 Hervorhebung im Original)

Die Fähigkeit zum Umgang mit Metaphern ist also erst nach dem Grundschulalter so ausgeprägt, dass Schüler\_innen metaphorische Bedeutungen erklären können. Damit ist die Entwicklung der metaphorischen Fähigkeiten genau gegenläufig zur Motivation zu zeichnen, welche bis zum Alter von neun Jahren zunimmt und spätestens in der Zeit der Pubertät deutlich abnimmt (vgl. Kapitel 3.3.1). Es ergibt sich das erhebliche Problem, dass Schüler\_innen zur Zeit großer Zeichenmotivation noch nicht ausreichende Fähigkeiten zur Metaphorisierung besitzen und andersherum ab dem Alter ausgeprägter Fähigkeit mit Metaphern umzugehen, weniger motiviert sind zu zeichnen.

Metaphorische Zeichnungen vereinen in sich die Anforderung der Metaphorisierung und der zeichnerischen Umsetzung und sind damit im doppelten Sinne anspruchsvoll. Dabei müssen die Schüler\_innen in einem ersten Schritt einen geeigneten Herkunftsbereich für den vorgegebenen Zielbereich (in diesem Fall die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften) auswählen und diesen zeichnerisch umsetzen. Die Vielzahl an möglichen Herkunftsbereichen erhöht die Komplexität der Aufgabe weiter. Darüber hinaus besteht die Gefahr, dass Schüler\_innen einen zeichnerisch sehr anspruchsvollen Herkunftsbereich wählen und in der Umsetzung an ihren zeichnerischen Fähigkeiten scheitern. Es wäre daher zu prüfen, ob Möglichkeiten der Komplexitätsreduktion der Aufgabenstellung möglich sind, die dennoch nicht dem Erkenntnisinteresse der Arbeit im Wege stehen.

### **3.3.3.3. Metaphorische Herkunftsbereiche für die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften**

Für die Datenerhebung wird der Einsatz metaphorischer Zeichnungen angestrebt, es ist jedoch noch nicht geklärt, mit Hilfe welcher Herkunftsbereiche der Metapher die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften dargestellt werden könnte. Dazu findet nun eine Analyse, der in unserer Gesellschaft etablierten metaphorischen Konzepte für *Zeit*, *Ent-*

*wicklung* und *Geschichte* statt, da eben diese im Kontext der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften metaphorisch darzustellen sind.

**Zeit** wird in unserer Gesellschaft durch ganz verschiedene metaphorische Konzepte gefasst:

- *Zeit ist ein bewegliches Objekt*: „die Zeit rennt“, „die Zeit steht still“, „der Lauf der Zeit“ oder „deine Zeit ist gekommen“ (Lakoff & Johnson, 1999, S. 52).
- *Zeit ist ein natürliches Objekt*: „Zeitfluss“, „Zeithorizont“ oder „die Zeit kriecht“.
- *Zeit ist ein Raum*: „Im Augenblick“, „in der kommenden Woche“ oder Komposita, wie „Zeitabschnitt“ und „Zeitraum“, „[...] zeigen ebenfalls deutlich, inwiefern zumindest die Begriffe, mit denen wir über Zeit reden, mit den Begriffen übereinstimmen, die wir auch benutzen, wenn wir über Raum reden“ (Goschler, 2012, S. 3-4). Über Zeit wird in der deutschen Sprache außerdem oft mittels räumlicher Ausdrücke gesprochen (Boroditsky, 2000; Hamdi, 2010).
- *Die Zeit ist ein menschliches Gegenüber*: „Zeit heilt alle Wunden“, „das Zeitliche segnen“, „Zeit totschiagen“ oder „mit der Zeit gehen“.
- *Zeit ist teilbar*: „deine große Stunde“, „halbe Stunde“, „der größte Teil der Zeit“.
- *Zeit ist ein begrenztes, kostbares Gut*: „die Zeit wird knapp“, „Zeit sparen“, „Zeit ist Geld“, „Zeit investieren“.

**Entwicklungen** werden ausgedrückt durch metaphorische Konzepte wie:

- *Entwicklungen sind Bewegungen*: „Rückschritte machen“, „sich im Kreis drehen“ oder „vorankommen“, ebenso kann man etwas „in Gang setzen“ (Lakoff & Johnson, 1999, S. 52).
- *Entwicklungen sind Wege*: „neben der Spur sein“, „sich in eine Richtung entwickeln“, „einen anderen Weg einschlagen“, „etwas in die Wege leiten“.
- *Entwicklung ist Wachstum*: „man wächst mit seinen Aufgaben“, „es gibt Wachstumsschritte“, „man erreicht die nächste Stufe“ oder „wächst über sich hinaus“.

Darüber hinaus beschreibt Demandt (1978) verschiedene metaphorische Konzepte mit Hilfe derer über Geschichte oder geschichtliche Ereignisse gesprochen wird. Da mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften auch ein Teil der Geschichte angesprochen wird, werden auch diese metaphorischen Konzepte betrachtet.

**Geschichte** oder geschichtliche Ereignisse werden vielfach ausgedrückt durch:

- *Geschichte ist Fortbewegung*: „nach Ablauf der Zeit“, „der Lauf der Dinge“, „der Anführer lenkt die Gruppe direkt ins Verderben“, „das Ruder wurde herumgerissen, sodass man wieder auf Kurs ist“, „Zick-Zack-Kurs der Regierung“, „wir haben Vorfahren oder Vorgänger“ (Demandt, 1978, S. 168ff).
- *Geschichte als Weg*: „Gottes Wege sind unergründlich“, „dies ist ein gangbarer Weg“, „auf dem Weg zur Herrschaft über Europa“, „Meilensteine“, „die Entwicklungen

machen Fortschritte in die richtige Richtung“, „Geschichte ist ein Labyrinth“, „es gibt Gipfeltreffen und Engpässe“ (Demandt, 1978, S. 207ff).

- *Geschichte ist eine Pflanze*: „Entwicklungen müssen im Keim erstickt werden“, „Entscheidungen können Früchte tragen“, „ein Imperium kann wachsen, aufblühen oder welken“, „die Wurzel des Übels“ (Demandt, 1978, S. 101ff).
- *Geschichte ist ein Gewässer*: „Der Fluss aller Dinge ist unaufhaltsam“, „der Strom des Vergessens“, „die Flut der Barbaren“, „Herrscher haben großen Einfluss“, „es gibt Flüchtlingswellen“, „historische Quellen“ und „fließende Übergänge“ (Demandt, 1978, S. 168f).
- *Geschichte ist ein Bauwerk*: „Grundmauern des Staates“, „die Pforte des Krieges wurde geöffnet“, „Angriff eröffnet“, „Frieden geschlossen“, „Fundament des Regimes“, „den Grundstein für etwas legen“, „Ereignisse stehen vor der Tür oder treten ein“, „etwas liegt in Schutt und Asche“ (Demandt, 1978, S. 277ff).
- *Geschichte als Maschine*: „Teile der Gesellschaft greifen ineinander“, „wie Zahnräder in einer Maschine“, „Antriebskraft für Veränderungen“, „Maschine der Klassenherrschaft“, „Staatsmaschinerie“ (Demandt, 1978, S. 271ff).

Betrachtet man die drei Bereiche Zeit, Entwicklung und Geschichte im Vergleich, zeigen sich Ähnlichkeiten aber auch Unterschiede. Sowohl Zeit als auch Entwicklung und Geschichte werden im deutschen Sprachgebrauch typischer Weise als *Bewegung oder Weg* konzipiert. Andere metaphorische Konzepte sind bei mindestens zwei der drei Begriffe relevant, beispielsweise das metaphorische Konzept vom *Wachstum einer Pflanze*, einem *Raum/Bauwerk* oder einem *Gewässer/Fluss* als sich bewegendes natürliches Objekt.

Die metaphorischen Konzepte *Zeit ist ein menschliches Gegenüber*, *Zeit ist teilbar* und *Zeit ist ein begrenztes, kostbares Gut* finden sich für den Kontext Entwicklung und Geschichte nicht wieder. Ebenso zeigt sich, dass lediglich Geschichte metaphorisch als eine Maschine gefasst wird.

Es ist an dieser Stelle zu bemerken, dass diese Metaphernbereiche entsprechend der Kulturbedingtheit von Metaphern (vgl. Kapitel 3.3.3.1), typisch für den westlich geprägten Kulturkreis sind. So zeigen Untersuchungen, dass eine andere kulturelle Prägung zu einer anderen metaphorischen Konzeptualisierung führt. So stellt Boroditsky (2001) fest, dass im Englischen und in der Sprache Mandarin Zeit durch horizontal ausgerichtete räumliche Begriffe im Muster Vorne/Hinten beschrieben wird. So sprechen auch wir davon, dass etwas „vor uns liegt“ oder wir etwas „hinter uns lassen“. In Mandarin gibt es darüber hinaus aber vor allem Begriffe, die Zeit im Muster Oben/Unten konzeptualisieren und damit eine vertikale räumliche Ausdehnung ansprechen: „In summary, both Mandarin and English speakers use horizontal terms to talk about time. In addition, Mandarin speakers commonly use the vertical terms *shàng* and *xià*“ (Boroditsky, 2001, S. 5).

### 3.3.4. Konsequenzen für diese Arbeit

Eine Vielzahl von Vorteilen verweist auf die Fruchtbarkeit des Einsatzes von Schülerzeichnungen zur Initiierung des Sinnbildungsprozesses zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften. Im Hinblick auf dieses Thema erscheinen metaphorische Zeichnungen besonders geeignet. Metaphorische Zeichnungen können und sollten den bestehenden empirischen Befunden und theoretischen Überlegungen nach mit Erläuterungen der Zeichnenden einhergehen. Dies bestärkt den Einsatz fokussierter Interviews oder der Methode des lauten Denkens.

Die Zeichnung wird in beiden Fällen stärker als ein Mittel zum Zweck verstanden: „Bei einem ersten Zugang zum Thema dient die zeichnerische Umsetzung allerdings zunächst häufig dazu, [...] einen Sinnzusammenhang zu konstruieren und sich im Bild in diesen hineinzuversetzen“ (Gansen, 2010, S. 474). Aus diesem Grund ist die Qualität der Zeichnung und das Engagement beim Zeichnen weniger relevant, sodass auch Jugendliche jenseits der Pubertät befragt werden sollen, obwohl deren Motivation zu zeichnen als geringer anzunehmen ist. Um dem Gefühl der Unzulänglichkeit der Zeichnung zu entgehen ist es von zentraler Bedeutung, bei der Datenerhebung eine Atmosphäre zu schaffen, die wertungsfrei ist und nicht den ästhetischen Wert der Zeichnung in den Mittelpunkt stellt.

In der deutschen Sprache sind ganz verschiedene Herkunftsbereiche metaphorischer Konzepte zu den drei Themen Zeit, Entwicklung und Geschichte gängig. Die folgenden zeigen sich übergreifend für jeweils mindestens zwei dieser drei Themen und scheinen damit besonders passend für die Metaphorisierung zeitlicher Entwicklungen: Bewegung/Weg, Wachstum einer Pflanze, Raum/Bauwerk, Gewässer/Fluss.



## 4. Vorstudie

### 4.1. Zusammenfassung des methodischen Vorgehens

Aus den theoretischen Überlegungen und bestehenden empirischen Erkenntnissen ergeben sich methodische Konsequenzen für die Datenerhebung und -auswertung der vorliegenden Arbeit. Zum einen bieten metaphorische Zeichnungen das Potential, die Beschäftigung mit einem abstrakten Thema wie der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften zu initiieren. Zum anderen wird die Kopplung aus metaphorischer Zeichnung der Schüler\_innen und verbalen Daten, wie Interviews oder die Methode des lauten Denkens, als notwendig für eine valide Interpretation der Zeichnungen deutlich. Für die Datenauswertung zeigt sich im Hinblick auf die Konzeption der Schülerperspektive die dokumentarische Methode als besonders passend. Im Rahmen der Vorstudie war zu prüfen, ob mit Hilfe dieser Methode beide Forschungsfragen bearbeitet werden können. Darüber hinaus wurde die dokumentarische Bildinterpretation angewendet, um Aufwand und Ertrag für die vorliegende Arbeit abschätzen zu können, da Beispielinterpretationen in Methodenbüchern sich zumeist auf Fotografien oder Kunstwerke und nicht auf metaphorische Zeichnungen beziehen. So war zu prüfen, ob der Einsatz der Methode ertragreich möglich ist, ggf. verändert zum Einsatz kommen oder für die Hauptstudie ausgeschlossen werden soll.

In die Vorstudie wurden daher verschiedene methodische Alternativen einbezogen, die sich auf die folgenden vier Bereiche beziehen:

1. Stimulus der Sinnbildung,
2. Datenerhebung verbaler Daten,
3. Datenauswertung,
4. Erprobung des jeweiligen Leitfadens.

Wird im Folgenden von *Zeichenauftrag* gesprochen, so ist damit die Aufgabe die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften in einem metaphorischen Bild darzustellen gemeint. Als *Vorübung* werden Aufgaben zum Üben solch metaphorischer Darstellungen bezeichnet, die sich jedoch noch nicht auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften beziehen.

#### 4.1.1. Auswahl methodischer Alternativen

Nachteile metaphorischer Zeichnungen bestehen unter anderem in der hohen Anforderung einen geeigneten Herkunftsbereich der Metapher auszuwählen und diesen zeichnerisch

umzusetzen. Es galt zu erproben, ob die Schüler\_innen in der Lage sind, ohne Vorgabe einer zu nutzenden Metapher die Aufgabe zu bearbeiten und so den Sinnbildungsprozess zu initiieren. Zur Reduktion der Komplexität der Aufgabenstellung wären darüber hinaus mehrere Alternativen denkbar:

- Die Vorgabe eines Herkunftsbereiches der Metapher würde die Anforderung an die Schüler\_innen herabsetzen. Die Schüler\_innen müssten dann lediglich eigenständig den Prozess der Bedeutungsübertragung durchführen.
- Die zeichnerische Anforderung könnte reduziert werden, indem Bildelemente vorbereitet sind und beispielsweise in Form von kleinen Kärtchen zu einem Bild zusammengefügt werden können. Dieses im Folgenden als *Metaphern-Lege-Technik* (MLT) bezeichnete Vorgehen kann als eine puzzleartige Erstellung eines Bildes verstanden werden, bei dem aus einem Pool an Bildelementen bestimmte ausgewählt und zu einem Bild zusammengefügt werden.
- Eine vorgelagerte Übungsphase für die Produktion visueller Metaphern würde den Schüler\_innen die Umsetzung der Aufgabe möglicherweise erleichtern, da sie in der Vorübung bereits sehen, was von ihnen verlangt wird.

Alle diese Vorgehensweisen bieten wiederum Nachteile. So hat die Vorgabe eines Herkunftsbereiches bei den ersten beiden Varianten den Nachteil, durch die Einschränkung auf ein metaphorisches Konzept einen Fokus vorzugeben und damit ggf. Überlegungen und bestimmte Sinnbildungsprozesse auszuschließen. „Eine Metapher *erzeugt* immer *eine bestimmte Perspektive*; sie fokussiert auf einen Ausschnitt der Wirklichkeit, auf bestimmte Aspekte eines Gegenstandes, während andere vernachlässigt werden“ (Gansen, 2010, S. 84 Hervorhebungen im Original).

Die zweite Variante hat darüber hinaus den Nachteil, weitere Vorgaben zu machen und über gegebene Bildelemente das Denken der Schüler\_innen weiter zu beeinflussen. Es wäre damit weniger die gewünschte Relevanzsetzung durch die Schüler\_innen möglich. Als vorteilhaft erscheint die geringere Anforderung an die zeichnerischen Fähigkeiten und die einfache Möglichkeit zur Veränderung des Bildes, wenn den Befragten im Laufe des Erstellungsprozesses neue Ideen kommen sollten.

Die letzte Variante kann gekoppelt mit den ersten beiden zum Einsatz kommen. Dabei ist zu bedenken, dass eine Vorübung Einfluss auf die weitere Datenerhebung nehmen kann. Daher sollte nicht der Kontext Naturwissenschaften angesprochen werden, um das Aufscheinen bestimmter Assoziationen vor dem Zeichenauftrag zu vermeiden.

Es war dabei nicht nur zu klären, *ob* die Vorgabe eines Herkunftsbereiches der Metapher und der Einbezug einer Vorübung die Anforderungen des Zeichenauftrags reduzieren und dennoch das Erkenntnisinteresse dieser Arbeit ermöglichen, sondern auch *welcher* Herkunftsbereich der Metapher dies im Hinblick auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften zu leisten vermag.

In Kapitel 3.3.3.3 wurden bereits typische metaphorische Konzepte der deutschen Sprache zu Geschichte, Zeit und Entwicklung diskutiert. Dabei werden diese Themen metapho-

risch durch *Bewegungen oder Wege*, durch das *Wachstum einer Pflanze*, durch einen *Raum oder Bauwerk* oder durch *Gewässer/Fluss* konzipiert. Diese möglichen Herkunftsbereiche der Metapher sind im Hinblick auf die zeichnerischen Anforderungen zu prüfen, da sie als visuelle Metaphern zum Einsatz kommen. Dabei ergibt sich für den Bereich Bewegung ein Problem. Die Tatsache, dass Bilder statisch sind, macht die Darstellung von Bewegungen besonders schwer. Aus diesem Grund wurde dieser Herkunftsbereich ausgeschlossen. Ähnliches gilt für das Wachstum einer Pflanze, sodass allgemein auf Pflanzen fokussiert wird. Durch die Möglichkeit zur unterschiedlichen Gestaltung mehrerer Räume in einem Gebäude liegt die Abbildung von Veränderungen und Entwicklungen, wie sie für die Aufgabenstellung relevant ist, näher als bei der Darstellung eines einzelnen Raumes. Der letzte Herkunftsbereich wird daher auf ganze Bauwerke festgelegt und allgemeiner von Gebäuden gesprochen, da der Begriff des Bauwerks spezifischer und weniger alltagssprachlich ist.

Wege, Pflanzen, Gebäude, Gewässer/Flüsse stellen Gegenstände dar, mit denen Schüler\_innen vielfältige Erfahrungen haben und welche zeichnerisch vergleichsweise einfach umsetzbar sind. „Bilder, die uns vertraut sind, die gewohnten Kontexten entstammen, können [...] Unsicherheiten reduzieren“ (Gebhard, 2015b, S. 109). Auch im Hinblick auf die Motivation die Zeichnung anzufertigen, erscheint es sinnvoll Herkunftsbereiche zu wählen, die den Schüler\_innen vertraut sind. Der Herkunftsbereich Weg kann bereits mit wenig Aufwand als vollständig bearbeitet angesehen werden. So kann bereits eine einfache Linie einen Weg symbolisieren. Für die Darstellung von Gebäuden, Pflanzen und Gewässern sind mehr Details von Nöten, doch auch hier können einfache Formen bereits die Aufgabe als erfüllt erscheinen lassen. Um den Einfluss der Vorgabe eines Herkunftsbereiches auf die Sinnbildung abschätzen zu können, kamen diese vier metaphorischen Konzepte in der Vorstudie zum Einsatz.

Zusätzlich wurden Vorübungen zur metaphorischen Übertragung entwickelt und erprobt. Es war zu prüfen, ob sich Strukturen der Vorübung in der Darstellung der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften zeigen, um den Einfluss der Vorübung auf den weiteren Prozess abschätzen zu können.

Verbunden mit diesen verschiedenen Möglichkeiten zur Initiierung der Sinnbildung wurde die Methode des lauten Denkens und die Durchführung fokussierter Interviews sowie die Kombination aus beidem erprobt. In Bezug zu den verschiedenen Vorgehensweisen mussten daher unterschiedliche Leitfäden erstellt, erprobt und ggf. auf Grundlage der Erkenntnisse der Vorstudie angepasst werden.

#### **4.1.2. Ziele der Vorstudie**

Ziel der Vorstudie war es, das methodische Vorgehen für die Hauptstudie sowohl in Bezug auf die Datenerhebung, als auch auf die Datenauswertung festzulegen. Darüber hinaus sollte das angestrebte Alter der Befragten der Hauptstudie festgelegt werden. Es war also zu prüfen, ab welchem Alter eine metaphorische Darstellung gelingt und ob ältere

Vorstudie	
<p><b>1) Stimulus der Sinnbildung</b></p> <p>a) Verschiedene Herkunftsbereiche der Metapher b) Metaphern-Lege-Technik c) Vorübungen zur metaphorischen Übertragung.</p> <p><b>2) Datenerhebung verbaler Daten</b></p> <p>a) fokussiertes Interview b) Lautes Denken c) Kombination aus a) und b)</p>	<p><b>3) Datenauswertung</b></p> <p>Erprobung, ob mittels dokumentarischer Methode...</p> <p>a) ... Vorstellungen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften identifiziert werden können. b) ... die die Sinnbildung strukturierenden Anteile der Tiefendimension rekonstruiert werden können. c) ... eine ertragreiche Interpretation der Bilder möglich ist.</p>
<p><b>4) Erprobung und Veränderung des Leitfadens</b></p>	

Abbildung 4.1.: Die in der Vorstudie erprobten methodischen Vorgehensweisen 1) für die Initiierung der Sinnbildung, 2) für die Möglichkeiten der Erhebung der verbalen Daten und 3) für die Auswertung der Daten. Parallel dazu wurde der jeweilige Leitfaden erprobt und verändert.

Jugendliche motiviert sind ein Bild zu erstellen. Dazu wurden im Sommer 2013  $n = 34$  Erhebungen durchgeführt, bei denen Kinder und Jugendliche im Alter von 7 bis 20 Jahren beteiligt waren. Es wurden systematisch die oben ausgeführten und in Abbildung 4.1 zusammengefassten methodischen Alternativen variiert. In den folgenden Kapiteln werden das Sample sowie die Ergebnisse der Vorstudie dargestellt.

## 4.2. Sample

Die an der Vorstudie beteiligten Kinder und Jugendlichen wurden in einem Sportverein in einer Stadt in Schleswig-Holstein (außerhalb des unmittelbaren Einzugsgebietes von Hamburg) auf die Datenerhebung aufmerksam gemacht und um freiwillige Mithilfe gebeten. So kann mit großer Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass bei der in Hamburg stattfindenden Hauptstudie keine Personen beteiligt waren, die von diesem Projekt selbst oder über Freunde Informationen erhalten hatten. Einige Teilnehmer\_innen der Vorstudie waren mir persönlich bekannt. Dies äußerte sich in verstärkten Nachfragen zum Stand meiner Arbeit und dem Sinn des Vorgehens. Diese Fragen wurden möglichst allgemein, mit wenig Bezug zu den Aufgabenstellungen der Datenerhebung beantwortet. Diese Ausgangslage wurde bei der Interpretation der Daten berücksichtigt, zeigt sich aber bei keinem Fall als relevant für die Sinnbildung über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften. Dennoch ist bei der Bewertung der unterschiedlichen Vorgehensweisen zu berücksichtigen, dass diese Jugendlichen einerseits aufgrund der persönlichen Beziehung motivierter sein könnten die Aufgabenstellungen zu bearbeiten oder andererseits möglicherweise offener ihre Meinung zum Vorgehen äußern, als dies unbekannte Personen tun würden.

Die an der Vorstudie beteiligten Kinder und Jugendlichen besuchen verschiedene Grundschulen, Gymnasien oder Gemeinschaftsschulen (Gesamtschulen) in Schleswig-Holstein (vgl. Tabelle 4.1). Der jüngste Befragte war 7 Jahre und die älteste 20 Jahre alt. Im Mittel waren die Interviewten 14 Jahre alt. Insgesamt waren 11 männliche und 23 weibliche Teilnehmer\_innen beteiligt. Mit Hilfe dieses Samples war es möglich, für die Hauptstudie anzustrebende Altersgruppen festzulegen. Es wurde darauf geachtet, dass die einzelnen methodischen Alternativen von Schüler\_innen verschiedenen Alters und verschiedener Schulform umgesetzt wurden.

Tabelle 4.1.: Übersicht des Samples der Vorstudie. n = 34

	Klasse 2/3/4	Klasse 5/6/7	Klasse 8/9/10	Klasse 11/12/13
Grundschule	2 m, 1 w	-	-	-
Gemeinschaftsschule	-	2 m	2 m, 2 w	1 w
Gymnasium	-	1 m, 6 w	2 m, 4 w	2 m, 9 w

### 4.3. Ergebnisse der Vorstudie

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Vorstudie dargestellt und jeweils Konsequenzen für die Hauptstudie abgeleitet. Der Aufbau des Kapitels orientiert sich an der Einteilung der methodischen Alternativen:

- Kapitel 4.3.1: Stimuli der Sinnbildung,
- Kapitel 4.3.2: Methodische Alternativen der Datenerhebung verbaler Daten und Entwicklung des Interviewleitfadens,
- Kapitel 4.3.3: Auswertung mittels der dokumentarischen Methode.

#### 4.3.1. Stimulus der Sinnbildung

Wie in Abbildung 4.1 dargestellt wurden in bezüglich des Stimulus der Sinnbildung verschiedene Möglichkeiten erprobt. Zum einen wurde der Einsatz verschiedener Herkunftsbereiche der Metapher und damit entsprechend verschiedener Zeichenaufträge erprobt. Zum anderen wurden Vorübungen zur metaphorischen Übertragung entwickelt und eingesetzt. Neben dem Zeichnen eines Bildes wurde zusätzlich die Idee der Metaphern-lege-Technik (MLT) erprobt.

#### 4.3.1.1. Vorgabe eines Metaphernbereiches

##### Vorgehen

In der Vorstudie erhielten ein 15-jähriger und 17-jähriger Junge den allgemeinen Auftrag, die zeitliche Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung von früher bis heute als etwas Anderes darzustellen und so ein metaphorisches Bild zu erstellen. Dabei wurden keinerlei Vorgaben oder Beispiele gegeben, weil dies wiederum eine gewisse Richtung vorgegeben hätte. Es blieb den Schülern selbst überlassen, für sich zu klären, was mit einem metaphorischen Bild gemeint ist und einen geeigneten Herkunftsbereich der Metapher zu wählen.

Im Gegensatz dazu wurden 32 Befragten durch den Zeichenauftrag ein Herkunftsbereich der Metapher vorgegeben. In der Untersuchung von Henke und Höttecke (2013c) wurden bereits metaphorische Zeichnungen eingesetzt, um Schüler\_innen zur Beschäftigung mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften anzuregen und dabei ein Herkunftsbereich vorgegeben. Bisher wurden jedoch noch nicht systematisch verschiedene Herkunftsbereiche der Metapher erprobt. Dies geschah in der vorliegenden Arbeit, wobei auf die bestehenden Erfahrungen von Henke und Höttecke (2013c) Bezug genommen wurde. Bei ihren Erhebungen zeigte sich, dass Schüler\_innen mit der Bitte die *zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften* als einen Weg darzustellen, überfordert waren und Verunsicherung die Beschäftigung mit dem Thema überlagerte. Dabei war außerdem zu bedenken, dass es in Hamburg an vielen Schulen ein Unterrichtsfach „Naturwissenschaften“ gibt und so mit dieser Formulierung stärker auf den schulischen Kontext verwiesen werden würde. Henke und Höttecke (2013c) erprobten verschiedene Formulierungen der Aufgabenstellung und stellten fest, dass ein Bezug zur *Forschung* den Befragten hilft, eine metaphorische Zeichnung zu entwickeln und im Anschluss über diese zu sprechen. Dabei ergaben sich jedoch zumeist Zeichnungen von einzelnen, konkreten Forschungsprozessen und weniger eine Abbildung der zeitlichen Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung auf einer globaleren Ebene. Diesem begegneten Henke und Höttecke (2013c), indem mit von *früher bis heute* explizit ein deutlich größerer Zeitraum in der Aufgabenstellung angesprochen wurde. Es zeigte sich außerdem, dass die beispielhafte Vorgabe möglicher Ausgestaltungsmerkmale im Zeichenauftrag die Zeichnungen detailreicher machte und den Befragten eine gewisse Orientierung ermöglichte und damit Sicherheit im Umgang mit der Aufgabenstellung gab (Henke, 13.03.2013, persönliche Mitteilung). Dabei sollte trotz der Vorgaben eine möglichst große Offenheit für die Ausgestaltung des Bildes gegeben sein. Die Formulierung des von Henke und Höttecke (2013c) entwickelten Impulses wurde für diese Arbeit nur geringfügig geändert und lautet in Bezug auf den Herkunftsbereich Weg:

„Stell dir vor, naturwissenschaftliche Forschung von früher bis heute wäre ein Weg. Vielleicht ist der Weg gerade oder krumm, eben oder uneben, flach oder steil, verzweigt oder nicht, schmal oder breit . . . oder etwas ganz Anderes! Male deine Vorstellung von diesem Weg. Male alles ein, was dir dazu einfällt. Du hast dafür so viel Zeit, wie du brauchst.“

Für die Vorstudie dieser Arbeit wurden entsprechende Formulierungen auch für die anderen Herkunftsbereiche entworfen und außerdem die Aufgaben „Stell dir vor, naturwissenschaftliche Forschung von früher bis heute wäre eine Pflanze“, „Stell dir vor, naturwissenschaftliche Forschung von früher bis heute wäre ein Gewässer (See, Fluss, Ozean)“ und „Stell dir vor, naturwissenschaftliche Forschung von früher bis heute wäre ein Gebäude“ erprobt. Auch bei deren Formulierungen wurden Vorschläge für die Ausgestaltung gegeben, sodass die Formulierungen bei allen vier Aufgaben als ähnlich bezeichnet werden können. Diese Zeichenaufträge wurden den Befragten im Zuge der Datenerhebung vorgelesen und zeitgleich ausgedruckt ausgehändigt, sodass der Auftrag während des gesamten Prozesses sichtbar war und erneut gelesen werden konnte. Durch das Vorlesen wurde sichergestellt, dass auch Befragte mit schwächeren Lesefähigkeiten die Aufgabe bearbeiten konnten. Jeder der Herkunftsbereiche wurde vorerst drei Befragten verschiedenen Alters vorgelegt. Dazu kam eine erste Version des Interviewleitfadens zum Einsatz, dessen Entwicklung in Kapitel 5.1.1 separat vorgestellt wird.

### Ergebnisse

Die beiden Jungen, die keine Vorgabe der Metapher erhielten, hatten Schwierigkeiten mit der Aufgabenstellung umzugehen. Beispielhaft soll die Reaktion einer der Beiden auf die Aufgabenstellung gezeigt werden. Sie ist von Pausen und Verunsicherung geprägt<sup>1</sup>:

„ähm ich überleg erstma. was ich da- (20) äh okay (5) szszszsz (12) also zum beispiel wie das angefang hat? [Interviewerin: Ja. von früher bis heute] (17) ((räuspernen)) (5) kann man bakterien, nein. [7]“ [N1W8M-vor, 11:41].

Ohne Beispiele für solch eine metaphorische Übertragung gelang es beiden Befragten nicht, ein metaphorisches Bild zu erstellen. Vielmehr zeichneten sie mehrere Bilder mit realistischen oder symbolischen Darstellungen nebeneinander und stellten so nicht in einem Bild eine zeitliche Komponente dar. Es wurden bekannte Entwicklungsschritte vom Urknall bis zum Bunsenbrenner (vgl. Abbildung 4.2) bzw. vom Affen, zum Steinzeit-Menschen, zum heutigen Menschen (vgl. Abbildung 4.3) dargestellt.

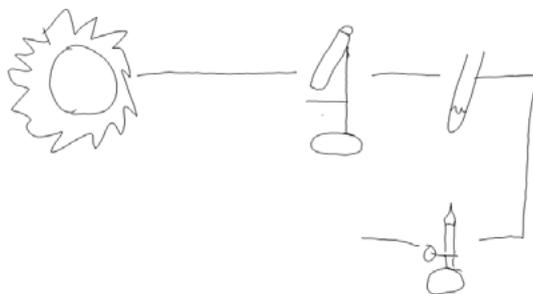


Abbildung 4.2.: Zeichnungen des Schülers N1S5M-Vor ohne Vorgabe des Herkunftsbereichs der Metapher.

---

<sup>1</sup>Das Transkriptionsmanual dem folgend alle nun dargestellten Zitate transkribiert wurden, findet sich in Anhang A.1.

Es zeigte sich, dass beide Befragten verstanden hatten, dass sie die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften darstellen sollten, sie aber im Vergleich zu den anderen Interviewten eine lange Phase der Verunsicherung (bei einem der beiden vergingen 11 Minuten, bis er mit der Zeichnung begann) überwinden mussten und dann stärker konkrete thematische Bereiche, wie Entwicklung der Menschen oder von Forschungsgegenständen (Reagenzglas und Bunsenbrenner in Abbildung 4.2) und weniger allgemein die diachrone NdN in den Blick nahmen. So suchten sie sich selbst einen konkreten, thematischen Bezugspunkt. Es wurde im Vergleich mit den anderen Interviews kein Vorteil dieses Vorgehens deutlich. Auch diese beiden Befragten thematisierten ähnliche Dinge wie jene, die einen Herkunftsbereich der Metapher vorgegeben bekamen.

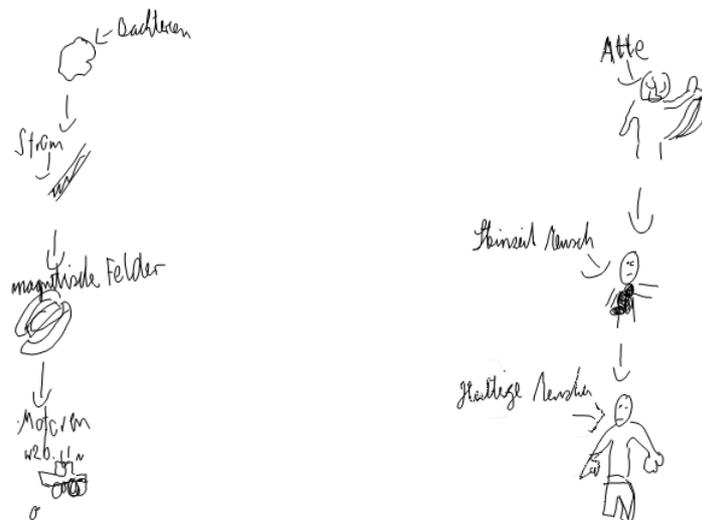


Abbildung 4.3.: Zeichnungen des Schülers N1W8M-Vor ohne Vorgabe des Herkunftsbereichs der Metapher.

Im Vergleich der vier vorgegebenen Herkunftsbereiche Weg, Pflanze, Gewässer und Gebäude ist die Weg-Metapher besonders geeignet für die zeichnerische Darstellung von Entwicklungen. Beim Einsatz der anderen Herkunftsbereiche wurde deutlich, dass es den Befragten vor allem bei der Pflanze und dem Gebäude deutlich schwerer fiel, eine Entwicklung darzustellen. Dies äußert sich in den Interviews durch längere Denkphasen zwischen Vorlesen des Zeichenauftrags und Beginn der Zeichnung und durch explizite Äußerungen über die Schwierigkeit der Aufgabe. Beispielfhaft sollen hier zwei solcher Äußerungen aufgegriffen werden. Ein 18-jähriges Mädchen sagt nach dem Hören/Lesen der Aufgabenstellung mit dem Herkunftsbereich Pflanze wie folgt:

„Oh gott [...] muss ich so:: (2) da was REin maln oder kann ich nur nen baum malen? [...] oh kann ich ne andere [Aufgabe, JK] nehmen? Gibt es keine andere? [...] ich weiß nicht. Kann man auch nen baum maln? ne?“ [E1B5W-Vor, 14:58]

Ein 12-jähriger Junge drückt als erste Reaktion zur Aufgabestellung mit dem Herkunftsbereich Gewässer ebenfalls seine Verunsicherung aus:

„also soll ich das jetzt wie nen QUERSchnitt (.) so von früher bis heute? (1) oder soll ich einzelnen bilder (1) früher und dann (.) heute?“ [L5K6M-Vor, 10:40]

Es wird hier deutlich, dass der Interviewte den Zeichenauftrag verstanden hat und verschiedene Zeitpunkte darstellen möchte, er aber bzgl. der Darstellungsform verunsichert ist. Der Zeichenauftrag vermittelt auch die Möglichkeit, in mehreren Bildern Zustände gegenüberzustellen und damit weniger die Entwicklung an sich abzubilden. Solche Uneindeutigkeiten zeigten sich beim Einsatz des Herkunftsbereiches Weg nicht. Aussagen über die Schwierigkeit der Aufgabe gab es in geringerem Ausmaß auch bei der Weg-Metapher, allerdings zeigte sich hier ebenfalls, dass die Befragten vergleichsweise schnell mit dem Zeichnen begannen und explizit äußerten, dass sie mit der Aufgabe zurecht kamen: „ja ich hab schon ne ziemlich genaue vorstellung.“ [E6L6W-Vor, Z. 42] und „okay gut krich- das is leichter“ [A6J4W-Vor, Z. 80].

Die zeitliche Komponente einer Entwicklung darzustellen, ist bei dem Verlauf eines Weges einfacher umzusetzen, als bei solch statischen Objekten wie Pflanzen oder Gebäuden. Eine Entwicklung kann beim Weg in einem Bild ausgedrückt werden, bei den anderen Bereichen eher durch mehrere nebeneinander stehende Bilder. Dies wurde als eines der entscheidenden Vorteile der Weg-Metapher deutlich.

Der Fluss als ein Gewässer ist einem Weg sehr ähnlich, wurde trotz Vorschlag in der Aufgabenstellung von den Interviewten jedoch nicht gewählt. Zwei mal wurde ein See und einmal ein Ozean im Querschnitt gezeichnet. Dabei zeigte sich in den Interviews, dass diese Formen von Gewässern durch die Befragten in andere Metaphern umgedeutet wurden. So verknüpft ein 12-jähriger Junge (L5K6M) den Anstieg des Ozeangrundes mit dem Anstieg der Wissensmenge und den technischen Möglichkeiten der Forschung (vgl. Abbildung 4.4 a)). Er bezieht sich hier auf eine Idee, nämlich die Zunahme an Höhe, die dem Weg sehr nah ist. Auch ein 18-jähriges Mädchen spricht von „berg ab gehen“ [Y6R6W-Vor,13:00], als der Rand ihres Sees vom mittleren Bildpunkt zum unteren Bildrand verläuft (vgl. Abbildung 4.4 b)). Obwohl also eigentlich eine Draufsicht auf einen See gezeichnet wurde, spricht sie in der Metapher Weg, bei der die Steigung des Weges relevant ist. Sie sagt: „da-da soll ein ein see darstelln also (.) aber in form eines (1) einer kurve“ [Y6R6W-Vor, 15:04] und geht damit sprachlich und visuell in die Weg-Metapher über.

Auch weitere Befragte nutzen selbstständig den Herkunftsbereich Weg, obwohl der Zeichenauftrag eine andere Metaphorik vorsah. Ein 17-jähriges Mädchen zeichnete ein Gebäude, sagte aber im Interview: „das is dann aber halt aber schwierig weil das sind dann sozusagen STEINE oder so in den weg gelegt. man hat halt doch immer noch was (.) schwIERiges zu überwinden“ [A4A9W-Vor, 17:38]. Auch im Bild zeichnete sie einen Stein, der auf der Treppe nach oben liegt. Sie nutzte also von sich aus Elemente der Wegmetapher, um Zeitlichkeit darzustellen. Auch das 18-jährige Mädchen E1B5W geht von der Pflanzen-Metapher sprachlich in die des Weges über, als sie von „Abzweigungen“ spricht [E1B5W-Vor, 24:35]. Am Ende des Interviews spricht sie davon, dass der Stamm der Pflanze den Weg darstellen soll [36:22 min], obwohl von Seiten der Interviewerin nie über einen Weg gesprochen wurde.

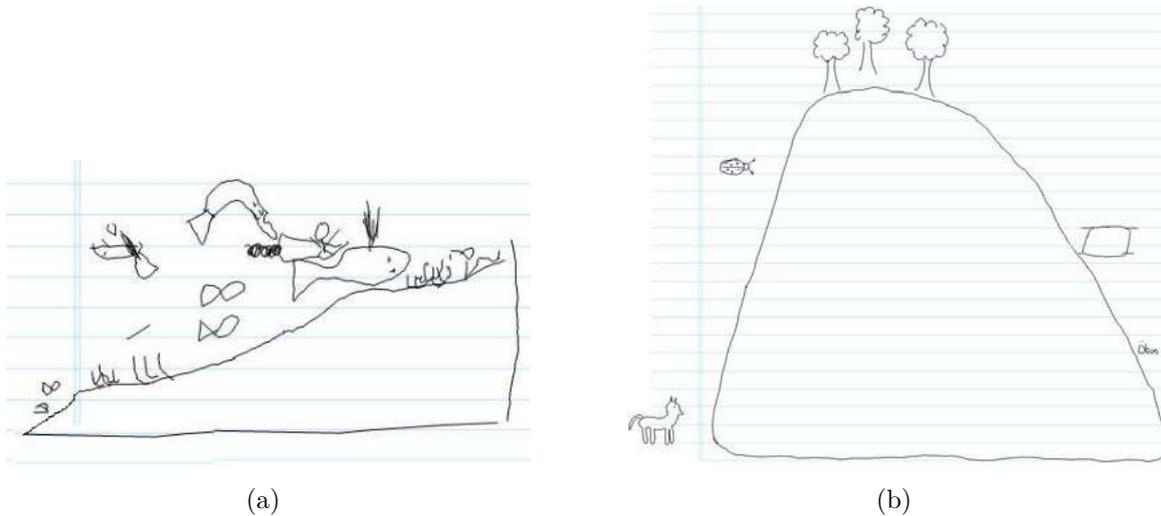


Abbildung 4.4.: Bilder der Vorstudie zum Metaphern-Herkunftsbereich „Gewässer“ a) L5K6M: Ozeangrund als Wegmetapher, b) Y6R6W: Seebegrenzung als Wegmetapher.

Als problematisch erwies sich außerdem, dass bei einigen Befragten der Auftrag, die Entwicklung der Forschung als ein Gebäude oder eine Pflanze zu zeichnen, bestimmte Assoziationen hervorriefen. Diese Assoziationen führten weg von einer metaphorischen Darstellung und hin zu einer realistischen Idee von Pflanzen als Forschungsgegenständen bzw. Gebäuden als Forschungseinrichtungen. Eine zeitliche Komponente fand sich in den Bildern besagter Personen kaum wieder. So zeichneten zwei jugendliche Mädchen jeweils ein Forschungsgebäude. Der jüngste Teilnehmer (7 Jahre) sprach im gesamten Interview nur über Pflanzen, die erforscht werden. Hier spricht die Pflanzen-Metapher möglicherweise zu stark den Bereich der Biologie und Natur an.

Als unproblematisch zeigte sich hingegen die Vorgabe möglicher Bildelemente in der Aufgabenstellung („Vielleicht ist der Weg gerade oder krum, eben oder uneben ...“). Nur einige der Befragten griffen diese gezielt auf und von allen Schüler\_innen wurden weitere Dinge gezeichnet. Selbst bei einem Jungen (S1W8M-Vor), der sehr viele der gegebenen Vorschläge nutzte, war im anschließenden Interview kein Unterschied zu anderen Befragten zu merken. Er wies dennoch den Elementen eine von ihm gewählte Bedeutung zu.

Es zeigte sich trotz der Vorgabe von Herkunftsbereichen der Metapher eine sehr vielfältige Ausgestaltung der Zeichenaufträge. Die Befragten wählten ganz verschiedene Eigenschaften des Herkunftsbereiches und sprachen über unterschiedliche Aspekte der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften (Wissen, Methoden, Veränderung gesellschaftlicher Bedingungen, Fragen, Hindernisse, Rückschritte, Eigenschaften der Forscher\_innen, Technik, Zusammenhänge zwischen verschiedenen Aspekten). Neben unterschiedlichen inhaltlichen Schwerpunktlegungen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften, zeigten sich auch ganz verschiedenartige Zeichnungen. Um die Bandbreite darzustellen, sind in Abbildung 4.5 beispielhaft vier Bilder des Herkunftsbereiches Weg gezeigt. Befürchtungen, dass die Weg-Metapher ausschließlich auf Verbesserungen, Steigerungen und Fortschritt

fokussiert, bestätigten sich nicht. Die Befragten sprachen ebenfalls von Rückschlägen, einem Nicht-Vorwärts-Kommen und gescheiterten Versuchen. Auch Lücken im Prozess wurden dargestellt (vgl. Abbildung 4.5 c)) und im Interview thematisiert.

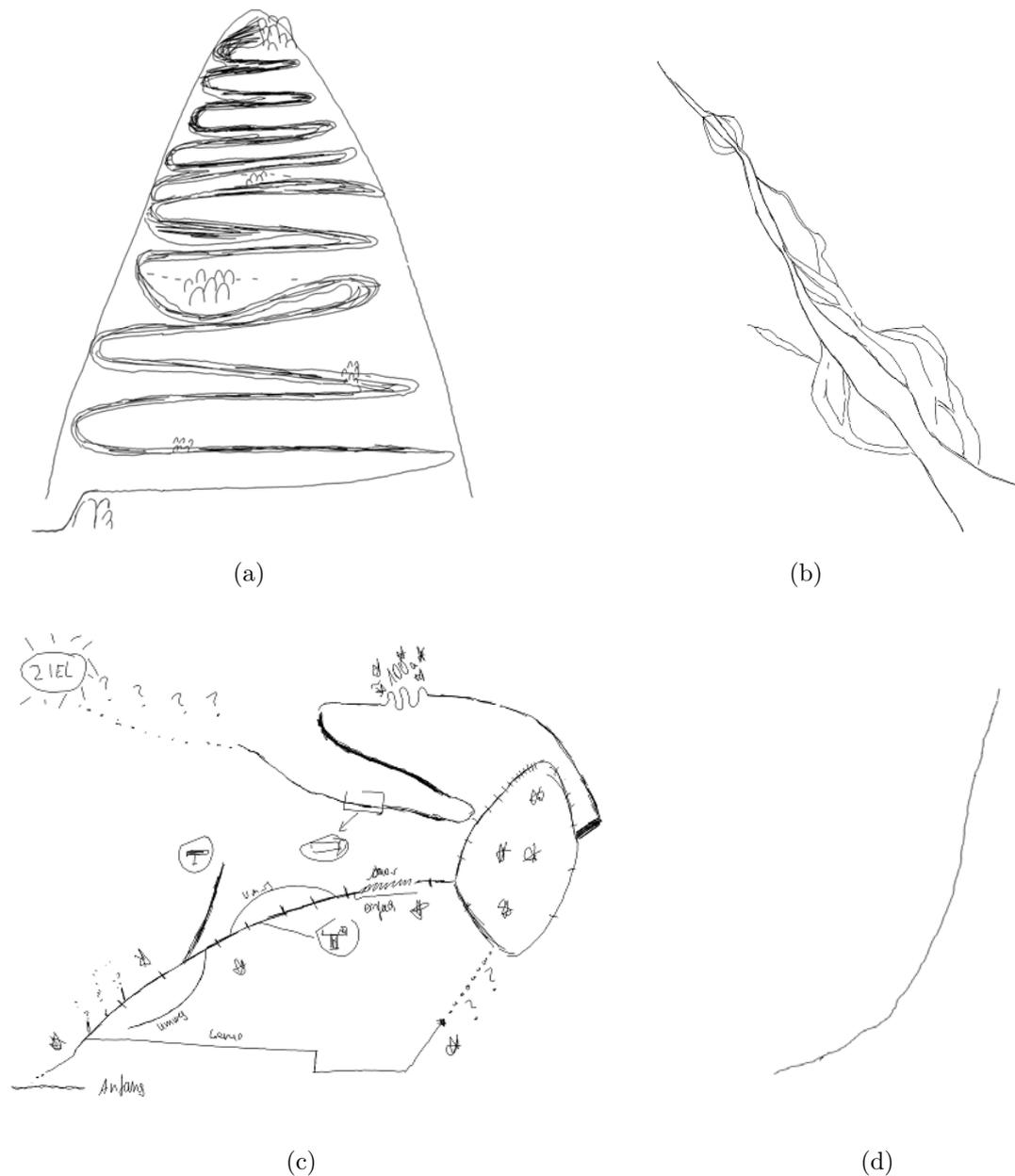


Abbildung 4.5.: Bilder der Vorstudie zum Metaphern-Herkunftsbereich „Weg“.

Dabei bezogen sich alle Interviewten während des Sprechens durch Zeigegesten stark auf ihr Bild. Das Bild stellte wie gewünscht den Fokus des fokussierten Interviews dar. Alle Befragten stellten in der, der Zeichnung folgenden Erläuterung des Bildes selbstständig den Bezug zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften her und erläuterten die Gestaltung ihrer Bildelemente. Metaphorische Zeichnungen gekoppelt an Interviews erwiesen sich daher grundsätzlich als geeignet, die Beschäftigung mit dem Thema zu initiieren. Die Schüler\_innen bildeten Sinn über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften.

Im Zuge der Vorstudie wurde darüber hinaus deutlich, dass jüngeren Befragten unter 12 Jahren unabhängig vom vorgegebenen Herkunftsbereich der Metapher die geforderte metaphorische Übertragung nicht immer gelang. Kinder in diesem Alter sprachen weniger über die diachrone NdN, sondern über einzelne Forschungsereignisse, Forschungsinhalte oder Forschungseinrichtungen.

### **Konsequenzen für die Hauptstudie**

Grundsätzlich konnte der Sinnbildungsprozess durch eine metaphorische Darstellung initiiert und ein Austausch über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften ermöglicht werden. Ein Vorgehen ohne Vorgabe eines Herkunftsbereiches der Metapher zeigte sich in der Vorstudie nicht als zielführend. Von diesem Vorgehen wird für die Hauptstudie Abstand genommen und die Vorgabe eines Herkunftsbereiches angestrebt.

Bei der Vorgabe von Herkunftsbereichen zeigte sich, dass die Befragten grundsätzlich mit allen vier erprobten zurecht kamen. Allerdings erscheint die Übertragung einer zeitlichen Entwicklung auf einen Weg intuitiver, als auf ein eher statisches Objekt. Vor allem die Vorgabe der Weg-Metapher reduziert die Komplexität der Aufgabe. Als weiterer Vorteil wurde deutlich, dass die Weg-Metapher ausreichend konkret, aber dennoch vielseitig und damit offen für eigene Schwerpunktlegungen durch die Schüler\_innen ist. In der Hauptstudie kam daher die oben genannte Aufgabenstellung mit der Vorgabe des Herkunftsbereiches *Weg* zum Einsatz. Mit der Vorgabe eines Herkunftsbereiches wird eine Einschränkung vorgenommen, die es im Zuge der Auswertung zu reflektieren gilt. Für die Analyse der Sinnbildung ist es damit nicht mehr möglich, die Verwendung des metaphorischen Konzeptes *Entwicklungen sind Wege* an sich zu interpretieren, aber dennoch die Ausgestaltung durch die Befragten.

Auf Grundlage der Erfahrungen der Vorstudie wurden in der Hauptstudie Jugendliche ab etwa 12 Jahren, also ab der 6. Klassenstufe, berücksichtigt. Darüber hinaus fand eine Videoaufzeichnung des Interviews statt, welche Verweise von Interviewtem und Interviewerin auf das Bild aufnimmt. So steht der Bezug zwischen Bild und Gesagtem auch im Nachhinein für die Auswertung zur Verfügung.

#### **4.3.1.2. Einsatz der Metaphern-lege-Technik**

##### **Vorgehen**

Als Alternative zum Zeichnen wurde außerdem erprobt, ob vorbereitete „Kärtchen“ und das Zusammenfügen dieser zu einem Gesamtbild, das Vorgehen für die Befragten weiter vereinfacht und sich Vorteile im Hinblick auf das Erkenntnisinteresse zeigen. Aufgrund der Erkenntnisse oben fand eine Einschränkung auf die Weg-Metapher statt. Aus den vorliegenden Bildern der ersten Interviews dieser Studie und den zur Verfügung stehenden Schülerzeichnungen von Henke und Höttecke (2013c) wurden typische Bildelemente auf 4 x 4 cm große Karten gezeichnet, sodass durch Aneinanderlegen der Karten Wegland-

schaften entstehen konnten. Dabei wurden den Befragten zwei verschiedene Kartensätze zur Verfügung gestellt, die sich in den bisherigen Daten als typische Darstellungsformen zeigten. Eines stellt einen breiteren Weg aus der Vogelperspektive dar, bei dem Untergrund und Umgebung verändert werden konnte. Der andere Kartensatz zeigt linienartige Wegstücke, die eher wie eine diagrammartige Kurve zusammengesetzt werden konnten. Außerdem standen weitere leere Karten zur Verfügung, die selbst ausgefüllt werden konnten, falls die bestehenden nicht das Gewünschte abbilden.

Dahinter stand die Idee, dass die Befragten mit dem gegebenen Metaphernrepertoire dazu motiviert werden, besonders detailreiche Bilder zu erzeugen und so entsprechend ausführlich über ihr Bild und die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften zu sprechen. Darüber hinaus ist mit diesem Vorgehen die Bilderstellung unabhängig von der Zeichnungsfähigkeit der Interviewten möglich. In der Vorstudie wurde dieses Vorgehen mit fünf Personen zwischen neun und 18 Jahren erprobt.

### Ergebnisse

Es zeigt sich, dass die Interviewten jeden Alters mit diesem Vorgehen zurecht kamen. Es wurde öfter auf das Spiel *Carcassonne* verwiesen, welches ähnlich vorgeht, indem durch Aneinanderlegen von Kärtchen eine Landschaft mit Wegen entsteht. Die Befragten suchten diejenigen Elemente aus den Karten, die sie benötigten und ergänzten fehlende auf bereitgestellten leeren Karten. Die Jüngste passte die Karten für ihre Zwecke an, indem sie nicht, wie gedacht, die Kanten der Karten aneinanderlegte, sondern sie in beliebigem Winkel zueinander drehte. In diesem Fall entstand eher der Eindruck, als würden die klaren Vorgaben durch die Karten die Ideen der Befragten einschränken. Sie sprengte durch das Drehen der Karten diese Grenzen.

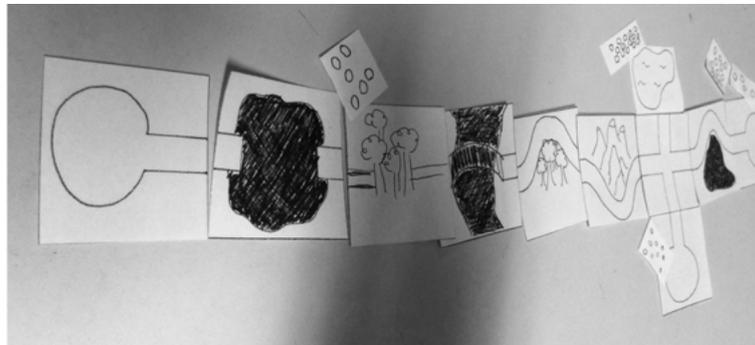
Um alle bisher typischen Bildelemente abzubilden, war eine große Anzahl von Kärtchen notwendig. Dadurch mussten sich die Befragten in einem ersten Schritt einen Überblick über mögliche Bildelemente verschaffen und anschließend bestimmte auswählen. Dies dauerte oft mehrere Minuten. Alle Interviewten griffen sofort zu den Kärtchen, wodurch die Phase des reinen Nachdenkens deutlich geringer ausfiel als bei Interviewten, die zeichneten. Dadurch wird die Phase des Nachdenkens sofort von anderen Tätigkeiten überlagert und möglicherweise die Sinnbildung durch die vorgegebenen Elemente beeinflusst. So nehmen die Karten eine weitere Schwerpunktlegung von Forscherseite vor. Dies wird von der Aussage eines 18-jährigen Mädchens am Ende des Interviews bestätigt:

„ja also man hat ja nicht so viele vorstellungen und die- man orientiert sich so an denen [den Karten,JK] lang und deswegen [Interviewerin: mhm] ja. [...] dann hat man schon mal 'ne vorstellung was von einem verlangt wird sozusagen“ [A5H6W-Vor, 18:50].

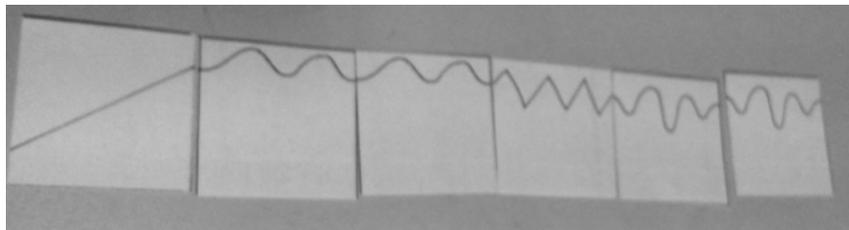
Die Karten boten ihr Orientierung und Sicherheit, beeinflussten damit aber auch die Darstellung. Die Befragten werden durch die MLT stärker gelenkt und können sich nur im vorgegebenen Rahmen bewegen, auch wenn ihre Idee vom Weg der Wissenschaft eine andere ist. Mehrere Befragte, die zeichnen sollten, äußerten, dass sie sofort nach dem

Hören des Zeichenauftrages ein Bild im Kopf hätten. Dieses Bild wird durch die Arbeit mit den Karten entweder verändert oder aber das Legen eines im Kopf feststehenden Bildes mittels Karten dauert länger, als das Zeichnen dieses bereits im Kopf bestehenden Bildes.

Betrachtet man die fünf mit diesem Vorgehen entstandenen Bilder, zeigen sich ausschließlich eher geradlinige Verläufe, obwohl eine Vielzahl von Kurven, Sackgassen und Abzweigungen zur Verfügung standen (vgl. Abbildung 4.6). Bei den bereits zuvor gezeigten eigenen Zeichnungen wurden hingegen stärker Abzweigungen, Verschränkungen, Sackgassen etc. dargestellt (vgl. bspw. Abbildung 4.5). Auch die Befragten, die mit der MLT arbeiteten, sprachen im Interview davon, dass es verworrene Bereiche mit Abzweigungen bei der Forschung gibt. Dies zeigt sich im Bild jedoch weniger deutlich und ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass es deutlich komplizierter und zeitaufwändiger ist, mit den Karten einen verschlungenen Weg abzubilden, als beim Zeichnen.



(a)



(b)

Abbildung 4.6.: Auswahl von Bildern der Vorstudie, die im Zuge der Metaphern-Legetechnik entstanden sind.

### Konsequenzen für die Hauptstudie

Die beträchtliche Einschränkung durch die Kärtchen spricht gegen deren Einsatz, wenn es das Ziel ist, den individuellen Relevanzsetzungen der Schüler\_innen Raum zu geben. Die erhofften Effekte, dass die Bildproduktion bei diesem Verfahren schneller und detailreicher vonstatten gehen könnte, stellten sich nicht ein. Es zeigte sich auch kein deutlich höherer Informationsgehalt der Interviews. Der Einsatz der MLT zeigt damit keine Vorteile,

sondern stärker Nachteile im Vergleich zum Zeichnen und kam daher in der Hauptstudie nicht zum Einsatz.

#### 4.3.1.3. Vorübungen zur Erstellung metaphorischer Zeichnungen

##### Vorgehen

Um den Kindern und Jugendlichen weitere Orientierungsmöglichkeiten zu bieten und sich an das Vorgehen einer metaphorischen Übertragung im Bild zu gewöhnen, erschien es sinnvoll, vor dem eigentlichen Zeichenauftrag eine Übungsphase zu integrieren. Dazu wurden gemeinsam mit der Arbeitsgruppe Physikdidaktik der Universität Hamburg mögliche Übungsaufgaben entworfen, die weder eine zeitliche Komponente enthielten, noch das Thema Naturwissenschaften berührten. Darüber hinaus sollten sich die Aufgaben auf einen konkreten Erfahrungsbereich der Befragten beziehen. Um den zeichnerischen Anspruch möglichst gering zu halten, wurden als Herkunftsbereiche der Metapher Objekte gewählt, da die Darstellung eines Objekts für ungeübte Zeichner als einfacher eingeschätzt wird, als die Darstellung von Personen oder Tieren. In einem diskursiven Prozess wurden die folgenden zwei Aufgaben entwickelt, die diesen Anforderungen genüge leisten und im Zuge der Vorstudie erprobt wurden: „Stell dir vor, eine Person, die du gerne magst, wäre eine Tasse. Vielleicht ist die Tasse ganz speziell geformt, mit Henkel oder ohne, leer oder mit etwas gefüllt oder etwas ganz anderes. Male deine Vorstellung von dieser Tasse. Male alles ein, was dir dazu einfällt.“ und „Stell dir vor, eine Person, die du gerne magst, wäre ein Gebirge. Vielleicht sind die Berge ganz speziell geformt, mit Schneekuppe oder Wegen versehen oder etwas ganz anderes. Male deine Vorstellung von diesem Gebirge. Male alles ein, was dir dazu einfällt.“.

Beide Herkunftsbereiche bieten die Möglichkeit der eigenen Ausgestaltung. Die Aufgabenstellungen sind strukturell ähnlich zum eigentlichen Zeichenauftrag konstruiert und wurden in fünf Interviews (Tasse) bzw. sieben Interviews (Gebirge) erprobt. Das Alter der Befragten lag zwischen neun und 19 Jahren.

##### Ergebnisse

Allen 12 Interviewten gelang die gewünschte metaphorische Übertragung. Dabei gab es in keinem Interview Hinweise darauf, dass die Vorübung Einfluss auf die Bearbeitung des sich anschließenden Zeichenauftrags genommen hat. Es konnten keine identischen Bildelemente identifiziert werden, denen die gleiche Bedeutung zugewiesen wurde. Auf der anderen Seite stellten die Befragten beim Zeichenauftrag keine Nachfragen mehr zum Vorgehen, sodass weniger die Gefahr bestand, dass die Interviewerin durch Beantwortung der Fragen ihre Relevanzsetzungen in Bezug auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften einbrachte.

Beispielhaft sind in Abbildung 4.7 a) und b) zwei Bilder zu Vorübungen dargestellt. Es fällt im Vergleich dieser beiden, aber auch im Vergleich aller Vorübungsbilder auf, dass

die Bilder der Gebirge deutlich detailreicher als die der Tassen sind. Nur selten wurde die Form der Tasse variiert, so wie es bei der Erstellung der Aufgaben als möglicher Variationsbereich gedacht war, sondern Gegenstände oder Symbole auf die Tasse gezeichnet. Dabei wurden stereotype Symbole wie Herzen, Blumen und Sonnen gewählt. Diese Symbole sind positiv besetzt und die metaphorische Übertragung ist fast automatisch einsichtig. Die Darstellung der Eigenschaften einer Person als Eigenschaften eines Gebirges hingegen führte zu ganz verschiedenen Bildern, deren metaphorische Bedeutung nicht sofort ersichtlich ist, sodass es auch von den Zeichnenden als notwendig empfunden wurde, über das Bild zu sprechen.

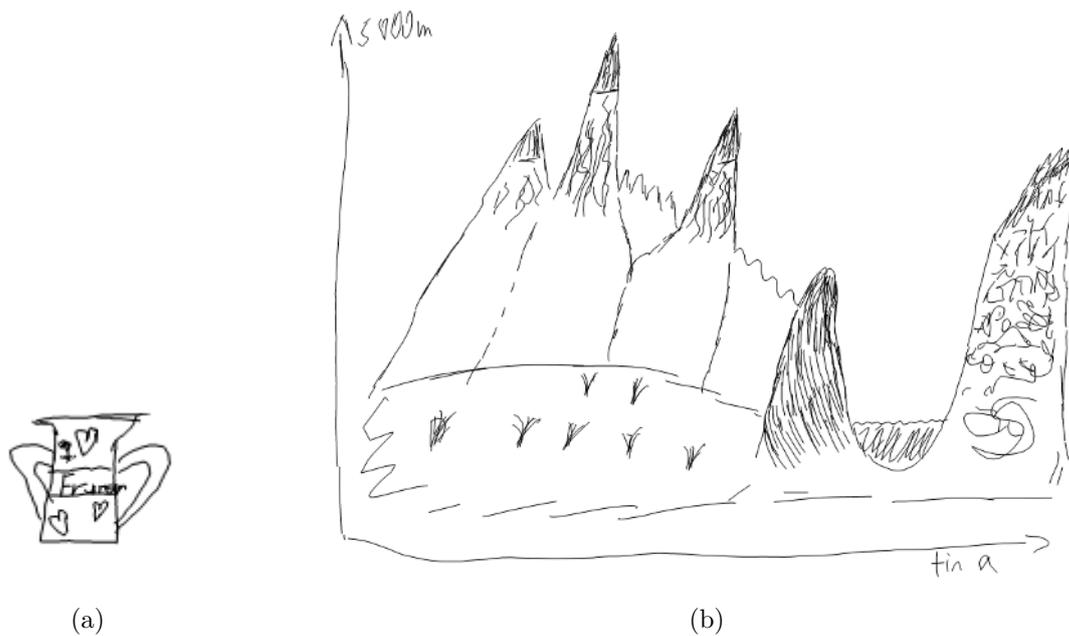


Abbildung 4.7.: Beispiele der Bilder der Vorübungen aus der Vorstudie a) zum Herkunftsbereich Tasse, b) zum Herkunftsbereich Gebirge.

Beim Herkunftsbereich Gebirge fiel außerdem auf, dass die Befragten nicht nur Eigenschaften der Person darstellten, sondern auch ihre Beziehung zu dieser Person in einer zeitlichen Dimension. Trotz dieser strukturellen Ähnlichkeit zwischen Vorübung und dem Zeichenauftrag, ließ sich kein Einfluss auf die Sinnbildung zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften identifizieren. In keinem Interview wurde im späteren Verlauf auf die Vorübung verwiesen oder eine ähnliche Zeichnung erstellt.

### Konsequenzen für die Hauptstudie

Die Ergebnisse der Vorstudie bestätigen die Fruchtbarkeit einer Vorübung zu metaphorischen Zeichnungen und zeigen keinerlei Nachteile oder Einflussnahme auf die Bearbeitung des Zeichenauftrages und damit auf die Sinnbildung der Befragten. In der Hauptstudie kam daher ebenfalls eine Vorübung zum Einsatz, wobei die oben genannte Aufgabe, eine Person als ein Gebirge darzustellen, genutzt wurde. Dies liegt in den vielseitigeren Ausge-

staltungsmöglichkeiten des Herkunftsbereiches Gebirge und in der Möglichkeit begründet, zeitliche Verläufe darzustellen.

### 4.3.2. Datenerhebung und Entwicklung des Interviewleitfadens

Zur Erhebung der verbalen Daten wurde ein Leitfaden entwickelt und dieser für die einzelnen methodischen Alternativen angepasst. So wurden fokussierte Interviews und/oder die Methode des lauten Denkens erprobt.

#### 4.3.2.1. Entwicklung des Leitfadens

##### Vorgehen

Der Interviewleitfaden wurde im Laufe der Vorstudie immer wieder überarbeitet und unter anderem an die verschiedenen methodischen Varianten (Lautes Denken, Vorübungen, verschiedene Herkunftsbereiche der Metaphern) angepasst. Das Grundgerüst des Leitfadens wurde mit Hilfe der SPSS-Methode nach Helfferich (2011, S. 182ff) in der Arbeitsgruppe Physikdidaktik der Universität Hamburg entwickelt und verfolgte entsprechend dem angestrebten Einsatz der dokumentarischen Methode das Ziel, möglichst erzählgenerierende und offene Fragen aufzugreifen. Die Bezeichnung SPSS-Methode geht auf ihre vier Arbeitsschritte zurück (Helfferich, 2011, S. 182):

1. Sammeln,
2. Prüfen,
3. Sortieren,
4. Subsummieren.

Das Verfahren „dient gleichzeitig der Vergegenwärtigung und dem Explizieren des eigenen theoretischen Vorwissens und der impliziten Erwartungen an die von den Interviewten zu produzierenden Erzählungen“ (Helfferich, 2011, S. 182) und greift damit das Gütekriterium der reflektierten Subjektivität (vgl. Kapitel 3.2.2) qualitativer Forschung auf. In Bezug auf das Ziel, dass die Befragten mit Hilfe ihres Bildes über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften sprechen, wurden im ersten Schritt abseits jeglicher Reflexion alle möglichen, spontan aufscheinenden Fragestellungen aufgeschrieben und laut vor der beteiligten Gruppe vorgelesen. So entstanden 50 Fragen, welche im folgenden Schritt der Prüfung im Hinblick auf das Forschungsinteresse analysiert wurden. Dabei wurden Fragen, die explizit nach dem Forschungsinteresse fragen, Wissen abfragen oder als Suggestivfragen anzusehen sind, aussortiert. Die übrigen Fragen wurden nun thematisch sortiert und ggf. im letzten Schritt zu offeneren Impulsen subsummiert oder hierarchisch in Hauptimpuls und mögliche Nachfragen eingeteilt. Die Formulierungen der Fragen wurden dahingehend geprüft, ob es sich um einen „möglichst erzählgenerierend wirkende[n] und möglichst wenig Präsuppositionen enthaltende[n] Impuls“ handelt, also möglichst wenig das Relevanzsystem des Forschers widerspiegelt wird (Helfferich, 2011, S. 185). So wurde beispielsweise

der Impuls: „Stell dir vor, ich könnte dein Bild nicht sehen, beschreibe es mir ganz genau“ umformuliert, um weniger auf Beschreibungen abzielen, sondern auch Erzählungen zuzulassen. Die erste Frage im Anschluss an das Zeichnen lautet daher: „Erzähl mir mit Hilfe deines Bildes etwas über die naturwissenschaftliche Forschung.“ Dabei wurde im Impuls bewusst nicht die zeitliche Komponente aufgegriffen, falls dieser Aspekt im Sinnbildungsprozess der Befragten eine weniger relevante Rolle gespielt hat. Die Interviewten sollten die Gelegenheit erhalten, erst einmal ganz allgemein über ihr Bild zu sprechen. Immanente Nachfragen, beispielsweise zu bestimmten Bildelementen zu denen sich nicht spontan geäußert wurde, wurden jeweils mit dem Fragewort „Inwiefern“ eingeleitet: „Inwiefern hat X eine Bedeutung für den Weg?“ Der so entwickelte Interviewleitfaden kam bei den ersten zehn Interviews zum Einsatz, wobei im Zuge dessen auch die Formulierung des Zeichenauftrages kommunikativ validiert wurde. Dazu sollten die Befragten nach dem Lesen des Zeichenauftrages erläutern, was ihnen durch den Kopf geht, welche Worte oder Sätze sie ggf. nicht verstanden haben und was sie als ihren Arbeitsauftrag sehen. Auf Grundlage der Erkenntnisse der ersten Interviews wurde der Leitfaden in einem zirkulären Prozess in insgesamt drei Phasen überarbeitet.

## **Ergebnisse**

In den ersten zehn Interviews zeigte sich, dass der offene Eingangsimpuls die Befragten zu Beschreibungen ihres Bildes und ihrer Bedeutungsübertragung anhält und durch Nachfragen ein Verständnis des metaphorischen Bildes durch den Interviewerin möglich wird. Es wurde jedoch auch deutlich, dass die Befragten die Interviewsituation als ungewöhnlich empfanden und erst im Verlaufe des Interviews ausführlicher antworteten. Für die folgenden Interviews wurden daher so genannte Eisbrecherfragen (Trautmann, 2010, S. 111) einbezogen, bei denen die Interviewten über ihre eigenen Interessen sprechen sollten und damit erst einmal über ein ihnen bekanntes Thema.

Im Verlaufe der Auswertung der ersten Interviews zeigte sich auch, dass Wissen über allgemeine Ideen zu Naturwissenschaften und die Beziehung der Befragten zu diesen bedeutsam zu sein scheinen. Daher wurden Fragen entwickelt, die spontane Gedanken zum Thema Naturwissenschaften ganz allgemein und Erfahrungen mit Naturwissenschaften ansprachen. Auf diese Art und Weise wurden die Befragten explizit dazu angehalten, von eigenen Erfahrungen zu berichten, die mit Naturwissenschaften in Verbindung stehen. Mit Bezug zu den Ergebnissen von Finson (2002) zum Draw-a-Scientist-Test, der feststellt, dass sich bei einer zweiten Zeichnung veränderte Darstellungen einstellten, wurde auch in dieser Studie die Möglichkeit zur Veränderung des Bildes gegeben. Dies liegt zusätzlich darin begründet, dass der Sinnbildungsprozess nicht als abgeschlossen angesehen wird. Die Impulse im Interview nehmen auf diesen Prozess möglicherweise weiterhin Einfluss, sodass die Befragten ihre Darstellung verändern oder ein gänzlich neues Bild anfertigen möchten. Im Zuge der kommunikativen Validierung der Formulierung des Zeichenauftrages wurde deutlich, dass die Befragten Begriffe und Aufgabenstellung verstanden und ebenfalls den

Fokus auf die zeitliche Komponente als zentral wahrnehmen. Hier war keine Veränderung notwendig.

### **Konsequenzen für die Hauptstudie**

Der Aufbau des Interviewleitfadens veränderte sich im Zuge der Vorstudie, auch abhängig von den eingesetzten verschiedenen methodischen Alternativen. Für die Hauptstudie kommt er in der folgenden grundsätzlichen Form zum Einsatz:

- Anfang: Erläuterung des Vorgehens, Anonymisierung, Interesse der Interviewerin an ausführlichen Erzählungen durch die Befragten.
- Eisbrecherfrage: Erzähl mir doch mal, was du gerne machst.
- Vorübung: Eine Person als Gebirge darstellen. Erzählgenerierende und immanente Nachfragen.
- Kontext: Wenn du an Naturwissenschaften denkst, was geht dir durch den Kopf? Erzähl doch mal.

Gab es Gelegenheiten, wo du mit Naturwissenschaften zu tun hattest?

- Zeichenauftrag: Naturwissenschaftliche Forschung als Weg darstellen. Erzählgenerierende und immanente Nachfragen.
- Abschluss: Du hast die Chance dein Bild zu verändern oder ein neues Bild zu malen.

Hast du noch einen Gedanken im Kopf, den du noch nicht äußern konntest?

Der vollständige Leitfaden findet sich in Anhang A.2. Die Formulierung des Zeichenauftrages war in jedem Interview identisch. Die Formulierungen der immanenten Nachfragen können variieren und wurden nur gestellt, wenn die befragte Person nicht bereits selbstständig das Thema angesprochen hatte. So wurde in jedem Interview beispielsweise über den Verlauf des Weges in der Zukunft gesprochen, jedoch an verschiedenen Stellen im Interviewverlauf. Sowohl die Reihenfolge, als auch die Formulierung der Fragen, wurde im Zuge der Auswertung berücksichtigt.

#### **4.3.2.2. Methode des periaktionalen lauten Denkens**

##### **Vorgehen**

Die bisherigen Erfahrungen der Vorstudie zeigten, dass fokussierte Interviews mit Zeichnung geeignet sind, um die Sinnbildung der Befragten zu initiieren und im Anschluss über die Bedeutungszuweisung zu sprechen. Alternativ zu diesem nachgelagerten Sprechen über das Bild wurde auch erprobt, ob periaktionales lautes Denken während des Zeichnens mehr Erkenntnisgewinn über den Sinnbildungsprozess mit sich bringt. Dazu erhielten drei Befragte nach einer zusätzlich integrierten Vorübung zum lauten Denken die Aufgabe, während des Zeichnens ihre Gedanken zu artikulieren. Die Interviewerin zog sich in dieser Phase aus dem direkten Blickfeld der Interviewten zurück.

## Ergebnisse

Bei allen drei Interviews wurde deutlich, dass nicht wie gewünscht, Hintergründe und tiefer liegende Begründungen für die Bildgestaltung in Bezug auf die naturwissenschaftliche Forschung genannt wurden, sondern lediglich eine Beschreibung dessen erfolgte, was in dem Moment gezeichnet wurde. Vielmehr war der Eindruck, dass die zeitgleiche Versprachlichung den Zeichenprozess behinderte. Es musste vergleichsweise langsam gesprochen oder schnell gezeichnet werden, um beide Prozesse zu synchronisieren. Es zeigte sich in keiner anderen Weise ein Vorteil gegenüber der nachgelagerten Befragung.

## Konsequenzen für die Hauptstudie

Da dieses Vorgehen in der Vorstudie bereits bei älteren Befragten (10. und 11. Klasse des Gymnasiums), die als weniger schüchtern und redefreudig beschrieben werden können, nicht ertragreich war, kam das periaktionale laute Denken in der Hauptstudie nicht zum Einsatz.

### 4.3.2.3. Methode des postaktionalen lauten Denkens

#### Vorgehen

Als Alternative zur zeitgleichen Versprachlichung wurde außerdem postaktionales lautes Denken eingesetzt. Dazu wurde ein so genannter *LifescrIBE*-Stift eingesetzt, der die Aufzeichnung des Zeichenprozesses ermöglicht, indem die Bewegungen des Stiftes auf dem Zeichenblatt, von der im Stift befindlichen Kamera, aufgezeichnet werden. So entsteht ein Video von der Entstehung des Bildes, ohne dass Personen im Bild zu sehen sind oder beispielsweise die Hände des Zeichners die Sicht versperren. Damit kann der Fokus allein auf die Entstehung des Bildes gerichtet werden, wobei zeitgleich zum Zeichnen getätigte Aussagen audiografiert werden.

Im Zuge des postaktionalen lauten Denkens konnten die Befragten ihren Zeichenprozess sofort im Anschluss an das Zeichnen auf einem Laptop anschauen. Sie erhielten den Auftrag, während des Anschauens des Videos zu erläutern, was ihnen beim Zeichnen durch den Kopf gegangen ist. Dabei hatten sie jeder Zeit die Möglichkeit das Video anzuhalten, um ausführlicher zu erläutern. Dieses Vorgehen wurde mit acht Kindern und Jugendlichen verschiedenen Alters durchgeführt und teilweise mit weiteren Nachfragen aus dem oben beschriebenen Leitfaden ergänzt und so eine Verknüpfung von lautem Denken und Interview erprobt.

## Ergebnisse

Das postaktionale laute Denken kann als weniger problematisch als das periaktionale bezeichnet werden. Die Befragten äußerten vielfach ihr Interesse am Video über den eigenen Zeichenprozess und waren motiviert, sich diesen anzusehen. In den meisten Fällen ent-

stand eine detaillierte und strukturierte Beschreibung des Bildes. Beispielhaft wird hier ein Ausschnitt aus dem Interview mit einem 13-jährigen Jungen dargestellt:

„also gerade hab ich gedacht ich kann erst mal einen weg malen. [Interviewerin: jmhm] ja und denn hab ich angefangen die steine zu malen.(1) ja und denn dass sie immer weniger werden. die steine zuerst hatte ich ganz VIELE steine und dann wurden die steine immer weniger. ja das wars eigentlich ersmal [Interviewerin: mhm].“[T5B9M-Vor, Z. 43 - 46]

Auch hier beschreibt der Jugendliche lediglich, was er gezeichnet hat und erläutert nicht, wie erhofft, die Bedeutungen der Bildelemente. In keinem Fall wurde von den Interviewten die Möglichkeit genutzt das Video anzuhalten, um ausführlicher über die eigenen Gedanken zu berichten. Es entstand eher der Eindruck, dass die Befragten vom Video in ihrem Redefluss ausgebremst wurden, weil sie warten mussten bis die entsprechende Stelle kommt, zu der sie gerne etwas sagen wollten. Probleme zeigten sich bei wenig detailreichen Zeichnungen, da das Video aus wenigen Sekunden bestand. Dort war ein erneutes Betrachten des Prozesses überflüssig. Bei dem anderen Extrem, besonders detaillierten Zeichnungen, ergab sich das Problem, dass der Zeichenprozess an sich schon sehr zeitintensiv war. Ein erneutes Betrachten, selbst mit höherer Geschwindigkeit, führte zu sehr langen Interviewzeiten.

Der Einsatz des Videostiftes wurde von keinem Interviewten als störend beschrieben. Ganz im Gegenteil waren viele interessiert an dessen Funktion und wollten gerne das Video sehen. Der Stift hat im Gegensatz zu einer normalen Kamera den Vorteil, dass er unscheinbar ist, die Aufzeichnung schnell in Vergessenheit gerät und er wie ein normaler Stift wahrgenommen wird. Nicht man selbst, sondern nur die Bewegung des Stiftes auf dem Papier wird aufgenommen. Für die Auswertung stehen so außerdem die Informationen bereit, in welcher Reihenfolge Elemente gemalt wurden, ob und wann Dinge weggestrichen, verändert oder übermalt wurden und wann Pausen gemacht wurden. Darüber hinaus werden Aussagen, die während des Zeichnens getätigt werden, aufgezeichnet, sodass eine genaue Verortung im Zeichenprozess möglich wird. Dabei konnten sich die Befragten im Zuge der Vorübung an die Funktionsweise des Stiftes gewöhnen.

#### **Konsequenzen für die Hauptstudie**

Das Vorgehen mittels postaktionalem lauten Denken führte nicht zu deutlich ausführlicheren oder detaillierteren Erzählungen über den Zeichenprozess. Ganz im Gegenteil, war dieses Vorgehen in einigen Fällen eher störend für den Redefluss. Darüber hinaus traten die Schüler\_innen vielfach mit der Interviewerin, die das Video startete und sich, zwar zurückgezogen, aber immer noch im Raum befand, in Interaktion. Die Befragten hatten scheinbar aufgrund der Situation das Gefühl ihre Zeichnungen rechtfertigen und weniger ihre Gedanken frei äußern zu sollen.

Im Vergleich zum Vorgehen mittels nachgelagerter Befragung zeigte sich außerdem kein Vorteil, sodass auch das postaktionale laute Denken nicht in der Hauptstudie eingesetzt

wurde. Als weniger problematisch zeigte sich die Aufzeichnung des Zeichenprozesses mittels des *Lifescrcribe*-Stiftes. Da Informationen zum Zeichenprozess als potentiell relevant für ein umfassendes Verständnis von Zeichnung und Interview angesehen werden, kam der Stift auch in der Hauptstudie zum Einsatz.

### 4.3.3. Auswertung

In Bezug auf die Auswertung wurde der Einsatz der dokumentarischen Methode sowohl für die verbalen Daten, als auch für die Bilder erprobt.

#### Vorgehen

Im Rahmen der Vorstudie wurden sechs Fälle vollständig interpretiert, wobei sowohl das Interviewmaterial als auch das entstandene Bild mit der dokumentarischen Methode analysiert wurden. Das Vorgehen der einzelnen Auswertungsschritte wurden bereits in Kapitel 3.2.4 ausführlich beschrieben. Eine Typenbildung fand nicht statt. Dabei wurden die Interpretationen in verschiedenen Interpretationsgruppen abgesichert und diskutiert, inwiefern die Methode geeignet ist, um die Forschungsfragen dieser Arbeit zu beantworten.

Auch die Auswertung der Bilder fand mit Hilfe der dokumentarischen Bildinterpretation statt. Da sich das Forschungsinteresse auf die Bildproduzenten bezieht und in keinem der Bilder Personen abgebildet sind, fanden im Zuge der reflektierenden Interpretation nur die beiden Auswertungsschritte *perspektivische Projektion* und *planimetrische Ganzheitsstruktur* Anwendung. Eben diese sind für die Rekonstruktion des konjunktiven Wissens der Bildersteller relevant (vgl. Kapitel 3.2.4.3). Drei der sechs Bildinterpretationen wurden in Interpretationsgruppen besprochen und der Ertrag der Auswertung diskutiert.

#### Ergebnisse

Ergebnisse der Textinterpretation werden an dieser Stelle nur kurz und ohne Beispiele zusammengefasst, um die Entscheidung für die Hauptstudie plausibel zu machen. Es zeigte sich, dass mit Hilfe der dokumentarischen Analyse der Interviews sowohl die Identifikation von Vorstellungen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften, als auch die Rekonstruktion von Anteilen der Tiefendimension der Schülerperspektive möglich ist. Dies wird ausführlich an einem Beispiel in Kapitel 5.1.4 gezeigt, weshalb an dieser Stelle auf die Darstellung konkreter Ergebnisse der Vorstudie verzichtet wird.

Im Rahmen der Vorstudie wurde aber auch deutlich, dass nicht nur Fragen konkret zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften für die Rekonstruktion von Orientierungsrahmen relevant sind, sodass weitere stärker allgemeine Fragen zu Naturwissenschaften in den Interviewleitfaden integriert wurden.

Die Ergebnisse der Bildinterpretationen werden an dieser Stelle breiter dargestellt, da sich bei der Auswertung der Zeichnungen verschiedene Schwierigkeiten ergaben. Bereits die ikonografische Beschreibung dessen, was im Bild dargestellt ist, stellte die Interpreten

vor Schwierigkeiten, wenn sie den Interviewtext nicht kannten. Teilweise waren Objekte schwer zu erkennen und konnten nicht sinnvoll mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften in Verbindung gebracht werden. Dies kann als erster Hinweis darauf gedeutet werden, dass Bild und Interview für eine separate Interpretation als zu stark miteinander verknüpft anzusehen sind.

Auch die Analyse der Perspektivität im Zuge des zweiten Auswertungsschrittes war unabhängig vom Interview nicht in allen Fällen eindeutig zu klären. So zeigte sich im Zuge der Interpretation der verbalen Daten, dass das 10-jährige Mädchen E6L6W in ihrem Bild Perspektivität nicht eindeutig herstellt (vgl. Abbildung 4.8 a)). Zwar wurde eine Draufsicht auf den Weg gezeichnet, in der Analyse des Interviews wurde jedoch deutlich, dass die Aufteilung des Weges dreidimensional zu sehen ist und damit die Ebene des Zeichenblattes verlässt. Dies konnte erst mit Hilfe des Interviews eindeutig geklärt werden und spricht gegen eine separate Analyse der beiden Datenarten.

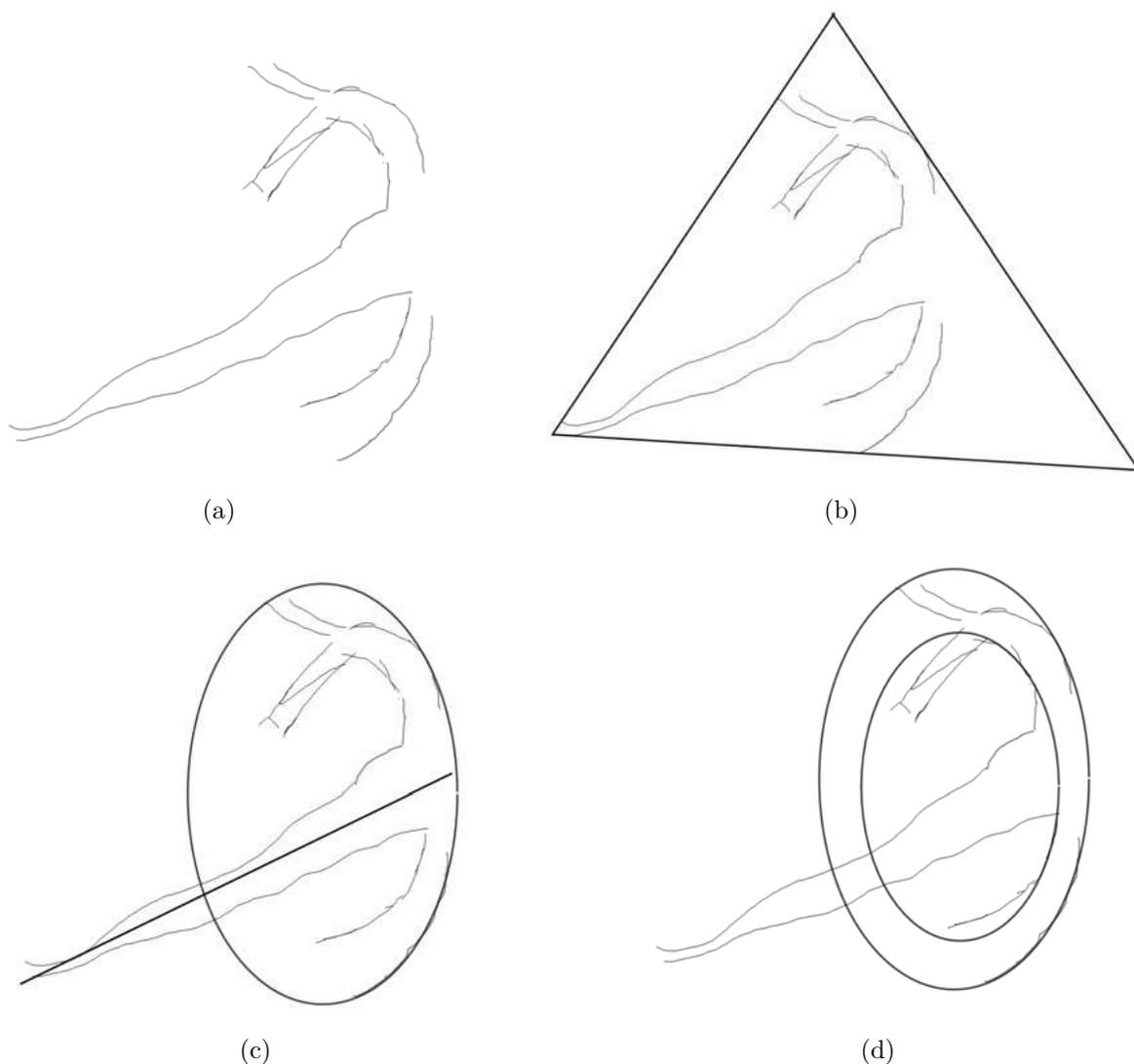


Abbildung 4.8.: Erprobung der dokumentarischen Bildinterpretation a) Zeichnung von E6L6W, b) - d) Planimetrische Analyse der Zeichnung.

Im Schritt der planimetrischen Ganzheitsstruktur wurden in den Bildern verschiedenste Strukturen identifiziert (vgl. beispielsweise Abbildung 4.8 b) - d)), jedoch in den Interpretationsgruppen keine Einigkeit hergestellt, welche dieser Strukturen die Komposition des Bildes in Gänze bestimmt. In Fall b) zeigt sich eine Rahmung der gesamten Zeichnung in einem gleichschenkligen Dreieck. Dies verweist auf einen symmetrischen Aufbau der Zeichnung und beschreibt vom Ursprung in der linken unteren Ecke des Dreiecks eine Aufweitung der genutzten Zeichenfläche. Gleichzeitig zur Steigerung der Wegbreite des linken Weges, nimmt auch die gesamte von der Zeichnung eingenommene Fläche zu und betont damit diese Eigenschaft der steigenden Wegbreite.

In Fall c) werden zwei verschiedene Bereiche im Bild fokussiert. Zum einen der Anstieg der Struktur im linken Bildbereich, zum anderen die Aufteilung des Weges im rechten Bildbereich. Durch das Oval wird die Verbundenheit der kurvenförmigen Wegteile deutlich. Durch diese planimetrische Ganzheitsstruktur deutet sich die Verschiedenheit zwischen Anstieg links und Aufteilung in mehrere Wege rechts an. In Fall d) wird neben der Ähnlichkeit der kurvenförmigen Wegstücke, außerdem der nach unten verlaufende Abzweig im oberen Bildbereich eingerahmt. Der zweite Aufteilungspunkt des Weges im oberen Bildbereich wird betont.

Möglicherweise beschreiben all diese planimetrischen Strukturen bedeutsame Eigenschaften des Bildes oder aber es gibt weitere. Aufgrund dieser Uneindeutigkeit wurde kein gesicherter Erkenntniswert durch die alleinige Analyse des Bildes möglich. Vielmehr zeigte sich erst im Zuge der Interpretation des dazugehörigen Interviews, dass für diese Schülerin Steigerungen in drei Dimensionen zentral sind: 1) Steigerung der Quantität an Wissen (Wegbreite), 2) Steigerung der Wissensqualität (Steigung des Weges von links nach rechts) und 3) Steigerung der inhaltlichen Spezialisierung (Aufteilung des Weges in insgesamt drei Wege). Diese drei Ebenen der Steigerung werden durch die verschiedenen planimetrischen Analysen unterstrichen, eine nachvollziehbare Interpretation wurde jedoch erst durch Kopplung aus Interview und Bild möglich. So zeigte sich auch hier, dass die beiden Datenarten als stark miteinander verwoben anzusehen sind.

Im Zuge der Erprobung ergab sich außerdem das Problem, dass für detailarme Bilder, die beispielsweise wie bei K1W1M nur aus einer Linie bestanden (vgl. Abbildung 4.5 d)), keine planimetrische Ganzheitsstruktur zu erkennen war.

### **Konsequenzen für die Hauptstudie**

In Bezug auf das Interviewmaterial zeigt sich der Einsatz der dokumentarischen Methode als fruchtbar und ermöglicht die Bearbeitung beider Forschungsfragen.

Auch wenn die dokumentarische Bildinterpretation beispielsweise von Wopfner (2012) erfolgreich in Bezug auf Kinderzeichnungen eingesetzt wurde, zeigt sich eine separate Analyse der Zeichnungen in dieser Studie als weniger hilfreich. Der Aufwand der Auswertung ist im Hinblick auf das Erkenntnisinteresse als nicht gerechtfertigt zu bewerten. Vielmehr wurde deutlich, dass Bild und Erläuterungen in den Interviews eng miteinander verknüpft

sind und daher auch in der Auswertung diese Verknüpfung Berücksichtigung finden muss. Metaphorische Zeichnungen stehen nicht für sich selbst und andersherum werden die verbalen Daten erst durch Verweise auf das Bild verständlich. Eine vollständige Auswertung der Zeichnungen mit der dokumentarischen Methode ohne Hintergrundinformationen aus dem Interview wurde in der Vorstudie als spekulativ deutlich und daher für die Hauptstudie ausgeschlossen. Die Zeichnungen sind als Stimulus der Sinnbildung zu verstehen und werden daher in der Hauptstudie nicht separat ausgewertet.

### 4.4. Diskussion der Ergebnisse

Die Vorstudie ermöglichte die Erprobung verschiedenster methodischer Vorgehensweisen, sodass methodische Entscheidungen für die Hauptstudie empirisch begründet getroffen werden können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass keinesfalls eine vollständige Analyse des Materials der Vorstudie stattgefunden hat. Viele Erkenntnisse beziehen sich auf vergleichende Eindrücke der Befragungen. Es soll an dieser Stelle also die Allgemeingültigkeit der Ergebnisse eingeschränkt und darauf verwiesen werden, dass die Vorstudie lediglich Hinweise für die Hauptstudie gibt. Die Erkenntnisse der Vorstudie decken sich weitgehend mit den theoretischen Annahmen bzw. bestehenden empirischen Befunden zur Vorgabe des Herkunftsbereiches *Weg*, zur Altersabhängigkeit der Metaphorisierungsfähigkeit und zur engen Verknüpfung zwischen verbalen Daten und metaphorischer Zeichnung. Das in der Hauptstudie eingesetzte Vorgehen der Datenerhebung wird im folgenden Teil zusammenfassend beschrieben und das konkrete Vorgehen der Auswertung an einem Beispiel verdeutlicht. Anschließend werden die Ergebnisse der Hauptstudie dargestellt.



# 5. Hauptstudie

## 5.1. Methodisches Vorgehen

In diesem Kapitel wird das methodische Vorgehen der Hauptstudie beschrieben, wie es auf Grundlage der Erkenntnisse der Vorstudie gewählt wurde. Darüber hinaus findet eine Beschreibung des Samples und des Vorgehens der Datenaufbereitung statt. Den größten Anteil nimmt die beispielhafte Interpretation mehrerer Interviewpassagen ein, um das Vorgehen der Auswertung mit der dokumentarischen Methode nachvollziehbar zu machen. Ziel dieses Kapitels ist es also auch, das konkrete Vorgehen der Rekonstruktion von Orientierungsrahmen und -schemata zu verdeutlichen.

### 5.1.1. Beschreibung der Datenerhebungssituation

Die Erkenntnisse der Vorstudie ermöglichten die Formulierung von Konsequenzen für das methodische Vorgehen der Datenerhebung und Auswertung der Hauptstudie. Diese Konsequenzen wurden in Kapitel 4.3 dargestellt und führen zu der nun folgend beschriebenen Datenerhebungssituation der Hauptstudie:

In der Hauptstudie wurden fokussierte Interviews geführt, die durch einen Interviewleitfaden mit offenen, erzählgenerierenden Fragen strukturiert wurden. Zur Initiierung des Sinnbildungsprozesses zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften erhielten die Befragten nach ersten Eisbrecherfragen und Übungsaufgaben einen Zeichenauftrag. Dieser umfasst die Aufgabe, die zeitliche Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung metaphorisch als einen Weg darzustellen (für die genaue Aufgabenstellung siehe Kapitel 4.3.1). Der Zeichenprozess wurde durch den Einsatz eines Life-Scribe-Stiftes aufgezeichnet, sodass der Entstehungsprozess des Bildes im Anschluss als Video-Datei vorlag. Die Äußerungen im Interview hingegen lagen als Audiodatei vor.

Um sich mit diesem speziellen Stift und der Erstellung einer metaphorischen Zeichnung vertraut zu machen, erhielten die Befragten vor der eigentlichen Zeichenaufgabe eine Vorübung zum Zeichnen, die noch nicht eine zeitliche Komponente oder den Kontext Naturwissenschaften thematisierte. Im Anschluss an das Zeichnen erläuterten die Befragten jeweils ihr Bild und die Interviewerin hatte die Gelegenheit, Nachfragen zu stellen. Da vielfach durch Zeigen mit Fingern auf das Bild verwiesen wurde, wurden das Zeichenblatt und die Hände von Interviewerin und interviewter Person auf Video aufgenommen.

Nach dem Interview füllten die Teilnehmenden einen Fragebogen zu den Eckdaten ihrer Person (Alter, Geschlecht, Beruf der Eltern, Interessen an Schulfächern, Berufswunsch etc.) aus. Zusätzlich kamen Skalen zum Verständnis der NdN, zum Interesse an und Selbstwirksamkeitserwartungen in Naturwissenschaften und Geschichte übernommen aus Willems (2007), Pawek (2009), Rost und Sparfeldt (2002), Kremer (2010) und Borries (1995) zum Einsatz<sup>1</sup>. Der Fragebogen wurde nach dem Interview eingesetzt, um eine Einflussnahme der Fragen auf den Sinnbildungsprozess auszuschließen. Er ist in Anhang A.3 vollständig gezeigt.

### 5.1.2. Sample

In der Hauptstudie wurden aus verschiedenen Gründen Kinder und Jugendliche, die sich in Bezug auf verschiedene Aspekte unterscheiden, befragt. So mussten zur Bearbeitung der ersten Forschungsfrage verschiedene Altersgruppen berücksichtigt werden. Darüber hinaus geben bestehende fachdidaktische Untersuchungen Hinweise darauf, dass das Interesse an naturwissenschaftlichen Themen geschlechtsspezifisch ist (Hoffmann, 1997, S. 19ff) und dass Vorstellungen zur NdN je nach Kultur und inhaltlicher Ausrichtung des Studienfaches verschieden ausgeprägt sind (Deng et al., 2011, S. 979). Um möglichst umfassend die Verschiedenheit der Vorstellungen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften identifizieren zu können, fand daher in der ersten Phase der Datenerhebung eine Berücksichtigung von Schüler\_innen statt, die sich in den Merkmalen Alter, Geschlecht und gewähltem Profulfach (wie es vielfach ab der 10. Klasse der Fall ist) unterschieden.

Darüber hinaus liegt die angestrebte Verschiedenheit der interviewten Schüler\_innen in der Auswertungsmethode und dem Ziel der zweiten Forschungsfrage begründet. Für den falllexmanenten Vergleich und die Identifikation heterologer Fälle, waren Interviews mit Personen mit ganz unterschiedlichen Erfahrungen notwendig. Im Sinne des *theoretical samplings* in Anlehnung an Glaser und Strauss (2008, S. 53ff) zeigt sich erst im Verlauf der Datenauswertung, welche Fälle sinnvollerweise als nächstes erhoben werden sollen. Dabei werden sukzessive Personen „nach ihrem (zu erwartenden) Gehalt an Neuem“ in die Erhebung einbezogen (Flick, 2014, S. 159). Das theoretical sampling wurde auch in der vorliegenden Arbeit berücksichtigt, indem auf die erste Phase der Datenerhebung und zumindest oberflächlicher Auswertung<sup>2</sup> dieser, weitere folgten. Aus diesem Grund war auch die genaue Größe des Samples nicht im Vorwege der Datenerhebung festzulegen, sondern erst einmal nur durch den begrenzten Zeitrahmen dieses Projektes eingeschränkt.

---

<sup>1</sup>Diese Skalen wurden nicht in der Auswertung berücksichtigt, da aufgrund zu geringer Samplegröße keine statistisch belastbaren Aussagen möglich waren und die Eigenschaften der Skalen keine Aussagen auf Individualebene zuließen. Die Informationen zu den Personen wurden zur detaillierteren Beschreibung des Samples genutzt und wo es sich im Zuge der Auswertung als sinnvoll andeutete, herangezogen.

<sup>2</sup>Das theoretical sampling erfolgte nicht auf Grundlage einer vollständigen dokumentarischen Analyse, sondern stärker in Bezug auf Oberflächenmerkmale der Interviews. Dies wird folgend erläutert und in der methodischen kritischen Diskussion der Arbeit in Kapitel 5.5 reflektiert.

Tabelle 5.1.: Übersicht des Samples der Hauptstudie. n = 33

	Klasse 6	Klasse 9	Klasse 11/12
Stadtteilschule	2 m, 1 w	5 m, 3 w	2 m, 3 w
Gymnasium	2 m, 4 w	2 m, 2 w	4 m, 3 w

Die ersten Interviews wurden mit Schüler\_innen der Klassenstufen 6, 9 und 11 (an Gymnasien) und 12 (an Stadtteilschulen)<sup>3</sup> unterschiedlichen Geschlechts geführt. Die Rekrutierung der Teilnehmer\_innen erfolgte über die jeweilige Schule. Dazu wurde im Fachunterricht eines beliebigen Faches auf das Projekt aufmerksam gemacht und um Unterstützung in Form eines freiwilligen Interviews außerhalb der Schulzeit, in den Räumlichkeiten der Schule gebeten. Dabei wurde das Thema des Interviews bewusst nicht ausgeführt, sondern lediglich darauf hingewiesen, dass die spontanen Gedanken der Befragten zu verschiedenen Themen von Interesse sind und es sich nicht um einen Wissenstest handelt. Als Anreiz wurden Incentives geboten.

Im Laufe der ersten Interviews an zwei Schulen in einem Stadtteil im Hamburger Randgebiet mit einem KESS-Index<sup>4</sup> von 5 bzw. 6 zeigte sich, dass die Befragten sehr differenziert und teilweise mit detaillierten Bezügen zum Schulunterricht über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften sprachen. Dabei hatten nur wenige der Befragten einen Migrationshintergrund, welcher möglicherweise auch als relevante Dimension Einfluss auf die Sinnbildung und Äußerung von Vorstellungen der Interviewten nehmen könnte. Um maximale Kontraste zu ermöglichen, wurden daher in einer zweiten Erhebungsphase Interviews an einer Stadtteilschule im Osten Hamburgs mit einem KESS-Index von 1 geführt. Bereits bei der oberflächlichen Betrachtung der Interviews fiel auf, dass im Rahmen des vorgegebenen Themas andere Schwerpunkte gelegt wurden. Es zeigte sich bei Erhebungen an dieser Schule aber auch, dass mehreren Schüler\_innen die metaphorische Übertragung nicht gelang (sie besuchten die 6. oder 9. Klasse). Es wurden daher weitere Interviews an einem Gymnasium in der Nähe geführt, welches einen KESS-Index von 3 aufweist. Auch wenn der KESS-Index keine Aussage über die einzelnen Schüler\_innen ermöglicht, ist doch die Wahrscheinlichkeit höher, dass die auf diese Weise ausgewählten Schüler\_innen aus verschiedenen Umfeldern stammen und unterschiedlichen konjunktiven Erfahrungsräumen angehören.

Im Zuge der Hauptstudie wurden 42 Interviews geführt, von denen neun nicht in die Auswertung einbezogen wurden, weil den Befragten die Erstellung einer metaphorischen

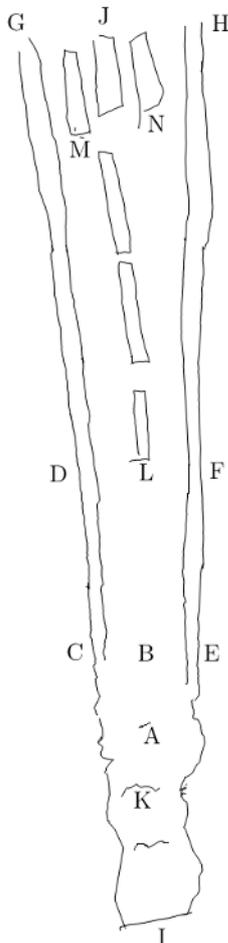
<sup>3</sup>Stadtteilschulen sind in Hamburg Gesamtschulen, auf denen sowohl der mittlere Schulabschluss, als auch das Abitur nach 13 Jahren absolviert werden kann. Hingegen wird an Gymnasien nach 12 Jahren das Abitur gemacht. Um die Datenerhebung nicht in die vorbereitungsintensive Abiturzeit fallen zu lassen, wurden an den Schulformen jeweils der Jahrgang vor dem Abitur gewählt.

<sup>4</sup>Der KESS-Index wird für alle Schulen Hamburgs vom Institut für Bildungsmonitoring berechnet und bildet die „soziale Belastung“ der Schule ab (Schulte, Hartig & Pietsch, 2014, S. 67). Die Werte von 1 bis 6 bilden die Skala, auf Grundlage dessen den Schulen Unterstützungsmaßnahmen zugewiesen werden: 1 - hoher Anteil an Unterstützung durch die Stadt, 6 - niedriger Anteil an Unterstützung.

Zeichnung nicht gelang und damit die Beschäftigung mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften nicht sinnvoll initiiert werden konnte. Die Zusammensetzung des Samples, für diese Darstellung sortiert nach Schulformen, Klassenstufen und mit der Angabe des Geschlechts, ist in Tabelle 5.1 dargestellt.

### 5.1.3. Aufbereitung und Verwaltung der Daten

Für die Auswertung der Interviews mit Hilfe der dokumentarischen Methode war es notwendig, die verbalen Daten, die in Form von Audiodateien vorlagen, in Text zu überführen. Dazu kam das im Anhang A.1 dargestellte Transkriptionsmanual zum Einsatz. Die Interviews wurden in einem ersten Schritt wortgetreu transkribiert. Satzabbrüche und Pausen im Text markiert. In einem zweiten Schritt wurde die Länge der Pausen bestimmt und Betonungen der Worte durch das Schreiben in Großbuchstaben markiert. Auf diese Art und Weise wurde das Wie des Sprechens möglichst genau in Schriftsprache überführt. In einem dritten Schritt wurde der Zusammenhang zwischen Bild und Interview hergestellt. Dazu wurde das Video, welches das Zeichenblatt zeigte, genutzt und an den entsprechenden Stellen im Transkript durch „((zeigt auf X))“ auf eine bestimmte Position X im Bild verwiesen. Diese Position wurde durch das Einfügen von Buchstaben im digital zur Verfügung stehenden Bild markiert (vgl. Abbildung links).



Befinden sich in den folgenden Darstellungen von Schülerzeichnungen einzelne Großbuchstaben, so sind diese im Zuge der Aufbereitung der Daten von der Forscherin eingefügt worden und gehören nicht zum eigentlichen Bild.

Paul: äh das das hier ((zeigt auf A)) halt ähm HUBBEL sind die erde total schleCHT is und halt ähm (1) hier is der weg noch so: eher son PFAD bis hier. [Interviewerin: mhm] entwickelt er sich wird son bisschen GRÖßer ((zeigt auf B)). (.) und ja hier wird er dann richtig beNUTZT also faktisch mehr hier ist nur ein pfa::d so IDEEN faktisch. und hier ((zeigt auf D)) wird das dann richtig zu:: BERUFE und so, und entwickelt sich so weIter und wird total wichtiges thema und so was. (Z. 301 - 308)

Für die Strukturierung der verschiedenen Datenarten (Audiodatei, Transkript, Video des Zeichenprozesses, Video der Verweise auf das Bild, Fragebogen, Zeichnungen) und die entsprechenden Dokumente der Auswertung, wurde ein Datenbanksystem entwickelt. Mit Hilfe des Programms *filemaker* wurden die verschiedenen Dateien (Erhebung und Auswertung) mit dem entsprechenden Fall verknüpft. Darüber hinaus ist eine Verschlagwortung der Fälle, ebenso wie eine

Volltextsuche in allen Textdateien möglich. So war es möglich, gleichzeitig alle Transkripte nach verwendeten Worten zu durchsuchen und so Ähnlichkeiten in den Interpretationstexten zu identifizieren. Mit eigens erstellten Druckmasken ist es außerdem möglich, Datensätze nach bestimmten Auswahlkriterien zu sortieren und zu exportieren. Dieses Vorgehen erwies sich als hilfreich, um sich nicht in der Vielzahl an Einzeldokumenten zu verlieren und schneller Ähnlichkeiten identifizieren zu können.

### **5.1.4. Auswertung mittels dokumentarischer Methode – Das Beispiel „Claas“**

Die Darstellung dieses Beispiels übernimmt mehrere Funktionen: Zum einen soll das Vorgehen der Auswertung mittels der dokumentarischen Methode beispielhaft verdeutlicht werden, da im Folgenden aufgrund des Umfangs der entstandenen Auswertungstexte eine vollständige Abbildung dieser nicht möglich sein wird. An dieser Stelle wird exemplarisch gezeigt, wie Orientierungsschemata und Orientierungsrahmen im Zuge der sequenziellen, komparativen Analyse herausgearbeitet wurden.

Zum anderen wird im Verlaufe dieses Beispiels der in jedem Interview identisch vorgetragene Zeichenauftrag dokumentarisch interpretiert. Dieser Auftrag schränkt die Beschäftigung der Schüler\_innen mit dem Thema ein und ist damit als Teil der Daten zu verstehen, welcher Einfluss auf den weiteren Interviewverlauf nimmt. Eine valide Interpretation des von den Schüler\_innen Gesagten ist daher erst möglich, wenn auch der Zeichenauftrag analysiert worden ist. Die Darstellung der Interpretation erfolgt aus Platzgründen ausschließlich hier, wurde jedoch bei der Auswertung aller Fälle berücksichtigt und wird in den sich anschließenden Ergebnisdarstellungen als bekannt vorausgesetzt.

Als Beispiel dient der Fall Claas, ein 15-jähriger Gymnasiast, der zum Zeitpunkt des Interviews die 9. Klasse besucht. Das Transkript wurde in Passagen unterteilt, in denen sich der Interviewte mit einem Thema beschäftigt. Innerhalb größerer Passagen kann es mehrere Abschnitte geben. Dabei wird innerhalb der dargestellten Passagen des Interviews sequenziell vorgegangen. Insgesamt werden vier Passagen dargestellt, um das Vorgehen der Auswertung zu verdeutlichen.

Für die erste dargestellte Passage wird vollständig die formulierende Interpretation, mikrosprachliche Feinanalyse und reflektierende Interpretation gezeigt. Der Lesbarkeit halber erfolgt ab der zweiten Passage einerseits eine platzsparende Darstellung der Transkriptstellen und wird andererseits lediglich die reflektierende Interpretation dargestellt, da dieser Arbeitsschritt der Auswertung besonders relevant für die Rekonstruktion von Orientierungsschemata und -rahmen ist.

## Interpretation der Eingangspassage

135 **Interviewer: ja sehr gut dann legen wir das einmal zur**  
 136 **seite und kommen mal zu einem ganz andern thema**  
 137 **und zwar wenn du an naturwissenschaften denkst**  
 138 **was geht dir da durch den kopf? 00:09:05-2**  
 139 A8POM: ähm da war:: geht mir durch den kopf bÄUme::  
 140 (.) t-tiere:. also bisschn pflANZen halt so was so  
 141 natÜRLICH is. und (.) die WILDnis. (1) [Interviewer:  
 142 mhm,] (1) das war's schon. 00:09:20-3  
 143 (3)

Die gezeigte Passage schließt direkt an die Vorübungen an, stellt damit die erste in allen Interviews ausgewertete Passage dar und wird daher als Eingangspassage bezeichnet. Als erster Auswertungsschritt fand die *formulierende Interpretation* statt (vgl. Kapitel 3.2.4.2). Dabei wurde das Interview in inhaltliche Abschnitte unterteilt, Ober- und ggf. Unterthemen formuliert und in einer tabellarischen Übersicht das Gesagte paraphrasiert (I steht für Interviewerin, S für Schüler):

Zeile	Paraphrasierung
	Oberthema: spontane Gedanken zu Naturwissenschaften
135 - 136	I: Wir legen dies zur Seite und kommen zu einem anderen Thema.
137 - 138	I: Was geht dir durch den Kopf wenn du an Naturwissenschaft denkst?
139 - 140	S: Mir geht durch den Kopf: Bäume, Tiere, Pflanzen.
140 - 141	S: Was natürlich ist und die Wildnis
142	S: das war's schon.

Auf Grundlage der Ober- bzw. bei längeren Passagen auch Unterthemen war es möglich, im weiteren Verlauf der Auswertung inhaltlich ähnliche Abschnitte desselben und anderer Interviews zu identifizieren und miteinander zu vergleichen. Im sich anschließenden Schritt der *reflektierenden Interpretation* fand zuerst eine mikrosprachliche Feinanalyse statt. Lexikalische, grammatikalische und syntaktische Besonderheiten, die teilweise erst im Vergleich mit anderen Fällen deutlich geworden sind, wurden hervorgehoben und beschrieben.

In der Aussage der Interviewerin fällt ein Wechsel der Pronomina von der ersten Person Plural zur zweiten Person Singular auf. Bei Claas dargestellter Antwort fällt auf, dass er sofort im Anschluss an den Impuls der Interviewerin antwortet und nicht wie an anderen Stellen eine Pause entsteht. Anschließend werden Worte des Impulses wiederholt und danach Nomen in einer Art Aufzählung aneinander gereiht. Im Kontrast dazu fällt das diese Aufzählung unterbrechende Wort „natÜRLICH“ auf. Im Zuge der weiteren reflektierenden Interpretation gilt es nun die Bedeutung zu rekonstruieren, die die beschriebene Art der Wortwahl transportiert. Die Interpretation des Impulses der Interviewerin wird an dieser Stelle aus Platzgründen nicht gezeigt, sondern lediglich beispielhaft für den Zei-

chenauftrag dargestellt, fand aber ebenfalls für alle anderen Impulse statt und wurde im Zuge der Interpretation berücksichtigt.

Auf der expliziten Ebene bringt Claas mit Naturwissenschaften Naturobjekte<sup>5</sup> in Verbindung. So wird (vor allem im Vergleich zu anderen Fällen) der Kontext Natur als relevant deutlich. Als kommunikatives Wissen und damit als Orientierungsschema deutet sich an, dass der Schüler mit dem Begriff „naturwissenschaften“ vorrangig Natur in Verbindung bringt. Es bleibt am weiteren Material zu prüfen, ob dies spezifisch für den Oberbegriff „naturwissenschaften“ ist oder sich auch in Bezug auf die naturwissenschaftliche Forschung zeigt, die im weiteren Verlauf des Interviews thematisiert wird.

Claas beginnt eine Aussage, die sich mit dem Adverb „da“ möglicherweise auf etwas Lokales bezieht. Er spricht über die Vergangenheit („war“), bricht die Aussage nach einem gedehnt gesprochenen Wort jedoch ab und greift Worte der Frage auf, um seine Antwort einzuleiten. Da er die Frage wortgetreu aber aus seiner Perspektive („mir“) wiederholt, könnte auch das zuvor verwendete Wort „da“ eine Wiederholung der Aussage der Interviewerin darstellen. Die eingeleitete Antwort auf die Frage stellt eine Aufzählung zweier Nomen aus dem Bereich Natur dar. Das Adverb „also“ (Z. 149) scheint eine Konsequenz aus dem vorher Gesagten einzuleiten. Mittels des Wortes „bisschn“ wird diese Aussage jedoch eingeschränkt. Erneut wird ein Nomen genannt, das ebenfalls Naturobjekte zusammenfassend beschreibt („pflANZen“). Claas nennt Oberkategorien aus dem Bereich der Natur/Biologie und bezieht sich damit auf sehr umfassende Klassen. Damit verbleibt er auf einer globalen Ebene und stellt nicht, wie andere Befragte es tun, eine Verbindung zu seiner eigenen Person her oder nutzt die Gelegenheit, sich als wissend im Bereich Naturwissenschaften darzustellen. Zwar kann er Oberkategorien aus dem Kontext Natur nennen, detaillierteres Wissen oder konkrete Erfahrungen werden jedoch nicht thematisiert.

Für den folgend verwendeten Begriff „natÜRLICH“ gibt es mehrere Lesarten:

1. Natürlich im Sinne eines selbstverständlichen Zusammenhangs.
2. Natürlich als die Beschreibung von etwas unverändert Naturbelassenem.
3. Natürlich als Bezeichnung für Dinge, die als zur Natur gehörend kategorisiert werden.

Aus Perspektive der Interpretin wird „natürlich“ oft als etwas Positives im Kontrast zu künstlich, durch den Menschen verändert, verwendet, was zu Lesart 2 und 3 passen würde. Durch das angeschlossene „is“ (Z. 141) wird deutlich, dass Claas einen Zustand beschreibt, der sich auf „was“ bezieht. Es scheint Dinge zu geben, die natürlich sind, sodass die erste Lesart unwahrscheinlich erscheint. Lesart zwei und drei ist gemein, dass stärker eine Eigenschaft von etwas betont wird. Dies impliziert, dass es auch Dinge gibt, auf die diese Eigenschaft eben nicht zutrifft. Es wird eine Unterteilung in natürlich – nicht naturbelassen (Lesart 2) oder natürlich – nicht zur Natur gehörend (Lesart 3) vorgenommen.

---

<sup>5</sup>Ich verstehe unter Naturobjekten jegliche haptisch wahrnehmbaren, makroskopischen Objekte der Natur.

Über die Verwendung des Adjektives wird, egal ob Lesart zwei oder drei sich als tragfähig erweist, eine Art Kategorisierung vorgenommen und erneut eine Verbindung zum Kontext Natur hergestellt. Auch die Verwendung von Oberbegriffen wie „bÄUme“ und „tiere“ verweist auf eine Systematisierung oder Kategorisierung der natürlichen Welt. Dem Adjektiv „natÜRLICH“ ist implizit, dass es neben dieser auch noch weitere Kategorien gibt, die Claas eben gerade nicht zur Naturwissenschaft zählt. So kann als erste Lesart für eine implizite Regelmäßigkeit der Aussagen des Befragten festgehalten werden: Kategorisierungen im Kontext Natur sind relevant.

Die tief fallende Betonung nach dem Verb „is“ beendet den Satz. Über die Konjunktion „und“ wird die angefangene Aufzählung fortgeführt. Erneut wird ein Nomen genannt, wobei auffällt, dass nun ein bestimmter Artikel verwendet wird. Es geht Claas um „die WILDnis“ (Z. 141), also um eine bestimmte Wildnis. Während zuvor noch unbestimmte Oberkategorien ohne Artikel angeführt wurden, steht nun etwas Eindeutiges, Bestimmtes im Vordergrund. Der Begriff „WILDnis“ verweist auf naturbelassene, von den Menschen unbeeinflusste Gebiete auf der Erde. Es geht also nicht um einen Eingriff in die Natur durch den Menschen, sondern gerade um deren Wildheit, ohne Einschränkungen und gezielte Manipulation. Dies verweist auf die oben entwickelte zweite Lesart, würde aber auch mit Lesart 3 einhergehen, wenn lediglich Unverändertes als zur Natur gehörig konzipiert würde.

Dem Begriff der Wildnis ist implizit, dass es ebenfalls Gebiete auf der Erde gibt, die durch den Menschen verändert und beeinflusst sind. Wie bereits durch das Adjektiv „natÜRLICH“ wird auch hier die Natur an sich als ein Wert deutlich, der unabhängig von den Menschen besteht. Mit Naturwissenschaften bringt Claas die unveränderten Gebiete und damit gerade nicht den Einfluss durch Menschen in Verbindung. Auch hier wird also eine Kategorisierung in durch den Menschen Beeinflusstes und nicht Beeinflusstes deutlich. Dies bestärkt die zuvor entwickelte Lesart der impliziten Regelmäßigkeit, dass Kategorisierungen im Kontext Natur relevant sind. Darüber hinaus wird die Unabhängigkeit der Natur vom Menschen betont. Dabei fällt auf, dass von den aufgezählten Nomen lediglich der Begriff „tiere“ nicht betont gesprochen wird. Alle anderen Begriffe beziehen sich stärker auf Pflanzen. Dies könnte darauf hindeuten, dass der Bereich der Botanik seiner eigenen Person näher liegt. Dies müsste sich am weiteren Material jedoch bestätigen.

Die Aussage „das war’s schon“ kann als Abschluss seiner Aussage gedeutet werden. Auch hier sind mehrere Lesarten denkbar:

1. Ausdruck, dass der Interviewte nichts weiter sagen möchte, er seine Aussage beendet.
2. Ausdruck, dass für den Interviewten nichts weiter zur Naturwissenschaft zählt, die Aufzählung beendet ist.

Beide Lesarten erscheinen hier sinnvoll und sind am weiteren Material zu prüfen.

### Fallimmanente komparative Analyse 1<sup>6</sup>

Interviewerin: gab's mal gelEgenheiten wo du mit naturwissenschaften zu tun hattest? [Claas: äh schulisch oder? (1)] alles. wann du [Claas: achso] das gefühl hast damit zu tun zu haben.

Claas: generell schulisch. (1) ähm in meinem (.) SCHULwissenschaft (1) ähm äh SCHULfach ähm naturwissenschaft mit meiner: (.) LEHRERIN. (1) da:: ham wir n bisschen was mit blättern geforscht und selber ICH auch in der natur, (.) ich geh' viel mit meinem vadder auch ähm (.) so durch die natur wir zElten auch ab und zu: dann geh 'n wir auch ANGELN und (1) das ma is schon sehr interessant. (1) auch ähm so 'ne (1) äh ich hab' so 'ne lieblichserie auf 'nem bestimmten fernseher, (.) äh:: da geht's auch viel (.) um NATUR so um survival überleben? (1) generell wie. (.) eim das WEITERhelfen kann so (1) generell. was man mit der natur alles MACHEN kann, dass dIE eben nicht nur (1) ähm bäume und grünzeug is, sondern dass man da: (.) auch wirklich mit überLEBEN kann. [Interviewerin: mhm] (Z. 144 - 163)

Die Frage der Interviewerin fokussiert die Person des Befragten und Kontaktmöglichkeiten mit Naturwissenschaften in der Vergangenheit („hattest“). Die Frage impliziert weniger über aktuell bestehende Gelegenheiten zum Kontakt mit Naturwissenschaften zu sprechen. Die Nachfrage des Schülers beinhaltet das Adjektiv „schulisch“ und spezifiziert damit die Art der Kontaktmöglichkeit zu Naturwissenschaften. Neben schulisch gerahmten Erfahrungen scheint es noch weitere zu geben. Auch hier wird erneut eine Kategorisierung der Gelegenheiten vorgenommen. Mit „alles“ greift die Interviewerin die implizite Mehrzahl an Kategorien von Gelegenheiten auf und fokussiert auf den gesamten Umfang dieser. Das Fragewort „wann“ bestärkt den zuvor anklingenden zeitlichen Fokus und durch den Wechsel ins Präsens („hast“) wird auch der der Frage zuvor inhärente Fokus auf die Vergangenheit aufgehoben.

Auch hier antwortet Claas ohne Pause auf die Aussage der Interviewerin und wiederholt zuerst die bereits genannte Kategorie. Diese wird durch das Adjektiv „generell“ zu einer häufig zutreffenden, fast selbstverständlichen Kategorie von Gelegenheiten. Dies wird in den folgenden Zeilen ausgeführt. Dabei fällt auf, dass im Vergleich zu den restlichen Aussagen viele Partikel der Unsicherheit („ähm“) auftreten. Über das besitzanzeigende Pronomen „meinem“ stellt er eine Verbindung zu seiner eigenen Person her. Diese Verbindung besteht sowohl zum Fach, als auch zur Lehrerin. Im Kontrast zur ersten Passage, in der kein Bezug zu seiner eigenen Person hergestellt wurde, findet dies nun statt. Der Bezug zur eigenen Person wird als ein schulisch gerahmter deutlich. Nachdem Schule und Wissenschaften zusammengebracht wurden („SCHULwissenschaft“) wird diese Verbindung wieder aufgelöst und allein über das Schulfach gesprochen. Dabei wird das Gemeinsame von ihm selbst und der Lehrerin betont („mit meiner LEHRERIN“). Die Beschäftigung mit Naturwissenschaften findet also eingebettet in einen sozialen Rahmen, in ein gemeinsames Erleben, statt. Dazu passend findet ein Wechsel der Pronomen statt. Nun wird von konkreten Handlungen gesprochen, die „wir“ durchgeführt haben. Er konzipiert sich

---

<sup>6</sup>Für die folgenden Passagen findet lediglich die Darstellung der reflektierenden Interpretation statt, um das Vorgehen der Rekonstruktion von Orientierungsrahmen zu verdeutlichen.

als zu jemandem dazugehörig (Lesart 1) oder als Teil eines größeren Kollektives (Lesart 2). Darüber hinaus fällt auf, dass die Beschreibung der Tätigkeit sehr unkonkret und einschränkend verbleibt: „n BISSCHen was mit blättern geforscht“. Erneut geht es um Naturobjekte – hier um Blätter. Eine Verbindung seiner Person zu Naturwissenschaften wird also über den Kontext Natur hergestellt. Naturelemente wurden „geforscht“, sodass sich erhärtet, dass für diesen Schüler Naturwissenschaften mit Natur in Verbindung stehen. Dies zeigt sich auf kommunikativer Ebene, also als Orientierungsschema.

Die Ausdrucksweise ist stärker als an anderen Stellen von unsicherheitsmarkierenden Partikeln geprägt und verbleibt vergleichsweise unkonkret. Eine Lesart hierfür wäre, dass Claas durch die Frage verunsichert ist, weil er möglicherweise nicht das Gefühl hat, über Gelegenheiten des Kontakts mit Naturwissenschaften zu verfügen. Eine andere Lesart wäre, dass diese schulische Erfahrung für ihn weniger eng mit seiner eigenen Person in Verbindung steht, sondern eben generell vermittelt durch den schulischen Rahmen stattfinden muss. Die Erfahrung würde hier dann als selbstverständlich angeführt. Diese zweite Lesart erhärtet sich im weiteren Verlauf des Abschnitts. Nun spricht Claas über sich („selber ICH“) und seine eigenen Tätigkeiten. Das betont gesprochene Personalpronomen der ersten Person Singular unterstreicht die Verschiedenheit zu den vorher als kollektiv beschriebenen Erfahrungen. Neben der schulisch gerahmten Erfahrung gibt es weitere, die stärker mit seiner eigenen Person in Verbindung gebracht werden. Es geht um ihn „in der natur“, für das es erneut verschiedene Lesarten gibt:

1. Natur ist das Gegenstück zur Schule, wo er ebenfalls etwas forscht. Wie er *in* der Schule ist, ist er auch *in* der Natur.
2. Natur wird als ein bestimmtes Gebiet/ein bestimmter Raum konzipiert, in dem er sich befindet.

Da es folgend darum geht, dass er „durch die natur“ geht, erscheint Lesart 2 wahrscheinlicher. Die Eigenschaft als Gebiet/Raum wird hervorgehoben. Wie auch durch den Begriff der Wildnis wird nun ebenfalls ein Gebiet beschrieben, in das er sich begeben kann. Er selbst geht in den Raum Natur hinein, kann also einen Aufenthalt bewusst herbeiführen und scheint damit nicht zur Natur zu gehören. Dies verweist auf eine Verschiedenheit von ihm als Mensch und der Natur, wie sich bereits in der Eingangspassage ein Bestehen der Natur unabhängig vom Menschen andeutete. Anschließend beschreibt er Tätigkeiten in diesem Raum: Er geht, zeltet und angelt. Diese Beschreibung beinhaltet kaum unsicherheitsmarkierende Partikel und ist mit der Nennung einzelner Tätigkeiten konkreter als das zuvor genannte „n BISSCHen was mit blättern geforscht“. Ähnlichkeit zum Vorherigen wird über die soziale Eingebundenheit deutlich. Auch hier geht es um gemeinsame Erlebnisse mit seinem Vater. Erneut steht also die von mehreren Menschen geteilte Erfahrung mit Natur(-objekten) im Vordergrund. Es deutet sich hier als weitere implizite Regelmäßigkeit an, dass Naturwissenschaften von Claas mit sozial geteilten Erlebnissen in Verbindung gebracht werden. Die beschriebene Camping-Erfahrung bewertet er abschließend als „schon sehr interessant“ und damit eher positiv. Eine Wertung wurde bei den zuvor beschriebenen schulisch gerahmten Erfahrungen nicht vorgenommen, sodass

dies hier einen Unterschied zum Vorherigen darstellt. Während das grundsätzliche Muster aus Thematisierung von Naturobjekten und sozial gerahmten Erfahrungen identisch ist, unterscheidet sich die Art zu sprechen in Bezug auf unsicherheitsmarkierende Partikel, Konkretheit der Handlungsbeschreibung und vorgenommene Wertung. Sowohl explizit als auch durch die vorgenommene Wertung stellt Claas einen Bezug zwischen sich selbst und Naturwissenschaften her. Dieser scheint in Bezug auf Erlebnisse in der Natur enger zu sein, als bei schulischen Erfahrungen.

Über das Adverb „auch“ wird die Aufzählung an Gelegenheiten zum Kontakt mit Naturwissenschaften fortgeführt. Erneut spricht Claas in der ersten Person Singular und stellt damit einen direkten Bezug zu seiner eigenen Person her. Der Begriff „lieblingsserie“ verweist ebenfalls auf einen emotional positiven Bezug, dabei verbleibt die weitere Beschreibung unkonkret: „auf ’nem bestimmten Fernsehsender“. Die Inhalte dieser Serie werden als eine Art Aufzählung angeführt: „NATUR [...] survival überleben“. Erneut ist also der Kontext Natur relevant, was das bereits herausgearbeitete Orientierungsschema bestätigt. Erweitert zum Vorherigen geht es nun jedoch um das Leben bzw. Überleben von Menschen und den Beitrag der Natur in diesem Zusammenhang. Die Wahl der Pronomen verändert sich erneut, sodass nun allgemeiner von „eim“ und „man“ gesprochen wird. Während zuvor seine eigene Person im Vordergrund stand, spricht er auf einer verallgemeinernden Ebene. Globale, für alle Menschen gültige Eigenschaften der Natur werden thematisiert. Die Natur wird als hilfreich beschrieben und damit als etwas für den Menschen Positives konzipiert. Die Menschen erhalten dabei eine aktive Rolle: Sie machen etwas mit der Natur. Als Lesarten für das „MACHEN“ mit der Natur ergeben sich die folgenden:

1. Die Natur wird personifiziert, sodass die Menschen wie mit einer anderen Person etwas machen, unternehmen können.
2. Die Natur ist als ein Gegenüber der Menschen gegeben und die Menschen können etwas mit ihr machen, sie also nutzen, verwenden.

Auf Grundlage der bisherigen Analyse, die eher auf eine Verschiedenheit von Mensch und Natur verweist, scheint Lesart 2 wahrscheinlicher. In dieser Lesart sind die Menschen nicht Teil der Natur. Die Natur hat einen Wert, weil sie für den Menschen einen Nutzen hat. Die zuvor thematisierte positiv erlebte Verbindung zwischen Claas selbst und der Natur wird dadurch erweitert und verallgemeinert. Solch eine Verbindung scheint es, unabhängig von seiner Person, insgesamt vermittelt über den Wert der Natur für das Leben der Menschen zu geben.

Im weiteren Verlauf des Abschnitts fällt die gewählte Metapher „grünzeug“ auf. Diese Stelle kann aufgrund der metaphorischen Dichte als Fokussierungsmetapher angesehen werden und ist daher besonders relevant für die Rekonstruktion von Orientierungsrahmen. Der Begriff „grünzeug“ wird aus Perspektive der Interpretin vielfach negativ konnotiert verwendet, um Gemüse, Salat oder Kräuter zu bezeichnen. Mittels der Metapher „grünzeug“ wird der Nutzen oder Wert dieser Naturobjekte in Frage gestellt. Die Natur ist nach Ansicht des Befragten gerade nicht als solches Grünzeug zu betrachten, sondern hat

einen Wert oder Nutzen. Dieser wird im Anschluss expliziert: Mit Natur kann man in der Wildnis überleben. Natur wird ein Hilfsmittel des menschlichen Lebens. Ein Nicht-wahrnehmen des Nutzens der Natur wird zum negativen Horizont. Claas grenzt sich mit Hilfe der gewählten Metapher davon ab. Es wird hier außerdem deutlich, dass Menschen nicht als Teil der Natur angesehen werden. Es gibt aber dennoch, vermittelt über diesen Nutzen, eine Verbindung zwischen Natur und Menschen. Dies bestärkt die oben genannte zweite Lesart.

Mit Hilfe des Adverbs „da“ wird erneut ein räumlicher Bezug hergestellt. Es scheint also nicht allein darum zu gehen, dass man überall mit Natur überleben kann, sondern dass man „da“, also vermutlich in der Natur, in der Wildnis mit ihrer Hilfe überleben kann. Ihre Hilfeleistung beschränkt sich damit auf den Raum Natur. Neu ist in jedem Fall die Idee eines Nutzens der Natur für den Menschen. Sowohl durch die Abgrenzung von einem Nicht-Sehen des Wertes der Natur als auch durch die zuvor positiv beschriebenen Erfahrungen in der Natur stellt Claas eine positiv konnotierte Verbindung zwischen sich selbst und dem, was er mit Naturwissenschaften in Verbindung bringt her. Diese bezieht sich darauf, dass Naturwissenschaften eng mit Natur verknüpft sind und Natur einen Wert an sich darstellt. Die Grünzeug-Metapher fokussiert darüber hinaus auf einen bestimmten Aspekt der Natur, nämlich auf Pflanzen. Dies bestärkt die Lesart in der Eingangspassage, nach der botanischen Elementen eine größere Relevanz zukommt als Tieren (Pflanzen und Bäume wurden eingangs betont gesprochen angeführt, Tiere hingegen nicht). Natur scheint für Claas vorrangig mit Pflanzen in Verbindung zu stehen.

Im zweiten Abschnitt dieser Passage geht es in der Nachfrage der Interviewerin um die zuvor angesprochenen schulischen Erfahrungen:

Interviewerin: okay das hast du jetzt also erzählt wenn du draußen in der naTUR bist [Claas: mhm] mit deinem VATER und so was. ähm und wie ist das in der schule was habt ihr dA so gemacht?

Claas: in der schule da haben wir uns:: (.) BLÄTTER angeguckt. ähm unter so 'nem teleskop, ähm die verschiedenen roten FÄCHER die da sag' ich ma (.) in diesen blättern drinne sind. ähm wir haben uns darüber unterHALTEN wie (1) ähm (2) bÄUme überhaupt funktionieren so glukose wie das hergestellt wird ähm wie die fotosynthese betreiben (3) jaor [Interviewerin: mhm] (Z. 165 - 176)

Claas spezifiziert auf die Nachfrage hin was er im vorherigen Abschnitt mit „geforscht“ bezeichnet hat. Nun beschreibt er die visuelle Betrachtung von Blättern mit Hilfe eines Hilfsmittels. Dabei ist zu vermuten, dass er die Begriffe Teleskop und Mikroskop wechselt. Schließlich geht es ihm darum, was „in diesen Blättern drinne“ ist. Er spricht dennoch ohne zu zögern vom Teleskop, welches gerade für das Gegenteil, also für Beobachtungen der Ferne genutzt wird. Beide Geräte und auch das Verb „angeguckt“ verweisen auf die visuelle Betrachtung von Objekten. Naturwissenschaftliche Forschung und visuelle Wahrnehmung werden hier zusammengebracht. Erneut sind die Untersuchungsgegenstände Teile von Pflanzen. Dabei scheint dem Schüler eine konkrete Begrifflichkeit zu fehlen, um die Struktur in den Blättern zu beschreiben: „die da sag' ich ma in diesen blättern

drinne sind“. Diese fehlende Spezifität steht im Kontrast zur anschließenden Nennung von Fachbegriffen wie „glukose“ und „fotosynthese“. Neben der visuellen Wahrnehmung von Naturobjekten wurde in der Schule auch gesprochen. Claas wählt zur Beschreibung dieser Handlung das Verb „unterHALTEN“, was stärker auf eine umgangssprachliche, beiläufige Unterredung verweist. Er wählt nicht Worte wie „besprochen“ oder „diskutiert“, sondern verbleibt auf einer alltagssprachlichen Ebene. Dies könnte darauf verweisen, dass ihm neben einzelnen schlagwortartigen Fachbegriffen fachliches Vokabular fehlt. Diese Hypothese passt außerdem dazu, dass der Begriff Teleskop in einem falschen Kontext verwendet wird.

Den Bäumen wird zugeschrieben zu „funktionieren“, werden hier also eher wie Maschinen beschrieben, die Dinge „herstellen“ und etwas „betreiben“. Es wird ein Automatismus eines Systems, eine Art Produktionskette beschrieben. Auf diese Art und Weise werden die Bäume vergegenständlicht und erscheinen als von Claas unabhängig („wie die fotosynthese betreiben“). Claas Rolle wird als eine Art passiver Beobachter des Produktionsvorgangs deutlich. So unterhält er sich mit anderen Personen darüber „wie das hergestellt wird“ und „wie die“ – also die Bäume – etwas tun.

Im Vergleich zum vorherigen Abschnitt treten in diesen Zeilen wieder mehr und regelmäßig Unsicherheitsmarkierungen („ähm“) auf. Die Sprechweise des Schülers wirkt weniger flüssig. Vielmehr werden Fakten aneinander gereiht, ohne eine konkrete Verbindung zwischen diesen herzustellen. Hingegen hat der Befragte bei den Erzählungen über die Erfahrungen mit seinem Vater in der Natur und seiner Lieblingsserie Wertungen vorgenommen, Aussagen verknüpft und sich von Dingen abgegrenzt. Dies bestärkt weiter, dass die schulisch gerahmten Erfahrungen weniger eng mit seiner eigenen Person verknüpft sind. Vermittelt über die beschriebenen außerschulischen Aktivitäten zeigt sich ein positiver Bezug zwischen seiner eigenen Person und dem, was von ihm mit Naturwissenschaften in Verbindung gebracht wird. Sowohl für die schulischen als auch für die außerschulischen Erfahrungen ist soziale Eingebundenheit zentral. Claas beschreibt jeweils sozial geteilte Erfahrungen in Bezug auf Natur, die er mit Naturwissenschaften in Verbindung bringt.

### Zwischenfazit

Im Vergleich der Eingangspassage und dieser zweiten Passage fällt auf, dass sich einige implizite Regelhaftigkeiten des Sprechens wiederholen. So sind immer wieder Kategorisierungen zentral. Die Natur wird als ein Wert konzipiert, die unabhängig von den Menschen besteht. Es zeigt sich ein Gegenüberstellen von Mensch und Natur. Dabei ist für Claas Natur vorrangig mit Botanik verknüpft. Vermittelt über den Kontext Natur und sozial geteilten Erfahrungen scheint ein positiv gerahmter Bezug zwischen dem Schüler selbst und dem was er mit Naturwissenschaften in Verbindung bringt zu bestehen. Auf kommunikativer Ebene zeigt sich, dass Claas mit Naturwissenschaften Natur und mit Forschung die visuelle Wahrnehmung dieser verknüpft.

## Interpretation des Zeichenauftrags

dann hab' ich jetzt wIEder eine aufgabe für dich du sollst wieder ein bild malen. (1) [Claas: okay.] hier ist sie. kannst wieder mitlesen ich les sie wieder vor. stell dir VOR, (.) naturwissenschaftliche fOrschung von früher BIS heute wäre ein weg. vielleicht ist der weg grade oder krumm eben oder uneben flach oder steil verzweigt oder nicht schmal oder breit oder etwas ganz anderes. male dEINE vorstellung von diesem weg. male alles ein was dir dazu einfällt. du hast wieder so viel zeit wie du brauchst. (2) du kriegst ein neues blatt und sobald du bereit bist kannst du wieder auf record klicken und (1) anfangen zu malen. (Z. 182 - 194)

In der ersten Person Singular leitet die Interviewerin ihre Aussage ein und macht damit deutlich, dass sie diejenige ist, die Aufgaben verteilen darf. Die sich zuvor andeutende Rollendifferenz zwischen Interviewerin und Interviewtem wird bestärkt. Der Schüler wird als Empfänger der Aufgabe konzipiert. Über das Verb „sollst“ wird eine Anforderung gestellt. Diese Anforderung bezieht sie auf das Malen eines Bildes und damit weniger auf eine inhaltliche, sondern auf eine methodische Ebene. Mittels des Adverbs „wIEder“ wird eine Wiederholung deutlich, die sich auf das Erstellen eines Bildes bezieht. Damit wird eine Ähnlichkeit zum vorherigen Vorgehen, also zur Übungsaufgabe hergestellt. Das Verb „kannst“ steht im Kontrast zum zuvor verwendeten „sollst“ und weist dem Schüler die Entscheidung zu. Das Malen eines Bildes wird als Anforderung deutlich, das Mitlesen der Aufgabenstellung wird als freiwillig angesehen. In diesem Sinne wird dem Schüler eine gewisse Wahlfreiheit gewährt. Hingegen wird der zweite Satzteil „ich les sie wieder vor“ als Fakt oder Tatsache beschrieben. Hier gibt es keine Wahlmöglichkeit für den Befragten. Wieder ist es die Interviewerin, die den Rahmen vorgibt.

Der sich anschließende Zeichenauftrag wurde von der Interviewerin in diesem, aber auch in allen anderen Interviews vorgelesen und damit immer identisch formuliert. Die Aufgabenstellung beginnt mit einer gedankenexperimentellen Formulierung („stell dir VOR“). Der verwendete Konjunktiv („wäre“) unterstreicht diesen hypothetischen Charakter. Im Vergleich zu den vorherigen Fragen wird nun von naturwissenschaftlicher Forschung gesprochen. Mit dem Begriff der „FOrschung“ stehen stärker konkrete Forschungstätigkeiten im Vordergrund, als dies beim Begriff „naturwissenschaften“ der Fall ist. Über das Adjektiv „naturwissenschaftliche“ wird dennoch der Bezug zu den Naturwissenschaften hergestellt. Dies impliziert, dass es andere Forschungen gibt, die hier gerade nicht von Interesse sind.

Eine Zeitspanne („von früher BIS heute“) wird mit einer räumlichen Struktur („weg“) in Verbindung gebracht. Es geht also nicht nur um die naturwissenschaftliche Forschung, sondern spezifischer um den genannten Zeitbereich dieser Forschung. Dabei ist der Begriff „früher“ zeitlich diffus. „heute“ hingegen spricht einen konkreten Tag an und ist damit deutlich spezifischer. Während „früher“ einen großen zeitlichen Bereich von mehreren Jahren oder Jahrhunderten anspricht, kann „heute“ mit 24 Stunden als relativ begrenzt angesehen werden. „heute“ könnte jedoch auch als ein größerer Zeitbereich im Sinne der heutigen Zeit verstanden werden. Die Aufgabenstellung lässt in diesem Sinne offen, was genau unter früher und unter heute zu verstehen ist. Dabei bestärkt die Betonung des

Wortes „BIS“ die zeitliche Ausdehnung und impliziert, dass es heute noch etwas gibt, das als naturwissenschaftliche Forschung bezeichnet wird. In diesem Sinne wird eine Vorgabe gemacht und die Existenz einer irgendwie gearteten naturwissenschaftlichen Forschung vorgegeben. Auch die gewählte Weg-Metapher fokussiert auf bestimmte, in unserer Sprache verankerte, metaphorische Konzepte wie Bewegung, Entwicklung und Veränderung (siehe ausführlicher in Kapitel 3.3.3.3).

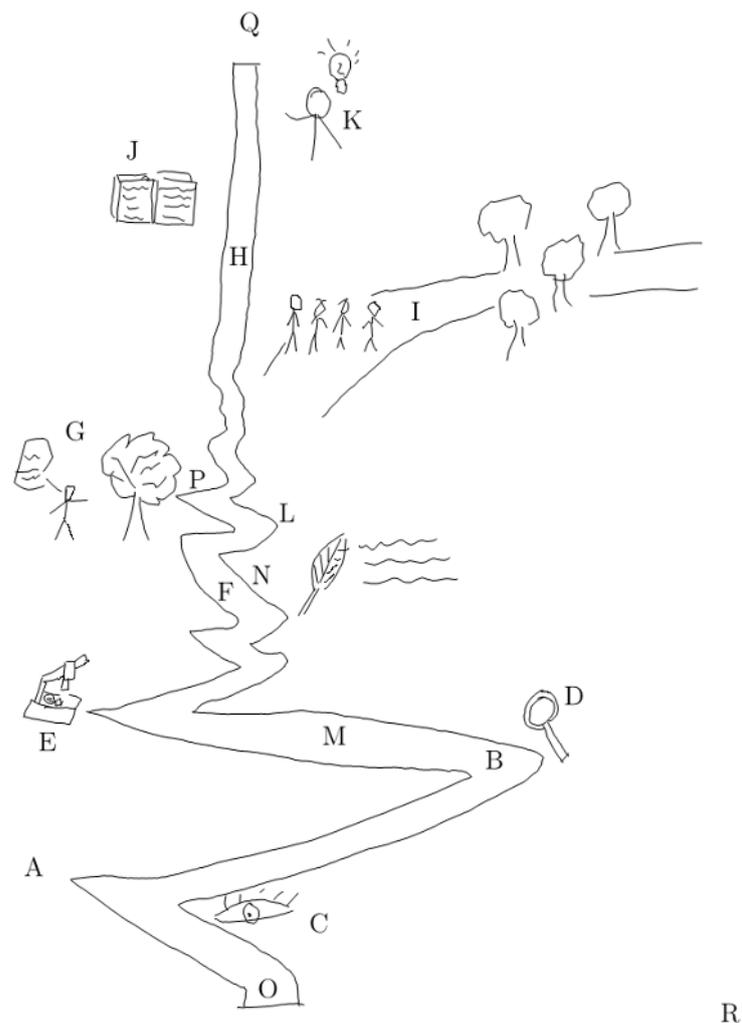
Anschließend werden, eingeleitet durch ein vagheitsmarkierendes „vielleicht“ verschiedene Adjektive aufgezählt. Sie werden in Gegensatzpaaren gegenüber gestellt und auf den Weg bezogen. Es geht nicht wie zuvor, um die naturwissenschaftliche Forschung. Innerhalb der Aufgabe wird also der Fokus weg von der Forschung hin zum Weg vorgenommen. Durch die Nennung der Adjektive wird deutlich gemacht, dass es um das Wie des Weges, also um dessen Eigenschaften geht. Auch damit wird bestärkt, dass die grundsätzliche Existenz eines Weges gesetzt ist und lediglich seine Charakteristika nicht eindeutig zu sein scheinen. Die Verwendung der Form von sein („vielleicht ist der weg ...“) verweist auf einen statischen Zustand. Während zuvor also die zeitliche Dimension betont wurde, geht es nun um den Zustand des Weges. Sowohl über die genannten dichotomen Charakteristika als auch über diese Art der Formulierung wird eine gewisse Eindeutigkeit der Darstellung suggeriert und weniger eine Veränderung dieser im Verlauf des Weges.

Dem gegenüber stehen die vorgeschlagenen und sich widersprechenden Eigenschaften des Weges. Diese Formulierung verweist darauf, dass es gerade nicht eine einzige richtige Darstellungsweise gibt. Auch durch den Abschluss der Aufzählung („oder etwas anderes“) findet eine Öffnung der Aufgabe statt. Passend zur anfänglichen Vagheitsmarkierung wird auch hier die implizite Eindeutigkeit wieder aufgelöst. Die gesamte Aussage ist also von Vagheit gerahmt und kann weniger als eindeutige Vorgabe interpretiert werden. Lediglich die Existenz naturwissenschaftlicher Forschung in einem Zeitbereich bis heute ist vorgegeben. In Bezug auf die genannten Eigenschaften des Weges fällt auf, dass es sich um Adjektive handelt, die sich ausschließlich auf den Weg beziehen. Nicht thematisiert wird der Bereich neben dem Weg, der sich beim Malen eines Weges auf einem Blatt Papier automatisch ergibt. Es sollte also nicht überraschen, wenn verschiedene Schüler\_innen den Weg unterschiedlich ausgestalten. Dabei legt die Aufgabenstellung den Fokus bisher allein auf die Form des Weges und gerade nicht auf weitere Bildelemente auf oder neben diesem Weg. Dabei ist festzuhalten, dass bei der Nennung der Eigenschaften im Zeichenauftrag gerade keine Entwicklungsperspektive aufgezeigt wird, sondern Extreme gegenübergestellt werden (gerade oder krumm, eben oder uneben etc.).

Der nächste Satz wird, wie bereits der Beginn der Aufgabenstellung, durch die Verwendung des Imperativs als Auftrag deutlich („male“). Nach der ersten konkreten Handlungsanweisung, sich etwas vorzustellen, folgt nun der nächste Schritt. Diese individuelle Vorstellung („dEINE“) soll nun gemalt, also in Form eines Bildes dargestellt werden. Durch die Betonung des Possessivpronomens wird genau diese Eigenschaft der Vorstellung, dem Schüler zugehörig zu sein, hervorgehoben. Sowohl die Aufzählung zu Beginn, als auch die Öffnung „etwas ganz anderes“ und der persönliche Bezug öffnen die Aufgabenstellung für individuelle Schwerpunktlegungen durch den Interviewten. Dennoch suggeriert die Ver-

wendung des Pronomens „diesem“ eine Eindeutigkeit des sich vorgestellten Weges. Auch dadurch, dass in der gesamten Aufgabenstellung von dem Weg im Singular gesprochen wird, wird die Anforderung deutlich, ein einziges Bild eines Weges zu zeichnen und gerade nicht mehrere Alternativen zu entwickeln. Eine weitere Öffnung der Aufgabe findet statt, indem von „male alles ein, was dir dazu einfällt“ gesprochen wird. Ging es zuvor nur um den Weg und dessen Eigenschaften, sind nun auch andere Dinge, beispielsweise Dinge neben dem Weg, zugelassen. Das Verb „einfällt“ verweist dabei eher auf spontane Gedanken. Für den zeitlichen Rahmen der Bearbeitung der Aufgabe gibt es explizit keine Begrenzung. Weitere Anweisungen zum Beginn des Zeichnens folgen. Über das Verb „kannst“ wird dem Schüler die Entscheidung über den weiteren Zeichenprozess überlassen. Es wird gerade nicht ein sofortiges Beginnen verlangt. Das folgend gezeigte Bild und des Transkript des im Interview Gesagten werden im Zuge der weiteren Interpretation immer wieder wechselseitig aufeinander bezogen.

### Fallimmanente komparative Analyse 2



Interviewerin: fertig? [Claas: mhm] okay dann erzähl' mir doch mal mithilfe deines Weges etwas über die naturwissenschaftliche forschung.

Claas: also:: am anfang (.) hab' ich das halt ziemlich (.) ähm stark geZACKT ((zeigt auf A und B))? gemacht. ähm das soll' halt noch diese (.) ungewissheit ähm: heißen, hier hab' ich ein pa::ar so BEIspiele immer an die seiten gemalt, hier hat man halt einfach nur erst mal so was mit'm AUGEN ((zeigt auf C)) gesehen. da hat man nur (.) beobachtet was halt so kam. dann: (.) wurden hier im laufe der zeit hat sich ähm (.) hat sich halt die menschheit auch WEITERentwickelt. (1) und dann gAb's zum beispiel (.) schon solche sachen wie, eine LUPE ((zeigt auf D))? da konnten sie schon mehr gucken. dann gab's ähm (2) wie hießen die dinger nochmal ((zeigt auf E))? also hab' ich grad' vergessen. (1) [Interviewerin: was is denn das? was macht denn das?] teleskop. nee teleskop? ähm (2) [Interviewerin: mikroskop?] mikroskop genAU. entschuldigung. [Interviewerin: mhm] ähm die gab's dann halt dann hat man immer MEHR erforscht dann wurde der weg halt EBENER ((zeigt auf Bereich um F)), so 'n bisschen nicht mehr SO stArk gezackt. (.) dann konnt' man schon etwas mehr:: über (.) pflanzen; berichten. zum beispiel über NATUR da sieht man ein männchen ((zeigt auf G)) ähm das etwas über 'nen BAUM erzählen soll. hier ähm wo der weg GRADER wird ((zeigt auf H)). (.) is ähm soll man halt sehn könn dass die:: menschen halt auch jetzt (.) sehr viel mit der natur (1) MACHEN ((zeigt auf I)), dann gibt's hier ein BUCH ((zeigt auf J)) wo man halt jetzt schon mehr über natur lesen kann und hier ((zeigt auf K)) soll das (1) männchen mit der glÜhbirne einfach nur sagen ähm jetzt wissen wir mehr über die natur und das ist halt dieser weg der sich da entwickelt. (.) würd' ich sagen. (Z. 198 - 233)

Ausgehend davon, dass Claas mit dem Zeichnen fertig ist („fertig? okay dann“), wird die Aufforderung formuliert der Interviewerin („mir“) etwas zu erzählen. Diese Erzählung soll also an einen ganz bestimmten Adressaten gerichtet sein. Der Weg wird dabei als ein Hilfsmittel konzipiert, um über die naturwissenschaftliche Forschung zu sprechen. Erneut wird also die Verbindung zwischen naturwissenschaftlicher Forschung und Weg betont. An dieser Stelle wird nicht auf eine zeitliche Komponente verwiesen, sondern lediglich ein Aspekt des Zeichenauftrags wieder aufgegriffen. Die Frage fokussiert also stärker auf die naturwissenschaftliche Forschung, als auf deren Entwicklung. Der bestimmte Artikel „die“ impliziert, dass es eine eindeutige naturwissenschaftliche Forschung gibt. Da dieser Artikel zuvor nicht zum Einsatz kam, wenn über die naturwissenschaftliche Forschung gesprochen wurde, könnte dies darauf verweisen, dass es nun um die konkrete naturwissenschaftliche Forschung geht, die im Bild metaphorisch dargestellt ist. Auch durch diese Fragestellung wird auf den Weg fokussiert und gerade nichts angesprochen, was sich neben dem Weg befindet.

Mit dem Adverb „also“ leitet Claas seine Aussage ein. Dies kann so interpretiert werden, dass nun eine längere Erläuterung folgt und er die Aufgabenstellung verstanden hat. Mit den Worten „am anfang“ ist gleich zu Beginn der Aussage eine prozesshafte Komponente bedeutsam, die zwar im Zeichenauftrag angelegt ist, jedoch nicht in der direkt vorangegangenen Aufforderung. Claas nimmt eine Verortung in einem zeitlichen (Anfang der Zeit) oder räumlichen (Anfang einer räumlichen Struktur, z. B. Schlange an der Kasse) Rahmen

vor, was sowohl Quell- als auch Zielbereich der gegebenen Metapher aufgreift. Er drückt aus, dass es sich um eine bewusst gewählte Gestaltung handelt („hab’ ich [...] gemacht“) und dass er eine metaphorische Übertragung vorgenommen hat („soll’[...] heißen“).

Die stark gezackte Form des Weges wird mit Ungewissheit in Verbindung gebracht. Dabei verweist „diese“ auf eine eindeutige, bestimmte Ungewissheit. Der Wortbedeutung nach beschreibt Ungewissheit einen Zustand, in dem etwas nicht feststeht. Was genau ungewiss ist, bleibt unklar. Aufgrund der Aufgabenstellung ist zu vermuten, dass sich die Ungewissheit in jedem Fall auf den Kontext naturwissenschaftliche Forschung bezieht. Lesarten wären:

1. Die Richtigkeit von Wissen, Erkenntnissen ist ungewiss.
2. Fehlendes Wissen an sich führt zu Ungewissheit bspw. über Zusammenhänge der uns umgebenden Welt.
3. Forschungsmethoden sind ungewiss.
4. Gegenstände der Forschung sind ungewiss.

Das Adjektiv „geZACKT“ wird sowohl durch die Betonung hervorgehoben, als auch durch den Verweis auf das Bild (Punkt A nach B). Dabei wird vom am stärksten links positionierten Stück des Weges zum am weitesten rechts positionierten Wegstück gezeigt. So wird zumindest in horizontaler Richtung eine weite Entfernung der Punkte A und B deutlich. In dieser Dimension findet im weiteren vertikalen Verlauf des Bildes eine Veränderung statt. Die Konjunktion „noch“ impliziert, dass die Ungewissheit nur vorläufig besteht und in einer zeitlichen Dimension interpretiert zukünftig überwunden wird. Es ist in der Beschreibung des Anfangs bereits Veränderung implizit und auch im Verlauf des Bildes zeigt sich eine Veränderung der Gezacktheit des Weges. Jene Eigenschaft des Weges wird thematisiert, die sich im Verlauf des Bildes augenscheinlich am stärksten verändert. Im Vergleich zu anderen Schülern variiert Claas vorrangig diese eine Eigenschaft des Weges und fokussiert damit auf die so dargestellte Ungewissheit. Dabei wird sowohl sprachlich als auch im Bild Veränderung ausgedrückt.

Im Anschluss erläutert er seine Zeichnung und bezieht sich auf Bildelemente seitlich des Weges. Diese bezeichnet er als „BEispiele“ und drückt damit aus, dass es sich lediglich um Repräsentanten von etwas Größerem handelt. Auch dies kann als eine Art Kategorisierung verstanden werden, indem Beispiele für bestimmte Klassen oder Zeitpunkte stehen. Über das Adverb „immer“ wird eine Häufigkeit thematisiert, sodass deutlich wird, dass Claas für mehrere verschiedene Klassen Beispiele gemalt hat. Nachdem er von seinen eigenen Handlungen gesprochen hat und das Personalpronomen der ersten Person Singular verwendete, findet ein Wechsel der Pronomen statt. Nun spricht er über Tätigkeiten eines „man“ und nimmt damit eine Verallgemeinerung vor. So stellt er außerdem eine gewisse Distanz zu seiner eigenen Person her. Er scheint sich selbst nicht zum beispielhaften Zustand der Vergangenheit zu zählen.

Die Beschreibung der Tätigkeit des Beobachtens mit dem bloßen Auge wird mit „halt einfach nur erst mal“ beschrieben. Als Lesarten wären denkbar:

1. Die Beobachtung mit dem Auge ist ein erster Zugang, eine erste Annäherung an Forschungsgegenstände, dem sich weitere Schritte anschließen.
2. Die Beobachtung mit dem Auge ist ein veraltetes Vorgehen, das im Laufe der Zeit verändert, verbessert wird. Es stellt die damals einzige Möglichkeit dar.

Bei beiden Lesarten ist Potential zur Veränderung in einer zeitlichen Dimension inhärent, es wird jeweils ein erster Schritt eines Prozesses beschrieben. Es zeigt sich also erneut, dass für Claas Veränderung im Laufe der Zeit zentral ist. Mit den Verben „gesehen“ und „beobachtet“ steht, wie bereits in der vorherigen Passage, die visuelle Wahrnehmung von Dingen im Vordergrund. Auch an dieser Stelle werden Naturwissenschaften bzw. konkreter naturwissenschaftliche Forschung explizit mit der visuellen Untersuchung von Dingen in Verbindung gebracht. Dies kann daher als weiteres Orientierungsschema verstanden werden.

Im weiteren Verlauf wird erneut von „nur“ gesprochen. Dies bezieht sich entweder auf jene Dinge, die beobachtet wurden oder aber auf die Tätigkeit des Beobachtens. In jedem Fall findet dadurch eine Einschränkung statt. Den Dingen wird eine aktive Rolle zugeschrieben, hingegen sind die Beobachtenden auf deren Vorbeikommen angewiesen und damit erst einmal passiv. Die zu erforschende Natur scheint unabhängig von den Menschen gegeben und wird gerade nicht aktiv von den Menschen manipuliert, sondern so beobachtet, wie sich die Natur zeigt. Dadurch ist auch dieser Formulierung Veränderungspotential inhärent: Würden sich die Beobachtenden aktiv auf die Suche begeben, könnten sie mehr oder anderes beobachten. Ebenso könnten sie mehr tun als „nur“ beobachten. Auch dieser Zustand wird als vorläufig („erst mal“) deutlich. So zeigt sich als implizite Regelmäßigkeit bzgl. der zeitlichen Komponente, dass Veränderung und damit ein Prozess vordergründig ist.

Durch das Adverb „dann“ wird ein nächster Schritt eingeleitet, der mit „im Laufe der Zeit“ zeitlich verortet wird. Es wird ein zeitlicher Prozess beschrieben. Die reflexive Formulierung „die Menschheit“ „hat sich“ weiterentwickelt, verweist auf eine Entwicklung, die aus der Menschheit selbst heraus geschieht. Dabei wird global von der Menschheit und gerade nicht von spezifischen Gruppen, Wissenschaftler\_innen oder Forscher\_innen gesprochen. Es scheint eine Veränderung („weiterentwickelt“) zentral zu sein, die alle Menschen betrifft. Was genau die Menschheit an sich selbst verbessert hat, bleibt unklar. Sie hat sich „halt“ weiterentwickelt. In diesem Sinne verbleibt der Veränderungsprozess unkonkret.

Mittels des „und dann“ wird ein nächster Schritt thematisiert, wobei diese Wortwahl hier nicht auf eine klassische Narration hindeutet, sondern eine chronologische Beschreibung des Bildes einleitet. Da weiter im Perfekt gesprochen wird („gab's“) bezieht sich Claas immer noch auf die Vergangenheit. Nun geht es um die Existenz, das Vorhandensein von „sachen“. Die Lupe wird als ein Repräsentant von „solche[n] sachen“ angeführt. Dazu passend wird die Lupe auf seinem Bild dargestellt und wurde als Beispiel eingeführt. Auch hier wird also eine Art Kategorisierung durch den Befragten vorgenommen. Da sich vorhandene technische Forschungsmöglichkeiten im Laufe der Zeit verändern, erscheint die

obige Lesart 2 wahrscheinlicher. Die Beobachtung mit dem Auge wird durch den Einsatz der Lupe ersetzt. Als Konsequenz aus dem Bestehen dieser Gegenstände verändert sich die visuelle Wahrnehmung. Es wird eine quantitative Steigerung („schon mehr“) beschrieben, der immer noch weiteres Entwicklungspotential inhärent ist. Bei der Wahl der Pronomen fällt auf, dass in der dritten Person Singular gesprochen wird und so eine Distanz zwischen dem Interviewten selbst und den beschriebenen handelnden Personen hergestellt wird. Obwohl Claas also global von der Menschheit früher spricht, konzipiert er sich selbst nicht als Teil dieser Menschheit der Vergangenheit.

Erneut wird von „dann“ gesprochen und ein nächster Schritt im Prozess der Entwicklung eingeleitet. Claas verbleibt im Perfekt und thematisiert damit immer noch vergangene Zeiten. Erneut geht es um die Existenz von Dingen, deren Namen er vergessen hat. Bereits in der vorherigen Passage sprach er von Teleskopen, stellt den Begriff nun jedoch in Frage und hat auch in seinem Bild ein Mikroskop abgebildet. Das Vorhandensein dieser Gegenstände wird als selbstverständlicher Fakt dargestellt: „die gab’s dann halt“. Der genaue Prozess der Entwicklung bleibt unkonkret, er scheint einfach zu passieren.

Es wiederholt sich das Muster von zuvor: „dann“ leitet einen nächsten Schritt des Prozesses ein, es wird im Perfekt gesprochen („hat [...] erforscht“) und eine quantitative Steigerung beschrieben („immer MEHR“). Als Konsequenz dieser Entwicklung nimmt die Gezacktheit des Weges ab. Zacken wurden zuvor mit Ungewissheit in Verbindung gebracht und eher negativ bewertet. Diese Ungewissheit nimmt ab und umgekehrt Gewissheit zu. Gewissheit wird mit der Menge von Wissen zusammengebracht, was die anfangs dargestellte Lesart 2 bestärkt: In einer zeitlichen Dimension verändert sich die Menge an Wissen über die Natur bzw. Pflanzen. Naturobjekte stehen fest und sind bekannt. In diesem Sinne zeigt sich auch eine qualitative Verbesserung (Orientierungsschema). Dies wird mit „konnt’ man schon etwas mehr über pflanzen berichten“ verknüpft. Immer noch scheint nicht das Optimum erreicht zu sein, es findet weiterhin ein Verbesserungsprozess statt. Erneut wird der Kontext Natur bzw. Naturobjekte angesprochen, sodass das Orientierungsschema, dass naturwissenschaftliche Forschung mit der Erforschung der Natur zusammenhängt, bestärkt wird. Als Verben werden nun nicht mehr welche der visuellen Wahrnehmung gewählt, sondern „erforscht“, „berichten“ und „erzählen“. Forschung wird mit der Verfügbarkeit von Wissen über die Natur in Verbindung gebracht, welches durch Sprache weitergegeben werden kann. Interpretiert man den Akt der Kommunikation über etwas als einen sozialen Vorgang, an dem mehrere Personen beteiligt sind, zeigt sich auch hier wieder die Bedeutsamkeit sozialer Eingebundenheit. Es deutet sich in diesen Zeilen außerdem an, dass Claas der naturwissenschaftlichen Forschung einen Wert zuschreibt, nämlich den Menschen Wissen über Naturobjekte bereitzustellen und so eine Verbreitung dieses Wissens durch verbalen Austausch zu ermöglichen. Die Konzeption, dass Menschen etwas „über“ Pflanzen berichten, bestärkt die Verschiedenheit von Mensch und Natur.

Die verwendeten Komparative („immer MEHR erforscht“, „der weg [wurde] halt EBENER“) verweisen erneut auf eine gewisse Prozesshaftigkeit. Ein allmählicher Veränderungsprozess wird sowohl durch die Wahl der Worte, als auch durch die Darstellung im Bild deutlich. So wird „EBENER“ mit einer geringeren Gezacktheit des Weges in Ver-

bindung gebracht, eben jener Charakteristik des Weges, die sich in seinem Verlauf stark verändert.

Auf expliziter Ebene wird die quantitative Zunahme und qualitative Verbesserung als Orientierungsschema bezeichnet. Dabei verändert sich sowohl das Wissen als auch die technischen Forschungsgeräte. Mehrfach wird zum Ende dieser Passage von „jetzt“ gesprochen und so eine andere zeitliche Verortung vorgenommen als zuvor. Dazu passend wird im Präsens gesprochen. Auch hier ist die Quantität zentral („sehr viel“, „mehr“). Bei der Verwendung der Pronomen fällt auf, dass erneut von Kollektiven, aber erstmals auch in der ersten Person Plural gesprochen wird. Claas bezieht sich für die Gegenwart also in die Gruppe der Handelnden ein. Er konzipiert sich damit als zum Jetzt gehörend und als wissend in Bezug auf die Natur. Dies steht im Kontrast zu dem gesamten anfänglichen Teil der Passage, in der er distanzierter zu seiner eigenen Person von „die“, „menschheit“ und „man“ gesprochen hat. Er gehört zu den heute Wissenden und kann die vergangenen Errungenschaften der Forschung nutzen. Dies bestärkt den zuvor identifizierten Wert, den der Schüler der naturwissenschaftlichen Forschung zuschreibt: Wissen über Naturelemente wird den Menschen und auch ihm selbst von der naturwissenschaftlichen Forschung zur Verfügung gestellt. In diesem Zusammenhang ist interessant, dass er von einem „BUCH“ spricht, in dem man „jetzt schon mehr über natur lesen kann“. Das Buch wird als ein Medium der Fixierung von Wissen über die Natur deutlich. In diesem Sinne wird Wissen für andere Menschen festgehalten. Dies passt zur zuvor identifizierten Idee, dass Wert der naturwissenschaftlichen Forschung das Bereitstellen von Wissen ist. Mittels des Lesens im Buch wird bestehendes Wissen an andere Personen weitergegeben. Darüber hinaus wird an dieser Stelle erneut ein Bezug zu seiner eigenen Person hergestellt. Dies fällt besonders im Vergleich zu anderen Interviewten auf, die dies nicht oder auf deutlich distanziertere Art und Weise tun. Dies bestärkt, dass der in der vorangegangenen Passage als positiv gerahmter Bezug zwischen Claas selbst und den Naturwissenschaften auch weiterhin für die naturwissenschaftliche Forschung gilt. Dieser Bezug findet vermittelt über den Wert der Forschung statt.

In der Aussage „dass die menschen halt auch jetzt sehr viel mit der Natur machen“ erhalten die Menschen eine aktive Rolle. Dabei gibt es für das „mit der natur machen“ zwei Lesarten. Zum einen könnte darüber die Natur vergegenständlicht werden und ein Nutzen dieser in den Fokus gerückt werden. Zum anderen wäre auch eine Personifikation der Natur möglich, bei der Menschen wie mit anderen Menschen etwas gemeinsam mit der Natur unternehmen. In beiden Fällen wird eine Trennung von Mensch und Natur deutlich. Dies zeigt sich auch dadurch, dass der Mensch etwas über die Natur lesen kann und über sie weiß. Damit steht der Mensch außerhalb der Natur und ist gerade kein Teil von ihr. Bereits zuvor wurden diese beiden Lesarten entworfen und aufgrund der an anderer Stelle stattfindenden Vergegenständlichung der Natur Lesart 1 gefolgt. Die Funktion der Natur für die Menschen steht im Vordergrund und passt zur mehrfach identifizierten Verschiedenheit zwischen Mensch und Natur.

Die über mehrere Abschnitte hinweg rekonstruierten impliziten Regelmäßigkeiten hoher Bedeutung von Kategorisierungen und aktiver Rolle der Menschen, gehen mit der Nut-

zung der Natur durch den Menschen einher. Diese Regelmäßigkeit lässt Rückschlüsse auf den dahinter liegenden Orientierungsrahmen zu. Alle genannten Aspekte gehen mit einer Verschiedenheit von Mensch und Natur einher, sodass von einem Orientierungsrahmen der Dichotomie von Mensch und Natur ausgegangen werden kann<sup>7</sup>. Auch im Hinblick auf die zeitliche Entwicklung zeigt sich mehrfach eine implizite Regelmäßigkeit des Sprechens, die einerseits einen kontinuierlichen Vorgang deutlich werden lässt („immer MEHR“), andererseits teilweise aber auch unkonkret verbleibt („die gab’s dann halt“). In beiden Fällen ist prozesshafte Veränderung vordergründig, sodass von einem Orientierungsrahmen der Veränderung ausgegangen wird. Darüber hinaus stellt Claas an mehreren Stellen einen Bezug zwischen den Naturwissenschaften und seiner eigenen Person her, der sich als ein Bezug der Nähe zeigt. Weiterhin deutet sich an, dass Claas der naturwissenschaftlichen Forschung den Wert zuschreibt, Wissen bereitzustellen. Dabei erscheint auch ihm dieses Wissen heute zur Verfügung zu stehen, sodass er als Nutzer der Errungenschaften der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften deutlich wird.

Einige dieser Orientierungsrahmen erwiesen sich bereits über verschiedene Passagen hinweg als tragfähig, andere, vor allem jene bezüglich der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften, können bis zu dieser Stelle lediglich als Hypothesen angesehen werden und müssten sich am weiteren Material beweisen. Auf diese drei dargestellten Passagen folgen zehn weitere, anhand derer die Orientierungsrahmen geprüft, ggf. modifiziert oder zu übergeordneten Rahmen zusammengefasst wurden. Auch die bisher identifizierten Orientierungsschemata wurden am weiteren Material geprüft. Fasst man obigen Ausführungen zusammen und clustert sie nach Vergleichsdimensionen, deuten sich bisher folgende Orientierungsschemata und Orientierungsrahmen an:

### Zusammenfassung

#### Orientierungsschemata bezüglich ...

- **naturwissenschaftlicher Forschung:** Naturwissenschaften befassen sich mit Natur-(objekten). Naturwissenschaftliche Forschung geht mit visueller Wahrnehmung einher.
- **der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften:** Im Laufe der Zeit zeigt sich sowohl eine quantitative Zunahme als auch eine qualitative Verbesserung. Es verändern sich sowohl das Wissen über die Natur, als auch die technischen Möglichkeiten der visuellen Wahrnehmung.

<sup>7</sup>Die konkrete Benennung eines Orientierungsrahmens kann sich erst im Kontrast zu anderen Fällen zeigen und verändert sich im Zuge des Auswertungsprozesses wiederholt. Es wird an dieser Stelle auf bestehende Kenntnisse vorgegriffen: So zeigte sich beispielsweise bei der Interpretation des folgend dargestellten Eckfalls Paul, dass dieser Mensch und Natur gerade nicht als dichotom, sondern als gleichberechtigt und verbunden konzipiert. Sowohl die Vergleichsdimension *Mensch - Natur - Beziehung* als auch der Fokus des Orientierungsrahmens auf die Dichotomie zwischen diesen beiden wird erst im Fallvergleich sicht- und nachvollziehbar.

### **Orientierungsrahmen bezüglich ...**

- **der Mensch-Natur-Beziehung:** Mensch und Natur werden als zwei dichotome Kategorien konzipiert. Die Natur ist passiv gegeben, die Menschen nutzen diese und erleben Natur gemeinsam mit anderen Menschen.
- **des Selbstbezugs zu Naturwissenschaften:** Es wird eine Verbindung zwischen Claas und Naturwissenschaften deutlich, die positiv gerahmt und von Nähe gekennzeichnet ist. Dabei sind sozial geteilte Erfahrungen von Bedeutung.
- **Zeitlichkeit:** prozesshafte Veränderung.
- **dem Wert der Forschung:** Forschung stellt Wissen bereit.
- **des Selbstbezuges zur zeitlichen Entwicklung:** Claas selbst scheint nicht Teil der Entwicklung zu sein, wohl aber heute von den Errungenschaften der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften zu profitieren, indem ihm das Wissen zur Verfügung steht.

Im Verlauf der Auswertung der anderen Fälle wurden eine Vielzahl weiterer solcher Vergleichsdimensionen identifiziert, bezüglich derer verschiedene Fälle miteinander verglichen werden konnten. Dabei erwies sich nur ein Bruchteil dieser Vergleichsdimensionen als relevant für die Sinnbildung aller interviewten Schüler\_innen. Welche dies sind, wie verschiedene Orientierungsrahmen bezüglich dieser Vergleichsdimensionen systematisiert werden können und welche weiteren Orientierungsschemata identifiziert werden konnten, wird ab Kapitel 5.2 dargestellt.

### **5.1.5. Ablauf der Auswertung**

Vor der Darstellung der Ergebnisse wird der Ablauf der einzelnen Phasen der Auswertung zusammenfassend skizziert. Damit soll dem Gütekriterium der intersubjektiven Nachvollziehbarkeit (vgl. Kapitel 3.2.2) Rechnung getragen werden. Die nun folgenden Ausführungen beziehen sich weniger auf den Ablauf der in der dokumentarischen Methode angelegten Schritte der Auswertung, sondern blicken auf den gesamten Prozess der Auswertung aller Fälle.

Um in einem ersten Schritt einen Eindruck von der Vielseitigkeit des Materials zu erhalten, wurde für alle 33 in der Auswertung berücksichtigten Fälle die Passage der Bildbeschreibung dokumentarisch interpretiert. Diese Passage stellt jeweils die erste dar, in der sich die Interviewten mit dem Thema der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften aus ihrer Perspektive heraus beschäftigen ohne dass durch weitere Interviewimpulse Einfluss genommen wird. Es wird daher angenommen, dass sich die Struktur der Sinnbildung der Schüler\_innen hier besonders deutlich zeigt. Darüber hinaus war aufgrund der identischen

Formulierung des Zeichenauftrags ein direkter Vergleich des Umgangs mit dem Thema möglich. Dieses Vorgehen ermöglichte einen ersten Vergleich der Fälle vor allem im Hinblick darauf, wie sie die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften konzipieren. Es wurde jedoch auch deutlich, dass vor allem für Fälle mit sehr kurzen Bildbeschreibungen weitere Passagen in die Auswertung einbezogen werden mussten, um ein umfassenderes Verständnis der Sinnbildung des Falls zu ermöglichen.

Für ein Tiefenverständnis der Fälle wurden daher anschließend drei Fälle vollständig dokumentarisch analysiert. Die Auswahl dieser Fälle erfolgt dabei einerseits nach einem inhaltlichen Kriterium, indem Fälle ausgewählt wurden, die die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften ganz unterschiedlich konzipieren. Andererseits wurden im Hinblick auf die erste Forschungsfrage je ein/eine Schüler\_in aus den drei berücksichtigten Klassenstufen ausgewählt. Die komparative Analyse dieser drei Fälle ermöglichte eine Zusammenstellung relevanter Vergleichsdimensionen, die in all diesen Fällen die Sinnbildung zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften strukturieren. Elf solcher Vergleichsdimensionen wurden als Hypothesen in einem nächsten Schritt an weitere neun Fälle herangetragen, die im Hinblick auf diese Vergleichsdimensionen analysiert wurden. Dabei wurden Fälle ausgewählt, die sich auf Grundlage der Analyse der Bildbeschreibung als heterolog bzw. drei dieser gerade als homolog zu den ersten drei andeuteten. In diesem Schritt verengt sich die Perspektive der Auswertung erstmals und nimmt nicht mehr umfassend alle Aspekte eines Falls in den Blick. Nach der Analyse dieser insgesamt 12 Fälle zeigten sich die folgenden vier Vergleichsdimensionen von Orientierungsrahmen in allen Fällen als relevant für die Sinnbildung zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften:

- Wert der naturwissenschaftlichen Forschung,
- Selbstbezug zu Naturwissenschaften,
- Konzeption der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften,
- Selbstbezug zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften.

Die weiteren 21 Fälle wurden daher mit Blick auf diese vier Vergleichsdimensionen dokumentarisch analysiert und damit der Fokus der Analyse erneut eingeschränkt.

Durch den Fallvergleich war eine Systematisierung und Abstraktion der Orientierungsrahmen möglich. Auf diese Art und Weise konnten Typen gebildet und Entscheidungen für die Darstellung der Ergebnisse getroffen werden:

- In einer sinngenetischen Typenbildung gelang es, die Orientierungsrahmen zu den vier Vergleichsdimensionen zu Typen und ggf. Subtypen und weiteren Untergruppen zusammenzufassen.
- In einer relationalen Typenbildung konnten Relationen zwischen den Orientierungsrahmen der Typiken dieser vier Dimensionen identifiziert werden. Alle 33 Fälle des Samples konnten im Feld, das von acht relationalen Typen aufgespannt wird, verortet werden.

- Ausgehend von dieser Strukturierung der Fälle wurden Fälle als Eckfälle festgelegt, die im Rahmen der Arbeit ausführlich dargestellt werden sollen. Diese Auswahl bezog sich nicht ausschließlich auf die Erkenntnisse der relationalen Typenbildung, sondern wurden auch mit Blick auf die Subtypen und Untergruppen der sinngenetischen Typenbildung ausgewählt. So sollte durch die Beschreibung der Eckfälle sowohl das Feld der sich ergebenden relationalen Typen als auch das Detailwissen der sinngenetischen Typenbildung zumindest an je einem Fall deutlich werden können.

Das Vorgehen für die Identifikation von Orientierungsschemata hingegen war ein anderes. Es wurden möglichst umfassend alle Vorstellungen zu Naturwissenschaften und ihrer zeitlichen Entwicklung rekonstruiert und im Anschluss durch den Fallvergleich klassifiziert. In einem letzten Schritt wurden Zusammenhänge zwischen den rekonstruierten Orientierungsrahmen und -schemata gesucht.

## 5.2. Ergebnisse der Hauptstudie: erste Forschungsfrage

Im folgenden Kapitel 5.2.1 werden die Ergebnisse zur ersten Forschungsfrage, also die rekonstruierten Orientierungsschemata, dargestellt und systematisiert. Anschließend werden diese in Bezug auf den Forschungsstand diskutiert. Für beide Forschungsfragen findet jeweils erst eine alleinige Darstellung der empirischen Ergebnisse statt, um diese anschließend in ihrer Gesamtheit mit den theoretischen Bezugspunkten zu verknüpfen und didaktische Konsequenzen abzuleiten. Dies erfolgt gemeinsam für beide Forschungsfragen in Kapitel 5.4.

Die Transkripte aller Fälle befinden sich auf der dieser Arbeit beigelegten CD. Die folgend dargestellten eingerückten Transkriptausschnitte stellen direkte Zitate aus den Transkripten dar<sup>8</sup>. Wird hingegen im Fließtext zitiert, wird teilweise auf eine bereinigte Transkription zurückgegriffen, indem Mikropausen und Dehnungen von Worten nicht abgebildet werden. Auf diese Art und Weise soll die Lesbarkeit erhöht werden. Gleiches gilt für Verweise auf die Zeichnung der Interviewten, die nur bei zeitgleicher Darstellung des Bildes für den Leser nachvollziehbar sind und andernfalls aus den Zitaten im Fließtext gestrichen wurden.

---

<sup>8</sup>Die verwendeten Namen stellen Synonyme dar, welche zufällig gewählt wurden und lediglich das Geschlecht der interviewten Realperson und den von den Interviewten angegebenen Migrationshintergrund wiedergeben sollen. Diese Wahl soll keinen Zusammenhang der Ergebnisse mit Geschlecht oder Migrationshintergrund implizieren, sondern lediglich die Verschiedenheit der Fälle im Hinblick auf deren Personenmerkmale verdeutlichen.

### 5.2.1. Orientierungsschemata zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften

Das konkrete Vorgehen der Auswertung wurde in Kapitel 5.1.4 an einem Beispiel detailliert dargestellt. An dieser Stelle werden die herausgearbeiteten Orientierungsschemata der interviewten Schüler\_innen zusammenfassend diskutiert, um so die Beantwortung der ersten Forschungsfrage zu ermöglichen. Die folgend gezeigten Zitate dienen der beispielhaften Illustration und bilden nicht den vollständigen Prozess der Auswertung ab. Im Zuge der Auswertung zeigten sich Orientierungsschemata zu verschiedenen Aspekten der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften<sup>9</sup>:

- Vorstellungen zum Inhalt naturwissenschaftlicher Forschung,
- Vorstellungen zu Zeitraum und Zukunft der Entwicklung,
- Vorstellungen zu Sujets der Entwicklung<sup>10</sup>,
- Vorstellungen zu Modi der Entwicklung.

Die identifizierten Vorstellungen werden im Folgenden dargestellt sowie altersspezifische Tendenzen diskutiert. Die altersspezifischen Tendenzen sind aufgrund der Samplegröße und Samplegestaltung (vgl. Kapitel 5.1.2) lediglich als erste Hinweise zu verstehen und nicht als repräsentative, verallgemeinerbare Ergebnisse anzusehen. Vielmehr dienen sie als Hinweise für zukünftige Untersuchungen. Die Ergebnisse können so einen Beitrag zur Bearbeitung des Forschungsdesiderats leisten, das bisher lediglich Vorstellungen zur diachronen NdN von 8. Klässler\_innen untersucht wurden (Henke & Höttecke, 2013c). Eine Übersicht, welche Vorstellungen für welchen Fall rekonstruiert werden konnten, findet sich in Anhang A.4.

#### 5.2.1.1. Inhalt naturwissenschaftlicher Forschung

Im Zuge der Auswertung fiel auf, dass die interviewten Schüler\_innen mit naturwissenschaftlicher Forschung ganz unterschiedliche Inhalte in Verbindung bringen und so die Arbeit der Naturwissenschaftler\_innen entsprechend vielseitig konzipieren. Es wurden vier Orientierungsschemata identifiziert:

- Naturwissenschaftliche Forschung beschäftigt sich mit der uns umgebenden natürlichen Welt.

<sup>9</sup>Orientierungsschemata können mit Bezug zu den theoretischen Überlegungen des Kapitels 2.3 auch als Vorstellungen bezeichnet werden. *Orientierungsschema* und *Vorstellung* werden dementsprechend synonym verwendet.

<sup>10</sup>Mit dem Begriff der Sujets werden all jene Aspekte bezeichnet, die von den Befragten als im Laufe der Zeit veränderlich angesehen werden. Sujet beschreibt also den Inhalt oder Gegenstand der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften, fokussiert jedoch nicht ausschließlich auf haptisch wahrnehmbare Objekte, sondern auch auf Zusammenhänge und Eigenschaften. Es geht also um Vorstellungen dazu, was sich im Laufe der Zeit entwickelt.

- Naturwissenschaftliche Forschung beschäftigt sich mit der uns umgebenden artifiziellen Welt.
- Naturwissenschaftliche Forschung beschäftigt sich mit Zusammenhängen der irdischen Welt.
- Naturwissenschaftliche Forschung beschäftigt sich mit Zusammenhängen der kosmischen Welt.

An dieser Stelle soll keine Diskussion über den Begriff des Natürlichen stattfinden. Sie ist an anderer Stelle, beispielsweise bei Birnbacher (2008), nachzulesen und führt zu weit vom Thema der vorliegenden Arbeit weg. Die Begriffe werden im folgenden Verständnis verwendet, um die sich zeigenden Vorstellungen sinnvoll systematisieren zu können. Unter der natürlichen Welt werden biologische Objekte der Natur wie Pflanzen, Tiere, Menschen, Steine und die Umwelt insgesamt gezählt. Der Kontext Natur steht im Vordergrund. Auf der anderen Seite steht die artifizielle Welt, womit stärker physikalische, chemische sowie technische Aspekte gemeint sind. Die artifizielle Welt ist als vom Menschen hergestellt zu verstehen und stellt damit gerade das Gegenstück zur – im Begriffsverständnis dieser Arbeit – natürlichen Welt dar. Naturwissenschaftliche Forschung ermöglicht dabei einerseits ein Verstehen dieser artifiziellen Welt und produziert andererseits technische Artefakte.

Entsprechend verschieden sind die Vorstellungen zur Arbeit der Wissenschaftler\_innen. Ein Großteil der Befragten stellt sich eine Art *Naturforscher\_in* vor: Die Forscher\_innen lernen die Natur kennen und erkunden sie Stück für Stück („damit wir auch halt die tiefsee erkunden“ Dimitri, Z. 281 - 282). Die Naturwissenschaftler\_innen verstehen Zusammenhänge der natürlichen Welt, beispielsweise warum die Erde bebt (vgl. Konstantin, Z. 232ff), identifizieren die Funktionsweisen von Naturobjekten und ziehen ggf. einen Nutzen daraus: „es gibt ja auch sogenannte bionik wo sich menschen etwas von (1) der natur anschauen und das selber für sich nutzen,“ (Claas, Z. 337 - 339). Darüber hinaus zeigen sich spezifischere Vorstellungen, die ebenfalls mit der Erkundung der uns umgebenden natürlichen Welt in Verbindung stehen. Die Schülerin Akua bringt die Arbeit von Wissenschaftler\_innen, sowohl der Vergangenheit als auch der Gegenwart mit Paläontologie in Verbindung (ohne diese selbst explizit so zu benennen):

dass man früher halt (1) nicht so auf was ähm geforscht hat also vo-also nicht viel gefunden hat zum beispiel wie die dinosaurier ähm knochen oder so (Akua, Z. 196 - 198)

[...]

Akua: hmh (2) wie ich schon gesagt habe, knochen. (.) oder fossilien, und (1) die jetzt zum beispiel jetzt im museum ähm vorgestellt werden (2) vielleicht suchen ja jetzt die forschler die anderen teile aber ich glaub' die haben schon damit AUFgehört, (.) also die anderen teile zu suchen (Z. 269 - 274)

Andere Schüler\_innen schreiben den Naturwissenschaftler\_innen zu, durch die Untersuchung der natürlichen Welt diese zu belasten („was passiert wenn ich diese (.) ätze, (1) diese säure, (.) in einen fluss tue? @sterben die fische dann oder sterben sie nich@ [...] dann is die umwelt nicht mehr (.) ganz (.) so (.) sauber?“ Jolina, Z. 422 - 427) oder auf

deren anderen Seite die Umwelt zu schützen („naturwissenschaftler:: (.) setzen sich doch auch bestimmt so für ne schöne umwelt ein“ Alexander, Z. 113 - 114). So versteht Alexander Naturwissenschaftler\_innen eher als eine Art Naturschützer. Vorstellungen, bei denen naturwissenschaftliche Arbeit vorrangig mit der natürlichen Welt in Verbindung gebracht wird, zeigen sich in allen drei Altersgruppen und bei fast allen 33 Interviewten (vgl. Anhang A.4).

Diesem Fokus auf die natürliche Welt steht der Fokus auf die artifizielle Welt gegenüber, welcher bei Inga besonders deutlich wird:

Inga: na ja wenn ich durch die TÜR laufe (.) weiß ich genau wie der mechanismus funktioniert wie 'ne TÜR aufgeht. [Interviewerin: mhm] wenn: ähm (.) ich 'n fENSTER (.) sehe weiß ich genau wie es chemisch da-hergestellt wurde, und (2) auch=ALLES um mich herum kann man kann man mir erklären mit naturwissenschaften. (Z. 214 - 218)

Naturwissenschaften ermöglichen ihr ein Erklären der sie umgebenden, durch die Menschen gemachten Welt. Naturwissenschaften befassen sich nicht ausschließlich mit der natürlichen Umwelt. Ähnliches zeigt sich auch bei Schüler\_innen, die die naturwissenschaftliche Forschung mit dem Erfinden technischer Geräte in Verbindung bringen: „die erfinder ((lachen)) [Interviewerin: mhm] erfinden ja immer mehr neue sachen“ (Zohra, Z. 303 - 305). Dazu wird nicht das Erfinden technischer Forschungsgeräte zur Untersuchung der natürlichen Welt gezählt. Vielmehr stehen technische Artefakte des Alltags (Autos, Handys, Flugzeuge) im Vordergrund.

Die Vorstellung, dass sich die naturwissenschaftliche Forschung unter anderem mit der artifiziellen Welt befasst, vertreten vergleichsweise wenige Schüler\_innen des Samples (vgl. Anhang A.4). Keiner der interviewten Sechstklässler\_innen zählt zu dieser Gruppe, hingegen mehrere der beiden älteren Gruppen. Dies kann als altersspezifische Tendenz interpretiert werden. Für jüngere Schüler\_innen scheint die Beschäftigung mit der natürlichen Welt im Kontext naturwissenschaftlicher Forschung relevanter zu sein. Dies scheint angesichts der naturwissenschaftlichen Unterrichtsinhalte in den unteren Klassenstufen wenig überraschend. Auch in den geführten Interviews berichten die Sechstklässler\_innen über eigene Erfahrungen in der Natur und stärker biologisch ausgerichteten Naturwissenschaftsunterricht. Beides bringen sie mit dem Begriff Naturwissenschaft in Verbindung. Mehrere Neuntklässler\_innen erzählen ebenfalls von Erlebnissen in der Natur, die für sie mit Naturwissenschaften in Verbindung stehen, verorten diese zeitlich jedoch in der Vergangenheit.

Mit der uns umgebenden natürlichen und artifiziellen Welt wird von allen Schüler\_innen als Inhalt der Forschung die irdische Welt angesprochen. Einige der Befragten hingegen thematisieren als Inhalte der Forschung außerdem den Kosmos, Zusammenhänge der Himmelskörper und die Erkundung des Weltalls. Dies geht zumeist mit der Idee einher, dass sich die Inhalte der Forschung im Laufe der Zeit verändert oder ausdifferenziert haben:

dann ging es hier ((zeigt auf L)) auch richtung (.) was passiert mit der ERde? dem wELtall, und so was. [...] auch in richtung chemIE, also mit irgendwelchen

chemikAlien hat man dann auch angefangen (.) so hIEr ((zeigt von D nach H)) dass es dann mal brEIter wird also dass das (1) spektrum grÖßer wird, dass also die die die sachen die man erforscht hat. (Torben, Z. 199 - 209)

So beschreibt Torben das Weltall als einen Bereich der Forschung, der in der Vergangenheit entstanden ist („dann ging es hier auch richtung (.) was passiert mit der erde? dem weltall“ Torben, Z. 198 - 200). Hingegen sehen andere Befragte die kosmische Welt stärker als Inhalt der zukünftigen Forschung:

ich denk' mal wir werden weiter irgendwie in weltraum vorstoßen oder so was und ähm (3) keine ahnung vielleicht andere planeten besiedeln erst mal in unserem sonnensystem und dann weiter. (1) keine ahnung es steht halt wirklich in den sternern. (Florian, Z. 351 - 355)

Dabei ist zu bemerken, dass alle Interviewten die irdische Welt als Inhalt der Forschung konzipieren und lediglich, wie oben beschrieben, verschiedene Schwerpunkte auf die natürliche oder artifizielle Welt legen. Zusätzlich zeigt sich bei mehreren der Befragten die Vorstellung, dass sich naturwissenschaftliche Forschung auch mit der kosmischen Welt beschäftigt. Dies gilt für alle Altersgruppen gleichmäßig. Einige der Befragten sehen eine Veränderung der Inhalte der Forschung im Laufe der Zeit. Eine Vielzahl der Interviewten beschreibt eine solche Veränderung von Inhalten jedoch nicht.

### 5.2.1.2. Zeitraum und Zukunft der Entwicklung

Im Vergleich der Interviews zeigt sich, dass unterschiedliche Orientierungsschemata zum Zeitraum der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften vorherrschen. Die Bandbreite der Orientierungsschemata ist in Abbildung 5.1 dargestellt und erstreckt sich vom Urknall bis heute als ein Extrem bis zu einem Zeitfenster von lediglich zehn Jahren als anderem Extrem. Beispielzitate dieser beiden Extremfälle sind in Abbildung 5.1 angeführt.

Neben der Nennung konkreter Jahreszahlen fallen zwei weitere Arten auf, wie die Schüler\_innen den Zeitraum der Entwicklung aufspannen, sodass sich insgesamt die folgenden drei ergeben:

1. Nennen konkreter Jahreszahlen bzw. Abstand zu Heute,
2. Nennen bestimmter Epochen,
3. Beziehen auf andere Referenzpunkte.

So benennt Leni den Abstand vom Beginn der naturwissenschaftlichen Forschung bis zur Gegenwart als zehn Jahre (vgl. Zitat in Abbildung 5.1). Niklas setzt den Beginn der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften bei „2.000 vor christus [...] also (.) schon ziemlich ziemlich lange her. (.) und damals ham die menschen ja auch schon (.) ähm ziemlich viel herausgefunden.“ (Niklas, Z. 337 - 341). Er nennt eine konkrete Jahreszahl von der ausgehend er den Entwicklungsprozess thematisiert.

Andere Schüler\_innen beziehen sich mit der Nennung der Steinzeit (Zeynep, Lars, Jolina, Torben), des Mittelalters (Bennet, Shila, Akua), der Griechischen Antike (Philipp)

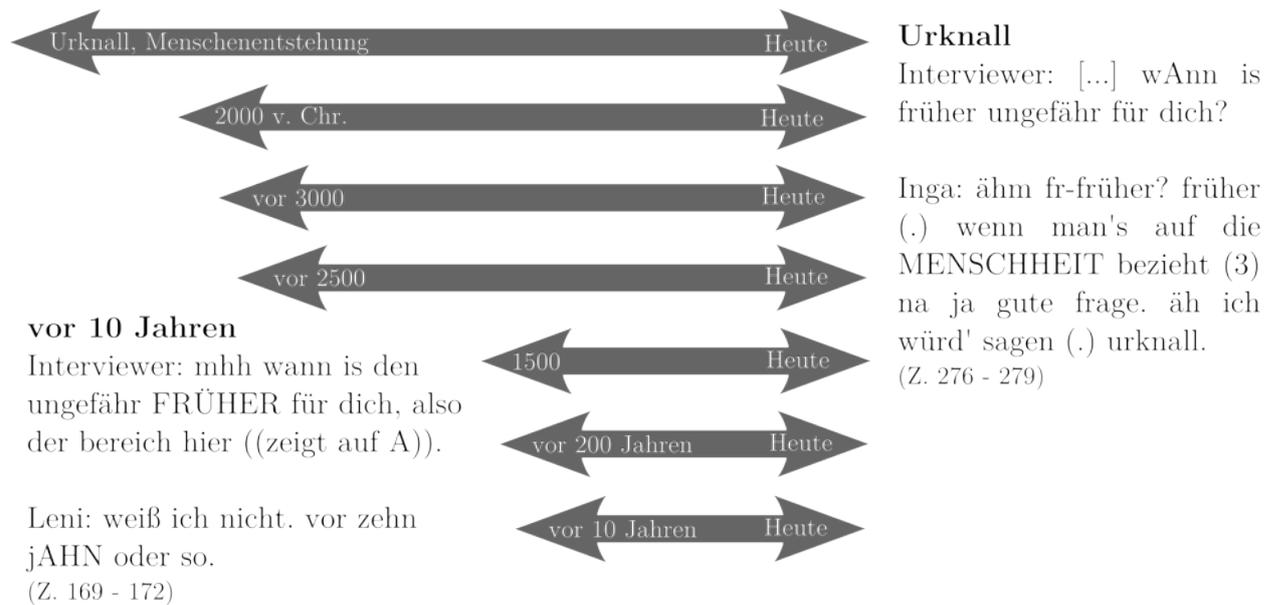


Abbildung 5.1.: Spektrum der verschiedenen Zeiträume, die die Schüler\_innen in Bezug auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften nennen (Auswahl). Beispielhaft sind Zitate der beiden Extreme dargestellt.

oder der Industrialisierung (Lisa) auf bestimmte Epochen ohne sie konkreter zeitlich zu verorten. Auch diese Epochen bilden ein großes zeitliches Spektrum ab. Wie bereits bei der Nennung konkreter Jahreszahlen dargestellt, verweist auch die Nennung bestimmter Epochen darauf, dass die Schüler\_innen ganz verschieden lange Zeiträume thematisieren, wenn sie über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften sprechen.

Zur dritten Gruppe zählen Schüler\_innen, die einen anderen Referenzpunkt nennen und so eine zeitliche Rahmung vornehmen. Als solch ein Referenzpunkt zeigt sich beispielsweise die eigene Lebenszeit (Zohra). Alles vor dieser Zeit wird von der 15-Jährigen dem Früher und so dem Beginn der von ihr beschriebenen zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften zugeschrieben. Andere Interviewte wählen ihnen bekannte historische Wissenschaftler (Leana – Priestleys Lebzeiten, Arne – Galileos Lebzeiten, Amar – Mendels Lebzeiten) oder bestimmte Erfindungen sowie Entdeckungen (Natalia – Erstes Handy, Larissa – Erste technische Erfindung, Dimitri – Erfindung der Lupe, Florian – Entdeckung des Feuers) als Referenzpunkte. Teilweise werden diesen Referenzpunkten im Anschluss konkretere Jahreszahlen zugewiesen.

Die Schüler\_innen nennen unterschiedlich detaillierte Kenntnisse zu Epochen und bedeutsamen historischen Ereignissen, die mit der naturwissenschaftlichen Forschung in Verbindung stehen. Als ein Extrem zeigt sich diesbezüglich der Fall Arne (dieser wird als Eckfall in Kapitel 5.3.1.4 dargestellt). Arne verfügt über vielfältige Kenntnisse zu historischen Wissenschaftler\_innen und Bedingungen der Forschung: Aristoteles Überlegungen, Galileos Turmfallexperiment, Kopernikus Beobachtung der Planetenbewegung und aktuelle Forschung zur dunklen Materie (Arne, Z. 306 - 400). Dieses Wissen steht ihm seiner Aus-

sage nach aus dem Unterricht zur Verfügung, da in seinem Technikprofil auch „geschichte drin“ ist (Arne, Z. 308).

Im Hinblick auf den weiteren Verlauf der Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung zeigen sich zwei Orientierungsschemata: Die zukünftige Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung wird als eine *unendliche* oder eine durch verschiedenste Faktoren *begrenzte* konzipiert. Beispielsweise sagt Lars:

Interviewerin: [...] was meinst du denn wie geht der weg in ZUKunft weiter? wenn du den jetzt weitermalen könntest.

Lars: ich glAUbe der wird (1) äHNlich bLEIbn, aber irgendwann wird er halt kOM-plett grAde bleiben, (.) weil dann alles entdeckt is. (Z. 308 - 314)

Zu entdeckendes Wissen über Funktionsweisen der uns umgebenden natürlichen Welt ist seiner Ansicht nach begrenzt und entsprechend der Prozess des Aufdeckens irgendwann in Zukunft beendet<sup>11</sup>. Für Akua gilt ähnliches und naturwissenschaftliche Forschung wird zukünftig „nicht mehr so im raum“ stehen (Akua, Z.258), ist also weniger medial präsent und bedeutsam. Aus diesem Grund stellt sich diese Befragte die Entwicklung als eine begrenzte vor. Auch Amar beschreibt einen in Zukunft beendeten Entwicklungsprozess. Diese Entwicklung bezieht sich darauf, dass die naturwissenschaftliche Forschung seiner Ansicht nach der Regenwaldzerstörung entgegenwirkt und ein Aufhalten der Zerstörung in Zukunft vollständig gelingen wird. Ähnlich beschreibt es Nick, der die Herstellung des Urzustandes der Natur für die Zukunft anstrebt, welcher durch die Erfindung umweltschädlicher Geräte zerstört wurde:

Nick: das ziel von dem richtigen we:g wä:re: (.) das alles so is wie vorher, [Interviewerin: so wie hier am anfang? quasi,] genau [Interviewerin: mhm okay] das ist das ziel das es wieder (.) ausgeglichen wird. (Z. 398 - 402)

Ist der Zustand der Umwelt wieder ausgeglichen, wäre die Entwicklung beendet. Die Begrenztheit der Entwicklung hängt in all diesen Fällen entsprechend eng mit den von den Schüler\_innen beschriebenen Zielen naturwissenschaftlicher Forschung zusammen. Die Vorstellung einer zukünftig beendeten Entwicklung konnte nur bei Schüler\_innen der 9. und 11./12. Klasse identifiziert werden und zeigt sich bei keinem der neun interviewten Sechstklässler\_innen. Es deutet sich in den Daten also eine altersspezifische Tendenz an, die es in weiteren Studien zu prüfen gilt.

Die meisten Schüler\_innen des Samples zeigen die Vorstellung einer endlosen Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung. Dies liegt vielfach in der unbegrenzten Menge an noch zu Entdeckendem (z. B. Torben, Z. 340ff) oder aber an der zukünftig stattfindenden Verbesserung der technischen Forschungsmöglichkeiten (z. B. Dimitri, Z. 323ff) begründet. Zohra beschreibt einen endlosen Prozess der Verschlechterung der Umwelt, da auch in Zukunft immer weitere umweltschädliche Produkte von den Naturwissen-

---

<sup>11</sup>Hier zeigt sich außerdem eine epistemologische Vorstellung, also eine Vorstellung zu Wissen und Wissenserwerb. Diese finden sich im Datenmaterial mehrfach, werden jedoch im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht systematisch untersucht, da der Theorierahmen der Arbeit einen anderen Fokus legt. Für weitere Ausführungen zum psychologischen und fachdidaktischen Begriffsverständnis epistemologischer Vorstellungen im Kontext NdN sei auf Neumann und Kremer (2013) verwiesen.

schaftler\_innen erfunden werden. Hier sind die Wissenschaftler\_innen Verursacher der Zustandsverschlechterung:

Interviewerin: [...] wie geht es in zukunft weiter?

(1)

Zohra: ich glaub' das geht auch bergAB. weil (2) die wiss-also die (.) wie nennt man die, (2) die erfinder ((lachen)) [Interviewerin: mhm] erfinden ja immer mehr neue sachen und (2) dann wird's ja immer (1) flIGENDE autos oder @so wird's bestimmt geben@ ((lachen)) und deswegen (1) das schadet ja auch. deswegen glaub' ich nicht das es bergauf geht. (Z. 297 - 308)

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Orientierungsschemata zu Zeitraum und Zukunft der Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung sehr verschieden sind. Dabei zeigen sich keine altersspezifischen Tendenzen im Hinblick auf die Unterschiedlichkeit der Zeiträume, jedoch schon im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung, die stärker von älteren Schüler\_innen als eine begrenzte konzipiert wird.

### 5.2.1.3. Sujets der Entwicklung

Auch im Hinblick auf die Sujets der Entwicklung ließen sich Orientierungsschemata identifizieren. So verändert sich nach Ansicht der Befragten beispielsweise das Wissen und die von der naturwissenschaftlichen Forschung hergestellte Technik. Auf der anderen Seite ändern sich auch Forschungsmethoden, die Fähigkeiten der Forscher\_innen und technische Möglichkeiten der Forschung. Ebenso werden im Laufe der Zeit Inhalte und Forschungsgebiete zum Sujet der Entwicklung. Im Laufe der Zeit variiert die Anzahl der Forscher\_innen, der Zustand der Natur bzw. Umwelt, das Interesse an und die gesellschaftliche Bedeutung von naturwissenschaftlicher Forschung. Daran gekoppelt werden die gesellschaftlichen Unterstützungsstrukturen der Forschung, die Schwierigkeit der Forschung und die Forschungsintensität als veränderlich angesehen. Ebenso verändert sich nach Ansicht der Interviewten im Laufe der Zeit, inwiefern die Forschung als ein selbstverständlicher Teil der Gesellschaft gilt.

Beim Versuch einer Systematisierung all dieser Sujets zeigen sich fünf Sujet-Bereiche, die jeweils als miteinander verbunden und sich gegenseitig bedingend angesehen werden können (vgl. Abbildung 5.2). Im Laufe der Zeit verändern sich nach Ansicht der Interviewten die *Errungenschaften der Forschung*, also Wissen und/oder technische Alltagsprodukte. Darüber hinaus ändern sich die *Möglichkeiten der Forschung* als etwas, das verstärkt aus der naturwissenschaftlichen Forschung selbst geschieht. Dies ist eng mit den Errungenschaften der Forschung verbunden, da unter anderem bestehendes Vorwissen die Möglichkeiten der Forschung beeinflusst. Auf der anderen Seite gibt es auch äußere Einflüsse, die als veränderlich konzipiert werden und hier als *Rahmenbedingungen der Forschung* bezeichnet werden. Ebenso sehen einige Schüler\_innen eine Veränderung der *Bedeutung der Forschung* in der Gesellschaft. Weniger konkret auf die naturwissenschaftliche Forschung bezieht sich der fünfte Bereich *Zustand der Natur/Umwelt*. Dieser Bereich der Entwick-

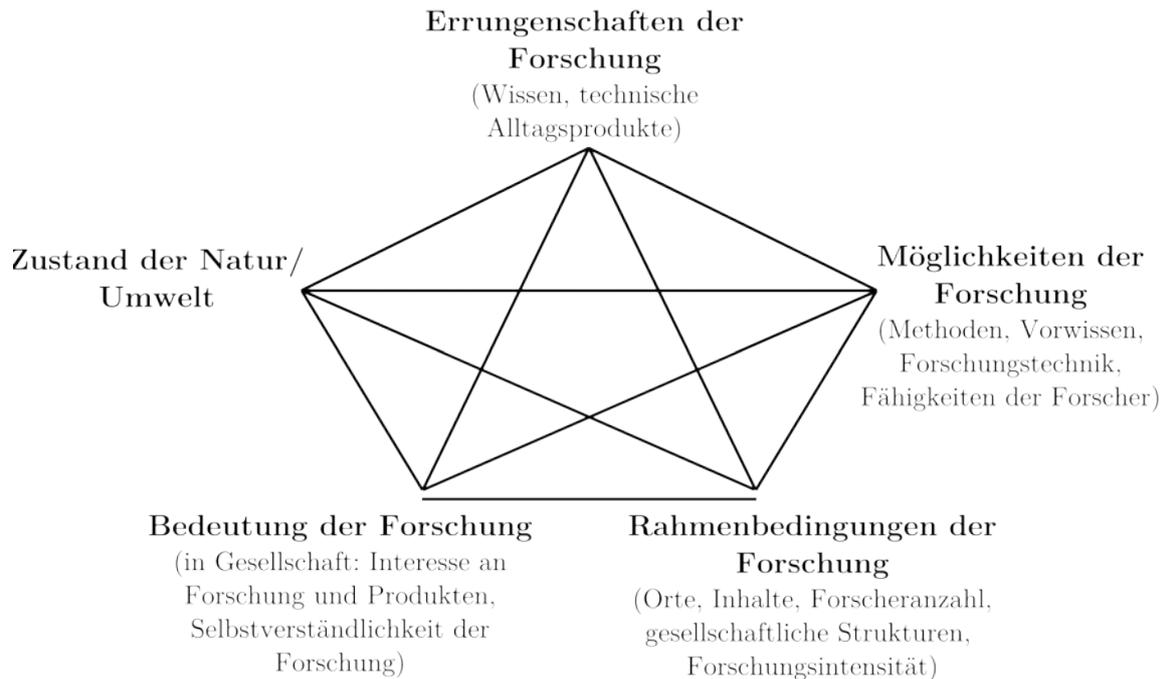


Abbildung 5.2.: Zusammenfassende Darstellung, was die Schüler\_innen im Laufe der Zeit als veränderlich ansehen. Dabei werden Verbindungen zwischen den Sujet-Bereichen nicht in allen Interviews deutlich.

lung wird von mehreren Schüler\_innen thematisiert und ist daher hier aufgeführt. Eine Verbindung zur naturwissenschaftlichen Forschung wird vielfach darüber hergestellt, dass umweltschädliche Errungenschaften der Forschung als Ursache der Umweltveränderung angesehen werden oder aber die naturwissenschaftliche Forschung als jene Instanz konzipiert wird, die einer Zustandsveränderung der Natur entgegenwirkt.

Als Konsequenz aus mehreren oder einzelnen dieser Bereiche wird auch die Schwierigkeit der Forschung und die Geschwindigkeit des Forschungsprozesses als veränderlich deutlich. So macht ein schlechterer Zustand der Natur eine Erforschung dieser schwieriger (vgl. Alexander, Z. 267ff). Auf der anderen Seite führen bessere Forschungsgeräte und Vorwissen zu einer Steigerung der Geschwindigkeit, mit der neue Erkenntnisse möglich werden (vgl. Claas, Z. 298ff).

Verbindungen zwischen den Sujet-Bereichen werden von den interviewten Schüler\_innen nicht in jedem Fall hergestellt. Teilweise stehen verschiedene sich entwickelnde Bereiche unverbunden nebeneinander. Beispielsweise konzipiert Nick naturwissenschaftliche Forschung als Klimaschutz, indem Naturwissenschaftler\_innen dem Klimawandel entgegenwirken (Naturwissenschaft hat sich „um den klimawandel [gekümmert]“ Z. 287). Der Zustand der Natur verschlechtert sich im Laufe der Zeit, kann jedoch von der naturwissenschaftlichen Forschung aufgehalten werden. Der Schüler äußert jedoch nicht die Vorstellung, dass auch die zeitliche Entwicklung der Errungenschaften der Forschung Einfluss auf die Zustandsverschlechterung der Umwelt nimmt. So wäre es denkbar, dass immer

neue technische Erfindungen der Umwelt schaden oder aber umweltfreundlichere Errungenschaften der Forschung diesen Prozess verlangsamen. Ganz anders bringt Zohra Zustandsverschlechterung der Natur und Veränderung auf Seiten der Errungenschaften der Forschung zusammen („die erfunder erfinden ja immer mehr neue sachen und [...] deswegen (1) das schadet ja auch“ Z. 303 - 307). Auch Niklas bringt explizit Entwicklungen der gesellschaftlichen Strukturen (Bedeutung von Kirche und Glauben) mit Entwicklungen der Möglichkeiten der naturwissenschaftlichen Forschung zusammen („die ähm wissenschaftlichen forschungen einfach total ABgesagt sind [...] weil (.) die KIRCHE nichts ANerkannt hat“ Z. 351-354). Es ist also verschieden, inwiefern die interviewten Schüler\_innen Verbindungen zwischen Sujet-Bereichen benennen.

In Abbildung 5.2 werden alle im Sample identifizierten Orientierungsschemata zu Sujet-Bereichen der Entwicklung zusammengefasst dargestellt. Die einzelnen Befragten beziehen sich in keinem Fall auf all diese Bereiche, sondern thematisieren Auszüge (vgl. Anhang A.4). Einige Interviewte fokussieren sogar lediglich auf zwei Sujet-Bereiche der Entwicklung, wohingegen andere eine größere Anzahl sich entwickelnder Sujet-Bereiche thematisieren.

Im Vergleich der unterschiedlichen Klassenstufen zeigen sich für Vorstellungen zu allen fünf Sujet-Bereichen keine altersspezifischen Tendenzen.

Die bisherige Ergebnisdarstellung fokussiert lediglich auf die Sujets der Entwicklung. Es fehlt bisher die Art und Weise der Entwicklung, welche sich verschiedene Jugendliche trotz gleichem Sujet der Entwicklung dennoch verschieden vorstellen. Dem Modus der Entwicklung widmet sich daher das folgende Kapitel.

#### **5.2.1.4. Modi der Entwicklung**

An dieser Stelle erfolgt die Darstellung der Orientierungsschemata zur Art und Weise, zu den Modi der Entwicklung. Es ist festzuhalten, dass einer Person nicht ausschließlich eine der folgenden Vorstellungen zuzuordnen ist. Die Vorstellungen können sich auf unterschiedliche Sujets der Entwicklung beziehen und bedingen sich teilweise gegenseitig.

Als erstes werden Orientierungsschemata diskutiert, die als je zwei konträre Pole verstanden werden können: quantitative Zunahme – quantitative Abnahme, qualitative Verbesserung – qualitative Verschlechterung. Anschließend werden die Fokussierungs-/ Differenzierungsvorstellung sowie Überwindungs-/ Etablierungsvorstellung vorgestellt. Die Bezeichnungen der Vorstellungen wurden auf Grundlage des Datenmaterials dieser Studie gewählt und bedürfen daher einer Erläuterung und Plausibilisierung:

##### **Vorstellung einer quantitativen Zunahme**

Diese Vorstellung zeichnet sich durch einen additiven Vorgang aus, bei dem im Laufe der Zeit im Sinne eines kumulativen Zuwachses eine Anhäufung stattfindet. Im Interview mit Larissa zeigt sich beispielsweise, dass die Menge an Forschungsgebieten und die Menge an

Alltagsprodukten im Laufe der Zeit immer weiter wächst, sodass heute bereits eine Art Sättigung für technische Geräte erreicht ist:

also geht es (1) bergAUF ((zeigt von A nach D)), (.) weil ähm zu dEM zeitpunkt kam ja immer (1) was neues dazu, (1) ähm (2) und auch mediZIN: und so: ähm (1) verschiedene experimeNTE, damit man irgendetwas herstellen kann oder so was. (1) und dann (.) ähm (.) ging es dann eher so flACH ((zeigt von C nach E)). (.) und zwar: (.) finde ich damit (.) also-heutzutage hat man ja (.) wirklich Alles. (1) ne? also (1) GLÜHbirne. fernseher. [Interviewerin: mhm] al=die ganzen TECHNischen geräte? und ähm (.) die mediZIN, (Larissa, Z. 274 - 283)

Auch Zohra beschreibt, dass „immer mehr (1) sachen (.) erfunden [wurden] die: (2) der welt halt schaden, [Interviewerin: mhm] sozusagen wie auto=busse oder so was“ (Z. 217 - 219). Johannes hingegen beschreibt eine kumulative Entwicklung in Bezug auf das Wissen über die Natur:

Johannes: ja naturwissenschaften warn ja am anfang (1) äh da hat man (.) erstma geguckt (.) über die ganz GROßEn sachen zum beispiel über TIERE? [Interviewerin: mhm,] glaub ich zumindest. u::nd (1) am anfang wusste man ja=aber nur ganz wenig. [...] und dann wurde-wur-wusste man halt später immer MEHR? (Z. 144 - 150)

Auch in Bezug auf die technischen Möglichkeiten der Forschung sehen verschiedene Schüler\_innen eine quantitative Zunahme: „weil vielleicht noch (.) ähm mehr technologie, (.) das möglich macht“ (Claas, Z. 312 – 313). Gleiches gilt in Bezug auf das gesellschaftliche Interesse an der Forschung („die menge der interessen. (1) ist dass es zum anfang vielleicht nur vereinzelt leute sind“ Philipp, Z. 329 – 331).

Bei all diesen Fällen ist die Menge und vor allem die Veränderung dieser Menge von wenig hin zu viel bedeutsam. Es kommt also kumulativ Neues hinzu. Diese Vorstellung ist daher von einem quantitativen Zuwachs geprägt.

### **Vorstellung einer quantitativen Abnahme**

Diese Vorstellung zeichnet sich ebenfalls durch Quantität. Dabei ist jedoch, anders als bei den vorherigen Beispielen, eine Verringerung zentral. Natalia thematisiert ein Sinken der Anzahl der Bäume aufgrund der Papierherstellung und beschreibt die Entwicklung in Zukunft wie folgt:

Natalia: es wird so WEITERgehen glaub' ich. und dann haben wir irgendwann GAR NIX mehr. [Interviewerin: mhm] also ich glaub' irgendwann (2) wird die welt zur wÜste. würd' ich mal sagen. (Z. 260 - 262)

Auch Alexander spricht davon, dass „weniger von der natur da ist“ (Z. 179) und bezieht sich dabei unter anderem auf die zunehmende Seltenheit von Blumen, also auf ein Sinken der Anzahl dieser Blumen („immer seltener wird“, Z. 271). Neben dem Vorhandensein von Naturobjekten wie Bäumen oder Blumen gibt es auch andere Dinge, die im Laufe der

Zeit eine quantitative Abnahme erfahren. Alexander beispielsweise beschreibt, gekoppelt an die Entwicklung der Natur, auch den „Job als naturwissenschaftler [...] [als] nicht mehr so begEhrt“ (Alexander, Z. 246 - 248). Auch hier wird eine Abnahme der Anzahl, der am Beruf des Wissenschaftlers interessierten Personen beschrieben. Clara drückt aus, dass die Menge an noch zu entdeckenden Inhalten im Laufe der Zeit abnimmt:

gibt ja jetzt auch seit längerem jetzt nicht mehr so viel was (.) immer wieder neu entdeckt wird. sondern das das meiste de-denk ich ma ist schon so (1) abgegrast (Clara, Z. 194 – 196)

Einige Schüler\_innen sehen auch die Möglichkeit, dass die Menge an Errungenschaften der Forschung, zumindest in bestimmten Phasen der zeitlichen Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung, zurückgeht („als beispiel dieser dieser brand in der bibliothek von alexandria oder so. da ist ja massives wissen vernichtet worden“ (Florian, Z. 231 – 232)).

### **Vorstellung einer qualitativen Verbesserung**

Neben Vorstellungen, die sich auf die Quantität beziehen, stehen Vorstellungen, die eine qualitative Verbesserung beschreiben:

über die zEIt quasi (.) ham wir idEEN ((zeit auf A)) a-und ähm (.) davon komm wir dann auch wieder weg quasi aber ab 'm bestimmten zeitpunkt also quasi (1) HIER wiederholt sich die idee aber sie ist ein schritt weiter. [Interviewerin: mhm] und da ist sie=aber=wieder einen schritt weiter und da auch. (Inga, Z. 251 - 257)

An diesem Zitat wird deutlich, dass es um eine stufenartige Verbesserung geht („sie ist ein schritt weiter“). Die qualitative Verbesserung von etwas Bestehendem steht im Vordergrund. Dies beschreibt Inga auch in Bezug auf den Zustand der Natur. Für die zukünftige Entwicklung der Naturwissenschaften attestiert sie eine Veränderung des Verhaltens der Menschen und damit eine Verbesserung der Qualität der Natur („und dass wir uns auch dementsprechend wieder an die natur anpassen“ Inga, Z. 367 - 368).

Für den Fall Larissa wurde zuvor bereits die Vorstellung eines quantitativen Zuwachses in Bezug auf technische Alltagsprodukte herausgearbeitet. In Bezug auf die Medizin vertritt diese Schülerin jedoch die Vorstellung einer qualitativen Verbesserung („und die medizin wird ja immer besser?“ Larissa, Z. 285). Es geht der Schülerin um ein „immer besser“ und auch an anderer Stelle steht die verbesserte Wirksamkeit der Medikamente gegen, in ihrem Fall, Epilepsie im Vordergrund („damit man (.) irgendwie das noch (.) ähm verringern kann“ Larissa, Z. 399 - 400).

Auch anderen Schüler\_innen geht es um ein Ersetzen von Bestehendem durch qualitativ Besseres. Natalia beispielsweise thematisiert die fortlaufende Ersetzung von Handys durch neuere Generationen: „jetz gibts das iphone 5 und irgendwann gibt's iphone 20“ (Natalia, Z. 220 - 221). Dimitri und Claas beziehen die von ihnen beschriebene Entwicklung zwar auch auf technische Geräte, sprechen jedoch über Forschungsgeräte. Dabei wurde im Laufe der Zeit beispielsweise das Auge zum Beobachten durch eine Lupe und die Lupe durch ein Mikroskop ersetzt und auch in Zukunft „wird die forschung immer nach neuen besseren

methoden“ suchen (Dimitri, Z. 306 - 307). Sarah hingegen vertritt die Vorstellung, dass sich Wissen als falsch herausstellen und so im Laufe der Zeit durch neues, besseres ersetzt werden kann:

und aber eben AUCH teilweise wieder zurückschlägt nach ganz am anf-nach ganz nach hinten, und dabei halt auch wieder Offener wird weil diese offenheit dafür zu sagen mittlerweile ja vielleicht is auch als-ALLES was wir sagen falsch. und das sie das jetzt auch noch mehr EINräumen könn und dann Offener dafür werden. (Sarah, Z. 321 - 327)

Bei anderen Interviewten zeigte sich die Vorstellung einer qualitativen Verbesserung der Rahmenbedingungen der Forschung, indem sich gesellschaftliche Strukturen qualitativ verändern und so die Forschung erleichtern: „wurde auch mehr anerkannt die naturwissenschaftliche forschung [...] und deswegen wird die auch mehr unterstützt“ (Nick, Z. 307 – 310).

In all diesen Fällen ist das Ersetzen oder das Verändern von Bestehendem zu etwas Besserem zentral, sodass diese Vorstellung als qualitative Verbesserung bezeichnet wird.

### **Vorstellung einer qualitativen Verschlechterung**

Als Gegenpol zeigt sich die Vorstellung einer qualitativen Verschlechterung. So beschreibt beispielsweise Zohra für den Zustand der Natur:

Zohra: also ich f- (.) also ich glaub' das es frÜHer so war das: (.) es viel natÜRlicher war draußen und alles. das es immer SCHLIMMER geworden is glaub' ich. weil (1) es wurden ja: (1) also (.) wie soll ich das sagen ((lachen)) (2) es wurden ja:: (1) immer mehr (1) sachen (.) erfunden die: (2) der welt halt schaden, [Interviewerin: mhm] sozusagen wie auto=busse oder so was keine ahnung. (Z. 210 - 219)

Diese Verschlechterung des Zustandes der Natur ist an die quantitative Zunahme umweltschädlicher Geräte gekoppelt. Auch für Alexander zeigt sich die Vorstellung einer qualitativen Verschlechterung des Zustandes der Natur („weil früher war die umwelt ja besser und das im laufe der zeit ja immer schlechter geworden“, Alexander, Z. 161 - 163). Unabhängig von der Umwelt beschreibt Florian eine Verschlechterung der Rahmenbedingungen der Forschung durch den Einfluss der katholischen Kirche („seit dem ähm (2) die katholische kirche damals so 'n riegel vorgeschoben hat und ähm halt die gesamte forschung (.) blockiert hat.“ Florian, Z. 226 - 228). Auch für Larissa konnte eine solche Vorstellung identifiziert werden, als sie über die Veränderung des „Reiz[es] einer Erfindung“ spricht:

ich weiß jetzt nicht wer die GLÜHbirne erfunden hat oder irgendwie so was. [Interviewerin: mhm] aber da muss man ja auch erst mal auf die idee komm und heutzutage (.) würde ich sagen (1) ähm man macht das einfach weiter. (Larissa, Z. 377 – 382)

Frühere Forschung war besonders und reizvoll, im Gegensatz dazu wird diese heute nur noch fortgeführt und scheint nichts Besonderes mehr zu sein. In diesem Sinne zeigt sich eine qualitative Verschlechterung.

Die als nächstes dargestellten Modi der Entwicklung ergeben sich teilweise aus den oben dargestellten. So geht beispielsweise die quantitative Zunahme an Inhalten der Forschung mit einer Art inhaltlicher Fokussierung einher. Ebenso kann die qualitative Verbesserung der Rahmenbedingungen der Forschung als ein Überwindungs- und Etablierungsprozess der Naturwissenschaften als Teil unserer Gesellschaft verstanden werden. Die Vorstellungen werden dennoch separat ausgeführt, da die Interviewten selbst diese Fokusse auf eine Fokussierung, Überwindung und Etablierung legen. Auch wenn sich also teilweise Überschneidungen mit den bereits dargestellten Modi zeigen, reichen die Ergebnisse an dieser Stelle weiter.

### **Fokussierungs-/ Differenzierungsvorstellung**

Diese Vorstellung bezieht sich auf eine im Laufe der Zeit stattfindende Fokussierung auf bestimmte Aspekte, mit der teilweise eine Differenzierung der Forschung einhergeht. Diese Fokussierung äußert sich beispielsweise in der Entstehung verschiedener „arten“ der naturwissenschaftlichen Forschung:

Bennet: ähm (.) so wie wir erfahren haben da (1) gab's am anfang halt die f(.) meisten wissenschaftler [...] die sind (.) sind ALLE den gleichen weg gegangen. ham alle halt forschung gemacht? falls der eine gestorben ist hat der sie WEITERgeführt und so möglich. u:nd nach 'ner zeit ham die sich halt abgezweigt. in die verschiedensten ähm arten (1) in naturwissenschaften biologie physik und chemie. (Z. 256 - 263)

Dieses „abzweigen in verschiedene arten“ bezieht der Interviewte vorrangig auf verschiedene methodische Vorgehensweisen und macht den Unterschied zwischen der Kopfarbeit in Physik, der praktischen Arbeit in Chemie und dem Lernen von dem, was andere bereits kennen in Biologie stark (vgl. Bennet, Z. 265ff). Für Torben hingegen findet eine Differenzierung und damit eine Fokussierung auf verschiedene Bereiche aufgrund inhaltlicher Gesichtspunkte statt:

irgendwann [ging's] los dass mehr verschIEdene (.) berEIche ka::men [...] dann ging es hier auch richtung (.) was passiert mit der ERde? dem wELtall, und so was. [...] und dann hier auch in richtung chemIE, also mit irgendwelchen chemikAlien hat man dann auch angefangen. (Torben, Z. 194 - 206)

Dabei weisen sowohl Bennet als auch Torben ausdrücklich darauf hin, dass trotz der Fokussierung und Differenzierung ein Zusammenarbeiten von Wissenschaftler\_innen verschiedener Spezialgebiete möglich ist (vgl. Torben, Z. 310ff und Bennet, Z. 430ff). Grundsätzlich bleibt die Differenzierung jedoch bestehen.

### **Überwindungs-/ Etablierungsvorstellung**

Diese Vorstellung der Interviewten zeichnet sich durch die Idee aus, dass im Laufe der Zeit einschränkende Hindernisse von der Forschung überwunden werden und so eine Eta-

blierung der naturwissenschaftlichen Forschung, ihrer Methoden oder Inhalte stattfindet. So stellen sowohl Niklas (vgl. Z. 350ff) als auch Florian (vgl. Z. 226ff) die Zeit der katholischen Kirche als eine solche zu überwindende Einschränkung der Forschung dar. Heute ist diese außerhalb der naturwissenschaftlichen Forschung liegende Einschränkung überwunden. Ähnlich beschreibt es Lisa, bezieht dies jedoch stärker auf die handelnden Menschen („damals [war] alles so (1) beeinflusst durch religiöse Meinungen“ Lisa, Z. 311 - 313). Diese Hindernisse werden als äußere Rahmenbedingungen deutlich, die von der naturwissenschaftlichen Forschung an sich nur wenig beeinflussbar sind. Es geht um ein Hinter-sich-lassen eben dieser außer-wissenschaftlichen Hindernisse. Teilweise werden diese Hindernisse lediglich in der Vergangenheit verortet. Für andere Schüler\_innen können diese auch in Zukunft wiederkehren, sodass auch dort deren Überwindung notwendig wird. Ergänzend dazu zeigt sich die Vorstellung inner-wissenschaftlicher Hindernisse, die sich im Laufe der Zeit verändern. Gesa beispielsweise spricht von hinderlichen Denkmustern der Forscher\_innen:

die leu-leute haben auch ZU sehr um die ecke gedacht ((zeigt von D nach E nach F)). früher. dann ähm (2) war das gar nicht mehr so: (.) möglich. NEUE sachen zu entdecken we-wenn man (.) um-bei einer sache um 10.000 ecken denkt. und nicht das große (.) ganze sieht. (Gesa, Z. 267 - 272)

Es stehen die Fähigkeiten der Wissenschaftler\_innen im Vordergrund. So auch bei Nina, die davon ausgeht, dass anfangs gänzlich unbekannt war, was Naturwissenschaft eigentlich ist und wie sie funktioniert („am anfang hatten sie ja eigentlich noch nicht so wirklich 'ne idee was naturwissenschaft is.“ (Nina, Z. 228 - 230). Für den Schüler Dimitri hingegen muss das Nichtwissen des Ziels der Forschung überwunden werden:

sie ((zeigt auf A)) wissen noch nicht WAS genau für ein ZIEL sie haben, sie möchten halt einfach nur IRGendwas rausfinden. [mhm] (1) und der ((zeigt auf D)) steht halt schon auf festem boden, und weiß was er zum beispiel schon finden will. (Dimitri, Z. 243 - 247)

Es musste herausgefunden werden, wie Naturwissenschaften funktionieren, wie man am effektivsten vorgeht und was genau Ziel der Forschung ist. In all diesen Bereichen wird anfangs ein Mangel auf Seiten der Forscher\_innen beschrieben, der im Laufe der Zeit behoben wird. Es findet also ein Prozess der Überwindung hinderlicher Faktoren statt, sodass im Laufe der Zeit etabliert wird, was unter Naturwissenschaften zu verstehen ist und wie man vorgeht.

Gekoppelt an das Überwinden wird daher vielfach ein Prozess der Etablierung der naturwissenschaftlichen Forschung deutlich. Sie wird im Laufe der Zeit zu einem selbstverständlichen Teil der Gesellschaft und Teil des heutigen Lebens, während im Zuge dieses Prozesses beispielsweise die Einschränkung durch die Kirche überwunden werden musste.

Paul hebt die steigende Bedeutung der Naturwissenschaften hervor und beschreibt mit der Entstehung entsprechender Berufe in diesem Bereich einen gesellschaftlichen Etablierungsprozess: „und hier wird das dann richtig zu:: berufe und so, und entwickelt sich so

weiter und wird total wichtiges thema und so was.“ (Paul, Z. 306 - 308). Auch Farid beschreibt einen Prozess, in dem Naturwissenschaften sich etablieren, sodass es so wäre, als „würden wir auch mit naturwissenschaften so aufgewachsen“ (Farid, Z. 259). Der Interviewte Nick sagt:

wurde auch mehr anerkannt die naturwissenschaftliche forschung denk' ich ma. (2) [Interviewerin: mhm] (?das=wissen?) wurde anerkannt und deswegen wird die auch mehr unterSTÜTZT deswegen hat sie auch 'nen besseren RUF. [...] mehr gELder, damit die mal 'n bisschen m- (1) geRÄTE kaufen womit sie FORSCHEN könn. (Nick, Z. 307 - 322)

Dieser Prozess der Anerkennung und finanziellen Förderung kann ebenfalls als Etablierung der Naturwissenschaften in der Gesellschaft verstanden werden.

Bei den beiden folgenden Fällen wird außerdem ein Etablierungsprozess auf einer anderen Ebene deutlich. Sie beschreiben eine Veränderung der Etabliertheit der Errungenschaften der Forschung. Im Laufe der Zeit stehen die Errungenschaften allen Menschen, also auch Nicht-Wissenschaftler\_innen, zur Verfügung und sind nicht mehr als etwas Besonderes anzusehen. Beide Schüler beschreiben eine Statusveränderung der Errungenschaften der Forschung von neu und besonders zu alltäglich und normal:

HEUTzutage kann man faktisch manchmal im SUPERmarkt zu sonderangeboten son mis-mikrosKOP um so rauszufinden, früher war das natürlich äh:: für TECHNIKER. also für für (.) speziaLISTEN. (Paul, Z. 272 - 274)

weil da:nn gibt es (.) BOAH tolle entDECKUNG. und dann (1) UUH jetzt wissen alle davon jetzt ist es nichts beSONDERES mehr, [Interviewerin: mhm] dann wird es irgendwann zum normalN ALLtag der menschen? [Interviewerin: mhm] und dann ist es nichts besonderes. (Lars, Z- 333 - 338)

Die Normalisierung der naturwissenschaftlichen Forschung bzw. ihrer Errungenschaften kann als die Überwindung der Besonderheit und als Etablierungsvorstellung verstanden werden. In diesem Sinne sind Etablierung und Überwindung eng miteinander verknüpft. Diese Vorstellung zeigt sich auch in Bezug auf den Zustand der Natur. Im Laufe der Zeit wird dieses Thema zu einem bedeutsamen Inhalt der Forschung, sodass sich „die welt [bemüht] wieder sozusagen (.) bisschen auf äh auf auf klima(.)wandel und so zu achten“ (Nick, Z. 185 - 187).

Im Vergleich der verschiedenen Klassenstufen zeigen sich kaum Unterschiede in Bezug auf die Vorstellungen zu den Modi der Entwicklung. Lediglich die Vorstellung einer qualitativen Verbesserung wird von deutlich mehr befragten Elft- und Zwölftklässler\_innen genannt als von den Neuntklässler\_innen. Die interviewten Sechstklässler\_innen äußerten diese Vorstellung noch seltener (vgl. Anhang A.4). Diese altersspezifische Tendenz lässt sich differenzierter beschreiben, wenn die Kombination von genanntem Sujet und Modus der Entwicklung in den Blick genommen wird. Dies erfolgt im nächsten Kapitel im Detail. An dieser Stelle sei bereits vorweggenommen, dass sich die genannte altersspezifische Tendenz auf die Nennung der Vorstellung einer qualitativen Verbesserung der Errungen-

schaften der Forschung bezieht. Diese Idee wird häufiger von den älteren Schüler\_innen genannt, als von den jüngeren<sup>12</sup>.

### 5.2.1.5. Zusammenhang Sujets und Modi der Entwicklung

Nachdem die Sujets und Modi der Entwicklung analytisch getrennt voneinander betrachtet wurden, erfolgt nun eine Zusammenführung dieser beiden Dimensionen. Es steht also die Frage im Vordergrund, welche der fünf Sujet-Bereiche (Errungenschaften, Möglichkeiten, Rahmenbedingungen und Bedeutung der Forschung sowie Zustand der Natur) von den Schüler\_innen mit welchen der sechs Modi der Entwicklung (quantitative Zunahme/Abnahme, qualitative Verbesserung/Verschlechterung, Fokussierung/Differenzierung, Überwindung/Etablierung) zusammengebracht werden und welche gerade nicht. Diese Zuordnung wird nur durch Zitate der Aussagen der Schüler\_innen nachvollziehbar. Eben solche Beispiele wurden bereits im vorangegangenen Kapitel angeführt und werden an dieser Stelle nicht wiederholt. Weitere Zitate finden sich in Anhang A.4.

Es interessiert im Hinblick auf die Formulierung von Konsequenzen weniger die Ebene des Einzelfalls, sondern stärker, welche Paarungen von Sujet-Bereich und Modus der Entwicklung im gesamten Datenmaterial nicht auftreten. So entstand im Laufe der Auswertung eine 6 x 5 - Matrix, deren Felder mit identifizierten Orientierungsschemata gefüllt wurden (vgl. Anhang A.4). In Tabelle 5.2 ist zusammenfassend dargestellt, für welche Matrixfelder sich Vorstellungen im Material identifizieren lassen (dunkle Felder) und welche sich in keinem Fall des Samples zeigen (weiße Felder).

Tabelle 5.2.: Gemeinsames Auftreten von identifiziertem Modus der Entwicklung und Sujet der Entwicklung im gesamten Datenmaterial (grau) oder kein gemeinsames Auftreten (weiß).

Modi: \ Sujet:	Errungenschaften	Möglichkeiten	Rahmenbedingungen	Bedeutung Forschung	Zustand Natur
Quantitative Zunahme					
Quantitative Abnahme					
Qualitative Verbesserung					
Qualitat. Verschlechterung					
Fokussierung, Differenzierung					
Überwindung, Etablierung					

Es fällt auf, dass die interviewten Schüler\_innen in Bezug auf die Errungenschaften der Forschung sowohl die Vorstellung einer quantitativen Zunahme als auch einer quantitativen Abnahme vertreten. Die Menge an Wissen und technischen Produkten wird also als im Laufe der Zeit veränderlich angesehen. Vielfach vertreten ist außerdem die Vorstellung einer qualitativen Verbesserung der Errungenschaften. So wird Wissen richtiger und sicherer oder aber die Qualität der technischen Produkte nimmt zu. Eine qualitative Verschlechterung wird von den Befragten nicht thematisiert, ebenso wie eine mögliche (bei-

<sup>12</sup>Vgl. Übersicht der Analyseergebnisse in Anhang A.4.

spielsweise inhaltlich ausgerichtete) Fokussierung der Errungenschaften der Forschung. Die Vorstellung einer Überwindung fehlerhafter Errungenschaften der Forschung oder deren Etablierung in den Alltag der Menschen zeigt sich hingegen bei einer Vielzahl der befragten Schüler\_innen. Frühere Errungenschaften stehen heute wie selbstverständlich zur Verfügung und sind als Teil der Lebenswelt etabliert.

In Bezug auf die Möglichkeiten der Forschung (Methoden, Vorwissen, Forschungstechnik und Fähigkeiten der Forscher\_innen) zeigt sich ein ähnliches Bild. Die Befragten vertreten hier ebenfalls die Vorstellung einer quantitativen Zunahme, einer qualitativen Verbesserung und einer Etablierung der Möglichkeiten der Forschung. So sehen die Schüler\_innen im Laufe der Zeit eine Etablierung wissenschaftlicher Arbeitsweisen in den Wissenschaftsbetrieb. Eine Fokussierungs- oder Differenzierungsvorstellung in Bezug auf die Möglichkeiten der Forschung konnte im Datenmaterial identifiziert werden, indem die Befragten beispielsweise davon ausgehen, dass sich das methodische Vorgehen und die Fähigkeiten der Forscher\_innen im Laufe der Zeit ausdifferenzieren. Hingegen zeigt sich die Vorstellung einer quantitativen Abnahme der Möglichkeiten nicht. Stehen den Forscher\_innen einmal Methoden, Wissen und Forschungstechnik zur Verfügung, nimmt deren Anzahl im Laufe der Zeit nach Ansicht der Befragten nicht wieder ab. Eine Verschlechterung der Qualität der Möglichkeiten der Forschung nennen die Schüler\_innen ebenfalls nicht.

Die Rahmenbedingungen der Forschung (Inhalte, Orte, Forscheranzahl und gesellschaftliche Strukturen) werden von den Interviewten mit allen sechs Modi der Entwicklung in Verbindung gebracht. So werden beispielsweise die Anzahl der Inhalte, Forscher\_innen und Orte als variabel angesehen (Abnahme, Zunahme). Außerdem findet sich die Vorstellung einer phasenweise stattfindenden qualitativen Verschlechterung gesellschaftlicher Strukturen. Ausgehend von dieser Phasenhaftigkeit gibt es aber auch die Vorstellung einer qualitativen Verbesserung der Rahmenbedingungen, indem beispielsweise eine Veränderung der Gesellschaftsstrukturen stattfindet. Die Überwindung hinderlicher gesellschaftlicher Strukturen wird als notwendig für die gesellschaftliche Etablierung naturwissenschaftlicher Berufe angesehen. Im Laufe der Zeit sehen die Schüler\_innen außerdem eine Fokussierung auf bestimmte Inhalte oder Orte der Forschung, sodass die Forscher sich im Laufe der Zeit spezialisieren.

In Bezug auf die Bedeutung der Forschung vertreten einige der Befragten die Vorstellung einer qualitativen Verbesserung bzw. Verschlechterung sowie die Vorstellung von Überwindung und Etablierung. Das gesellschaftliche Interesse an Forschung und den Produkten der Forschung nimmt im Laufe der Zeit zu oder ab. Mangelndes Interesse der Menschen an Naturwissenschaften und deren Forschung wird im Laufe der Zeit überwunden und so Naturwissenschaften als ein bedeutsamer Teil der Gesellschaft etabliert. Im Gegensatz dazu zeigt sich keine Vorstellung einer quantitativen Zu- oder Abnahme der Bedeutung der Forschung. Ebenfalls zeigt sich keine Fokussierungsvorstellung in Bezug auf die Bedeutung der Forschung.

Der Zustand der Natur oder der Umwelt kann sich nach Ansicht der Interviewten im Laufe der Zeit quantitativ verändern, indem eine Verarmung der Natur stattfindet. Die

Anzahl der Naturobjekte nimmt im Laufe der Zeit ab, sodass weniger Bäume o. ä. vorhanden sind. Eine quantitative Zunahme von Naturobjekten nennen die Schüler\_innen nicht. Das Bäume „abgehackt“ (Zohra, Z. 237) werden, scheint präsenter zu sein, sodass die quantitative Abnahme zentrale Vorstellung in Bezug auf diesen Sujet-Bereich der Entwicklung ist. Damit zusammenhängend wird eine Verschlechterung der Qualität der Natur beschrieben. Die Umwelt wird im Laufe der Zeit weniger natürlich, kann durch Bemühungen der Menschen jedoch auch wieder natürlicher werden (qualitative Verbesserung des Zustands der Natur). Eine Fokussierungsvorstellung im Hinblick auf den Zustand der Natur kann nicht identifiziert werden. Einige der Befragten äußern die Vorstellung, dass der gegenwärtige eher negativ bewertete Zustand der Natur durch Verhaltensänderungen der Menschen überwunden werden kann (Überwindungsvorstellung).

Im Vergleich der Altersgruppen auffällig – und daher hier diskutiert – ist der Sujet-Bereich *Zustand der Natur/Umwelt*. Der Zustand der Natur wird vorrangig in Interviews mit Neuntklässler\_innen einer Schule angesprochen und dort sehr intensiv thematisiert. All diese Neuntklässler\_innen stammen aus einer Schule, die sich in ihrem Schulprogramm und im Schulalltag als so genannte „Klimaschule“ präsentiert. So hängen beispielsweise in jedem Klassenraum Informationszettel, die auf klimaschonende Heiz- und Lüftungsmaßnahmen hinweisen und es gibt eine Arbeitsgruppe, die sich mit diesem Thema befasst. Auch im Interview einer älteren Schülerin dieser Schule wird die Relevanz des Themas Klimaschutz an der Schule deutlich:

also unsere schule is so (.) kllImAschulE: [Interviewerin: aha] und ähm es gibt so eine wie heißt das kllIma-ag und das ist halt dass immer so (.) dass halt drauf geACHtet wird dass ähm (2) halt (.) Ja, (2) dass: ziemlich viel strom gespARt wird oder wie man alternative energien an dieser schule beziehen kann auch auf dem dach hinten sind auch solARren- also so solarplatten drauf (.) und dann gibt es halt immer so aktioN wo dann dafür WERbung gemacht wird wo wo irgendwie vattenfall herkommt und irgendwas mit grÜN strOm macht. irgendwelche v-vorstellungen so und halt dass die schule sich ziemlich dafür EINsetzt. (Lisa, Z. 168 - 180)

Die Vorstellung, dass sich im Laufe der Zeit der Zustand der Natur verändert, stammt daher möglicherweise aus dem Umfeld der Schule und wird lediglich aufgrund sozialer Erwünschtheit in den Interviews ausgeführt. Dennoch ist es bemerkenswert, dass all diese Schüler\_innen den Zustand der Natur als Sujet der Entwicklung verstehen, während neun weitere Schüler\_innen dieser Schule, darunter auch zwei weitere Neuntklässler, dies nicht tun.

Die hier dargestellten Ergebnisse ermöglichen einerseits einen Einblick, welche Vorstellungen von Befragten genannt wurden, und andererseits, welche Vorstellungen gerade nicht genannt wurden. Diese Erkenntnisse werden im Anschluss an das folgende Kapitel mit typischen Entwicklungslinien der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften und mit Erkenntnissen der Fachdidaktik in Verbindung gebracht, um didaktische Konsequenzen formulieren zu können.

### 5.2.1.6. Explizite Bezugspunkte der Vorstellungen

Einige der interviewten Schüler\_innen formulieren explizit, woher sie glauben, dass ihre genannten Vorstellungen stammen. Diese werden als explizite Bezugspunkte der Vorstellungen bezeichnet<sup>13</sup>.

Philipp beispielsweise sagt explizit, dass er sich beim Sprechen über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften auf die typische schulische Dreiteilung der naturwissenschaftlichen Fächer bezieht und er die Gestaltung seines Bildes daraus abgeleitet hat („das habe ich (1) daraus äh abgeleitet“, Z. 348). So hat er trotz der Trennung der Fächer die Erfahrung gemacht, dass

„sie (.) im endeffekt ja alle miteinander zusammenhängen dass man (.) auch in der physik ganz viel chemie braucht [mhm] und dass man ähm (2) in der physik (.) mit der schule könnte man's jetzt so erklären dass man in der physik äh hauptsächlich ganz viel auch mathe braucht.“ (Philipp, Z. 3351 - 359).

Philipp bezieht sich beim Sprechen über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften also auf schulische Erfahrungen mit Naturwissenschaften.

Bennet führt seine geäußerten Vorstellungen auf erlerntes Wissen aus dem Chemieunterricht zurück („wie unser (.) chemielehrer erzählt hat. gab es damals (.) v-viele chemikanten:: biolo-biologen und alles mögliche. das waren-die hatten diese fachbegriffe=noch=nich=ma. das waren einfach ALLES wissenschaftler.“ Bennet, Z. 371 - 375). Zusätzlich bezieht er sich auf Erfahrungen mit den verschiedenen Arbeitsweisen der drei naturwissenschaftlichen Fächer in der Schule und auf Erfahrungen auf einer Berufsmesse. In der Schule beschäftigen sich seiner Ansicht nach der Physik- und Chemieunterricht mit den gleichen Themen, jedoch unterscheiden sie sich in der Art der Methoden. In Chemie arbeiten die Schüler selbst aktiv, führen Experimente durch und arbeiten so stärker „handwerklich“ (Bennet, Z. 268). In seinem Physikunterricht dominiert „Kopfarbeit“ (Bennet, Z. 317). Auf Grundlage dieser eigenen Erfahrungen beschreibt er die Vorstellung einer methodischen Differenzierung der Naturwissenschaftler\_innen im Laufe der Zeit.

Alexander bezieht sich auf außerschulische Erfahrungen als er die Entwicklung der sinkenden Beliebtheit des Jobs als Wissenschaftler\_in thematisiert. Heute sind

„die meisten leute [...] ja halt jetzt irgendwie auf medien (.) mehr konzentriert und (2) ja verbringen mehr zeit vorm fernseher oder halt draußen mit freunden anstatt sich irgendwie darauf zu konzentrieren (.) irgendwas zu erforschen, (1) und die meisten haben da einfach keine LUST drauf“ (Alexander, Z. 349 - 354).

Er selbst schließt sich in diese Gruppe von Personen ein. Seinen Eindruck der heutigen Einstellung der Menschen führt er als Grund für die Veränderung der Bedeutung der Forschung im Laufe der Zeit an. Auch Florian bringt sein Wissen, dass für das Physikstudium

<sup>13</sup>Mit Bezügen zu den theoretischen Überlegungen dieser Arbeit ist davon auszugehen, dass es ebenfalls unbewusst wirksame, implizit vorliegende kognitive Strukturen gibt, die die Sinnbildung der Schüler\_innen beeinflussen. Diese impliziten Bezugspunkte sind dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht zugänglich und damit nicht auf Ebene der Orientierungsschemata angeordnet.

zurzeit keine Zulassungsbeschränkung vorherrscht, und Erfahrungen mit dem Unwissen vieler Menschen über Weltraumforschung mit der zeitlichen Entwicklung der Forschung in Verbindung. Ausgehend von diesem Zustand beschreibt er einen Prozess zunehmenden und abnehmenden Interesses der Menschen an der naturwissenschaftlichen Forschung („ich hab’ auch das gefühl es wird immer weniger.“ Florian, Z. 256 - 257, „wo dann halt wieder die mAssen begEistert werden.“ Z. 319 - 320).

Nick bringt die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften mit der Verschlechterung des Zustands der Natur in Verbindung und begründet dies damit, dass man die Veränderung des Klimas gemerkt hat: „das es schlecht war wurde- wi se-ja erkenn ich sozusagen die (2) wurd’s ja immer wärmer. schlechtere winter. unregelmäßig:.. ja. (1) (?voll?) der Klimawandel. [Interviewerin: mhm] das es schlechter wurde hat man gemerkt“ (Nick, Z. 344 - 348). Auch für Larissa sind es außerschulische private Erfahrungen, die mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften in Verbindung gebracht werden. Durch ihre Erkrankung an Epilepsie hat sie selbst die Erfahrung gemacht, dass immer weitere und wirksamere Medikamente zur Verfügung stehen und begründet damit ihre Vorstellung einer quantitativen Zunahme und qualitativen Verbesserung der Errungenschaften der Forschung.

Der Neuntklässler Farid beschreibt, dass den Wissenschaftler\_innen früher weniger Leute geglaubt haben und deshalb die Forschung und die Verbreitung des Wissens schwerer war. Dieser Zustand verändert sich im Laufe der Zeit, sodass heute jeder etwas versteht und glaubt (vgl. Farid, Z. 214ff). Zur Verdeutlichung dieses Zusammenhangs zwischen Schwierigkeit der Forschung und Anzahl der Personen, die etwas verstanden haben, führt auch er ein Beispiel aus seinem Schulunterricht an. Auch er bringt eigene schulische Erfahrungen mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften zusammen:

zum beispiel nehmen wir jetzt in mathe an ich hab jetzt in mathe nen neues thema? und pf-davor hatte mein mathekurs keine ahnung davon. (.) und da war es dann halt am anfang richtig schwER ((zeigt auf A)) mei-fü- für mein lehrer das zu erklären. [Interviewerin: mhm] und nach ner zeit wussten das halt nen pAAr ((zeigt auf F)) und die ham dann die ham dann anderen leuten geholfen das zu verstehN? und mit der zeit wussten es dann die ganze wusste es dann die ganze klasse. (Farid, Z. 296 - 305)

Nina bezieht sich ebenfalls auf Erfahrungen in und erlerntes Wissen über die Natur der Naturwissenschaften aus der Schule. Zur Beschreibung von schwierigen, herausfordernden Situationen im zeitlichen Verlauf der naturwissenschaftlichen Forschung wählt sie eine Analogie aus dem Schulunterricht. Es kommen im Laufe der Zeit immer mal wieder Fächer oder Themen, die „man dann nich wieder versteht“ (Nina, Z. 242 - 243) und gleiches gilt für die Forschung. Darüber hinaus schreibt sie der naturwissenschaftlichen Forschung zu, im Laufe der Zeit immer wieder neue Fragen im Forschungsprozess aufzuwerfen und zu beantworten. Auch hier beschreibt sie eine Erfahrung aus ihrem schulischen Naturwissenschaftsunterricht:

Nina: mhh: JA. wir hatten: (.) mal (2) eine (.) kerze? und da drauf war ein metall: so 'n METALLgitter. und die frage war WARUM wenn eine kErze darunter flackert warum brennt jetzt das (1) metall von unten kokelt es an? und ähm warum geht das so schnell? [Interviewerin: mhm] die antwort weiß @ich jetzt grad leider@ nicht mehr. aber die nächste frage war dann (.) warum passiert das nicht wenn man das so von OBEN hält, weil als wir's von OBEN gehalten haben hat's EWIG gedauert bis da überhaupt was kam. [Interviewerin: mhm] und das ist dann sozusagen nen weg den man noch mal ZURÜCKgeht, weil man 'ne NEUE frage gefunden hat dafür. (Z. 281 - 291)

Ein anderer Schüler aus derselben Klasse macht deutlich, dass diese Eigenschaft naturwissenschaftlicher Forschung im Unterricht besprochen wurde: „dann findet man darüber wieder neue fra:gen raus. weil wir haben gelernt, (1) wenn man eine frage beantworten kann stellen sich sofort neue frage auf“ (Lars, Z. 223 - 226).

Die Schülerin Leana bezieht sich beim Sprechen über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften immer wieder auf im Unterricht besprochenes Material zu einem historischen Wissenschaftler und seiner Arbeit:

wir haben so-wir haben erst LETZTE stunde so 'n blAtt gekriegt? von (.) so 'm nat-von einem DAmaligen naturwissenschaftler, presley? heißt der glaub' ich. und der wusste damals noch gar nicht wie (1) also wie pflAnzen das machen (1) sauersto-also kohlen(.)stoffdioxid in sauerstoff umzuwandeln, [Interviewerin: mhm] und die wussten noch gar nicht wie das heißt. und (.) deswegen hab' ich den weg so ge(.)zeichnet weil man das HEUTzutage ja weiß wie die das machen. [Interviewerin: mhm] heutzutage nennt man das: ph:::otosynthese? [...] und er hatte damals auch keine (.) erKLÄRUNG für sein eigenes experiment. was er gemacht hat. er hat eine (.) MAUS in einen behälter mit (.) kohlenstoffdioxid reingesetzt, und in die andere eine pflanze, (1) die eine- nach einer woche hat er in das geFÄß mit der pflanze, noch eine maus also auch eine maus reingesetzt. und die maus (.) hat dann überlebt und die andere ist gestorben. [Interviewerin: mhm] das konnt' er: (.) einfach nicht beschreiben weil er nicht wusse wie's geht. also wie das funktioniert dass die pflAnzen das machen. deswegen hab' ich den weg so gezeichnet. (Leana, Z. 230 - 260)

Sie begründet die Gestaltung ihres Bildes durchweg mit Bezügen zu dem von ihr in der Schule erlernten Wissen und verlässt auch an keiner anderen Stelle des Interviews diesen Rahmen. Immer wieder vergleicht sie den ihr durch den Unterricht bekannten Zustand früher mit dem heutigen Zustand. Früher fehlte den Menschen Wissen, heute ist es aufgedeckt und bekannt. Ihre Vorstellungen scheinen also aus dem Abgleich der beiden Zustände zu resultieren.

Ähnlich ist dies auch bei Dimitri. Auch er bildet in seinem Bild Eigenschaften der naturwissenschaftlichen Forschung ab, die er im Unterricht über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften gelernt hat. In seinem Bild schweben die früheren Wissenschaftler\_innen über dem Boden, weil sie noch keinen festen Boden unter den Füßen haben, sie wissen noch nicht, was sie suchen. Dieser Zustand verändert sich im Laufe der Zeit. Dimitri führt dies auf Wissen aus dem Schulunterricht zurück:

wir haben neulich in der schUle so was dass:: (.) sie (1) irgendwie:: gAnz komische versuche gemacht haben, (1) halt irgendwie so ein mann. und der wUsste halt nicht genau was er damit erreIchen wollte, und spÄter (.) haben sich einige mÄnner ein ziel gesetzt ob das jetzt funktioniert oder nicht. und haben es dann auch::: jeweils bewiesen oder nicht bewiesen. (Dimitri, Z. 256 - 263)

Auch er scheint ein im Unterricht thematisiertes Beispiel zu nutzen, um über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften zu sprechen. Bei den vier zuletzt beschriebenen Schüler\_innen Nina, Lars, Leana und Dimitri handelt es sich um Sechstklässler\_innen verschiedener Schulen. Es zeigt sich jedoch auch, dass ältere Schüler\_innen sich beim Sprechen über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften auf Wissen über Ereignisse der Wissenschaftsgeschichte beziehen. So spricht Zeynep (11. Klasse) über Theorien und Vorgehensweisen der Alchemisten, über damalige pflanzliche Heilmethoden und Zustände im Mittelalter als „die menschen ja echt komische sachen gedacht“ haben und sich nicht duschen wollten (Zeynep, Z. 462ff). Auch Niklas (9. Klasse) verfügt über Wissen zur Zeit der katholischen Kirche, zur Zeit Alexanders des Großen und zu aktuelleren Er rungenschaften der Forschung. Bei beiden Interviewten wird allerdings nicht wie zuvor deutlich, woher dieses Wissen stammt. Anders ist dies bei Arne (11. Klasse), der explizit als Herkunft seines Wissens über Wissenschaftsgeschichte den Schulunterricht seines Profils nennt: „ich bin ja auch äh im technikprofil wo: (.) es auch um naturwissenschaften=sehr=geht, und da (.) ich hab' halt da is geschichte drin“ (Arne, Z. 306 - 308). Dabei fällt auch bei Arne auf, dass er Wissen zu historischen Ereignissen nutzt, um allgemeine Eigenschaften der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften zu beschreiben. Einzelne historische Ereignisse werden als typische Charakteristik der naturwissenschaftlichen Forschung insgesamt angesehen. So steht die jahrelange Beobachtung von Planeten durch Kopernikus beispielhaft für diese über alle Zeiten hinweg geltende Eigenschaft naturwissenschaftlicher Forschung („kupernikus hat ja AUCH s- jahrelang. (1) sich den himmel angeguckt“ Arne, Z. 367 - 368).

Insgesamt zeigen sich im gesamten Datenmaterial vier Gruppen expliziter Bezugspunkte der Vorstellungen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften:

- Schulerfahrungen, die mit Naturwissenschaften in Verbindung gebracht werden.
- Außerschulische Erfahrungen, die mit Naturwissenschaften in Verbindung gebracht werden.
- Erlerntes Wissen über die NdN.
- Erlerntes Wissen über historische Forschung/Wissenschaftsgeschichte.

Dabei ist zu bemerken, dass nur einige der Interviewten explizierten, woher sie glauben, dass ihre Vorstellungen stammen. Dies wurde jedoch auch nicht durch Nachfragen der Interviewerin fokussiert.

## 5.2.2. Verknüpfung mit dem Forschungsstand

Bevor die Ergebnisse zur zweiten Forschungsfrage dargestellt und Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen beider Forschungsfragen abgebildet werden, erfolgt nun die Verknüpfung der Ergebnisse zur ersten Forschungsfrage mit dem Forschungsstand der Wissenschaftsgeschichte, -soziologie, -theorie einerseits und Erkenntnissen der fachdidaktischen Forschung andererseits. Auf diese Art und Weise werden die empirischen Ergebnisse der vorliegenden Studie mit den bereits in den Kapiteln 2.2 dargestellten Entwicklungslinien der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften und mit den in Kapitel 2.1.3.4 dargestellten Lernvoraussetzungen von Schüler\_innen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften in Verbindung gebracht.

Didaktische Konsequenzen werden erst in Kapitel 5.4 im Anschluss an die Darstellung der Ergebnisse zur zweiten Forschungsfrage diskutiert. Diese Art der Darstellung erscheint angemessen im Hinblick auf das Erkenntnisinteresse der Arbeit und auf die theoretische Konzeption der Schülerperspektive. Es steht eine umfassende Betrachtung der Oberflächen- und Tiefendimension der Schülerperspektive im Vordergrund, sodass für die Formulierung didaktischer Konsequenzen Erkenntnisse zu beiden Dimensionen Berücksichtigung finden sollen.

### 5.2.2.1. Forschungsstand zum Inhalt naturwissenschaftlicher Forschung

Nach Gloy (1995) hat naturwissenschaftliche Forschung das Ziel, ein Verständnis der Natur zu ermöglichen. Begonnen bei den griechischen Philosophen stehen Fragen zu Geschehnissen in der Natur sowie das Entstehen und Vergehen der Natur im Vordergrund. Aus diesem Grund werden die griechischen Denker *Naturphilosophen* genannt (Jaeger, 2015, S. 19).

Der Brockhaus definiert Naturwissenschaften als einen „Oberbegriff für die einzelnen empirischen Wissenschaften, die sich mit der systematischen Erforschung der Natur (beziehungsweise eines Teils von ihr) und dem Erkennen von Naturgesetzen befassen“ (Brockhaus, 2013b). Dabei findet vielfach eine Einteilung in exakte Naturwissenschaften (Physik, Chemie, Astronomie, Geologie), biologische Naturwissenschaften (Botanik, Zoologie, Anthropologie, Genetik ...) und angewandte Naturwissenschaften, die die Gesetzmäßigkeiten der Natur beispielsweise in Form von Technik für den Menschen nutzbar machen, statt.

Die oben beschriebenen Vorstellungen der Schüler\_innen zum Inhalt naturwissenschaftlicher Forschung können im Vergleich zu diesen Überlegungen als ähnlich bezeichnet werden. Naturwissenschaftliche Forschung beschäftigt sich mit der natürlichen Welt und wendet Erkenntnisse an, um dem Menschen technische Anwendungen etc. verfügbar zu machen. So werden auch von den Schüler\_innen verschiedene Disziplinen mit unterschiedlichen inhaltlichen Schwerpunkten thematisiert.

Kritisch zu betrachten ist der teilweise sehr enge Fokus einiger Schüler\_innen auf lediglich einen Inhaltsbereich der Forschung. So wird naturwissenschaftliche Forschung von einigen

Interviewten ausschließlich als eine Art angewandte Wissenschaft, als Forschung im Sinne der Botanik oder Paläontologie konzipiert. Dieser inhaltliche Fokus besteht ihrer Ansicht nach über die gesamte zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften.

Die Entwicklungslinie soziologischer Strukturen (vgl. Kapitel 2.2.1) stellt gerade die Ausdifferenzierung von Naturforschung organisiert in Akademien hin zu fachspezifischen Sektionen ab Mitte dem 19. Jahrhundert heraus. Diese Differenzierung geht maßgeblich auf den Bedarf an spezifischerer wissenschaftlicher Kommunikation zurück. Im Vergleich zu dieser Entwicklungslinie scheint einigen der Interviewten ein umfassender Blick auf die Vielseitigkeit der Inhalte naturwissenschaftlicher Forschung, auf die Ausdifferenzierung im Laufe der Zeit und auf Ursachen dieser Entwicklung zu fehlen. Die Interviewten verbleiben auf Ebene der Betrachtung und Erkundung der Natur, so wie es zu Beginn der Entwicklungslinie naturwissenschaftlicher Erkenntnismethoden beschrieben wird (vgl. Kapitel 2.2.6). Eine Vorstellung der Veränderung von Inhalten und Methoden im Laufe der Zeit scheint einigen der Befragten zu fehlen.

### 5.2.2.2. Forschungsstand zu Zeitraum und Zukunft der Entwicklung

Für eine Festlegung des Zeitraums der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften ist erst einmal eine Festlegung notwendig, was als typisch naturwissenschaftlich gilt. Es sind verschiedene Charakteristika der heutigen Naturwissenschaften, die ihr spezifisches Wesen ausmachen: Rationale Begründungen mittels Kausalzusammenhängen, die Beobachtung der Natur, die Durchführung von Experimenten, gemeinsame Arbeit an wissenschaftlichen Großforschungseinrichtungen usw. Wie bereits in Kapitel 2.2 dargestellt, ist die Ausbildung dieser Charakteristika zu unterschiedlichen Zeiten geschehen. Entsprechend ist keine eindeutige Festlegung des Zeitraums der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften möglich. Vielmehr wären ausgehend von den verschiedenen Charakteristika unterschiedliche Anfangspunkte der zeitlichen Entwicklung zu benennen.

Beispielsweise sieht Gloy (1995) die Grundlage wissenschaftlicher Denkweisen im veränderten Naturverständnis der Menschen begründet. Der fließende Prozess vom magisch-mystischen zum philosophisch-wissenschaftlichen Naturverständnis kann zeitlich nicht exakt verortet werden, geht nach Ansicht der Autorin jedoch auf die Zeit der „griechischen Aufklärung“ im 6. Jahrhundert vor Christus zurück (Gloy, 1995, S. 73). Dem damals vorherrschenden magisch-mystischen Vorstellungen wurde der grundsätzliche Wahrheitsanspruch entzogen und der Glaube an sie aufgegeben. Die Wahrheit ging nun auf nachvollziehbare, logische Argumentationszusammenhänge mit jeweiligen „Begründungs- und Beweisstrategien“ zurück (Gloy, 1995, S. 74). Ähnlich beschreibt Jaeger (2015, S. 15), dass in der Wissenschaftsgeschichte grundsätzlich der Übergang vom Mythos zum Logos als Beginn der naturwissenschaftlichen Forschung wie wir sie heute kennen, benannt und im 6. Jahrhundert vor Christus verortet wird. Vorherige Entwicklungen, wie beispielsweise die Entwicklung von Sprache und Schrift sind als Voraussetzungen der Entstehung der naturwissenschaftlichen Forschung zu verstehen. Der Beginn naturwissenschaftlicher

Forschung wird hier mit Bezügen zu veränderten Denk- und Vorgehensweisen festgelegt und einer bestimmten Epoche zugewiesen.

Darmstaedter und Du Bois-Reymond (1904, S. 1) hingegen beginnen ihre Darstellung der Geschichte der exakten Wissenschaften und der Technik mit der Einführung eines geschlossenen, einheitlichen Mess- und Gewichtssystems 2650 Jahre vor Christus durch den König von Babylon. Die Autoren analysieren verschiedene Werke der Wissenschaftsgeschichte und erstellen eine zeitlich chronologische Abfolge wichtiger naturwissenschaftlicher Erfindungen und Entdeckungen (Darmstaedter & Du Bois-Reymond, 1904, S. IV). Sie beziehen sich also stärker auf Errungenschaften der Forschung und auf die exakten Wissenschaften.

Ebenso möglich wäre es, den Beginn der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften mit der Etablierung des naturwissenschaftlichen Experimentes in Verbindung zu bringen. Also mit der Zeit, in der die Wissenschaft den „unmittelbaren praktischen Bedürfnissen des menschlichen Lebens zu dienen“ hatte (Bacon, 1959, S. 33). Ab der Etablierung des Experimentes müssen Theorie und Empirie in Verbindung gebracht werden, was noch heute ein typisches Merkmal naturwissenschaftlicher Forschung darstellt. Damit wäre der Beginn der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften zu Beginn des 17. Jahrhunderts (Mason, 1961, S. 169).

Auch der Bau von Großforschungseinrichtungen kann als Beginn der heute bedeutsamen Großforschungsprojekte („Big Science“) angesehen werden (Solla Price, 1974, S. 98). Davon ausgehend wäre der Beginn naturwissenschaftlicher Forschung, wie wir sie heute kennen, zeitlich Mitte des 20. Jahrhunderts festzulegen.

T. S. Kuhn (1976) hingegen beschreibt die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften als sich abwechselnde Phasen von Normal-Wissenschaft, Krise und Revolution (vgl. Kapitel 2.2.5). Als Beginn der Naturwissenschaften könnte also auch das jeweils mit einer wissenschaftlichen Revolution einhergehende Aufgeben einer theoretischen Struktur zugunsten einer anderen konzipiert werden.

Passend zu dieser Uneindeutigkeit der Festlegung des Zeitraums und des stetigen Wandels, was als Naturwissenschaft zählt, wird die „Geburt der Wissenschaft“ auch von Pichot (1995, S. 557) als „ein fortwährender, nie abgeschlossener Proze[ss]“ beschrieben. Dieser fortwährende Prozess ist durch Veränderungen der Gesellschaft beeinflusst und führt umgekehrt Veränderungen der Gesellschaft herbei. In diesem Sinne ist die Entstehung der Naturwissenschaften nie abgeschlossen und kann an ganz verschiedenen Eigenschaften festgemacht werden.

Die identifizierten Vorstellungen der Schüler\_innen gehen mit diesen Einschätzungen der Wissenschaftsgeschichte, -soziologie und -theorie einher. Es konnte ein breites Spektrum von Vorstellungen zu verschiedenen Zeiträumen identifiziert werden. Philipp beispielsweise nennt die griechische Antike als Anfangspunkt der naturwissenschaftlichen Forschung und auch Konstantin diskutiert als Anfangspunkt die Denkweise der Philosophen, die „versucht haben rational erklärungen zu suchen“ (Konstantin, Z. 164 - 165). Beide Schü-

ler äußern eine mit Gloy (1995) und Jaeger (2015) vergleichbare Festlegung des Zeitraums der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften.

Mehrere andere Befragte nennen die Vorstellung eines deutlich größeren Zeitraums, bei dem die Menschheit seit ihrer Entstehung Forschung betreibt. Als Beispiele werden hierfür die Entdeckung des Feuers oder lebensnotwendiges Wissen über Nahrung und Unterkunft angeführt. Hier scheint Ausgangspunkt der naturwissenschaftlichen Forschung die Idee des Nutzens der Natur zu sein.

Für das andere Extrem der Vorstellung eines kleinen Zeitraums von wenigen 100 Jahren beziehen sich die Befragten stärker auf andere Entwicklungen, beispielsweise auf die Industrielle Revolution („und irgendwAnn (.) kamen dann halt die neuen technologIEN“ Lisa, Z. 214 - 215). Dimitri hingegen verortet den Beginn naturwissenschaftlicher Forschung in Bezug auf die Erfindung der Lupe und der damit einhergehenden Möglichkeit die Natur genauer zu untersuchen. Hier stehen also die experimentellen Möglichkeiten im Vordergrund wie es Mason (1961, S. 169) diskutiert. Der Wandel der Erkenntnismethoden und verbesserter technischer Möglichkeiten der Forschung geht mit der Entwicklungslinie naturwissenschaftlicher Erkenntnismethoden (vgl. Kapitel 2.2.6) und der Entwicklungslinie der Technik (vgl. Kapitel 2.2.3) konform.

Darüber hinaus fällt auf, dass mehrere Schüler\_innen das Mittelalter oder die Steinzeit als Referenzpunkt für den Beginn naturwissenschaftlicher Forschung nennen. Erkenntnisse der Geschichtsdidaktik (vgl. Kapitel 2.3.2.5) zeigen, dass Jugendliche zumeist keine konkrete Vorstellung vom Mittelalter haben. Vielmehr verwenden Kinder und Jugendliche diese Begriffe vielfach synonym für etwas Altes, Rückständiges. Dies scheint auch in der vorliegenden Arbeit der Fall zu sein, da eine weitere Erläuterung der genannten Epochen in allen Fällen fehlt und die Begriffe eher als eine Art Schlagwort verwendet werden.

### 5.2.2.3. Forschungsstand zur Verknüpfung der Sujet-Bereiche & Modi

Erkenntnisse der Wissenschaftsgeschichte, -soziologie und -theorie zu Sujets und Modi der Entwicklung werden gemeinsam betrachtet. Sie wurden lediglich für die Systematisierung der identifizierten Schülervorstellungen analytisch getrennt. Folgend steht also die Frage im Vordergrund, ob die identifizierte Matrix aus Sujet-Bereichen und Modi der Entwicklung (vgl. Tabelle 5.2) aus Perspektive der Wissenschaftsgeschichte vollständig gefüllt werden kann oder ob Felder leer bleiben müssen. Dazu werden erst jene Felder der Matrix betrachtet, für die die interviewten Schüler\_innen Vorstellungen äußern. Anschließend werden die Felder beleuchtet, zu denen sich im Datenmaterial keine Vorstellungen zeigen.

#### Errungenschaften der Forschung

In Bezug auf die Entwicklung der Errungenschaften der Forschung in Form naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und technischer Alltagsprodukte zeigt sich im Laufe der zeitlichen Entwicklung eine quantitative Zunahme. Beispielsweise nimmt einerseits die Publikationszahl naturwissenschaftlicher Fachartikel und damit einhergehend die Menge wissenschaftlicher Erkenntnisse im Laufe der Zeit stark zu (vgl. Entwicklungslinie natur-

wissenschaftlicher Erkenntnisse in Kapitel 2.2.4). Andererseits erhält ab der Industriellen Revolution die Technik Einzug in die Haushalte, sodass im Alltag immer mehr technische Geräte zur Verfügung stehen (vgl. Entwicklungslinie Entwicklung der Technik in Kapitel 2.2.3 oder Lipp, 1993, S. 22).

Der Modus einer quantitativen Abnahme zeigt sich unter anderem in Bezug auf historische Wissensbestände der Experimentalkultur. Beispielsweise waren franklinsche Platten und deren Funktionsweisen im 18. und 19. Jahrhundert allen Forscher\_innen der Elektrizitätslehre bekannt und es wurden zahlreiche Experimente mit diesen durchgeführt (Höttecke, 2001a, S. 322). Im 20. Jahrhundert findet man Ausführungen zu diesen Experimenten in den Standardlehrwerken nicht mehr. In diesem Sinne hat dieses historische Standardwissen abgenommen, da sich naturwissenschaftliche Erkenntnismethoden (vgl. Entwicklungslinie in Kapitel 2.2.6) im Laufe der Zeit verändert haben.

Dass sich naturwissenschaftliches Wissen im Laufe der Zeit qualitativ verbessert, wird in der Wissenschaftstheorie seit langer Zeit diskutiert. So stützt neue Evidenz wissenschaftliche Erkenntnisse, sie bewähren sich im Laufe der Zeit und sind damit weniger wahrscheinlich Gegenstand von Veränderung (vgl. Entwicklungslinie naturwissenschaftlicher Erkenntnisse in Kapitel 2.2.4 oder Popper, 1971). Auch technische Alltagsgeräte werden im Laufe der Zeit immer weiter qualitativ verbessert. So verbesserte sich beispielsweise die Leistungsfähigkeit von Dampfmaschinen zwischen den Jahren 1837 bis 1852 um das Zwölfwache (Foellmer, 2007, S. 27).

Eine Etablierung wissenschaftlicher Errungenschaften zeigt sich beispielsweise, indem technische Geräte heutzutage selbstverständlich zum Alltag der Menschen gehören (vgl. Entwicklungslinie der Technik in Kapitel 2.2.3 oder Jörissen & Marotzki, 2009, S. 27).

### **Möglichkeiten der Forschung**

Unter den Möglichkeiten der Forschung werden Methoden, Vorwissen, Forschungstechnik und die Fähigkeiten der Forscher\_innen gefasst. Diese haben sich im Laufe der Zeit quantitativ verändert, indem, wie bereits beschrieben, die Menge an wissenschaftlichen Erkenntnissen und damit die Menge an Vorwissen im Laufe der Zeit zunimmt. Ähnliches gilt für die technischen Möglichkeiten der Forschung, die seit der Etablierung des Experiments zu Beginn des 17. Jahrhunderts (Mason, 1961, S. 169) immer weiter zunehmen, indem heutzutage beispielsweise Großforschungseinrichtungen zur Verfügung stehen (vgl. Entwicklungslinie naturwissenschaftlicher Erkenntnismethoden in Kapitel 2.2.6).

Die Möglichkeiten der Forschung verändern sich durch gesicherteres Vorwissen und bessere Forschungstechnik (Chalmers, 2001, S. 28f) ebenfalls auf qualitative Art und Weise.

Darüber hinaus zeigt sich auch eine Fokussierung der Möglichkeiten der Forschung, indem die Ausbildung von Wissenschaftler\_innen stärker auf einzelne inhaltliche Bereiche fokussiert. Waren Naturwissenschaftler\_innen in der Vergangenheit vielfach Universalgelehrte, werden heutzutage verstärkt einzelne Fähigkeiten der Forscher\_innen ausgebildet. Dies

geht mit der inhaltlichen Differenzierung der Wissenschaften einher (vgl. Entwicklungslinie soziologischer Strukturen in Kapitel 2.2.1 oder Stichweh, 1984, S. 39).

Naturwissenschaftliche Erkenntnisse, die als Vorwissen weiterer Forschungsvorhaben verstanden werden können, werden im Laufe der Zeit immer weiter abgesichert und so als verlässliches Vorwissen etabliert. Genauso werden auch fehlerhafte oder ungenaue Forschungstechniken überwunden und beispielsweise das Experiment als eine Möglichkeit der Forschung etabliert (Mason, 1961; Chalmers, 2001). In diesem Sinne wurden im Laufe der Zeit Möglichkeiten der Forschung etabliert.

### **Rahmenbedingungen der Forschung**

Zu den Rahmenbedingungen der Forschung gehören Orte und Inhalte der Forschung, die Anzahl der Forscher\_innen, die gesellschaftlichen Strukturen und die Forschungsintensität.

Das Wachstum der Forscher\_innenanzahl wird beispielsweise von Solla Price (1974, S. 13ff) als ein exponentielles Wachstum und damit als ein quantitatives beschrieben. Auf der anderen Seite nahm die Anzahl der Wissenschaftler\_innen in Deutschland zur Zeit des Nationalsozialismus ab. Von 1932 bis 1934 wurden über 1000 Hochschullehrende (Assistenten und gerade Promovierte nicht mitgezählt) aus ihren Anstellungen entlassen (Beyerchen, 1980, S. 73). Den Bereich der Physik traf es besonders hart: Mindestens 25 % der im Jahre 1932/33 in Deutschland angestellten Physiker\_innen wurden während der NS-Zeit entlassen, darunter auch zahlreiche Nobelpreisträger wie Albert Einstein oder Erwin Schrödinger (Beyerchen, 1980, S. 75-78). Diese Ideen gehören zur Entwicklungslinie gesellschaftlich-kultureller Bedingungen (vgl. Kapitel 2.2.2).

Eine qualitative Verbesserung bzw. Verschlechterung zeigte sich in Bezug auf die gesellschaftlichen Strukturen, die Einfluss auf die naturwissenschaftliche Forschung nehmen. Verschlechterten sich die Rahmenbedingungen der Forschung zur Zeit des Kalten Krieges, weil Forschung nur auf kriegsdienliche Inhalte ausgerichtet war (Forstner & Hoffmann, 2013), führte das Überwinden dieses Zustandes zu einer qualitativen Verbesserung der Rahmenbedingungen der Forschung. Dies wird mittels der Entwicklungslinie gesellschaftlich-kultureller Bedingungen der Forschung beschrieben (vgl. Kapitel 2.2.2).

Ebenso beschreibt die Wissenschaftsgeschichte einen Prozess der inhaltlichen Fokussierung naturwissenschaftlicher Forschung durch die Gründung fachspezifischer Sektionen der wissenschaftlichen Gesellschaften, Akademien und Stiftungen (vgl. Entwicklungslinie soziologischer Strukturen in Kapitel 2.2.1 oder Stichweh, 1984).

Mit der flächendeckenden Gründung von Universitäten und der Einrichtung spezifischer Forschungsinstitute wurde wissenschaftliche Arbeit und die Qualifikation zu dieser Arbeit Teil des Gesellschaftssystems. Es fand also eine Etablierung der Rahmenbedingungen der Forschung statt (Weingart, 1976, S. 114; Stichweh, 1984, S. 74).

## **Bedeutung der Forschung**

Die Bedeutung der Forschung fokussiert auf das gesellschaftliche Interesse an naturwissenschaftlicher Forschung und deren Errungenschaften.

Als qualitative Veränderung der Bedeutung der Forschung ist die zeitliche Entwicklung des Selbstverständnisses naturwissenschaftlicher Forschung zu verstehen. Ging es in der griechischen Antike um ein Verständnis der Natur und ihrer Zusammenhänge, steht seit der Aufklärung die Beherrschung der Natur und ein (Aus-)Nutzen dieser für den Menschen im Vordergrund (Pukies, 1979, S. 74ff; Fischer, 2002, S. 52). Im Laufe der Zeit veränderte sich so auch die grundsätzliche Qualität der Forschung. Aus verschiedenen Perspektiven kann diese Entwicklung sowohl als qualitative Verbesserung, als auch als qualitative Verschlechterung angesehen werden. Im Hinblick auf die Lebensqualität der Menschen ist diese Entwicklung als eine qualitative Verbesserung zu verstehen. Technische Geräte stehen zur Verfügung und die Natur wird in produktive Bahnen gelenkt. Aus der Perspektive von Nachhaltigkeit und Umweltschädigung kann diese Entwicklung des Selbstverständnisses der naturwissenschaftlichen Forschung als eine qualitative Verschlechterung angesehen werden.

Die Qualität naturwissenschaftlicher Forschung veränderte sich auch, indem naturwissenschaftliche Theorien eine Abkehr vom bestehenden Kirchen- und Gesellschaftssystem widerspiegeln. Dies gilt beispielsweise für den Übergang von der aristotelischen Systematisierung von Bewegungen zur Impetustheorie. Die Impetustheorie macht nicht mehr Götter, sondern jeden Menschen zur Ursache von Bewegung und stellt damit auch die bislang festgesetzte gottgegebene Hierarchie in Frage. Ähnliches gilt bei der Diskussion um das heliozentrische Weltbild (vgl. Entwicklungslinie gesellschaftlich-kultureller Bedingungen in Kapitel 2.2.2 oder Pukies, 1979, S. 59). Naturwissenschaftliche Forschung nahm Einfluss auf Entwicklungen gesellschaftlicher Strukturen und hat damit eine qualitativ andere Bedeutung.

Naturwissenschaftliche Forschung und deren Errungenschaften wie beispielsweise technische Geräte, gehören heute selbstverständlich zu unserem Alltag (Krieg, 1993; Semar, 2014; Frees & Koch, 2015). Die Unesco spricht in ihrem Bericht über den aktuellen Zustand der Wissenschaften ebenfalls von einer wachsenden Bedeutung von Wissen und damit von naturwissenschaftlicher Forschung für die Weltwirtschaft (UNESCO, 2010, S. 13ff). In diesem Sinne hat im Laufe der Zeit auch ein Etablierungsprozess der Bedeutung der Forschung stattgefunden.

## **Zustand der Natur**

Mit dem Wandel des Selbstverständnisses der naturwissenschaftlichen Forschung wurde im Laufe der Zeit auch ein Ausnutzen der Natur legitimiert. Ein Nutzen der Natur für den Menschen steht im Vordergrund, was teilweise mit einer quantitativen Abnahme von Naturobjekten einhergeht (Fischer, 2002). So führt beispielsweise der Raubbau an

Wäldern für die Gewinnung von Holzkohle im 16. Jahrhundert fast zur vollkommenen Ausrottung dieser (Bacon, 1959, S. 6).

Je nach Verständnis von Natürlichkeit kann eine qualitative Veränderung des Zustands der Natur deutlich werden.

„Nutzpflanzen, Zierpflanzen, Nutztiere und Schoßtiere sind typischerweise nicht nur allererst durch menschliche Interventionen auf genetischer Ebene hervor- gebracht worden, sie sind in ihrer historischen Entwicklung auch fortwäh- rend weitergezüchtet und auf bestimmte Eigenschaften hin optimiert wor- den.“ (Birnbacher, 2008, S. 10)

In diesem Sinne hat sich der Zustand der Natur qualitativ verbessert. Im Laufe der Zeit, vor allem zur Zeit der industriellen Revolution, kann auch von einer qualitativen Ver- schlechterung des Zustandes der Natur, indem lediglich auf wirtschaftliche Produktivität fokussiert wurde, gesprochen werden. Eben diese Ausbeutung der Natur durch die natur- wissenschaftliche Forschung wird im Laufe der Zeit in Teilen überwunden und die Natur schützende Mechanismen werden etabliert (Irzik & Nola, 2014, S. 1008-1009).

Dieser Sujet-Bereich zeigt sich in den in Kapitel 2.2 identifizierten Entwicklungslinien der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften nur indirekt.

### **Leerstellen der Matrix**

In der Matrix aus Sujet-Bereichen und Modi der Entwicklung (vgl. Tabelle 5.2 in Kapitel 5.2.1.5) konnten einige Felder im Zuge der Datenauswertung nicht mit Vorstellungen auf Seiten der Interviewten gefüllt werden. Keine Vorstellungen äußerten die Befragten zu:

- Fokussierungs-/Differenzierungsvorstellung im Hinblick auf den Zustand der Natur.
- Vorstellung quantitativer Zunahme im Hinblick auf den Zustand der Natur.
- Vorstellung quantitativer Zunahme im Hinblick auf die Bedeutung der Forschung.
- Vorstellung quantitativer Abnahme im Hinblick auf die Bedeutung der Forschung.
- Fokussierungs-/Differenzierungsvorstellung im Hinblick auf die Bedeutung der For- schung.
- Vorstellung quantitativer Abnahme im Hinblick auf die Möglichkeiten der For- schung.
- Vorstellung qualitativer Verschlechterung im Hinblick auf die Möglichkeiten der For- schung .
- Vorstellung qualitativer Verschlechterung im Hinblick auf die Errungenschaften der Forschung.
- Fokussierungs-/Differenzierungsvorstellung im Hinblick auf die Errungenschaften der Forschung.

Die folgenden Ausführungen prüfen, welche dieser neun Vorstellungen in Darstellungen der Wissenschaftsgeschichte, -soziologie und -theorie zu identifizieren sind.

Eine *Fokussierungs- oder Differenzierungsvorstellung im Hinblick auf den Zustand der Natur* konnte im Datenmaterial nicht identifiziert werden, erscheint jedoch durchaus als denkbar. Betrachtet man als Natur alle Pflanzen, so könnte die Agrarwirtschaft mit gezielter Pflanzung bestimmter Pflanzensorten als eine solche Fokussierung des Zustandes der Natur verstanden werden. Ähnliches gilt für die genetische Manipulation von Pflanzen, die gewisse Eigenschaften der Pflanzen bestärkt und andere unterbindet (Birnbacher, 2008, S. 10). So findet beispielsweise eine Veränderung der Größe von Getreideähren statt (Gloy, 1995, S. 15) und in diesem Sinne eine Fokussierung auf bestimmte Formen der Pflanzen.

Die *Vorstellung einer quantitativen Zunahme des Zustandes der Natur* erscheint ebenfalls als möglich, bedenkt man Ideen wie die Aufforstung und Ersatzpflanzungen beim Fällen alten Baumbestands. Dies wird in Deutschland gesetzlich geregelt, von den Interviewten aber vielleicht nicht mit Naturwissenschaften in Verbindung gebracht. Obwohl Naturwissenschaftler\_innen von den Befragten teilweise als eine Art Umweltschützer konzipiert werden (vgl. Kapitel 5.2.1.1), zeigt sich die Vorstellung einer quantitativen Zunahme im Hinblick auf den Zustand der Natur nicht. Dies mag darin begründet liegen, dass zu einem bestimmten Zweck gepflanzte Pflanzen von den Interviewten möglicherweise nicht mehr als natürlich und damit als zur Natur gehörend konzipiert werden<sup>14</sup>.

Eine Veränderung der *Bedeutung der Forschung in quantitativer Art und Weise* erscheint weniger denkbar und kann bei der Betrachtung der Entwicklungslinien der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften in Kapitel 2.2 nicht identifiziert werden. Vielmehr scheint die Bedeutungsveränderung in Form qualitativer Verbesserung oder Verschlechterung bereits vollständig abgebildet. Ein Beschreiben gesellschaftlicher Bedeutung erscheint in Zahlen nicht direkt möglich, sondern lediglich vermittelt über weitere Variablen, wie beispielsweise die Anzahl an Forscher\_innen oder Veröffentlichungen. Eben solche Variablen beziehen sich jedoch auf andere, hier identifizierte Sujet-Bereiche der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften. Dies bestärkt die enge Verwobenheit der verschiedenen Sujet-Bereiche und macht deutlich, dass es sich bei der Trennung lediglich um eine analytische handelt, die im Fall der qualitativen Zu- oder Abnahme der Bedeutung der Forschung nicht mit Erkenntnissen der Wissenschaftsgeschichte in Verbindung gebracht werden kann.

Ebenfalls zeigt sich bei den Schüler\_innen keine *Fokussierungsvorstellung in Bezug auf die Bedeutung der Forschung*. Von Pukies (1979) und W. Kuhn (2001) wird als ein Aspekt der Veränderung der naturwissenschaftlichen Forschung thematisiert, dass sich das Interesse der Gesellschaft im Laufe der Zeit auf bestimmte Forschungsbereiche und Produkte fokussiert. So beispielsweise zur Zeit der Industriellen Revolution, als das gesellschaftli-

---

<sup>14</sup>Untersuchungen der Biologiedidaktik identifizieren das Muster, dass Schüler\_innen Natürlichkeit als grundsätzlich gut und schützenswert erachten und mit Eingriffen der Menschen Künstlichkeit verbinden und dieser eher skeptisch gegenüber stehen (Gebhard, Rehm & Wellensiek, 2012, S. 289).

che Interesse an naturwissenschaftlicher Forschung auf die Steigerung der Produktivität der Industrie fokussierte. Diese Fokussierung führte zu einer schnellen Entwicklung der Thermodynamik (vgl. Entwicklungslinie gesellschaftlich-kultureller Bedingungen in Kapitel 2.2.2 oder Pukies, 1979).

Die Vorstellung einer *quantitativen Abnahme der Möglichkeiten der Forschung* konnte in den Daten nicht identifiziert werden. Dies steht im Widerspruch zu der zuvor bereits beschriebenen Veränderung der Experimentierkultur, im Zuge derer typische Standardversuche der vergangenen Elektrizitätslehre heute Physikstudenten nicht mehr bekannt sind. Dieses Wissen wurde im Laufe der Zeit aus den Standardlehrwerken gestrichen. Die verfügbare Forschungstechnik nahm darüber hinaus für bestimmte Themengebiete phasenweise ab, da beispielsweise in Kriegszeiten die naturwissenschaftliche Forschung auf die Kriegsführung ausgerichtet und finanziell entsprechend unterstützt wurde. So wurden beispielsweise im Kalten Krieg der Bau von Kernforschungsanlagen und Teilchenbeschleunigern staatlich vorangetrieben, wohingegen Forschungsbereiche mit anderem inhaltlichen Schwerpunkt weniger unterstützt wurden (vgl. Entwicklungslinie gesellschaftlich-kultureller Strukturen in Kapitel 2.2.2 oder Forstner & Hoffmann, 2013, S. 3).

Eine *Verschlechterung der Qualität der Möglichkeiten der Forschung* zeigt sich in der Wissenschaftsgeschichte ebenfalls zur Zeit des Kalten Krieges. So wurden deutsche Wissenschaftler\_innen in die USA überführt, das Wissen der Kriegsgegner in Berichten gesammelt und unter Verschluss gestellt (Forstner & Hoffmann, 2013, S. 5). Politische Machtinteressen nahmen großen Einfluss auf die Forschung und gaben damit andererseits Einschränkungen vor. Dies arbeitet Kubbig (2004) für den Bereich der Raketenabwehrtechnik der USA heraus. Um ihre Vorreiterrolle im Bereich der atomaren Anreicherungstechnologie zu sichern, stellten die USA befreundeten Nationen Forschungsreaktoren zur Verfügung. Damit verhinderten sie den Bau eigener Anlagen in den Ländern und erhielten gleichzeitig Einblicke in die Forschungsergebnisse (Kubbig, 2004). Auf diese Art und Weise wurde eine Abhängigkeit aufgebaut, die langfristig als eine qualitative Verschlechterung der Möglichkeiten der Forschung in diesen Ländern angesehen werden kann. Schlechtere Beziehungen zu den USA führten zu schlechteren Forschungsmöglichkeiten. Für die USA hingegen führte dieser Zustand zu einer Verbesserung und Zunahme ihres Wissens. Auch hier sind gesellschaftlich-kulturelle Bedingungen bedeutsam für die Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung.

Von einer *qualitativen Verschlechterung der Errungenschaften der Forschung* kann beispielsweise gesprochen werden, wenn bestehendes Wissen nach einer wissenschaftlichen Revolution im Sinne Kuhns nicht mehr zum aktuell vorherrschenden Paradigma passt (vgl. Entwicklungslinie wissenschaftstheoretischer Diskussionen in Kapitel 2.2.5 oder T. S. Kuhn, 1976).

Eine *Fokussierung der Errungenschaften der Forschung* wird von den befragten Jugendlichen nicht thematisiert. Es wurde jedoch schon mehrfach das Beispiel der Entwicklung der Thermodynamik angeführt, bei der der Bedarf an Dampfmaschinen höheren Wirkungsgrads zu einer Fokussierung der Forschung führte. Errungenschaften dieser Zeitspanne

fokussierten auf die Thermodynamik (vgl. Entwicklungslinie gesellschaftlich-kultureller Strukturen in Kapitel 2.2.2 oder W. Kuhn, 2001). Mit Blick auf die gesamte zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften verändern sich die Errungenschaften der Forschung von Erklärungen über die Natur hin zu Nutzungsmöglichkeiten der Natur (Fischer, 2002, S. 52). Auch in diesem Sinne findet eine Fokussierung auf bestimmte Erkenntnisse statt.

Diese Ausführungen sind als stark verkürzt anzusehen und verdeutlichen lediglich an wenigen Beispielen, welche Vorstellungen von Sujet-Bereichen und Modi aus Perspektive der Wissenschaftsgeschichte, -soziologie und -theorie möglich sind. Die Matrix kann bis auf zwei Felder (quantitative Zu- oder Abnahme der Bedeutung der Forschung, siehe schwarze Felder in Tabelle 5.3) vollständig gefüllt werden. In den empirischen Daten konnten nicht zu allen grauen Matrix-Feldern Vorstellungen der interviewten Kinder und Jugendlichen identifiziert werden. Eben jene Felder der Matrix, für die aus Perspektive der Wissenschaftsgeschichte Vorstellungen denkbar gewesen wären, von den befragten Schüler\_innen jedoch nicht geäußert wurden, sind in Tabelle 5.3 hellgrau markiert. Es sind also diese hellgrauen Felder der Matrix, die im Hinblick auf didaktische Konsequenzen von besonderer Bedeutung sind und in Kapitel 5.4 für die Formulierung solcher Konsequenzen wieder aufgegriffen werden.

Tabelle 5.3.: Bereiche, für die sowohl im Datenmaterial als auch in den Entwicklungslinien der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften Vorstellungen identifiziert werden konnten (dunkelgrau). Vorstellungen, die in den Entwicklungslinien deutlich werden, jedoch nicht von den Schüler\_innen genannt wurden (hellgrau). Vorstellungen, die weder aus Perspektive der Entwicklungslinien sinnvoll erscheinen, noch von den Schüler\_innen genannt wurden (schwarz).

Modi: \ Sujet:	Errungen- schaften	Möglich- keiten	Rahmenbe- dingungen	Bedeutung Forschung	Zustand Natur
Quantitative Zunahme					
Quantitative Abnahme					
Qualitative Verbesserung					
Qualitat. Verschlechterung					
Fokussierung, Differenzierung					
Überwindung, Etablierung					

Die von den Interviewten thematisierten Sujet-Bereiche gehen mit den Entwicklungslinien der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften konform. Die Sujet-Bereiche umfassen soziologische Strukturen, gesellschaftlich Bedingungen, Errungenschaften in Form von Technik und Erkenntnissen sowie Erkenntnismethoden. Über die Entwicklungslinien hinaus wird der Zustand der Natur thematisiert. Weniger zeigen sich Vorstellungen zu wissenschaftstheoretischen Entwicklungen. Auch die empirisch identifizierten Modi der Entwicklung konnte in Beschreibungen der Wissenschaftsgeschichte wiedergefunden werden.

In ihrer Gesamtheit zeigen sich die rekonstruierten Vorstellungen als passend zu den Entwicklungslinien der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften. Es ist jedoch auf Ebene des Einzelfalls kritisch zu betrachten, dass die meisten Schüler\_innen auf einzelne

Sujet-Bereiche und Modi der Entwicklung fokussieren. Darüber hinaus werden Verbindungen zwischen Entwicklungen der Sujet-Bereiche nicht immer gesehen. Auch die Tatsache, dass sich die Leerstellen der Matrix aus Sujet und Modi der Entwicklung aus Perspektive der Wissenschaftsgeschichte füllen lassen, von den Schüler\_innen jedoch nicht thematisiert wurden, verweist auf Potential zur Erweiterung der Vorstellungen der Schüler\_innen. Didaktische Konsequenzen aus diesen und den Erkenntnissen zur zweiten Forschungsfrage werden in Kapitel 5.4 diskutiert.

### 5.2.2.4. Erkenntnisse der Fachdidaktik zu Vorstellungen zur diachronen NdN

Die Ergebnisse zur ersten Forschungsfrage werden an dieser Stelle mit bestehenden Erkenntnissen der fachdidaktischen Forschung, wie sie im Theorieteil der Arbeit dargestellt wurden, in Verbindung gebracht. Wie in Kapitel 2.1.3.4 deutlich wurde, befasste sich bisher lediglich die Studie von Henke und Höttecke (2013c) dezidiert mit Schülervorstellungen zur diachronen NdN. Dabei legten die Autoren deduktiv Kategorien fest, anhand derer das Datenmaterial mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse analysiert wurde. Auf diese Art und Weise konnten sieben Idealtypen von Vorstellungen zu Wandel in den Naturwissenschaften identifiziert werden. Das Vorgehen der Auswertung in der vorliegenden Untersuchung unterscheidet sich von diesem Vorgehen insofern, als dass mit Hilfe der dokumentarischen Methode induktiv Vorstellungen rekonstruiert wurden. Diese konnten im Zuge einer Systematisierung den vier Dimensionen

- Inhalt naturwissenschaftlicher Forschung,
- Zeitraum und Zukunft der Entwicklung,
- Sujet der Entwicklung,
- Modi der Entwicklung

zugeordnet werden. Trotz oder gerade wegen des unterschiedlichen methodischen Vorgehens der beiden Studien, sollen die Ergebnisse miteinander verglichen und in Verbindung gebracht werden. Vergleicht man die bereits bestehenden Idealtypen von Vorstellungen zur diachronen NdN (vgl. Kapitel 2.1.3.4 in der vorliegenden Arbeit oder Henke & Höttecke, 2013c, S. 349) mit den in der vorliegenden Studie identifizierten Vorstellungen, so zeigen sich starke Ähnlichkeiten. Beispielsweise werden Charakteristika von Henke und Hötteckes erstem Idealtyp (Schöpfen aus einer versiegenden Quelle) vollständig durch die oben dargestellten Dimensionen von Vorstellungen abgebildet. Auch die anderen Idealtypen lassen sich mit obigen Dimensionen in Verbindung bringen und sind umfassend durch diese beschrieben.

Alle zentralen Charakteristika der bereits bestehenden Idealtypen Henke und Hötteckes wurden auch in der vorliegenden Arbeit als Vorstellungen identifiziert. Mit Hilfe der vier Bereiche, zu denen in der vorliegenden Studie Vorstellungen identifiziert werden konnten, können die sieben bestehenden Idealtypen abgebildet werden. Dieser Vergleich der bestehenden Idealtypen und den in dieser Studie rekonstruierten Vorstellungen wird in der

folgenden Tabelle 5.4 in Bezug auf alle sieben Typen Henke und Hötteckes vorgenommen, um die Ähnlichkeiten der Ergebnisse im Detail zu verdeutlichen.

Tabelle 5.4.: Ähnlichkeiten zwischen den von Henke und Höttecke (2013c, S. 349, Übersetzung JK) identifizierte Idealtypen von Schülervorstellungen zur diachronen NdN und den in der vorliegenden Studie identifizierten Vorstellungen.

Nr	Typbeschreibung nach Henke und Höttecke (2013c)	Ergebnisse dieser Studie
1	Naturwissenschaftler_innen enthüllen bis heute erfolgreich die Geheimnisse der Natur, indem sie wahre/genauere wissenschaftliche Erkenntnisse mit Hilfe immer effektiverer Methoden liefern. Aufgrund der beschränkten Anzahl der noch unerforschten Naturphänomene wird es jedoch zukünftig keine neuen naturwissenschaftlichen Entdeckungen mehr geben. Aus diesem Grund wird die wissenschaftliche Arbeit wie wir sie kennen, zurückgehen und letztendlich irgendwann komplett enden.	Dieser Typ bezieht sich auf eine begrenzte Entwicklung. Dabei sind Sujets der Entwicklung die Forschungsmethoden und die Menge an wissenschaftlichen Erkenntnissen. In Bezug auf die Möglichkeiten der Forschung ist eine qualitative Verbesserung und in Bezug auf die Errungenschaften der Forschung eine quantitative Zunahme zentral. Als Inhalt der Forschung werden die Natur und ihre Geheimnisse genannt.
2	Die Naturwissenschaft überwand in der Vergangenheit äußerliche, gesellschaftliche und technologische Hindernisse (z. B. Mystizismus, Religion, mangelnde Akzeptanz, unzureichende Materialien), die die volle Entfaltung des der Naturwissenschaft innewohnenden Potenzials behinderten. Außergewöhnliche Ereignisse oder Personen (Aufklärung, Industrielle Revolution, geniale Wissenschaftler/Genies) trugen maßgeblich dazu bei, diese Hemmnisse zu überwinden. Heute ist die Wissenschaft vollkommen entfaltet und so dazu fähig, alte und fehlerhafte Ansichten der Vergangenheit durch korrektes und genaues Wissen zu ersetzen.	Dieser Typ kann mit der identifizierten Überwindungsvorstellung zusammen gebracht werden. Dabei verändern sich im Laufe der Zeit die Möglichkeiten und die Rahmenbedingungen der Forschung ebenso wie das Wissen, also die Errungenschaften der Forschung. In Bezug auf das Wissen wird eine qualitative Verbesserung („korrektes und genaues Wissen“) deutlich.
3	In der Vergangenheit war die Wissenschaft geprägt/geknebelt von inneren Unzulänglichkeiten (unzureichende Forschungswerkzeuge und -strategien, voreilige Schlussfolgerungen, fehlende Zusammenarbeit), welche die Entfaltung der Naturwissenschaft verhinderten. Da die Wissenschaftler_innen jedoch ihre Werkzeuge zum Erschließen von Wissen (z. B. zutreffende Konzepte, effektive Methoden etc.) verbesserten bzw. neue entdeckten, konnte auch dieses Problem gelöst werden. Zu jeder Zeit hängt die Beständigkeit wissenschaftlicher Vorstellungen von den Werkzeugen der Wissenschaftler_innen ab, sodass heutige Auffassungen fast als final angesehen werden können.	Typ 3 geht mit der identifizierten Überwindungsvorstellung einher, da die Wissenschaftler im Laufe der Zeit ihre Fähigkeiten verbessern. Sujet-Bereich der Entwicklung sind die Möglichkeiten der Forschung. Diese werden qualitativ verbessert, es gehört aber auch eine quantitative Zunahme der Methoden dazu. Der Entwicklungsprozess wird in Teilen als in Zukunft beendet angesehen („Auffassungen fast [...] final“).

4	<p>Naturwissenschaft entwickelt sich evolutionär, indem sie jene Ideen aufgibt, die in eine Sackgasse führen, weil ihre Forschung nicht die erwarteten Ergebnisse erbringt. So wird denen der Weg bereitet, die es schaffen, die richtigen Fragen zu stellen oder die richtigen Ideen haben. Mit der Zeit war es möglich, diese Grenze des Scheiterns zu identifizieren und damit die Anzahl an Sackgassen zu minimieren.</p>	<p>Auch hier ist die Professionalisierung der Wissenschaftler_innen zentral. Im Laufe der Zeit verändern sich die Fähigkeiten der Forscher_innen. Auf der anderen Seite zeigt sich eine quantitative Abnahme der Anzahl der falschen Ideen und eine Zunahme an richtigen Ideen.</p>
5	<p>Durch Naturwissenschaft kann Wissen effektiv erschlossen werden, indem eine Fragestellung nach der anderen gelöst wird. Hierbei können Fragestellungen aus der Naturwissenschaft selbst (z.B. widersprüchliche Aussagen) oder von außen (z. B. Stoppen des Klimawandels) hervorgehen, beide Arten wurden und werden auch weiterhin erfolgreich gelöst. Jede Lösung wird durch einzigartige Forschungsaktivität gefunden. Das entstandene Wissen wird auf nicht-kumulative Art und Weise zum Bestehenden hinzugefügt.</p>	<p>Bei diesem Typ steht die quantitative Zunahme von Wissen im Vordergrund. Es verändern sich also die Errungenschaften der Forschung. Dieser Prozess wird auch in Zukunft so weiterlaufen und unbeeendet sein.</p>
6	<p>Wie wir selbst mit unseren eigenen Augen sehen können, verbessert sich der Zustand der Naturwissenschaft durch das Hervorbringen technologischer Produkte. Es gibt keine Grenze für die Menge dieses „Wissens“, welches enthüllt wird. Individuelle und gesellschaftliche Bedürfnisse bestimmen die Richtung der wissenschaftlichen Forschung und somit die Art und die Lösbarkeit der Problemstellungen.</p>	<p>Dieser Typ bezieht sich auf einen endlosen Prozess. Dabei verändern sich die Errungenschaften der Forschung in Form von technischen Produkten, ebenso wie das Interesse an Forschung und ihren Produkten. Dabei ist eine quantitative Zunahme zentral. Forschung befasst sich anders als Typ 1 nicht mit der Natur, sondern mit technischen Artefakten.</p>
7	<p>Naturwissenschaftler_innen der Vergangenheit mussten aufgrund von verschiedenen Hindernissen (fehlender Technologie, Material, Rationalität) härter und kreativer arbeiten, um erfolgreich sein zu können. Die Rolle der Kreativität und des Einfallsreichtums nimmt mit der Zeit ab, da heutzutage die meisten wissenschaftlichen Prozesse technologisch gelöst sind, sodass die Wissenschaftler_innen von dieser Arbeitsverantwortung befreit wurden und nun eher der Rolle eines Managers der Wissenserschließung gerecht werden.</p>	<p>Auch hier zeigen sich als Sujets der Entwicklung die Fähigkeiten der Forscher_innen und die technischen Möglichkeiten der Forschung. Auch die Rahmenbedingungen der Forschung verändern sich, indem den Wissenschaftler_innen nun eine veränderte Rolle zukommt und sie andere Inhalte bearbeiten. Eine quantitative Abnahme der Kreativität geht mit der quantitativen Zunahme an technischen Forschungsgeräten einher.</p>

Diese Ergebnisse geben weitere Hinweise darauf, dass Vorstellungen zu den vier genannten Aspekten bedeutsam sind, wenn die Schüler\_innen über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften sprechen. Es ist also gelungen, die Komplexität der bestehenden Theorie zu Schülervorstellungen zur diachronen NdN zu reduzieren (von sieben Typen auf vier relevante Kategorien) und dabei dennoch auf inhaltlicher Ebene reichhaltigere

Einblicke in die Perspektive der Schüler\_innen zu ermöglichen. Folgende Befunde gehen über die Erkenntnisse von Henke und Höttecke (2013c) hinaus:

- Die Ergebnisse zu Vorstellungen zum Zeitraum der zeitlichen Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung sind nicht in den Ergebnissen von Henke und Höttecke (2013c) abgebildet.
- Als weitere Sujet-Bereiche der Entwicklung zeigen sich der Zustand der Natur und die Bedeutung der Forschung.
- In den Idealtypen Henke und Hötteckes ist bisher nicht die hier identifizierte Etablierungsvorstellung abgebildet. Ebenso fehlt bislang die Fokussierungsvorstellung.
- Anders als bei Henke und Höttecke (2013c) wurden in der vorliegenden Untersuchung im Sample außerdem unterschiedliche Altersgruppen berücksichtigt. Altersspezifische Effekte deuten sich lediglich für wenige Vorstellungen an und müssten mit angemessenen Stichprobengrößen statistisch geprüft werden. Die deutliche Mehrheit der Vorstellungen konnten bei Schüler\_innen aller drei Altersgruppen rekonstruiert werden. Dies lässt die Vermutung zu, dass ebenfalls die Idealtypen von Henke und Höttecke (2013c) für eine größere Altersspanne gelten könnten. Vorstellungen zur zeitlichen Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung erscheinen auf Grundlage der empirischen Daten kaum klassenstufen- und damit altersabhängig.

In diesem Sinne können die Ergebnisse der vorliegenden Studie als Erweiterung der bestehenden Erkenntnisse verstanden werden. Die Ergebnisse unterstützen darüber hinaus die Validität der bereits bestehenden Idealtypen.

#### **5.2.2.5. Diskussion der Fachdidaktik zu Bezugspunkten von Schülervorstellungen**

Wie im Theorieteil dargestellt, werden Ursachen von Schülervorstellungen sowohl im Unterricht als auch außerhalb des Unterrichts verortet (Labudde, 2000; Barke, 2006). Dies wird durch die subjektiven Einschätzungen der befragten Schüler\_innen bestätigt. Neben Kenntnissen über die NdN oder historische Wissenschaftler\_innen, werden auch erlebte Eigenschaften des Unterrichts und Erlebnisse außerhalb des Unterrichts angeführt, um über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften zu sprechen.

Denkbar wäre außerdem, dass auf diese Art und Weise die altersspezifischen Tendenzen – soweit vorhanden – zu erklären sind. Jüngere Schüler\_innen sehen als Inhalt der Forschung ausschließlich die natürliche Welt, ältere Schüler\_innen hingegen vertreten vermehrt die Vorstellung eines endlichen Entwicklungsprozesses. Beides könnte auf Erfahrungen aus der Schule zurückgeführt werden, wenn man betrachtet, dass naturwissenschaftlicher Anfangsunterricht sich zumeist mit der natürlichen Welt befasst und im Laufe der Schulzeit im typischerweise enthistorisierten Schulunterricht (vgl. Kapitel 2.1.2.3) Erkenntnisse als gegeben erscheinen und so der Entwicklungsprozess irgendwann als beendet deutlich werden kann.

Die Vorstellung einer qualitativen Verbesserung der Errungenschaften der Forschung vertreten stärker die älteren als die jüngeren Schüler\_innen. Diese Vorstellung stammt möglicherweise ebenfalls aus eigenen Erfahrungen mit der qualitativen Verbesserung technischer Geräte. Diese Einschätzung kann erst nach längerem Kontakt mit den Geräten deutlich werden, was bei älteren Befragten wahrscheinlicher gegeben ist als bei jüngeren.

### 5.2.2.6. Zusammenfassung

Bisher ist einerseits eine Systematisierung der identifizierten Schülervorstellungen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften gelungen. Andererseits konnten die Vorstellungen mit den in Kapitel 2.2 dargestellten Entwicklungslinien der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften abgeglichen werden. Dieser Abgleich ermöglicht eine Einschätzung der Passung dieser Vorstellungen zu Erkenntnissen der Wissenschaftsgeschichte, Wissenschaftssoziologie und Wissenschaftstheorie. Ausgehend von diesem Abgleich werden in Kapitel 5.4 didaktische Konsequenzen formuliert.

Die Ergebnisse erweisen sich darüber hinaus als passend zu den bereits bestehenden Idealtypen der Schülervorstellungen zum Wandel in den Naturwissenschaften. Die bestehenden Erkenntnisse konnten durch die Ergebnisse der vorliegenden Studie mittels eines anderen methodischen Zugriffs abgesichert werden.

## 5.3. Ergebnisse der Hauptstudie: zweite Forschungsfrage

Die nun folgende Darstellung der Ergebnisse zur zweiten Forschungsfrage, welche nach Orientierungsrahmen der Interviewten fragt, spiegelt keinesfalls den Forschungsprozess an sich wieder. Die Ergebnisdarstellung ist notwendigerweise eine chronologische, der Forschungsprozess jedoch ein zyklischer Prozess, in dem verschiedene Phasen der Auswertung immer wieder wechselseitig aufeinander bezogen werden. Interpretationen haben sich im Lichte neuer Erkenntnisse verändert. Auch die Wahl der nun folgend als erstes dargestellten Eckfälle war vollständig erst auf Grundlage der relationalen Typenbildung möglich. Diese Typen werden in der Ergebnisdarstellung erst im Anschluss an die Eckfälle präsentiert, damit die Typenbildung nachvollziehbar wird. Der Lesbarkeit halber folgt die Darstellung der Ergebnisse daher bewusst *nicht* dem Ablauf der Auswertung.

Darüber hinaus werden nicht alle im Zuge der Auswertung entstandenen Dokumente und Interpretationstexte dargestellt. Auf diese Art und Weise soll die intersubjektive Nachvollziehbarkeit einerseits und die empirische Verankerung der Ergebnisse andererseits ermöglicht werden. Da diese beiden Gütekriterien qualitativer Forschung (vgl. Kapitel 3.2.2) für unterschiedlich ausführliche Darstellungen der Interpretationsschritte und Ergebnisse sprechen, ist die folgende Darstellung als ein Mittelweg aus ausführlicher Darstellung (bspw. ausführlicherer Beschreibung der Eckfälle) und verkürzter Darstellung mit lediglich illustrierenden Textstellen (bspw. Darstellung der sinngenetischen Typenbildung) zu

verstehen. Es soll also sowohl Übersichtlichkeit, als auch Nachvollziehbarkeit ermöglicht werden (Hericks, 2006, S. 178).

In Kapitel 5.3.1 werden acht Eckfälle präsentiert, die sich im Zuge der Auswertung als maximale Kontrastfälle in Bezug auf die Orientierungsrahmen zu den vier Vergleichsdimensionen *A Wert der Naturwissenschaften*, *B Selbstbezug zu Naturwissenschaften*, *C zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften* und *D Selbstbezug zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften* (siehe auch Kapitel 5.1.5) gezeigt haben. Diese vier Vergleichsdimensionen erwiesen sich – anders als andere Vergleichsdimensionen – in allen 33 Fällen als relevant für die Sinnbildung der Schüler\_innen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften. Die verschiedenen Orientierungsrahmen bezüglich der Vergleichsdimensionen werden in Kapitel 5.3.2 systematisch aufbereitet und so eine sinngenetische Typenbildung vorgenommen. Darüber hinaus war eine relationale Typenbildung möglich, welche in Kapitel 5.3.3 dargestellt wird.

Anschließend werden Zusammenhänge zwischen Orientierungsschemata und -rahmen sowie zwischen Orientierungsrahmen und Personendaten beschrieben und auf diese Weise auch die Ergebnisse von erster und zweiter Forschungsfrage zusammengebracht (Kapitel 5.3.4 und 5.3.5). Abschließend werden die Ergebnisse der zweiten Forschungsfrage mit dem bestehenden Forschungsstand in Verbindung gebracht (Kapitel 5.3.6).

### **5.3.1. Orientierungsrahmen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften – Darstellung der Eckfälle**

In diesem Kapitel werden detailliert acht Eckfälle dargestellt, die als maximale Kontrastfälle im Hinblick auf die vier Vergleichsdimensionen bezeichnet werden können und im Zuge der relationalen Typenbildung (vgl. Kapitel 5.3.3) die „Ecken“ des Feldes der Relationen der Orientierungsrahmen abbilden. Diese acht Fälle wurden für eine detailliertere Darstellung ausgewählt, weil sie die Verschiedenheit der rekonstruierten Orientierungsrahmen in Bezug auf die Vergleichsdimensionen umfassend abbilden. Auf diese Art und Weise soll dem Leser ein Einblick in die Heterogenität der Orientierungsrahmen ermöglicht werden, bevor eine Systematisierung aller Fälle in einer sinngenetischen und relationalen Typenbildung erfolgt.

Auch die Darstellung der Eckfälle erfolgt in komprimierter Form und bildet nicht den vollständigen Prozess der Auswertung ab, sondern stellt lediglich dessen bereits systematisierte und fokussierte Ergebnisse dar. Ausführlich wurde das Vorgehen der Datenanalyse mittels dokumentarischer Methode an einem Beispiel in Kapitel 5.1.4 gezeigt. Wie bereits bei der Ergebnisdarstellung zur ersten Forschungsfrage wird der Lesbarkeit halber im Fließtext auf die Darstellung von Mikropausen und Dehnungen der Worte in Zitaten der Interviews verzichtet.

### 5.3.1.1. Eckfall 1 – Paul

Paul ist zum Zeitpunkt des Interviews 12 Jahre alt und besucht die 6. Klasse einer Stadtteilschule in einem Randgebiet von Hamburg. Das Interview fand in einem Besprechungsraum in seiner Schule statt. Als Berufswunsch gibt er am Ende des Interviews an, Biologe oder Reporter werden zu wollen und sagt bereits vor Aufzeichnung des Interviews, dass er Fußball nicht so möge, dafür aber Biologie. Insgesamt kann der Schüler im Vergleich zu den anderen Interviewten als redefreudig bezeichnet werden, sodass das Interview mit 34 Minuten zu den fünf längsten gehört. Im Verlauf der Auswertung zeigten sich einige Ähnlichkeiten, aber auch Unterschiede zum Fall Claas, der bereits in Auszügen in Kapitel 5.1.4 dargestellt wurde.

Im Zuge der Auswertung erwiesen sich bei Paul bereits die Ausführungen der Vorübung für die Rekonstruktion seiner Orientierungsrahmen als fruchtbar. Anders als bei den folgenden Eckfällen beginnt die Darstellung dieses Falls daher bereits, bevor im Interview thematisch über Naturwissenschaften gesprochen wird mit einer Passage, in der er über seinen Vater spricht:

papa. (.) pflanzt (.) auch (.) gerne:: pflanzen? hier. und lebt von seinem eigenen garten, ganz vIE::l, auch bei uns im-in unserm garten is ganz viel ansich die hÄlfte davon NUR:: zum (.) ESSEN? (1) [Interviewerin: okay?] ähm ja:: er leb-is halt auch gerne im WALD, und sammelt pILZE, und (.) sammelt frÜCHTE? mit mir auch.  
(1) (Z. 118 - 123)

Sowohl Garten als auch Wald werden als Quelle von Nahrungsmitteln beschrieben, die sein Vater nutzt. So wird eine Verbindung zwischen Natur und Mensch deutlich, auf dessen Grundlage es möglich ist „von seinem eigenen garten [zu leben]“. Ähnlich wie bei Claas ist auch für Paul das Potential der Natur, menschliches Leben zu ermöglichen, relevant. Paul geht gemeinsam mit seinem Vater in den Wald, er nimmt Teil an der beschriebenen Handlungspraxis des Vaters. Zentral ist dabei die Nutzung des Potentials der Natur durch Vater und Sohn. Ausgehend davon beschreibt Paul eine sehr positive Beziehung seines Vaters zur Natur („pflanzt auch gerne pflanzen“), an der auch Paul teilnehmen kann („mit mir auch“). Es deutet sich, vermittelt über die Erfahrungen mit seinem Vater, ein positiv gerahmter Bezug zwischen Paul und Natur an.

Der Kontext Natur ist auch bei der Frage nach spontanen Gedanken zu Naturwissenschaften zentral. Ähnlich wie Claas nennt auch Paul verschiedene Oberbegriffe aus dem Kontext Natur/Biologie:

Interviewerin: [...] dann legen wir das erst ma einmal zur sEite, und komm ersmal zu eim ganz andern thema. und zwar (.) wenn du an naTURwissenschaften denkst was fällt dir da spontAN ein,

Paul : naturwissenschaften? (1) BIO. [Interviewerin: mhm,] und dazu pflANZen, tIEre. (.) fische. äh säugetIERE, mENschen, (.) ähm:: (1) meine katzen ((lachen)) äh:: gÄ:rtten, ähm (1) grÜn. (.) wAlD. wasser. unterWASSERpflanzen:. (1) huh. das

kann ganz schön lAnge dauern. ä::hm (.) was noch? (1) [...] (.) bÄUME (.) bluM (.)  
beeTE:: (Z. 132 - 143)

Das zentrale Wort der Frage wird wiederholt und durch das tief fallend betonte Kurzwort „BIO“ eine Antwort gegeben. Es folgt eine Erläuterung, was genau Paul mit „BIO“ verbindet. Hier zeigt sich eine Kategorisierung in Dinge, die für den Schüler mit „BIO“ in Verbindung stehen und jene, die dies nicht tun. Auch die folgenden Begriffe können als Oberkategorien natürlicher Elemente verstanden werden. Sie stellen biologische Kategorien dar („pFLANZEn, tIERe. fische. äh säugetIERE, mENsChen“). Paul zeigt an dieser Stelle, dass ihm diese Kategorien bekannt sind und er sie unter anderem mit Hilfe von biologischen Fachtermini („säugetIERE“) benennen kann. Ihm steht Wissen aus dem Bereich Biologie zur Verfügung, was besonders im Vergleich mit anderen Fällen ins Gewicht fällt. Beispielsweise beschreibt der Eckfall Arne (der im Folgenden vorgestellt wird) einen positiv konnotierten Bezug zwischen seiner Person und der Physik und nennt im ersten Moment gerade kein Fachwissen und nimmt keine Kategorisierung vor. Im Kontrast zum Fall Claas stellt Paul Menschen, Tiere und Pflanzen auf eine Ebene und nimmt keine Unterscheidung vor. Menschen scheinen in dieser Passage die gleiche Wertigkeit zu haben, wie die anderen genannten Aspekte. Es deutet sich also anders als bei Claas gerade keine Dichotomie zwischen Mensch und Natur an. Für Paul stehen all diese genannten Elemente mit Naturwissenschaften und dabei spezifischer mit „BIO“ in Verbindung, ohne dass er eine Wertung oder Hierarchisierung vornimmt.

Einen Bezug zur eigenen Person stellt Paul (weniger explizit als der folgend beschriebene Fall Arne) her, indem er das Possessivpronomen „meine“ verwendet und vom Garten, also einen durch den Menschen beeinflussten Raum der Natur, spricht. In der Passage zuvor sprach Paul bereits über den Garten, der ihm und anderen Personen aus seiner Familie gehört („in unserm garten“). Es fällt darüber hinaus auf, dass Paul direkt im Anschluss an die Nennung seiner Katzen lacht. Die Ursache dieses Lachens ist nicht zu klären, unterstreicht jedoch die Verschiedenheit zu den zuvor genannten Nomen. Seine Katzen erhalten hier auch auf Ebene der Art des Sprechens eine besondere Rolle. Neben dem Besitz von Katzen, gilt ähnliches für Gärten: Sie gehören jemandem und können bewirtschaftet werden. Gärten und Katzen werden als Besitz einer Person konzipiert, sodass vermittelt über diesen eine Verbindung zwischen Paul selbst und dem, was er mit Naturwissenschaften in Verbindung bringt, besteht. Auch am Ende der Passage werden mit den Nomen „bÄUME bluM beeTE“ Kategorisierungen von Naturelementen vorgenommen und die Beeinflussung der Natur thematisiert. Beete stellen gerade das Gegenstück zur von Claas thematisierten „WILDnis“ dar. Natur kann Pauls Ansicht nach in Bahnen gelenkt und so durch den Menschen nutzbar gemacht werden. Auch hier stehen allgemein Naturelemente (Bäume, Blumen) neben durch den Menschen veränderte Natur (Beete). Es deutet sich an, dass Paul stärker als Claas ebenfalls durch den Menschen gestaltete Natur mit Naturwissenschaften in Verbindung bringt. Für Claas stellt gerade die unveränderte Natur, die Wildnis einen Wert an sich dar, dieser Fokus zeigt sich bei Paul nicht. Das Gestalten und Nutzen der Natur erlebt Paul wie in der Passage zuvor beschrieben, mit seinem Vater. Auch der genannte Bereich „wAld“ ist bei der Beschreibung seines Vaters

relevant. Es deutet sich an, dass ein Nutzen der Natur von Paul positiv konnotiert wird und eine positiv gerahmte Verbindung zwischen dem Schüler und der Natur besteht. Dies erhärtet sich im weiteren Verlauf des Interviews, als nach Gelegenheiten zum Kontakt mit Naturwissenschaften gefragt wird:

Paul: mit (1) ja: da. (.) hatten wir ja so= ich BIN (.) ansich relativ (.) gErne in der natUr. aber das is ja nich richtig NATURwissenschaften? [Interviewerin: mhm] und (.) dann (.) bin ich ha::lt (.) naja ich FORSCH auch gern mit papa. aber das is °eher selbst so ne kleinigkeit°=in BIO. machen wir halt auch manchmal hatten wir das thema BLUM und dann warn wir auch einmal so: (.) in so nem BLUMENgarten da konnte man so was (1) [Interviewerin: mhm] machen. und joar (1) ähm (.) und das °war's eigentlich°. (Z. 164 - 171)

Das Sein in der Natur wird explizit positiv bewertet („relativ gErne“), jedoch relativiert und die Verbindung zu Naturwissenschaften eingeschränkt („is ja nich richtig NATURwissenschaften“). Das reine Sein in der Natur scheint nicht auszureichen, um als richtige Naturwissenschaften zu zählen. Im Kontrast dazu spricht er vom Forschen mit seinem Vater („ich FORSCH auch gern mit papa“). Mit „FORSCH[en]“ wird eine naturwissenschaftliche Tätigkeit angesprochen, wobei auch diese Ausführung Pauls abgebrochen und die eigene Forschungstätigkeit abgewertet wird („so ne kleinigkeit“). Auf expliziter Ebene reflektiert Paul seinen Kontakt zu Naturwissenschaften, spricht jedoch zuvor und auch im Folgenden vorrangig von Natur und Wissen über diese. Dies scheint für ihn eine zentrale Kategorie in Bezug auf Naturwissenschaften und deren Forschung zu sein.

Erneut sind es Erfahrungen mit dem Vater, die mit Naturwissenschaften in Verbindung gebracht und positiv bewertet werden. Vater, Natur/Naturwissenschaften und positive Wertungen treten immer wieder aneinander gekoppelt auf. Auf diese Art und Weise stellt Paul eine Verbindung zu seiner eigenen Person her. Im Kontrast dazu spricht er am Ende dieser Passage deutlich distanzierter über schulisch gerahmte Erfahrungen. Sie werden ebenfalls als kollektiv geteilte Erfahrungen („wir“) deutlich, jedoch verbleiben die Ausführungen unkonkret: „da konnte man so was machen“. Die Erfahrung im Blumengarten wird von Paul verallgemeinernd beschrieben und weniger mit seiner Person in Verbindung gebracht („man“) und steht damit im starken Kontrast zu den ersten Zeilen der Passage, in denen er in der ersten Person Singular spricht. Auf Nachfrage der Interviewerin führt er die Erfahrung des Forschens mit seinem Vater weiter aus:

Interviewerin: aber dass du mit dein PAPA selbst forschst fand ich jetzt eigentlich ganz SPANND, was macht ihr denn da?

Paul: öh:: was heißt forschen. wir gehn in den WALD, und papa zeigt mir zum beispiel welche pilze man essen kann und welche NICH. oder:: ähm hier ä::hm (1) wir gehn FISCHEN. und papa zeigt mir wieder: wie man halt wElche fische wIE fängt oder ANfassen sollte. und wi::r mhh jetzt hat er mir zum beispiel SAUERKlee gezeigt. das ersatz fürs kaugummi? [Interviewerin: mhm] ähm und ja so PFANZEN die man halt (.) essen kann. und so die man im WALD findet. und so und papa und ich waren ma in soner (.) gra-großen sta-straße im land? dann waren ganz vIELE:: (.) bÄUme mit ähm ganz ganz vielen pflaum die da fast verrottet wärn. ham wir

UNGE-irgendwie (.) SECHZEHN kilo pflaum [Interviewerin: ((lachen))] geholt. und die alle verKOCHT in marmelade und in so was? und ja und dann (.) papa zeigt mir halt auch was man mit den sachen kochen kann faktisch und (.) ja. (Z. 174 - 191)

Erneut nimmt Paul eine Einschränkung vor und relativiert, dass es sich bei diesen Tätigkeiten wirklich um Forschen handelt. Bedeutsam ist wieder, dass es sich um gemeinsame Erlebnisse mit seinem Vater handelt, die im Raum Natur stattfinden („gehn in den WALD“). Er beschreibt Tätigkeiten in der Natur, bei denen der Vater dem Sohn Naturelemente und Umgangsweisen mit diesen „zeigt“. Dabei stehen Handlungen im Vordergrund (Essen von Pilzen, Anfassen von Fischen, Essen von Sauerklee). Paul erhält also Handlungswissen von seinem Vater, nimmt im Prozess der Wissensweitergabe selbst eher eine passive Rolle ein. Wie sich bereits in der Eingangspassage andeutete, geht es auch hier um Wissen, das nun spezifischer als Handlungswissen bezeichnet werden kann. Paul erhält Wissen und lernt auf diese Art und Weise, wie man richtig mit der Natur bzw. Naturelementen umgeht („wElche fische [man] wIE [...] ANfassen sollte“). Als richtiger Umgang wird dabei die Nutzung des Potentials der Natur deutlich. Wenn auch im Vorfeld relativiert, bringt der Schüler Forschen hier mit der Weitergabe von Handlungswissen im Kontext Natur in Verbindung.

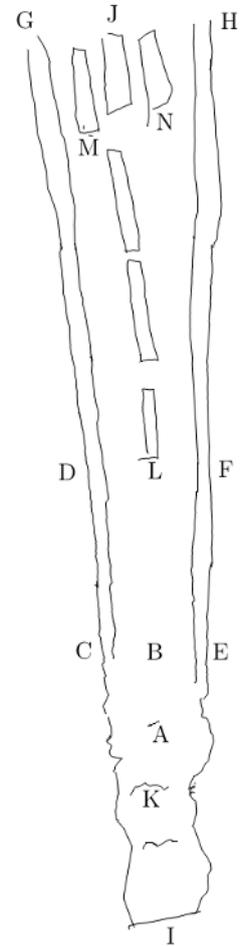
Am Ende dieser Passage wird die Bedeutung der Nutzung des Potentials der Natur noch einmal bestärkt. In der geschilderten Situation (die als rudimentäre Erzählung besonders relevant für die Rekonstruktion von Orientierungsrahmen ist) drohten die Pflaumen zu verrotten. Von diesem Zustand wird sich mit Hilfe des (aus Sicht der Autorin) eher negativ besetzten Wortes „verrotte[n]“ abgegrenzt. Ein Verkommenlassen von nutzbaren Pflaumen wird zum negativen Gegenhorizont und der positive Horizont als Handlungsalternative beschrieben. Paul und sein Vater haben die Pflaumen geerntet und „verKOCHT“. Auch wenn Marmelade aus 16 kg Pflaumen nicht überlebensnotwendig gewesen wäre, ist eine Nicht-Nutzung der Natur keine Option. Die Nutzung des gegebenen Potentials der Natur durch den Menschen ist positiver Horizont. Im Kontrast zur zuvor beschriebenen schulisch gerahmten Erfahrung im Blumengarten wird an dieser Stelle betroffener und emotionaler gesprochen. Paul scheint dieser mit Naturwissenschaften in Verbindung gebrachten Erfahrungen einen Sinn zuzuschreiben oder dies zumindest mehr zu tun, als bei der schulischen Erfahrung im Blumengarten. Als Sinn deutet sich das Nutzen des Potentials der Natur und Wissen über den Umgang mit Naturelementen an.

#### Zwischenfazit

Paul stellt vermittelt über Erfahrungen mit seinem Vater in der Natur einen positiven Bezug zwischen sich selbst und dem, was er unter Naturwissenschaften versteht her. Die Nutzung des Potentials der Natur durch den Menschen ist positiver Horizont. Das dafür notwendige Handlungswissen wird vom Vater an den Sohn durch „Zeigen“ weitergegeben. Paul selbst nimmt in diesem Vorgang eine eher passive Rolle ein, profitiert jedoch vom bestehenden Wissen. Forschen wird so als ein Prozess der Wissensweitergabe konzipiert.

Nach diesen allgemeinen Fragen zu Naturwissenschaften geht es in den folgenden Abschnitten um die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften. Dabei beschreibt Paul sein Bild vom Weg der Wissenschaft von früher bis heute wie folgt:

Paul: also FRÜHER war das halt immer so:: ähm (.) wenn zum beispiel n vulkAN ausbricht war das so: (.) GOTT is wü-ein vu- gott is wütend. der vulkANGott. ode::r zum beispiel wenn (.) irgend ne naTURkatastrophe war war das ähm der vulkangitt. (1) und äh war das der naturgott faktisch. und halt dann haben die das FEUER gefunden? und (.) gekuckt w=was das KONNTE und das war AUCH schon son bisschen naturwissenschaft. [Interviewerin: mhm] und so. dann haben sie auch geLERNT wie man welche tiere ESSEN kann ((zeigt auf den Bereich um A)). das war aber natürlich alles noch so ein bissch::en:: (1) dann hats irgendwie:: dann halt so (1) sich nen bisschen begonnen zu entWICKELN da hat man gemerkt was WAS kann ((zeigt auf den Bereich um B)). hie::r (.) hat man (1) auch so: äh MEHR geLERNT immer mehr geLERNT ((fährt mit zwei Fingern von C nach D bzw, von E nach F)). und dann lernt man auch Jetz. also das soll (.) jetzt ungefähr so jetzt bis HIER is so (.) ab hier is neunzehntes jahrHUNDERT oder so ((zeigt auf den Bereich zwischen D und F)), (.) und ähm (.) das ging dann=geht ja immer wEITER und immer wEITER und wird halt immer brEIter ((zeigt von D nach G und von F nach H)) und immer BESSER. und das=is jetzt erstmal is das ne ZWEIlinige jetzt ((zeigt auf den Bereich zw. G und H)) is n vierspurige? [Interviewerin: mhm] soll das sein. °was mir irgendwie voll mislung is°. auf jeden fall (.) ähm hier ja. das so-wIRD immer grÖßer, man findet immer mehr RAUS und (.) die SEITENwege sind halt auch so für (.) hau-norMALE leute die dann halt da kann man zufuss längs gehn faktisch auch das immer mehr so:: (.) für NORMALE leute sowas äh gebraucht das nich nicht mehr hightech is was früher vielleicht HÖCHSThightech war wird heute NORMAL benutzt auch für gärten. was früher ähm wat weiß ich und so. JA (Z. 230 - 258)



Paul nimmt gleich zu Beginn seiner Aussage eine zeitliche Verortung vor und spricht über früher. Dabei bringt er naturwissenschaftliche Forschung mit Natur (Vulkane, Naturkatastrophen) in Verbindung. Er konzipiert das Gesagte als selbstverständlichen Fakt („war das halt immer so“, „faktisch“). Seine Aussage wird als allgemein bekanntes Wissen präsentiert. Es stehen Ursachen für Geschehnisse in der Natur im Vordergrund. Naturwissenschaftliche Forschung wird so mit Verstehen und Wissen in Verbindung gebracht und nicht, wie andere Schüler\_innen dies tun, mit alltagspraktischen Produkten wie Glühbirnen, Medikamenten und Handys (beispielsweise die folgend vorgestellten Fälle Natalia und Larissa).

Durch die Verwendung der Pronomen der dritten Person Plural schließt Paul sich selbst nicht in die Gruppe der handelnden Personen ein. Irgendjemand anderes hat früher das

Feuer gefunden, „geguckt was das KONNTE“ und gelernt „wie man welche Tiere ESSEN kann“. Dem Feuer werden gewisse Fähigkeiten zugesprochen, die es zu erkunden gilt. Feuer wird als gegeben konzipiert und muss lediglich von den Menschen gefunden und dessen Nutzen identifiziert werden. Aktivitäten von Personen („gemerkt“, „geLERNT“), die sich auf die Funktionsweise von Etwas beziehen („was WAS kann“) stehen im Vordergrund. Wie bereits in der vorherigen Passage geht es auch hier um den Umgang mit Naturelementen und deren Nutzung. Menschen nehmen eine aktive Rolle ein und es findet ein Veränderungsprozess bezogen auf das Wissen der Menschen statt. Im Laufe der Zeit wurde gelernt, welche Tiere man essen kann und wie man sie essen kann. In diesem Sinne wurde Handlungswissen aufgebaut. Paul schränkt jedoch ein, dass dies richtig Naturwissenschaften sei („son bisschen naturwissenschaft“, „war aber natürlich alles noch so ein bisschen“). Dieser Wortwahl ist Entwicklungspotential inhärent und erinnert an die vorherigen Passagen. Es fällt neben der erneuten Einschränkung, dass etwas Naturwissenschaften sei auf, dass auch hier Handlungswissen im Kontext Natur relevant ist. Gleiches gilt für eigene Erfahrungen in der Natur, wo ihm sein Vater Handlungswissen bezüglich des Umgangs mit Naturelementen weitergibt.

Insgesamt wird ein allmählicher Prozess der Annäherung an das beschriebene, was Naturwissenschaft ist. Diese Prozesshaftigkeit wird auch im weiteren Verlauf der Passage deutlich, indem explizit ein Entwicklungsprozess thematisiert wird („begonnen [sich] zu ENTWICKELN“) und mehrfach Komparative verwendet werden („immer mehr geLERNT“, „immer WEITER [...] immer brEiter“). Ab einem unspezifischen Anfangspunkt wird also ein kontinuierlicher Veränderungsprozess beschrieben. Dabei wird erstmals konkret Bezug auf das Bild genommen. Genau dieser Entwicklungsprozess wird durch das Fahren mit zwei Fingern von den Punkten C nach D und E nach F im Bild in der Handlung des Schülers verdeutlicht. Der Entwicklungsprozess wird als bruchlos beschrieben und so zeigt sich auch in Pauls Bild eine kontinuierliche Veränderung der Wegeigenschaften von unten nach oben.

Eine besondere Rolle erhalten die von Paul so genannten „SEITENwege“, die die Funktion von Fußwegen einnehmen. Auf diese Art und Weise wird der Weg in zwei grundsätzliche Bereiche unterteilt: Hauptweg und Seitenwege. Es scheint einen deutlichen Unterschied zwischen den normalen Menschen und einer anderen Gruppe von Menschen zu geben. Diese andere Gruppe wird nicht explizit benannt, scheint jedoch verschieden von den „norMALE[n] Leute[n]“ zu sein. Auch hier ist wie bereits bei den vorherigen Passagen eine Kategorisierung von Bedeutung. Im Bild wird der Unterschied zwischen den Kategorien sowohl durch die Verschiedenheit der Wege als auch durch die Art der Bewegung verdeutlicht (Fußwege vs. mehrspurige Straße). Interpretiert man dies, scheinen die normalen Menschen sich anders fortzubewegen, anders aktiv zu sein, als die Gruppe auf dem Hauptweg, der am Ende zu einer mehrspurigen Straße wird. Hervorzuheben ist aber auch, dass die Seitenwege einen Teil des Gesamtweges darstellen. Dies weist auf eine Verbundenheit der beiden Wegbereiche und damit der beiden Personengruppen hin.

Dem Adjektiv „NORMAL“ wird am Ende dieses Abschnitts das Adjektiv „HÖCHSTthightech“ gegenübergestellt und so der Kontext Natur verlassen und auf Technik verwiesen.

Durch die Wahl dieser Steigerungsform wird die Verschiedenheit der beiden Eigenschaften besonders hervorgehoben. Etwas ist „nicht mehr hightech“, sodass auch hier ein Prozess der Veränderung vorausgeht. Es wird eine Statusveränderung von hightech zu normal beschrieben. Aufgrund dieses Prozesses können Dinge auch normal, von normalen Leuten, benutzt werden. In einem zeitlich verzögerten Prozess, bedingt durch die zuvor notwendige Statusveränderung, stehen auch den normalen Leuten Errungenschaften der Forschung zur Verfügung. Dazu passend beginnen auch in Pauls Bild die Seitenwege nicht zu Beginn des Weges ganz unten, sondern kommen erst im Verlauf des Weges hinzu. Normale Leute scheinen so trotz der Separation am Prozess teilhaben zu können. Dies bestärkt die grundsätzliche Verbundenheit der beiden Personengruppen. Wie bereits bei den Erfahrungen mit seinem Vater in der Natur, zeigt sich auch hier eine hohe Bedeutung von gemeinsamer Teilhabe an Naturwissenschaften. Die Seitenwege werden auf Nachfrage der Interviewerin ausführlicher diskutiert. Diese Passage wird der Lesbarkeit halber in zwei Abschnitte unterteilt dargestellt:

Interviewerin: okay das mit diesen mit diesen FUßgängerwegen ((zeigt auf die Doppellinie von E nach F)) fand ich ganz (.) spannend. also für NORMALE leute und normale-kannst du das noch ein bisschen genauer beschreiben?

Paul: ja ich meine so:: ähm (1) °ja schwierig zu sagen° [Interviewerin: mhm] (1) ja ((atmet aus)) ähm das halt für IEUTE die:: ähm ich mein es gibt zum beispiel jetzt (.) immer mehr (1) mh JEDER mensch weiß zum beispiel dass (.) w:ir nicht der grÖßTE planet sind. [Interviewerin: mhm] FRÜHER wurde jemand UMgebracht wenn er sagte das wirn kleinerer pa-planet sind. und das weiß jeder=HEUTE auch jeder normALE (.) also nich nur WISSEnschaftler, [Interviewerin: ah okay mhm] (Z. 260 - 271)

Zeitlich gesehen wird die Gegenwart dem Früher vergleichend gegenübergestellt. Eine prozesshafte Komponente („immer mehr“) wird zugunsten eines Extremes („JEDER mensch“) aufgegeben. Heute ist für das von ihm explizit als solches bezeichnete Beispiel das Maximum erreicht, indem „auch jeder normMALE“ bestimmte Dinge weiß. Der Veränderungsprozess ist für dieses Beispiel abgeschlossen. Das Adverb „auch“ bestärkt dabei die Verschiedenheit der normalen Leute und der, an dieser Stelle als Gruppe der Wissenschaftler\_innen deutlich werdenden anderen Gruppe von Personen. Im Laufe der Zeit findet also eine Art Verbreitung von Wissen statt: Angefangen von den Wissenschaftler\_innen, wissen einige Aspekte heute auch die normalen Leute und damit alle. In Bezug auf einzelne Ausschnitte sieht Paul den Entwicklungsprozess als beendet an. Dies zeichnet sich gerade dadurch aus, dass Wissen allen Menschen zur Verfügung steht. Es deutet sich als Wert der Forschung an, dass sie allen Menschen Wissen zur Verfügung stellt. In diesem Prozess nehmen die Wissenschaftler\_innen eine besondere Rolle ein: Sie können bereits heute über Wissen verfügen, welches erst in der Zukunft bei allen Leuten bekannt sein wird. Sie scheinen hier eine Art Vorreiterrolle zu übernehmen. Im Laufe der Zeit verändern sich sowohl die Rahmenbedingungen („FRÜHER wurde jemand UMgebracht“) als auch der Verbreitungsgrad des Wissens. Diese Idee wird in dem sich anschließenden Abschnitt nicht nur auf Wissen bezogen:

und ähm HEUTzutage kann man faktisch manchmal im SUPERmarkt zu sonderangeboten son mis-mikrosKOP um so rauszufinden, früher war das natürlich äh:: für TECHniker. also für für (.) speziaLISTEN son mikroskop. und auch JA man kann (.) zum beispiel (.) sich auch leichter so ne LANGzeitkamera die man so AUFsetzen kann und dann dauert das dann kann man so irgendwie n JAHR lang oder so ne? so was das find ich kann man sich AUCH jetzt irgendwie kaufen für NORMALE leute und so: nicht nur für extrem für solche film(.)spezialisten (1) und? JA. hm das is (Z. 271 - 280)

Anhand zweier Beispiele (Mikroskop und Langzeitkamera) wird der oben beschriebene Prozess ausgeweitet und wie sich mit dem Begriff „hightech“ bereits andeutete, stärker auf Technik fokussiert. Dabei stehen auf der einen Seite die „TECHniker“, „speziaLISTEN“ und auf der anderen Seite „man“, die „NORMALE[n] leute“. Die Veränderungen der Rahmenbedingungen werden pointiert dadurch deutlich, dass Mikroskope heute sogar zu „sonderangeboten“ im „SUPERmarkt“ erhältlich sind. Naturwissenschaftliche Forschungsgeräte werden so als etwas konzipiert, das heute allen zur Verfügung steht, fast inflationär an Besonderheit verliert. Es ist nicht einmal notwendig, sich in ein spezielles Geschäft zu begeben. Durch diese Wortwahl werden die genannten Errungenschaften der Forschung normalisiert und als einfach zugänglich beschrieben. In diesem Sinne kann jeder am Unterfangen Naturwissenschaften teilnehmen, wenn auch begrenzt durch einen vorangehenden zeitlichen Prozess der Statusveränderung von Wissen und Forschungsgeräten. Durch diesen Vorgang sind die beiden Gruppen aus „speziaLISTEN“ und „normalen“ miteinander verbunden. Die Gruppe der Wissenschaftler\_innen wird im Bild regelrecht durch die normalen Leute flankiert und es wird ein harmonischer Prozess der Weitergabe von Wissen und Geräten konzipiert, bei dem Konkurrenzdenken keine Rolle spielt. Es zeigt sich ähnlich wie bei Erfahrungen Pauls mit seinem Vater ein soziales Miteinander, bei dem die Weitergabe von etwas zentral ist. Die Wissenschaftler\_innen werden als Quelle von Wissen und Geräten deutlich, die normalen Leute hingegen eher als Rezipienten dieser. Im Prozess der Weitergabe nehmen die normalen Leute stärker eine passive Rolle ein, hingegen gehen sie im Anschluss mit den Geräten aktiv um und setzen diese ein. Dabei wird nicht deutlich, dass die normalen Leute ebenfalls in der Lage sind, neue naturwissenschaftliche Erkenntnisse zu generieren. Vielmehr können sie die Tätigkeiten der „speziaLISTEN“ nachahmen, etwas nachentdecken<sup>15</sup>. Der heutige Zustand wird als allgemeingültiger Fakt beschrieben („man kann“, „faktisch“), er gilt für die Gegenwart und scheint daher auch für Paul selbst zu gelten. Dabei ist zu bemerken, dass lediglich an dieser Stelle im Interview über Geräte gesprochen wird, die weitergegeben werden. An allen anderen Stellen steht Wissen im Vordergrund. Neben Handlungswissen scheint also auch die Bereitstellung von Forschungsgeräten ein Wert der Forschung zu sein, der für Paul, so hat es den Anschein, jedoch weniger relevant ist als die Weitergabe von Handlungswissen.

<sup>15</sup>Das Nachahmen wissenschaftlicher Erkenntnisse stellt ein typisches Muster schulischen Unterrichts dar. Ob Pauls Idee sich aus Erfahrungen im Schulunterricht speist, ist an Hand des Materials nicht zu klären, sei hier jedoch als Möglichkeit benannt.

### Zwischenfazit

Paul bringt mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften (wie bereits zuvor allgemein mit dem Begriff Naturwissenschaften) Handlungswissen bezüglich Natur bzw. Naturelementen in Verbindung. Auch die Bereitstellung technischer Forschungsgeräte erscheint als Aufgabe der Forschung. Er konzipiert die zeitliche Entwicklung als einen kontinuierlichen Prozess der Veränderung. Dabei wird eine Trennung in zwei Gruppen von Personen vorgenommen, die mit naturwissenschaftlicher Forschung in Verbindung stehen, zwar verschieden sind, aber dennoch als miteinander verbunden erscheinen. Im Laufe der Zeit gehen Wissen und Forschungsgeräte von der Gruppe der Wissenschaftler\_innen in die Gruppe der normalen Leute über und verändern dabei ihren Status von „hightech“ zu „normal“. So findet eine Weitergabe von Wissen statt, bis es allen bekannt ist und Teilhabe am Unterfangen Naturwissenschaft möglich ist. Diese Ermöglichung der Teilhabe durch Weitergabe von Wissen und Geräten wird als Wert der naturwissenschaftlichen Forschung deutlich.

Die bis zu dieser Stelle herausgearbeiteten impliziten Muster des Sprechens lassen sich auch in der folgenden Passage identifizieren:

Interviewerin: mhm. (2) und was bedeutet jetzt dass der weg hier unten ((zeigt auf A)) dÜNN is und oben ((zeigt auf G)) breiter ist,

Paul: hIER: ((zeigt auf A)) (1) is das halt n (1) das wird mh das heißt HIER zum beispiel ist das so dass ähm (3) ((atmet aus)) hmm schwierig zu beschreiben. (.) hier wird dann noch nicht=ist nicht ALLE dass alle irgendwie:: alle GLEICH wissen dass nur n PAAR leute (.) die wissen wie das feuer is und DIE ZEIGENS den dann nach und nach [Interviewerin: mhm] und dann wird er immer grÖßER [Interviewerin: mhm] (.) und das is ha:lt (.) zum beispiel dann wenn: (.) WISSEN (.) HIER noch n PAAR wissenschaftler (.) irgendwas über so mittelalterliche wissenschaftler irgendwas über:: (2) ähm (2) irgendwas über (1) öh LEHM wa-we-woher man LEHM kriegt aus der ERde, und erzähls dann ANDEREN und die anderen erzählens NOCHma anderen und so wächst das halt immer. [Interviewerin: mhm okay] und das wird al-dann halt auch (.) bei der erfindung des RADES oder fernsehen (.) halt AUCH so erzÄHLT, faktisch. und dann wOllen die leute immer MEHR wissen. die normalen. und da-dann gibts auch extra WISSENSsendungen wo: (.) so was extra raus gefunden wird. (Z. 335 - 354)

Im Zuge der Begründung für die unterschiedliche Breite des Weges geht es Paul erneut um Wissen, das sich auf konkrete Handlungen im Umgang mit der Natur bezieht („wie das feuer is“, „woher man LEHM kriegt“). Dabei verändert sich in einem kontinuierlichen, bruchlosen Prozess („nach und nach“, „immer grÖßER“, „wächst das halt immer“) der Verbreitungsgrad des Wissens. Paul beschreibt eine Art Schneeballprinzip der Wissensweitergabe von einer Person an die nächste. Vergleicht man dies mit dem Abschnitt, in dem er das Forschen mit seinem Vater in der Natur beschreibt fällt auf, dass auch hier die

Tätigkeit des Zeigens zentral ist<sup>16</sup>. Ergänzt wird dies durch „erzÄHLT“. Handlungswissen wird durch Zeigen und Erzählen von einer Person an eine andere weitergeben. Es geht Paul also weniger darum, wie genau Wissen gefunden oder ein Mikroskop erfunden wird, sondern auf welche Art und Weise die Weitergabe, die Verbreitung erfolgt. Für Paul wird als Wert der naturwissenschaftlichen Forschung die Wissensverbreitung, damit im Laufe der Zeit allen Menschen Handlungswissen zur Verfügung steht, deutlich. Die Entwicklung wissenschaftlicher Forschung im Laufe der Zeit wird von Paul mit einer steigenden Anzahl wissender Personen in Verbindung gebracht. Möglichst allen Menschen steht Handlungswissen zur Verfügung, sodass sie am Unterfangen Naturwissenschaften teilhaben können. Für Paul ist es das Ziel der naturwissenschaftlichen Forschung, die Partizipation aller Menschen an den Naturwissenschaften zu ermöglichen. Dabei geht Forschung für ihn mit der Weitergabe von Wissen einher, hat also an sich einen didaktischen Charakter. Dies stellt einen Unterschied zu Claas dar, bei dem stärker die Generierung von Wissen mit Hilfe verschiedener technischer Hilfsmittel zentral ist. Über die Veröffentlichung von Büchern wird Claas Ansicht nach ebenfalls die Weitergabe von Wissen ermöglicht, wird jedoch nicht als zentrale Aufgabe der Forschung deutlich. Paul geht es weit weniger um die Generierung von Wissen, er fokussiert auf dessen Weitergabe an alle Menschen und macht die Ermöglichung der Teilhabe an Naturwissenschaften zum Ziel der zeitlichen Entwicklung der Forschung.

Als Konsequenz aus dem Erhalten des Wissens von den Wissenschaftler\_innen ergibt sich eine Art Wissensdurst der normalen Leute: „dann wOllen die Leute immer MEHR wissen“. Dieser Wissensdurst wird gestillt, indem in Wissenssendungen „extra“ etwas herausgefunden wird. Auch hier geht es also um die Bereitstellung und Weitergabe von Wissen, diesmal medial aufbereitet. Dabei ist diese Art der Wissensverbreitung explizit für die normalen Leute. Sie erhalten durch das Schauen von Fernsehsendungen Wissen und nehmen im Zuge der Wissensvermittlung eine passive Rolle ein. Hingegen wird mit dem Verb „wOllen“ eine aktive Rolle beschrieben. So wiederholt sich das Muster, dass die normalen Leute (ebenso wie Paul bei seinem Vater in der Natur) im Prozess der Wissensweitergabe eine eher passive Rolle einnehmen, sie aber nicht gänzlich passiv sind, sondern eine Beteiligung an den Naturwissenschaften fordern und erleben. Dass auch Paul zu diesen normalen Leuten zählt, wird in der folgenden Passage deutlich:

Paul: [...] und die haben das ja faktisch in EINEN (.) TRICHter gesteckt. und den trichter? (.) wiederum haben sie aus der natUR abgeguckt. das weiß ich nämlich. [Interviewerin: mhm] das ham sie warte woher ham die das? ich ich weiß es ja. ich habs gerad letztens gesehen woher die das haben aber ich weiß es grad nich. ((atmet ein)) egal.

Interviewerin: aber sie haben die idee vom TRICHTER haben die wissenschaftler aus der natUR quasi übernommen.

<sup>16</sup>Diese Ähnlichkeit des Sprechens über eigene Erfahrungen und naturwissenschaftliche Forschung könnte darin begründet liegen, dass Paul sich auf eben diese Erfahrungen bei der Konzeption der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften bezieht. Dies ist auf Grundlage des Datenmaterials jedoch nicht zu klären und kann hier lediglich als Hypothese angeführt werden.

Paul: also °soweit ich das letztens geguckt hab° (Z. 403 - 413)

Auch in dieser Passage wird eine Nutzung der Natur durch den Menschen thematisiert. So schauen sich die Menschen etwas aus der Natur ab. Die Verben „gesehen“ und „geguckt hab“ verweisen auf eine visuelle Betrachtung von Etwas. Dabei könnte das erste Wort für eine direkte Beobachtung der Wissenschaftler\_innen bei der Arbeit stehen. „geguckt“ verweist jedoch eher auf das Schauen einer zuvor bereits thematisierten Fernsehsendung für normale Leute. Normalen Leuten wird hier vermittelt, was die Wissenschaftler\_innen aus der Natur übernommen haben. Damit konzipiert sich Paul als zu den normalen Leuten gehörend. Er nimmt mit Hilfe der Fernsehsendungen Teil an der naturwissenschaftlichen Forschung, ist jedoch selbst kein Forscher. Dazu passt die Wahl der Pronomen: Über die Verwendung der dritten Person Plural wird eine Distanz zu seiner eigenen Person deutlich. Er selbst gehört zu den normalen Leuten und damit im Sinne seines Bildes zu den Seitenwegen. Eben diese Wege gehören für Paul auch zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften. Er konzipiert sich selbst daher als Teil der naturwissenschaftlichen Forschung und stellt so eine gewisse Nähe zwischen seiner eigenen Person und der naturwissenschaftlichen Forschung her. In Bezug auf diesen Aspekt unterscheidet sich Paul von Claas, welcher sich nicht als Teil der naturwissenschaftlichen Forschung konzipiert, sondern einen positiv gerahmten Bezug zwischen seiner Person und der naturwissenschaftlichen Forschung über positiv erlebte Erfahrungen in der Natur herstellt.

Paul wird wie alle normalen Leute zum Konsumenten der Errungenschaften der Forschung (Handlungswissen, Forschungsgeräte). Auch im Prozess der Wissensweitergabe vom Vater an den Sohn ganz zu Beginn des Interviews nimmt er eher eine passive Rolle ein: Er bekommt Dinge gezeigt und scheint keinen Einfluss auf den Prozess der Wissensverbreitung zu nehmen. Analog wird dies für die normalen Leute deutlich. Die normalen Menschen, also auch Paul, erhalten Wissen und sind damit auf indirekte Art und Weise Teil der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften, können jedoch auf den eigentlichen Prozess keinen Einfluss nehmen. Dass für Paul im zeitlichen Verlauf trotzdem Veränderung vordergründig ist, bestätigt sich noch einmal in der folgenden Passage:

Interviewerin: ja ist ja auch okay (1) alles gut. (2) was meinst du denn gibts irgendwas was gLEICH bleibt auf dem weg? also es verändert sich ja ein bisschen was und dann gibt es auch etwas was gleich bleibt?

(2)

Paul: di::::e o::::h mal nachdenken. (2) ansich . äh (1) ähm dass der weg ganze zeit DA is. [Interviewerin: mhm] ((lachen)) ähm ja. äh (3) na noch nich ma der bOden ist dort gleich. ((flüstern (?was bleibt gleich?))) (7) nö. ((lachen)) (Z. 431 - 439)

Sprachlich zeigen sich hier vergleichsweise viele Unsicherheitsmarkierungen: Worte werden gedehnt gesprochen, Pausen und Lachen treten auf und Sätze werden abgebrochen. Die Frage nach Konstanz auf dem Weg scheint Paul zu verunsichern. Nach längerem Überlegen und dem Verwerfen von Ideen („noch nich ma der bOden ist dort gleich“) kommt er zu dem Schluss „nö“, es bleibt nichts gleich. Er formuliert hier explizit, was sich implizit durch die Art des Sprechens bereits andeutet: Veränderung und gerade nicht Konstanz

oder Beständigkeit ist für Paul bei der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften zentral.

Die identifizierten impliziten Regelmäßigkeiten des Sprechens ermöglichen die Rekonstruktion von Orientierungsrahmen. Auch wenn sich sowohl für den Fall Claas als auch für Paul die Mensch-Natur-Beziehung als eine Vergleichsdimension der Orientierungsrahmen zeigte, wurde im Laufe der Auswertung der anderen Fälle deutlich, dass dies keine Vergleichsdimension darstellt, die über alle Fälle hinweg trägt. Die Zusammenfassung der Orientierungsrahmen der Eckfälle fokussiert daher lediglich auf die vier Vergleichsdimensionen, die in allen Fällen für die Sinnbildung zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften relevant sind, auch wenn im Zuge der ausführlichen Darstellung der Fälle weitere wichtige Aspekte zum Verständnis des Einzelfalls ausgeführt werden.

### Zusammenfassung

#### Orientierungsrahmen bezüglich ...

- **des Werts der Naturwissenschaften:** Handlungswissen und Forschungsgeräte werden durch die Forschung und vor allem durch die Verbreitung dieser allen Menschen bereitgestellt. Auf diese Art und Weise wird allen die Teilhabe an den Naturwissenschaften ermöglicht.
- **des Selbstbezugs zu Naturwissenschaften:** Paul beschreibt einen positiv gerahmten Bezug, der auf positiv erlebte Erfahrungen mit seinem Vater in der Natur zurückgeht, die er mit Naturwissenschaften in Verbindung bringt. Darüber hinaus ist der Bezug positiv, da Paul sich als Teil des Unterfangens Naturwissenschaften versteht. Er ist zwar selbst kein Wissenschaftler, hat jedoch teil an ihrem Wissenszuwachs.
- **zeitlicher Entwicklung der Naturwissenschaften:** Für Paul ist Veränderung relevant, diese vollzieht sich in einem kontinuierlichen, bruchlosen Prozess. Dieser Prozess ist für einiges Wissen bereits erfolgreich beendet (da gewisses Wissen allen bekannt ist), für anderes besteht er weiter. In jedem Fall wird das Ziel der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften als erreichbar konzipiert.
- **des Selbstbezugs zur zeitlichen Entwicklung:** Paul ist Nutzer der Errungenschaften der Forschung, hat jedoch keinen Einfluss auf die zeitliche Entwicklung. Damit ist er indirekt Teil der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften.

#### 5.3.1.2. Eckfall 2 – Alexander

Alexander ist zum Zeitpunkt des Interviews 15 Jahre alt und besucht die 9. Klasse einer Stadtteilschule im Randgebiet Hamburgs. Als Profulfächer der 9. Klasse wählte er Theater

und Informatik, einen Berufswunsch gab er nicht an. Das Interview fand in einem leeren Klassenzimmer seiner Schule statt und ist mit 15 Minuten eines der kürzesten. Aber nicht nur in Bezug auf die Länge des Interviews unterscheidet sich der Fall Alexander vom Fall Paul. In Bezug auf die Frage nach spontanen Gedanken zu Naturwissenschaften zeigen sich jedoch erst einmal Ähnlichkeiten zum vorangegangenen Fall:

Alexander: ä:hm: ja tIere? [Interviewerin: mhm] und (.) bäume. pflAnzen halt (4)  
und (.) halt (.) UMwelt.

(6)

Interviewerin: was meinst du mit UMwelt?

Alexander: ja halt (1) naturwissenschaftler:: (.) setzen sich doch auch bestimmt so  
für ne schöne umwelt ein und so. [Interviewerin: mhm] (Z. 108 - 115)

Auch Alexander zählt verschiedene Nomen auf, die Naturelemente zusammenfassend benennen. Dabei verbleibt er unspezifischer als Paul und nennt die Oberkategorien Tiere, Bäume und Pflanzen und führt anders als Paul direkt explizit Naturwissenschaftler an. Die Nennung wird als etwas Selbstverständliches deutlich („halt“). Ebenso selbstverständlich wird der Begriff „UMwelt“ angefügt. Eine Erläuterung findet auch nach einer mehrsekündigen Pause nicht durch den Schüler selbst initiiert statt. Auf Nachfrage der Interviewerin erläutert er genauer, wobei die Interviewerin nach der subjektiven Bedeutungszuschreibung zum Wort „UMwelt“ fragt. Alexander antwortet, indem er eine Verbindung zwischen Umwelt und den Naturwissenschaftlern herstellt. Hier zeigt sich bereits ein weiterer Unterschied zu Paul: Während Paul über den Kontext Natur eine Verbindung zur eigenen Person herstellt, spricht Alexander über „naturwissenschaftler“ und damit über eine spezifische Gruppe von Personen. Dass er sich selbst nicht zu dieser Gruppe zählt, wird anhand seiner Wortwahl deutlich. Die Aussage wird als ein selbstverständlicher Fakt eingeleitet, dabei ist er sich seiner Aussage gar nicht so sicher: „doch auch bestimmt so“. Es wird vielmehr eine Hypothese formuliert und die Arbeit der Wissenschaftler\_innen sehr unkonkret beschrieben („setzen sich [...] für ne schöne umwelt ein und so“). Es wird weder deutlich, was genau unter „umwelt“, noch unter „schön“ verstanden wird. Würde Alexander zur Gruppe der Wissenschaftler\_innen gehören, wären ihm Ziele und Tätigkeiten klar. Dies ist nicht der Fall, sodass sich eine Distanz zwischen seiner eigenen Person und den Naturwissenschaftlern andeutet. Ähnlich wie Paul zählt auch Alexander sich nicht zur Gruppe der Wissenschaftler\_innen, jedoch konzipiert Paul sich als teilhabend an der naturwissenschaftlichen Forschung. Für Alexander zeigt sich bisher stärker ein distanzierteres Verhältnis. Darüber hinaus ist zu bemerken, dass Alexander eine so genannte Klimaschule besucht, der Kontext Umweltfreundlichkeit also explizit Thema ist (vgl. Kapitel 5.2.1.5). Es ist daher zu prüfen, ob der Kontext Umwelt und deren Schonung auch im weiteren Verlauf relevant ist oder hier lediglich aufgrund sozialer Erwünschtheit angeführt wird.

Es fällt weiterhin auf, dass über handelnde Personen gesprochen wird und nicht abstrakt über eine wissenschaftliche Disziplin. Ebenso wie bei Paul sind es auch hier Naturwissenschaftler\_innen, die eine aktive Rolle übernehmen. Dabei geht es jedoch nicht um die Erforschung der Umwelt, um ein Erkunden der Funktionsweisen der Natur wie bei Paul,

sondern darum, sich für die Umwelt einzusetzen. Den Wissenschaftler\_innen wird so ein gewisses Engagement, ähnlich dem eines Umweltschützers, zugesprochen. Explizit erhalten hier die Naturwissenschaften den Zweck, die Umwelt schöner zu machen bzw. diese zu erhalten.

Interviewerin: [...] gab es irgendwann gelegenheiten als du mit naturwissenschaften zu tun hattest?

(3)

Alexander: joa.: pff nich WIRKLICH also ich war mal mit 'ner-mit meiner klasse im botanischen Sondergarten und [Interviewerin: ah okay] ja und mehr eigentlich auch nich wirklich.

[...]

Interviewerin: ach da klein flok-flottbek oder so was ne, und was habt ihr da gemacht?

Alexander: ja da haben wir so 'ne rundführung gemacht. (.) und (1) hat er uns halt was über die pflanzen da erklärt und so. (Z. 118 - 136)

Auch in dieser Passage wird eine Distanz zwischen Naturwissenschaften und der eigenen Person deutlich. Es gibt keine „WIRKLICH[en]“ Gelegenheiten zum Kontakt mit Naturwissenschaften. Ganz anders als Paul, der bereits das Sein in der Natur mit Naturwissenschaften in Verbindung bringt. Der Beginn der Aussage zeugt weniger von Begeisterung oder Hinwendung zu Naturwissenschaften („joa.: pff nich WIRKLICH“). Die geschilderte Erfahrung bezieht sich auf geteilte Erfahrungen mit seiner Klasse, es wird in der ersten Person Plural gesprochen. Ähnlich zu Paul beschreibt also auch Alexander eine schulisch gerahmte Erfahrung und tut dies ebenfalls auf eher distanzierte Art und Weise. In der Beschreibung des Ausfluges konzipiert Alexander sich und seine Klassenkameraden als passiv, hingegen ist eine andere Person („er“) aktiv und erklärt ihnen etwas über Pflanzen. Auch hierbei bleiben Alexanders Ausführungen unkonkret. Obwohl er also über direkte Erfahrungen verfügt, berichtet er wenig konkret, sondern erneut im Modus der Selbstverständlichkeit: „hat er uns halt was [...] da erklärt“. Er konzipiert sich, wie Paul auch, als Empfänger von Wissen, beschreibt dies jedoch deutlich distanzierter als Paul dies für Erfahrungen mit seinem Vater tut. Einen Sinn scheint dieses erhaltene Wissen für Alexander nicht zu haben. Ganz anderes als Paul, bei dem das erlernte Handlungswissen ein Nutzen der Natur möglich macht und die Bereitstellung von Wissen und Forschungsgeräten ihm die Teilhabe an den Naturwissenschaften ermöglicht. Für Alexander scheint naturwissenschaftliche Forschung bisher eher wertlos.

Im „botanischen Sondergarten“ wurde Alexander etwas über „pflanzen da erklärt“. Er beschreibt eine einzelne, besondere Situation an einem spezifischen, nicht alltäglichen Ort. Das dort vermittelte Wissen scheint sich auch nur auf diesen zu beziehen und nicht auf das normale Leben erweiterbar oder dort verwendbar zu sein. Dies stellt einen starken Kontrast zu Paul dar, der gerade die alltägliche Relevanz des von ihm erlernten Wissens betont. Naturwissenschaften scheinen keinen Wert, keinen Nutzen für Alexander zu haben. Dies ist besonders bemerkenswert, da in der Passage zuvor der Arbeit der Natur-

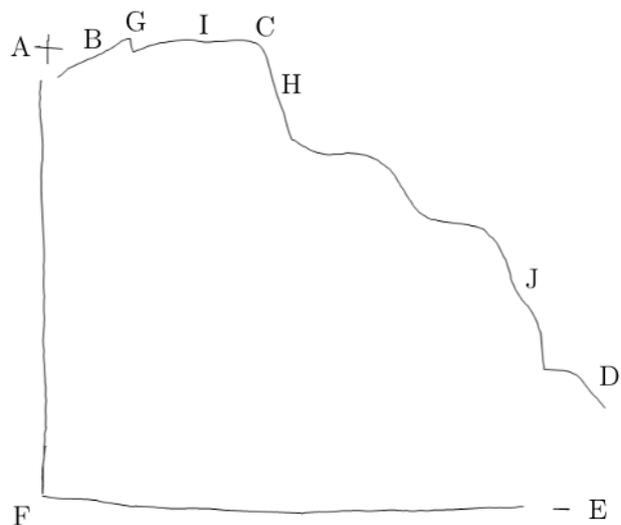
wissenschaftler\_innen explizit ein Nutzen, nämlich der Einsatz für eine schöne Umwelt, zugeschrieben wurde. Dies bestätigt sich bisher auf impliziter Ebene nicht und scheint daher für Alexander weniger relevant zu sein.

### Zwischenfazit

Für Alexander deutet sich ein weniger enges Verhältnis zwischen seiner eigenen Person und den Naturwissenschaften an, als dies für Paul deutlich wurde. Naturwissenschaften wird explizit die Aufgabe zugesprochen, sich für eine schöne Umwelt einzusetzen. Diesem explizit genannten Zweck steht bisher auf impliziter Ebene eher eine Wertlosigkeit der Naturwissenschaften gegenüber.

Nach dem Zeichnen beginnt Alexander ohne Aufforderung der Interviewerin zu sprechen:

Alexander: ja das soll jetzt-  
(.) stopp drücken? [Interviewerin:  
mhm genau mach' ma stopp wenn  
du fertig bist,] also das: (1) soll  
jetzt ähm also das is halt so 'ne  
LEGENDE das is von plus so  
((zeigt auf A)) was (.) wo's der  
halt=umwelt so gut geht und was  
naturwissenschaften angeht und  
so weil früher war die umwelt ja  
BESSER und das im laufe der  
zeit ja immer schlechter geworden  
((zeigt von B über C nach D)).  
[Interviewerin: mhm] und (.) des-  
wegen war die arbeit für naturwissenschaftler und so auch bestimmt nicht mehr SO  
leicht ((zeigt auf den Bereich um D)) (2) denk' ich ma. (Z. 156 - 167)



Homolog zu Paul beschreibt auch Alexander einen kontinuierlichen Prozess der Veränderung („im laufe der zeit“, „immer schlechter geworden“, „nicht mehr SO leicht“). Dabei fällt auf, dass er eine Art dichotome Gegenüberstellung von Extremen vornimmt: plus - minus, gut - schlecht. Dies bestärkt, dass Veränderung von einem Extrem zum anderen vordergründig ist. Im Vergleich zu Paul ist aber keine Verbesserung, Weiterentwicklung zentral, sondern eine stetige Verschlechterung. Dieser Trend zeigt sich auch im Bild in Form der grundsätzlich fallenden Kurve im gezeigten Koordinatensystem. Dabei wird die Umwelt personifiziert: Es geht der Umwelt gut oder schlechter. Die Zustandsveränderung der Umwelt wird ähnlich dem Gesundheitszustand einer Person konzipiert.

Der Zustand der Umwelt und die Schwierigkeit der Arbeit der Naturwissenschaftler\_innen werden als aneinander gekoppelt konzipiert. Als Konsequenz („deswegen“) aus dem veränderten Zustand der Umwelt verändern sich auch die Bedingungen der naturwissenschaftlichen Arbeit. Während in der ersten Passage den Wissenschaftler\_innen die Möglichkeit zur Einflussnahme auf die Umwelt zugesprochen wurde, wird hier der gegenläufige Prozess beschrieben. In jedem Fall scheinen der Zustand der Umwelt und die Arbeit der

Wissenschaftler\_innen miteinander verbunden zu sein. Dies zeigt sich auch in seinem Bild bzw. durch die Verweise auf sein Bild. Die Veränderung des Zustands der Natur wird im Bild durch den Verlauf in horizontaler Richtung dargestellt und verläuft von Plus nach Minus. Hingegen wird die Schwierigkeit der Arbeit der Wissenschaftler\_innen mit dem Punkt D in Verbindung gebracht. Denkbar wäre daher, dass die vertikale Achse des Koordinatensystems den Grad der Schwierigkeit der Arbeit darstellt. Im Ursprung des Koordinatensystems findet sich keine Achsenbeschriftung, möglicherweise deshalb, weil auf Grundlage dieser beiden Dimensionen dort sowohl ein Minus als auch ein Plus auftauchen müsste. Dies ist an dieser Stelle noch spekulativ, bestätigt sich aber im weiteren Interviewverlauf, da immer wieder diese beiden Komponenten als zentral und einander bedingend thematisiert werden.

Alexander: ja das ist halt die LEGENDE ((zeigt von B nach C)), wenn die umwe-also wenn wenn das halt weiter OBEN is ((zeigt auf B)), dann geht die: (.) geht's der natur halt gut. [Interviewerin: mhm] und halt weiter unten ((zeigt auf D)) geht's: halt immer schlechter. und (1) wenn halt weniger von der natur da ist is-wird's auch nicht mehr so leicht für naturwissenschaftler halt (1) zu arbeiten. denk' ich. (Z. 174 - 181)

Erneut wird die Natur personifiziert, ein kontinuierlicher Prozess der Veränderung beschrieben und eine Verbindung zwischen Arbeit der Naturwissenschaftler\_innen und Zustand der Umwelt/Natur hergestellt. Es wird nicht mehr von Umwelt, sondern von Natur gesprochen. Diese beiden Begriffe scheinen synonym verwendet zu werden. Dabei sind es wieder Wissenschaftler\_innen, die arbeiten und aktiv sind. Alexander spricht nicht abstrakt über die Naturwissenschaften als eine wissenschaftliche Disziplin oder über konkrete Forschungstätigkeiten. Bedeutsam ist erneut die Verknüpfung des Zustands der Natur mit dem Schwierigkeitsgrad der Arbeit der Wissenschaftler\_innen („wird's auch nicht mehr so leicht für die naturwissenschaftler“). Er spricht über einen ganz konkreten Aspekt, sodass sich andeutet, dass naturwissenschaftliche Forschung als Arbeit mit der Natur konzipiert wird. Dennoch zählt Alexander sich selbst nicht zu dieser Gruppe von Personen. Erneut wird ein Prozess der Verschlechterung beschrieben („immer schlechter“), der selbstverständlich, scheinbar unaufhaltsam von statten geht („geht's halt“). Dass es gerade die Zustandsveränderung und keine zeitliche Komponente ist, die für Alexander und in der Gestaltung seines Bildes vordergründig ist, zeigt sich in der folgenden Passage noch einmal:

Interviewerin: [...] okay und jetzt sind hier noch plus ((zeigt auf A)) und minus ((zeigt auf E))?

Alexander: ja. plus ist halt für halt oben? gut. und minus ist halt weil schlecht. [Interviewerin: mhm okay]

(3)

Interviewerin: mhm und was is jetzt von: (1) jetzt haben wir ja nur von OBEN nach UNTen ((zeigt von A nach F)) geredet. was ist von links nach RECHTS ((zeigt von F nach E))? was stellt das dar,

Alexander: na das ist eigentlich egal. (.) äh dOCH von links nach rechts is im laufe der zeit so. (Z. 185 - 197)

Obwohl er ein Koordinatensystem mit zwei Achsen gezeichnet hat und beschreibt, geht es ihm immer wieder nur um die Verschlechterung und er benennt die horizontale Achse nicht sofort als Zeitachse. Es werden erneut gut und schlecht gegenüber gestellt. Dass er eigentlich eine Veränderung im Laufe der Zeit beschreibt, expliziert er anfangs nicht und zeigt sich auch in der Achsenbeschriftung seines Koordinatensystems nicht. Erst auf Nachfrage expliziert er den Zusammenhang mit der Zeit und scheint vorerst um eine Bedeutungszuschreibung zu ringen. Dies bestärkt, dass für ihn die Veränderung von gut nach schlecht (des Zustands der Natur und der Schwierigkeit der Arbeit als Wissenschaftler\_in) bedeutsamer zu sein scheint, als eine konkrete zeitliche Verortung. Ähnlich zu Paul und Claas ist also Veränderung vordergründig, jedoch die Richtung der Veränderung von Verschlechterung gekennzeichnet und damit hier eine andere.

### Zwischenfazit

Alexander spricht distanziert über Naturwissenschaften und konzipiert sich selbst nicht als Teil dieser. In einer zeitlichen Dimension ist für Alexander ein kontinuierlicher Prozess der Verschlechterung bedeutsam. Dabei verändert sich der Zustand der Umwelt und daran gekoppelt die Arbeitsbedingungen der Wissenschaftler\_innen. Umwelt und naturwissenschaftliche Forschung sind in zweifacher Hinsicht miteinander verbunden, indem naturwissenschaftliche Forschung sich mit der Natur befasst und der Zustand der Natur den Schwierigkeitsgrad der Arbeit der Wissenschaftler\_innen bestimmt.

Interviewerin: okay, kannst du jetzt nochma den verlauf hier ein bisschen genauer beschreiben? weil hier geht es ja erst HOCH und dann wieder rUNter ((zeigt auf G)) und dann geht's hier noch weiter rUNter ((zeigt auf H)), was hat das für bedeutung für die naturwissenschaftliche forschung?

Alexander: JA also ich würd' ma sagen also HIER ((zeigt auf G)) (.) wars halt halt noch keine elektrischen geräte oder so und dann halt wenn das auto erfunden wurde oder so was. dann: mit dem ganzen abgasen dann ging's halt wieder rUNter, (.) dann is es halt (.) so geblIEben und dann wurde halt irgendwie was neues umweltschädliches erfunden ((zeigt auf H)) und das halt immer wieder so. (Z. 209 - 222)

Auch in dieser Passage wird ein Veränderungsprozess beschrieben, der jeweils durch die Erfindung umweltschädlicher Geräte initiiert wird. Es geht hier nicht wie bei Paul oder Claas um technische Forschungsgeräte wie Lupen, Mikroskope, Langzeitkameras, sondern um Technik, die wie „auto[s]“ das Leben der Menschen erleichtern. Zur Abgrenzung von Forschungsgeräten wird folgend von alltagspraktischen, technischen Produkten gesprochen. Der Prozess der Veränderung wird unkonkret und als selbstverständlich stattfindend beschrieben („dann is es halt so geblIEben und dann wurde halt irgendwie was neues umweltschädliches erfunden“). Wer genau oder wie genau Dinge erfunden werden, bleibt unklar. Es geschieht in jedem Fall und in einer zeitlichen Dimension wiederholen sich

verschiedene Phasen. Dabei ist sowohl die zuvor deutlich werdende Kontinuität als auch die Phasenhaftigkeit des Entwicklungsprozesses im Bild des Schülers zu identifizieren: Insgesamt zeigt sich eine abfallende Kurve, dieser Abfall geschieht jedoch in verschiedenen Phasen unterschiedlich stark. Die scheinbare Unaufhaltsamkeit des Prozesses („halt immer wieder so“) spricht dafür, dass Alexander diesem Prozess passiv ausgeliefert ist. Vielmehr beschreibt er die Entwicklung als ein externer Betrachter und konzipiert sich selbst bisher an keiner Stelle als aktiv und einflussnehmend, ganz anders als Paul, bei dem normale Menschen spezifische Wissenssendungen fordern und als Teil der naturwissenschaftlichen Forschung konzipiert werden.

Die Entwicklung technischer Geräte zeigt sich nicht als Aufgabe der Naturwissenschaften, sondern scheint einfach stattzufinden. Im Gegensatz dazu wird bei den folgend dargestellten Fällen Natalia und Larissa die Herstellung technischer Produkte als Wert naturwissenschaftlicher Forschung deutlich. Ganz im Gegenteil dazu stellt Alexander zwar eine Verbindung zwischen dem Zustand der Umwelt und naturwissenschaftlicher Forschung her, jedoch wird dieser einerseits explizit positiv benannt (Wissenschaftler setzen sich für eine schöne Umwelt ein) und andererseits in umgekehrter Richtung deutlich: Der Zustand der Umwelt nimmt Einfluss auf die Forschung. Umso auffälliger ist es, dass trotz der bestehenden Verbindung zwischen naturwissenschaftlicher Forschung und Umwelt keine direkte Verknüpfung zwischen der Erfindung umweltschädlicher Technik und Naturwissenschaften hergestellt wird. Dies deutet darauf hin, dass die naturwissenschaftliche Forschung für Alexander nicht mit der Erfindung technischer Geräte einhergeht, aber dennoch technische Erfindungen indirekt Einfluss auf die naturwissenschaftliche Forschung nehmen, indem sie den Zustand der Natur verschlechtern und so der Schwierigkeitsgrad der Forschung steigt. Dies bestätigt sich in der folgenden Passage, als Alexander über die Arbeit der Wissenschaftler\_innen spricht:

Alexander: mhh ja also wenn die jetzt zum beispiel (1) das machen die glaub' ich so was irgendwie so 'ne BLUME erforschen wollen [Interviewerin: mhm] die selten is. aber wenn die halt (.) immer sELTENER wird dann wird's halt auch schwerer für die irgendwie [Interviewerin: mhm] dieses exemplar zu finden oder °so was° [Interviewerin: okay] (Z. 276 - 273)

Die Arbeit von Naturwissenschaftler\_innen wird beispielhaft als das Erforschen von Blumen deutlich, so wie er es in der ersten Passage des Interviews in Bezug auf den Klassenausflug in den botanischen Sondergarten beschreibt. Auch dort geht es um Wissen über Pflanzen. Forscher\_innen werden von Alexander an dieser Stelle nicht als Erfinder technischer Geräte konzipiert. Vielmehr scheinen die Forscher\_innen dem durch die technischen Geräte veränderten Zustand der Natur ausgeliefert zu sein. Mit diesem Beispiel wird nachvollziehbar, warum der Zustand der Natur und Schwierigkeit naturwissenschaftlicher Forschung so eng aneinander geknüpft sind und sich gegenseitig bedingen. Ein konkreter Wert der Forschung wird dabei nicht deutlich. So wie bereits bei der Schilderung des Ausflugs zeigt sich auch hier keine Sinnhaftigkeit für den Interviewten. Zwar wird naturwissenschaftliche Forschung als Erforschung von seltenen Pflanzen konzipiert und als solche akzeptiert, ein Wert für das Leben der Menschen, bestimmter Gruppen von Perso-

nen oder aber für ihn selbst wird jedoch nicht deutlich. Während für Paul die Weitergabe von Handlungswissen an alle Menschen als Wert der naturwissenschaftlichen Forschung deutlich wird, zeigt sich ähnliches an keiner Stelle für Alexander.

Es fällt auch hier sowohl die Wahl der Pronomen als auch die explizite Unsicherheit bezüglich der Tätigkeiten der Forscher\_innen („das machen die glaub' ich“) auf. Alexander spricht immer distanziert zur eigenen Person von „die“ und „sie“. Er selbst gehört nicht zur Gruppe der Naturwissenschaftler\_innen. Zusammen mit der rekonstruierten Wertlosigkeit und Distanz zu seiner eigenen Person deutet sich an, dass er sich (anders als Paul) nicht als Teil der naturwissenschaftlichen Forschung versteht. Auch über die Zukunft spricht Alexander eher distanziert:

Interviewerin: wie meinst du geht das in zukunft weiter?

Alexander: joar also wenn's so wEItergeht dann wird's halt (.) immer schlimmer ne? (1) denk' ich ma.

Interviewerin: und was heißt schlimmer in dei-in deinem bild?

(2)

Alexander: also das es der umwelt schLECHTER geht und (.) ich denk' mal das (.) der JOB als naTURwissenschaftler auch dann nicht mehr so begEhrt sein wird und das es (1) nicht mehr so viele machen wollen. [Interviewerin: mhm] (Z. 235 - 249)

Obwohl mit der Zukunft ein Zeitbereich angesprochen wird, auf den Alexander grundsätzlich Einfluss nehmen könnte, wird eine Einflussnahme hier nicht deutlich. Vielmehr werden aus einer distanzierten Warte heraus hypothetische Konsequenzen für die Zukunft abgeleitet. Auch diese Konsequenzen scheinen selbstverständlich und unabhängig von Alexanders Person einzutreten: „wenn's so wEItergeht dann wird's halt immer schlimmer“. Diese Tatsache scheint nicht, zumindest nicht von ihm, beeinflussbar und wird wenig emotional vorgetragen. Alexander zeigt sich nicht als betroffen oder Betroffener dieser Entwicklung. Er konzipiert sich selbst als einen passiven Beobachter der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften, der keinen Einfluss auf diesen Entwicklungsprozess nehmen kann. Auch für Paul wurde eine passive Rolle rekonstruiert, als Nutzer des Wissens und der Forschungsgeräte im Verlauf der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften gibt es jedoch anders als bei Alexander einen indirekten Bezug zwischen seiner eigenen Person und der zeitlichen Entwicklung. Paul versteht sich als Teil der Naturwissenschaften und stellt einen positiven Bezug zur eigenen Person her. Alexander schließt sich selbst vollständig aus dem Prozess aus und kann ihn von außen betrachten. Er spricht durchweg distanziert über die naturwissenschaftliche Forschung.

Im zweiten Teil der Passage wiederholt sich das vorherige Muster: Zustand der Umwelt (personifiziert) und „JOB als naTURwissenschaftler“ sind als aneinander gekoppelt zu verstehen. Das Interesse, den Job als Wissenschaftler\_in auszuüben sinkt, sodass die Anzahl der, an den Naturwissenschaften beteiligten Personen im Laufe der Zeit abnimmt. Anders als Paul, bei dem alle Menschen an den Naturwissenschaften teilhaben, konzipiert Alexander eine spezielle Gruppe von Personen, die immer kleiner wird. Dem Job als Wis-

senschaftler wird kein hoher Stellenwert zugeschrieben und scheint für Alexander keinen speziellen Wert zu haben.

### Zwischenfazit

Naturwissenschaftliche Forschung und der Prozess der Veränderung werden aus einer distanzierten Warte heraus beschrieben. Alexander selbst ist nicht Teil der naturwissenschaftlichen Forschung. Ganz im Gegenteil betrachtet er die Forschung und ihre zeitliche Entwicklung teilnahmslos aus der Rolle eines passiven Beobachters. Als Außenstehender scheint die naturwissenschaftliche Forschung weder einen Wert für ihn persönlich, noch allgemein für andere Personen oder gar für die ganze Menschheit zu haben. Dabei wird anders als zuvor, die zeitliche Entwicklung als ein Prozess verschiedener, sich wiederholender Phasen konzipiert, wobei Veränderung in negativer Richtung vordergründig ist.

Interviewerin: inwiefern Ändert sich denn jetzt die naturwissenschaftliche FOR-  
schung von früher bis heute ((zeigt von B nach D)),

(1)

Alexander: also:: (.) das weiß ich gar nich. (1) wie sich das verändert. das wird halt  
einfach nur nicht mehr so bellIEbt der job und so. also wie sich das verändert das  
weiß ich ja nicht.

Interviewerin: hast du auch keine vermutung, [Alexander: nö.] nee? gibt's irgendwas  
was gleEIch bleibt auf jeden fall VON früher bis heute, (.) bei der naturwissen-  
schaftlichen forschung,

Alexander: ((atmet aus)) ja: beSTIMMT irgendwas aber fällt mir jetzt:: spontan  
nichts ein. [Interviewerin: okay]

(10)

Interviewerin: keine idee dazu was gleich bleiben könnte?

(1)

Alexander: joar vielleicht die methode wie sie irgendwas:: (.) ähm erforschen oder (.)  
wie sie danach sUchen WAS sie erforschen was irgendwie immer unerforscht bleibt  
oder so. [Interviewerin: mhm] (Z. 283 - 308)

Konkrete Veränderungen der naturwissenschaftlichen Forschung sind Alexander nicht zu-  
gänglich, sondern werden als selbstverständlich deutlich: „wie sich das verändert das weiß  
ich ja nicht“. Es scheint ihm gar nicht möglich zu sein, dies zu wissen. Dies geht möglicher-  
weise damit einher, dass Alexander sich gerade nicht als Teil der naturwissenschaftlichen  
Forschung oder aber ihrer Entwicklung konzipiert. Es ist ihm lediglich aus einer Außenper-  
spektive möglich, die Entwicklung der Beliebtheit des Jobs zu beurteilen. Auch im zweiten  
Teil der Passage wird seine Distanz zu dem Thema der zeitlichen Entwicklung der Na-  
turwissenschaften deutlich. Die Beschreibung dessen, was im Laufe der Zeit gleich bleibt,  
ist unkonkret, indem von „irgendwas“, „irgendwie“ und „oder so“ gesprochen wird. Alex-

ander macht die naturwissenschaftliche Forschung und ihre Entwicklung nicht zu seinem Thema.

Interviewerin: und jetzt hast du ja noch gesagt dass das ANsehen von dem beruf des wissenschaftlers auch schlechter wird mit der zeit quasi ne? kannst du das 'n bisschen genauer erzählen?

Alexander: ja weil die meisten leute sind ja halt jetzt irgendwie auf MEDIEN (.) mehr konzentriert und (2) ja verbringen mehr zeit vorm fernseher oder halt drau- ßen mit freunden anstatt sich irgendwie darauf zu konzentrieren (.) irgendwas zu erforschen, (1) und die meisten haben da einfach keine LUST drauf glaub' ich. [In- terviewerin: mhm] °also ich hätte da keine lust drauf° [Interviewerin: ((Lachen))] (Z. 345 - 356)

An dieser Stelle wird die Distanz zur eigenen Person explizit gemacht. Er „hätte [...] keine LUST drauf“ etwas zu erforschen. Damit zählt er sich zur Mehrheit der heutigen Men- schen („die meisten leute“). Der verwendete Konjunktiv verweist darauf, dass er auch bisher noch nie etwas erforscht hat und unterstreicht seine distanzierte Haltung gegen- über den Naturwissenschaften. Paul hingegen sprach sich selbst zu, mit seinem Vater zu forschen und gab als Berufswunsch an Biologe werden zu wollen. Naturwissenschaftliche Forschung wurde von Alexander ebenfalls als ein Job konzipiert, der für ihn jedoch keine Option darstellt. In diesem Sinne hat naturwissenschaftliche Forschung für ihn selbst nicht einmal die Funktion, finanzielle Mittel zur Verfügung zu stellen. Naturwissenschaftliche Forschung scheint für Alexander keinen Wert zu haben, er schreibt ihr keinerlei Sinn zu.

Darüber hinaus fällt auf, dass wie bei Paul ebenfalls der „Fernseher“ thematisiert wird. Für Paul stellen Fernsehsendungen eine Möglichkeit dar, naturwissenschaftliches Wissen an die „normalen Leute“ weiterzugeben. Er vereint damit Fernsehen und Wissenschaft. Alexander hingegen entwirft eine Verschiedenheit zwischen diesen beiden Bereichen, so- dass sich im Kontrast zu Paul erneut eine Distanz zwischen Alexander (und vielen weite- ren Personen) und der naturwissenschaftlichen Forschung zeigt. Für Paul sind Naturwis- senschaften ein Teil seines alltäglichen Lebens. Alexander beschreibt lediglich schulisch gerahmte Erfahrungen, tut dies sehr distanziert und konzipiert naturwissenschaftliche Forschung gerade nicht als Teil seines Lebens.

### Zusammenfassung

#### Orientierungsrahmen bezüglich ...

- **des Werts der Naturwissenschaften:** Naturwissenschaftliche Forschung hat für Alexander keinerlei Wert. Auch für andere Personengruppen wird kein Wert der Forschung deutlich.
- **des Selbstbezugs zu Naturwissenschaften:** Es konnte eine deutliche Di- stanzierung von den Naturwissenschaften identifiziert werden. Alexander kon- zipiert sich selbst, anders als Paul, nicht als Teil der naturwissenschaftlichen Forschung und ist teilnahmslos.

- **zeitlicher Entwicklung der Naturwissenschaften:** Ähnlich wie Paul ist auch für Alexander in einer zeitlichen Dimension Veränderung der Eigenschaften der Forschung vordergründig. Diese wird einerseits als ein kontinuierlicher, bruchloser Prozess, andererseits aber auch als Prozess verschiedener sich wiederholender Phasen beschrieben und ist ausschließlich von Verschlechterung geprägt.
- **des Selbstbezugs zur zeitlichen Entwicklung:** Die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften betrachtet Alexander von außen. Er schließt sich selbst aus dieser Entwicklung aus und konzipiert sich als passiven, nicht einflussnehmenden Beobachter.

### 5.3.1.3. Eckfall 3 – Natalia

Natalia besucht die selbe 9. Klasse wie Alexander und ist zum Zeitpunkt des Interviews 15 Jahre alt. Sie gibt an, Immobilienmaklerin werden zu wollen. Auch dieses Interview gehört mit 17 Minuten Länge zu den kürzeren und fand in einem Klassenraum ihrer Schule statt. Im Gegensatz zu Paul kann Natalia als wenig redefreudig beschrieben werden und wirkte insgesamt eher verunsichert. Es gestaltete sich schwierig, ausführliche Aussagen der Schülerin zu erhalten, sodass vergleichsweise häufig durch die Interviewerin interveniert wurde.

Da Natalia drei Tage nach Alexander interviewt wurde, ist nicht ausgeschlossen, dass ein Austausch über Inhalt und Ablauf des Interviews stattfand, auch wenn von der Interviewerin jeweils betont wurde, dass dies bis zum Abschluss der Datenerhebung unterlassen werden sollte. Diese Tatsache wurde bei der Interpretation berücksichtigt und wird hier im Hinblick auf die intersubjektive Nachvollziehbarkeit explizit angeführt. In Bezug auf drei der vier Vergleichsdimensionen zeigt sich der Fall Natalia als heterolog zu den bisher dargestellten. Auch das von ihr erstellte Bild weist viele Unterschiede im Vergleich zu den Bildern anderer Fälle auf.

Interviewerin: jetzt kommen wir mal zu einem anderen thema? ganz ganz anders wenn du an naturwissenschaften denkst was fällt dir da spontan ein,

(2)

Natalia: ähm (2) wie soll ich das sAGen? also das man halt so (3) ja FRÜHER war das so das (1) man keine handys haTTe? und jetzt dreht man durch weil man keins hat. [Interviewerin: mhm]

Interviewerin: und was hat das mit naturwissenschaften zu tun

(3)

Natalia: das weiß ich nicht. also genau. also (1) ich glaube das ähm (2) das HAT doch was mit naturwissenschaften zu tun. [Interviewerin: mhm wenn du das-] zum beispiel wenn man (1) irgendwas auf den boden wirft,

(3)

Interviewerin: was hat das mit naturwissenschaften zu tun?

Natalia: ähm (1) gar @nichts@

Interviewerin: wenn du das sagst wird das schon so sein. ist nur die frage in welche richtung das jetzt was mit naturwissenschaften zu tun hat

Natalia: ja die NATUR. (1) [Interviewerin: mhm] ich mein' wenn man einfach abfall auf den boden wirft (2) [Interviewerin: das hat was (.) für dich] ja umwelt(.)unfreundlich. [Interviewerin: mhm] (Z. 85 - 113)

Im Vergleich zu den anderen bisher dargestellten Fällen fällt auf, dass Natalia sofort eine zeitliche Dimension diskutiert („FRÜHER [...] jetzt“). Dies ist möglicherweise auf einen Austausch mit Alexander über die Inhalte des Interviews zurückzuführen und sollte daher nicht überinterpretiert werden. Was sich dennoch festhalten lässt ist, dass Natalia früher und heute vergleichend gegenüber stellt. Dabei wird jeweils ein Zustand beschrieben („FRÜHER war das so“, „jetzt dreht man durch“). Der Besitz von Handys und eine Art Abhängigkeit von diesen („dreht man durch“) wird mit Naturwissenschaften in Verbindung gebracht. Das Durchdrehen kann als Verrücktwerden interpretiert werden. In diesem Sinne führt ein Fehlen von Handys zum Verrücktwerden von Menschen, sodass das Vorhandensein von Handys als notwendig für normales Verhalten oder Wohlbefinden der Menschen konzipiert wird. Handys erscheinen damit als selbstverständlicher Teil des Lebens. Zwar spricht Natalia verallgemeinernd („man“), schließt sich aber auch nicht explizit aus der Gruppe der Personen aus. Anders als bei Claas, Paul und Alexander wird im ersten Moment nicht über Natur und Umwelt gesprochen, sondern über Menschen („man“) und deren Beziehung zu technischen Produkten des Alltags. In Bezug auf diese Beziehung wird ein Unterschied zwischen dem Früher und der Gegenwart konzipiert. Für Paul bestand ein Unterschied dieser Zeitbereiche unter anderem in der Menge an Wissen, für Alexander im Zustand der Natur und Schwierigkeit der Arbeit der Wissenschaftler\_innen. Es deutet sich also bereits in dieser ersten Passage eine Verschiedenheit der Fälle an. Für Natalia scheint die Beziehung zwischen Mensch und technischen Produkten relevant zu sein.

Die folgenden zwei Nachfragen der Interviewerin fordern die Explikation der Verbindung der jeweiligen Aussage zu Naturwissenschaften. Sie scheinen die Schülerin zu verunsichern und können insofern als ungünstig bezeichnet werden, als dass bereits die erste Frage nach spontanen Gedanken zu Naturwissenschaften eine Verbindung des Gesagten zu Naturwissenschaften impliziert. Es ist also nicht verwunderlich, dass Natalia die erste Nachfrage als Kritik an ihrer Antwort auffasst und diese verteidigt („das HAT doch was mit naturwissenschaften zu tun“).

Passend dazu gibt sie eine alternative Antwort auf die anfängliche Frage der Interviewerin und spricht nun über das Werfen von Etwas auf den Boden. Auch die zweite, identisch formulierte Nachfrage der Interviewerin scheint Natalia zu verunsichern. Sie revidiert die zuvor implizite Tatsache, dass das Werfen von Etwas auf den Boden mit Naturwissenschaften zu tun hat („gar @nichts@“). Diese Verunsicherung bricht sich in Lachen Bahn.

Erst auf die Umformulierung der Nachfrage der Interviewerin („in welche richtung das jetzt was mit naturwissenschaften zu tun hat“) und der grundsätzlichen Anerkennung der Verbindung ihrer Aussage und den Naturwissenschaften, führt Natalia das Gesagte näher aus. Neben technischen Geräten bringt sie auch die Verschmutzung der Natur durch das Werfen von Abfall auf den Boden mit Naturwissenschaften in Verbindung. Wie bereits bei Paul und Alexander ist hier ebenfalls der Kontext Umwelt relevant, jedoch weniger wie bei Paul eine Kategorisierung von Naturelementen, sondern mehr wie bei Alexander die Verbindung zwischen Menschen und Umwelt. Dabei verbleiben ihre Ausführungen sehr unkonkret. Scheinbar ist das Werfen von Abfall auf den Boden negativ konnotiert. Dies wird mit dem Adjektiv „umweltunfreundlich“ zusammengefasst. Wie bereits bei der Relevanz von Handys für die Menschen heute, steht auch hier die Verbindung zwischen Menschen („man“), zu denen möglicherweise auch sie selbst zählt und etwas anderem, in diesem Fall die Natur, im Vordergrund.

Aufgrund der Interviewführung sollte die Tatsache, dass das Thema Umwelt näher ausgeführt wird, nicht überbewertet werden. Die Nachfragen der Interviewerin implizierten die Unangemessenheit Natalias erster Aussage, sodass das zweite Thema möglicherweise lediglich aufgrund sozialer Erwünschtheit angeführt und dann weiter ausgeführt wird. Wie bereits in Kapitel 5.2.1.5 dargestellt, zeigte sich bei einer Vielzahl von Schüler\_innen einer Schule die Vorstellung, dass sich der Zustand der Natur im Laufe der Zeit verändert. Auch Natalia geht auf diese als Klimaschule ausgewiesene Schule, sodass ihr vermutlich Wissen über den Umgang der Menschen mit der Natur zur Verfügung steht und sie daher dieses Thema möglicherweise als in der Interviewsituation erwünschtes ansieht. Auch die Tatsache, dass Natalia zuerst auf den Kontext Handys und deren Bedeutung eingeht, lässt vermuten, dass dieses Thema ihrer eigenen Person näher liegt. Umweltunfreundlichkeit ist stärker als kommunikatives Wissen und damit als Orientierungsschema anzusehen. Aufgrund der Interviewführung wenig verwunderlich, beginnt Natalia auch die Beschreibung von Kontaktmöglichkeiten zu Naturwissenschaften mit dem Thema Abfall und Natur:

Interviewerin: gab's mal situationen wo du mit naturwissenschaften zu tun hattest

Natalia: ja::, also ich glaub' jeder hat schon mal (.) abfall aufn boden geworfen,  
[Interviewerin: mhm]

(3)

Interviewerin: und sonst noch?

Natalia: ähm (3) ja wegen dem bÄUme fällen und so was zum beispiel. [Interviewerin: was ist da] also (1) es werden ja bÄUme gefällt für papIER? und das papier benutzt man gar nicht richtig sondern schMEIßt das nutzlos bloß weg. [Interviewerin: mhm] und ja wenn das irgendwann so WEITERgeht dann: (.) haben wir bald keine bäume mehr [Interviewerin: mhm okay] (Z. 119 - 131)

Natalia bezieht sich auch hierbei auf eine allgemeine Gruppe von Personen, in die sie sich selbst mit einschließt („jeder“). Einerseits gibt sie damit zu, die zuvor als negativ konnotierte Handlung ausgeführt zu haben, andererseits geht ihre Individualität im gewählten Kollektiv verloren. Auch im zweiten Teil der Passage geht es um die Natur und hier

ähnlich wie bei Paul um die Nutzung dieser durch den Menschen. Dabei grenzt sie sich von einem verschwenderischen Umgang ab. Bei der Wahl der Pronomen fällt ein Wechsel von „man“ zu „wir“ auf. Hier schließt sie sich explizit in die Gruppe der Betroffenen mit ein. Bäume werden wie zuvor die Handys als Besitz der Menschen konzipiert. Dabei wird ein Prozess beschrieben („irgendwann so WEITERgeht“), aus dem gewisse Konsequenzen folgen („dann“). Es stehen der Bestand und die Verfügbarkeit sowohl von Papier als auch von Bäumen im Vordergrund. Wie in der Passage zuvor geht es also auch hier um die Verfügbarkeit von Gegenständen für die Menschen. Es zeigt sich erneut eine Verbindung zwischen Mensch und Natur, die wie ein Fakt beschrieben wird: „jeder hat schon mal“. Natalia beschreibt die aktuelle Umweltunfreundlichkeit und die Konsequenzen dieses Zustandes wenig emotional („dann haben wir bald keine bäume mehr“). Sie selbst scheint keine Veränderung dieses Prozesses bewirken zu können. Vielmehr konzipiert sie sich als eine Person neben vielen weiteren, die alle von Zeit zu Zeit umweltunfreundlich handeln. Sie selbst ist in Bezug auf die Veränderung des Zustands der Natur also Mitverursacher.

Naturwissenschaften werden einerseits mit technischen Produkten wie Handys und andererseits mit umweltschädlichem Verhalten in Verbindung gebracht. Sowohl in der ersten als auch in der gerade zitierten Passage wird unpersönlich und verallgemeinernd gesprochen. Jeder Mensch hat heutzutage ein Handy, ebenso gehört Natalia wie „jeder“ zu Personen, die zeitweise Abfall auf den Boden geworfen haben. Sie konzipiert sich als ein Teil des Typischen, sodass vermittelt über die beschriebenen Handlungen (Handynutzung, Abfall werfen) jeder Mensch ganz selbstverständlich mit Naturwissenschaften in Kontakt steht. Natalia stellt so zwar weniger positiv konnotiert als Paul, aber dennoch eine Verbindung zwischen ihrer eigenen Person und den Naturwissenschaften her. Damit unterscheidet sich Natalia ebenfalls von Alexander, für den ein distanzierteres Verhältnis zu Naturwissenschaften deutlich wird.

### Zwischenfazit

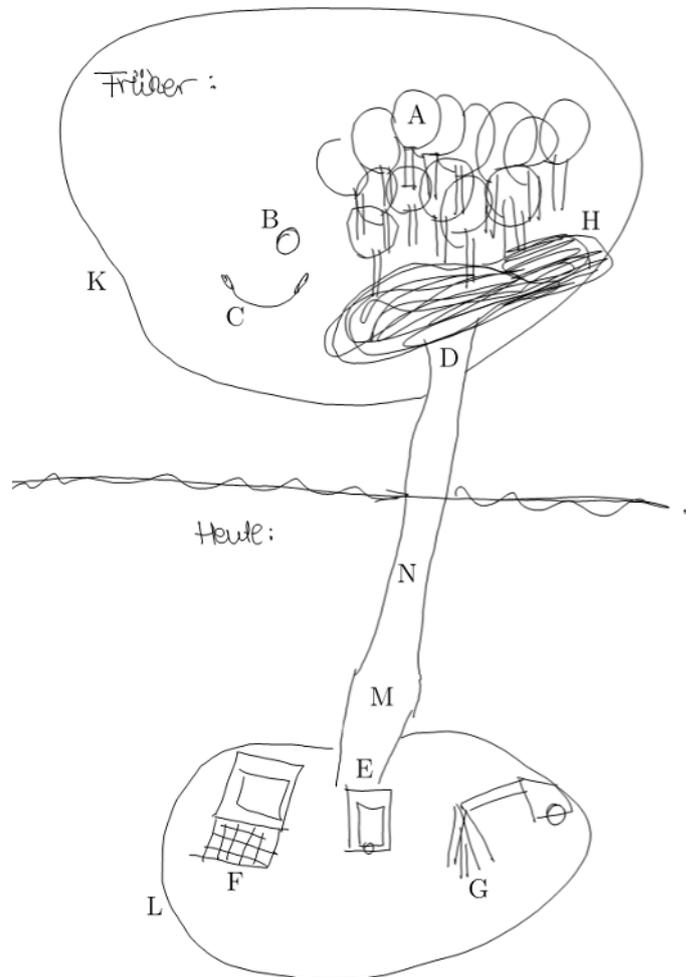
Natalia bringt mit Naturwissenschaften sowohl Natur als auch technische Geräte des Alltags in Verbindung. Dabei erscheint die Belastung der Natur stärker als Orientierungsschema. Die Verfügbarkeit von Gegenständen (Handys, Bäume, Papier) für die Menschen steht im Vordergrund. Heute stehen diese selbstverständlich zur Verfügung und werden von allen Menschen genutzt. Ein Bezug zwischen Naturwissenschaften und Natalias Person besteht selbstverständlich. Alle Menschen nutzen Handys und verursachen zeitweilig eine Verschmutzung der Umwelt, so auch Natalia.

Die Themen Natur und Technik zeigen sich auch in der Beschreibung ihres Bildes:

Interviewerin: okay dann kannst du wieder auf stopp drücken? dann erzähl' mir doch mal mithilfe deines weg es etwas über die naturwissenschaftliche forschung.

Natalia: also: (.) wenn man (1) zum beispiel da ist son WALD ((zeigt auf A)), und dann hat man geMERKT das man (.) aus bÄUM (1) blätter ma- also papier machen kann, [Interviewerin: mhm] und hat dann angefangen die bäume kaputt zu machen.

und ähm es gab halt früher zum beispiel auch nur BÄLLE ((zeigt auf B)) oder SPRINGseile ((zeigt auf C)) hatten die früher ja. und dann is h-hat sich das halt entWICKELT ((zeigt von D nach E)) und jetzt gibt's ähm laptops ((zeigt auf F)) (.) und kameras und handys und alles. [Interviewerin: mhm] ja (Z. 147 - 158)



Erneut wird ein Zerstörungsprozess der Bäume beschrieben, der ab einem gewissen Anfangspunkt einsetzt („dann angefangen“). Dieser Prozesshaftigkeit wird in der zweiten Hälfte der Aussage, wie bereits in der ersten Passage, ein Gegenüberstellen von früher und heute angeschlossen. Erneut werden Zustände beschrieben: „gab halt früher“ und „jetzt gibt's“. Auch hierbei geht es um den Bestand von Gegenständen. Die beiden Zeitpunkte früher und heute sind über eine Entwicklung verbunden, allerdings erfolgt die Beschreibung dieser sehr unkonkret und wird als etwas Selbstverständliches dargestellt: „dann [...] hat sich das halt entWICKELT“. Es wird weder spezifiziert, was Ursache der Entwicklung ist, was genau sich entwickelt, noch wer dies ausführt. Die Entwicklung von Springseilen zu Laptops und Handys scheint einfach aus sich selbst heraus zu passieren. Ähnlich wie Alexander wird auch Natalia selbst nicht als Teil dieses Vorgangs deutlich. Während sie zuvor noch als Mitverursacherin der Zustandsveränderung der Natur deutlich wurde, scheint sie in Bezug auf die Entwicklung technischer Geräte nicht Teil des Entwicklungsprozesses zu sein.

Die grundsätzliche Struktur aus dem Gegenüberstellen zweier Zeitbereiche und unkonkretem Entwicklungsprozess von einem zum anderen Zustand, zeigt sich auch in Natalias Bild: Der Bereich früher (oben im Bild) wird dem Bereich heute (unten im Bild) gegenübergestellt. Verbunden sind beide durch einen Weg, dessen Eigenschaften ganz im Gegenteil zu den bisher beschriebenen Fällen nicht variiert werden. Der Prozess der Veränderung steht also weniger im Vordergrund als das Gegenüberstellen zweier Zeitbereiche. Durch die Verschiedenheit der beiden Zustände ist Veränderung implizit, der genaue Prozess verbleibt bisher unkonkret.

Sprachlich wird der Zustand früher abgewertet, wobei Natalia selbst nicht Teil der Vergangenheit ist („die früher“). Es „gab halt früher [...] auch nur BÄLLE oder SPRINGseile“ verweist auf einen Mangel und so auf das Potential zur Verbesserung des Zustandes. Die Aufzählung der heute verfügbaren Gegenstände wird als endlos konzipiert und „alles“ eingeschlossen. Dabei bezieht sie sich auf technische Geräte, sodass auch hier, wie in der Eingangspassage, die Präsenz technischer Produkte relevant ist. Die Verfügbarkeit technischer Geräte hat sich im Laufe der Zeit verändert, sodass sie heute selbstverständlicher Teil des Alltags der Menschen sind. Der heutige Zustand wird als Fakt beschrieben: „jetzt gibt’s“. Dabei werden Springseile und Bälle (als Spielzeuge der kindlichen Freizeitbeschäftigung draußen), Handys, Laptops und Kameras gegenübergestellt. Interpretiert man diese technischen Geräte ebenfalls als Gegenstände der Freizeitbeschäftigung heute, so würde auch diese Veränderung eine darstellen, die das Leben der interviewten Jugendlichen selbst betrifft.

Die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften wird mit der veränderten Verfügbarkeit von Geräten aus dem Kontext Spielen und Alltag, die alle Menschen nutzen können, in Verbindung gebracht. Ähnlich wie bei Paul geht es um die Verfügbarkeit von Geräten, jedoch nicht um spezifische Forschungsgeräte und die Möglichkeit, die naturwissenschaftliche Forschung nachzuahmen. Vielmehr erscheint die naturwissenschaftliche Forschung als jene Instanz, die im Laufe der Zeit alltagspraktische, technische Geräte zur Verfügung stellt. Im Kontrast zu Paul bringt Natalia mit der naturwissenschaftlichen Forschung nicht Wissen in Verbindung. Für sie sind allgemein Produkte (Papier, Bälle, Handys, Laptops etc.) mit naturwissenschaftlicher Forschung verknüpft. Wert der Forschung scheint die Verfügbarkeit dieser Produkte zu sein.

### Zwischenfazit

In einer zeitlichen Dimension wird von Natalia ein Veränderungsprozess beschrieben, dessen genaue Form allerdings unkonkret verbleibt. Naturwissenschaftliche Forschung wird mit der Verfügbarkeit technischer Produkte in Verbindung gebracht. Weder in Bezug auf die Entwicklung der Umwelt, noch in Bezug auf die Technik konzipiert sich Natalia als aktive Gestalterin. Vielmehr ist sie (wie alle Menschen) in Bezug auf die Umwelt Mitverursacherin der negativen Entwicklung und Nutzerin technischer Produkte. So besteht indirekt ein Bezug zwischen ihrer Person und der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften.

Interviewerin: und inwiefern hat jetzt dieser QUERstrich hier ((zeigt von I nach J)) 'ne bedeutung

Natalia: also das soll einfach nur so was heißen wie heute ((zeigt auf oberen Bildteil)) und früher ((zeigt auf unteren Bildteil)). soll nur so 'n (( zeigt von I nach J))  
 [Interviewerin: mhm] na ja EIGEntlich gehört der gar nicht mi-mit dazu aber (3)  
 dann streich' ich den mal weg. (Z. 171 - 177)

Durch den Querstrich wird die starke Dichotomie der Zeitbereiche „Früher“ und „Heute“ für Natalia noch einmal bestärkt. Dieses Muster zieht sich durch das gesamte bisherige Interview und schlägt sich auch in der Gestaltung des Bildes nieder. Auf Nachfrage der Interviewerin wird der Querstrich weggestrichen. Obwohl der Strich durchaus eine Bedeutung für Natalias Symbolisierung der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften hat, nimmt sie nun eine Veränderung des Bildes vor. Möglicherweise liegt auch dies in der vorangegangenen Interviewführung begründet, bei der Nachfragen der Interviewerin als implizite Kritik aufgefasst werden.

Auch wenn die Beschäftigung mit dem Thema der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften potentiell bereits vor dem Interview durch den Austausch mit Alexander initiiert wurde, zeigt sich dennoch eine implizite Regelmäßigkeit, die sie von Alexander unterscheidet. Während bei ihm die Verbindung von technischen Erfindungen und Zustandsverschlechterung der Natur zentral ist und erst indirekt darüber die naturwissenschaftliche Forschung betroffen ist, ist für Natalia die Veränderung der Verfügbarkeit technischer Produkte vordergründig. Alexander konzipiert einen kontinuierlichen Prozess der Veränderung bzw. einen Prozess verschiedener Phasen. Sie hingegen verbleibt in Bezug auf den Veränderungsprozess noch unkonkreter. Während der Veränderungsprozess von Alexander als eine Verschlechterung konzipiert wird und Ursachen der Entwicklung thematisiert werden, verbleibt der Entwicklungsprozess bei Natalia unkonkreter ohne die Benennung von Ursachen. Auch auf expliziter Ebene zeigen sich kaum Ähnlichkeiten zwischen den Fällen. Es ist dennoch zu bedenken, dass die Äußerungen zu spontanen Gedanken zu Beginn des Interviews weniger als spontane zu verstehen sind. Im weiteren Verlauf des Interviews zeigt sich jedoch immer wieder, dass das bereits zu Beginn des Interviews angeführte Handy als technische Errungenschaft der naturwissenschaftlichen Forschung für Natalia besonders bedeutsam ist. Dies verweist darauf, dass der Kontext Natur und Umweltschädlichkeit als Orientierungsschema zu verstehen ist.

Interviewerin: also was verändert oder entwickelt sich jetzt auf dem weg? du hast gesagt es entwickelt sich. (1) was entwickelt sich

Natalia: ja also die versuchen dann halt ähm (1) erFINDUNGn zu machen und irgendwann kam das so weit dass (.) hANDys ((zeigt auf E)) und alles rausgebracht wurden? und FRÜHER (.) hätte man nie gedacht dass man heutzutage so was HAT.  
 [Interviewerin: mhm] früher wusste man gar nicht was das is und jetzt ham das (.) alle [Interviewerin: mhm]

Interviewerin: wann ist FRÜHER für dich?

Natalia: v-vor 1.000 jahren? [Interviewerin: mhm] 1.500, [Interviewerin: mhm] kommt hin. und vor (.) 50 jahren gab's ja erst das erste HANDY das so groß war. [Interviewerin: mhm] (Z. 195 - 209)

Aufgrund der gewählten Pronomen wird erneut eine Distanz zu ihrer eigenen Person deutlich („die versuchen“). Sie selbst scheint nicht Teil der naturwissenschaftlichen Forschung zu sein, ganz anders als Paul, der sich als Teil der naturwissenschaftlichen Forschung konzipierte. Für Natalia werden Handys „irgendwann rausgebracht“. Es wird also ein aktiver Vorgang beschrieben, bei dem Handys nicht einfach da sind, sondern von jemandem herausgebracht werden. Produkt- und Neuheitscharakter werden betont („FRÜHER hätte man nie gedacht dass man heutzutage so was HAT“). Natalia selbst hat jedoch keinen Einfluss auf diesen Vorgang. Vielmehr verbleibt die Beschreibung des Prozesses erneut unkonkret: Eine unspezifische Gruppe von Personen versucht „erFINDUNGn zu machen und irgendwann kam das so weit“. Auch hier erscheint der Prozess als etwas aus sich heraus Geschehendes, das für Natalia eher im Verborgenen bleibt. Dies liegt darin begründet, dass Handys heute allen, also auch Natalia zur Verfügung stehen. Dies war früher nicht so, sodass in jedem Fall eine Entwicklung stattgefunden haben muss. Der Bezug zwischen Natalia selbst und der naturwissenschaftlichen Forschung scheint selbstverständlich durch die Nutzung der technischen Produkte der Forschung gegeben und gilt nicht nur spezifisch für sie selbst, sondern für alle heutigen Menschen („und jetzt ham das alle“).

Nachdem zuvor noch über andere technische Geräte gesprochen wurde, geht es in dieser Passage ausschließlich um das Handy. Es dient dabei als Referenzpunkt für die von der Interviewerin geforderte zeitliche Verortung („kommt hin. vor 50 jahren gab's ja erst das erste HANDY“). Natalia verfügt über Wissen bezüglich des ersten Handys und stellt davon ausgehend ihre Überlegungen zur zeitlichen Entwicklung an. Sie selbst hingegen gehört zum Heute, wo „alle“ ein Handy haben. Die Menschen heute, und damit auch sie, werden zum Nutzer von Handys, aktive Erfinder sind jedoch andere. Wer genau für Natalia zu „die“ zählt, wird in der nächsten Passage deutlich:

Interviewerin: okay und du hast gesacht (.) DIE entwickeln da was, wer sind denn die?

Natalia: na DIE (.) erfinder. [Interviewerin: mhm] vom hANDY und vom (1) den ganzen sachen. (Z. 211 - 215)

Ihre Aussage wird als eine Tatsache eingeleitet, dass es besondere Personen („DIE Erfinder“) gibt, die Handys entwickeln. Die Herstellung dieser Produkte scheint Aufgabe der Forschung zu sein, sodass diese den Menschen im Laufe der Zeit zur Verfügung stehen. Wenn auch nicht so explizit wie bei Paul, gibt es auch für Natalia verschiedenen Gruppen von Menschen. Nachdem zuvor immer wieder von „jeder“ und damit von allen Menschen gesprochen wurde, gibt es nun eine spezifische Gruppe von Erfindern. Die Erfindungen hingegen können dann von allen Menschen genutzt werden (vgl. Eingangspassage). Naturwissenschaftliche Forschung hat, anders als für Alexander, für Natalia einen Wert, indem die Forschung den Menschen Produkte zur Verfügung stellt. Es geht ihr nicht wie Paul um Handlungswissen und Forschungsgeräte sowie die Weitergabe dieser, sondern um die

Verfügbarkeit technischer Produkte, die auch sie selbst als Mensch des Heute nutzt. Dieser Fokus auf technische Produkte zeigt sich weiter in der folgenden Passage:

Interviewerin: was glaubst du denn wie geht der weg in ZUKUNFT weiter?

(3)

Natalia: JA also genau (.) ähm zum beispiel jetzt gibts das iphone 5 und irgendwann gibt's iphone 20 ((lacht)) [Interviewerin: mhm] (2) so vielleicht (3) [Interviewerin: was-] die entwickeln sich ja immer wEITER. (2) [Interviewerin: die was?] die menschen. (Z. 217 - 223)

Auch die zukünftige Entwicklung bezieht sich auf Produkte, die den Menschen zur Verfügung stehen. Die naturwissenschaftliche Forschung ersetzt im Laufe der Zeit Produkte durch jene höherer Generationen. Dabei fällt gerade im Vergleich zu anderen Fällen auf, dass der Prozess als zuverlässiger Fakt präsentiert wird, obwohl sie über eine hypothetische Zukunft spricht („irgendwann gibt's iphone 20“). Natalia zweifelt nicht an, dass dies geschehen wird. Die Entwicklung geschieht auch in Zukunft und ist von ihr nicht beeinflussbar. In Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft stellt die naturwissenschaftliche Forschung (technische) Produkte bereit. In diesem Sinne sind diese drei Zeitbereiche über den Wert der naturwissenschaftlichen Forschung für die Menschen verbunden.

Ebenso zeigen sich die Unkonkretheit der Entwicklung („die entwickeln sich ja immer wEITER“) und die Distanz zu sich selbst, die durch die Wahl der Pronomen („die“, „die menschen“) deutlich wird. Die Menschen entwickeln sich aus sich heraus immer weiter. Da Natalia selbst Teil dieser Menschen ist, scheint sie indirekt Teil dieser Entwicklung zu sein. Während zuvor Entwicklungen der technischen Produkte oder des Zustands der Natur thematisiert wurden, geht es nun um die Menschen. Über die Menschen wird hier ähnlich gesprochen, wie über die Entwicklung der technischen Geräte. Dabei wird nicht mehr wie zuvor eine spezifische Gruppe von Erfindern unterschieden. Die Entwicklung scheint für alle Menschen zu gelten, auch wenn zuvor den Erfindern eine zentrale Rolle zugeschrieben wurde. Dies unterstreicht, dass die Entwicklung der technischen Produkte und die Entwicklung der Menschen eng miteinander verbunden sind. Alle Menschen sind grundsätzlich Teil der Entwicklung, jedoch nur die Erfinder sind am konkreten Erfindungsprozess der Produkte beteiligt. Alle anderen Menschen nutzen lediglich die Produkte und sind so indirekt Teil der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften. Hier zeigt sich der Fall Natalia also homolog zu Paul.

### Zwischenfazit

Als Wert naturwissenschaftlicher Forschung wird die Bereitstellung von Produkten für alle Menschen deutlich. Dieser Wert verändert sich über die Zeit nicht, sondern lediglich die Produkte an sich. Der Veränderungsprozess verbleibt unkonkret und Natalia selbst wird nicht als Teil dieser Entwicklung deutlich. Dennoch gibt es über die heutzutage selbstverständliche Nutzung solche Produkte durch alle Menschen eine Verbindung zwischen ihrer eigenen Person und der naturwissenschaftlichen Forschung.

Interviewerin: was verÄNDERT sich denn jetzt (.) von früher bis heute bis in die zukunft auf deinem weg?

Natalia: also FRÜHER ähm (2) gab's nie so was wie handys oder laptops (1) und jetzt gibt es handys laptops videokameras alles mögliche halt. fernseher (1) und früher GAB's so was nicht und SPÄTER wird's bestimmt irgendwas anderes noch geben was (1) noch BESSER is.

Interviewerin: okay also die TECHNIK verändert sich [Natalia: ja] die wir haben. gibt's noch was ANDERES was sich verändert?

Natalia: ja die: (.) UMWelt, find' ich [Interviewerin: mhm] weil die ganzen AUTOS. (1) fahren ja rum und das ist ja alles (.) voll schädlich für die umwelt. (1) und ähm die bäume werden gefäl:lt und ja

Interviewerin: wie meinst du geht das in zukunft weiter?

Natalia: es wird so WEITERgehen glaub' ich. und dann haben wir irgendwann GAR NIX mehr. [Interviewerin: mhm] also ich glaub' irgendwann (2) wird die welt zur wÜste. würd' ich mal sagen. [Interviewerin: okay] (Z. 241 - 263)

In dieser Passage bestätigt sich das Muster von zuvor: Früher und Heute werden vergleichend in Bezug auf die Verfügbarkeit technischer Produkte gegenübergestellt („FRÜHER gab's [...] und jetzt gibt es“). Technische Produkte sind zu jeder Zeit relevant und werden durch die naturwissenschaftliche Forschung bereitgestellt. Der Veränderungsprozess verbleibt unkonkret, selbstverständlich und von Natalias Person unabhängig. Der Kontext Natur ist an dieser Stelle vorerst nicht relevant, es wird ausschließlich über die Technik gesprochen.

Die anschließende Nachfrage der Interviewerin impliziert, dass die bisher gegebene Antwort nicht ausreicht und weiteres anführbar wäre. Wie bereits bei den vorangegangenen Passagen wird auf Nachfrage der Interviewerin der Kontext Technik verlassen und über Natur und Umwelt gesprochen. Der Kontext Natur erscheint damit für Natalia als weniger relevant, da er jeweils immer erst auf Nachfrage der Interviewerin nach weiteren Aspekten angeführt wird. Dies bestärkt, dass es sich bei der Thematisierung der Umwelt um kommunikatives Wissen handelt und die Beschäftigung mit Natur und Umweltschädlichkeit der Sozialisation der Schule als Umweltschule entstammt (vgl. Kapitel 5.2.1.5). Dazu passend spricht Natalia auch hier wenig emotional. Sie beschreibt einen gegebenen, selbstverständlichen Zustand („AUTOS fahren ja rum“). Die Schädlichkeit dieser Tatsache für die Umwelt scheint nicht erklärungsbedürftig, sondern wird als selbstverständliche Konsequenz präsentiert.

Auch im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung des Zustands der Umwelt beschreibt sie einen Prozess der Veränderung bis zu einem Maximum („GAR NIX“). Erneut geht es um den Bestand oder die Verfügbarkeit von Dingen, hier Bäumen. Trotz der stetigen Weiterentwicklung der Menschen und der Technik („iphone 20“), die zuvor genannt wurde, zeigt sich eine Verschlechterung des Zustands der Natur. Begründet liegt dies im Fällen von Bäumen und der Schädigung durch Autos. Auch Autos stellen ein technisches Produkt dar, die für Natalia der naturwissenschaftlichen Forschung entstammen. So scheint sich im Laufe der Zeit nicht das Bewusstsein der Menschen für umweltschonendes Handeln zu

verbessern, sondern lediglich die technischen Errungenschaften der Forschung. Auch zu Beginn des Interviews beschreibt Natalia keinerlei handlungspraktische Maßnahmen zur Schonung der Umwelt, sie zeichnet lediglich ein Bild der aktuellen Situation, bei der jeder mal Abfall auf den Boden wirft. Es geht ihr also gerade nicht um Handlungswissen, wie es für Paul als Wert der naturwissenschaftlichen Forschung deutlich wird. Im Laufe der Zeit lernen Pauls Ansicht nach die Menschen den Umgang mit der Natur. Für Natalia stehen reale, haptische Gegenstände und deren Verfügbarkeit im Vordergrund und machen den Wert naturwissenschaftlicher Forschung aus. Sie scheinen wichtiger für das Leben der Menschen als die Natur.

Über das Sprechen in der ersten Person Plural bezieht sich Natalia selbst in die Gruppe der betroffenen Personen ein („wir haben irgendwann GAR NIX mehr“). Zuvor wurde deutlich, dass sie über die Vergangenheit eher distanziert zur eigenen Person gesprochen hat. Nun zählt sie sich als zur Zukunft gehörig. Auch diesen Prozess scheint sie selbst jedoch nicht aufhalten oder beeinflussen zu können, er findet einfach statt („das wird so WEITERgehen“, „irgendwann wird die welt zur wÜste“). Wie bereits in der Eingangspassage zeigt sich, dass sie sich auch in Bezug auf die Veränderung der Umwelt als passiv und nicht handlungsmächtig ansieht.

### Zusammenfassung

#### Orientierungsrahmen bezüglich ...

- **des Werts der Naturwissenschaften:** Für Natalia stellt die naturwissenschaftliche Forschung allen Menschen technische Geräte zur Verfügung.
- **des Selbstbezugs zu Naturwissenschaften:** Der Bezug zwischen ihrer eigenen Person und der naturwissenschaftlichen Forschung ist selbstverständlich dadurch gegeben, dass sie wie alle Menschen die Produkte der Forschung nutzt.
- **zeitlicher Entwicklung der Naturwissenschaften:** In einer zeitlichen Dimension ist Veränderung zentral, jedoch verbleibt der eigentliche Prozess der Veränderung unkonkret. Vielmehr werden Gegenwart und Vergangenheit als dichotom gegenübergestellt.
- **des Selbstbezugs zur zeitlichen Entwicklung:** Sie konzipiert sich selbst als nicht einflussreich auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften. Es besteht jedoch ein indirekter Bezug, indem sie selbst, wie alle Menschen, die von den Naturwissenschaftlern bereitgestellten technischen Produkte heute und auch zukünftig nutzt.

#### 5.3.1.4. Eckfall 4 – Arne

Arne ist zum Zeitpunkt des Interviews 17 Jahre alt und besucht die 11. Klasse eines Gymnasiums, die auch die folgend dargestellte Schülerin Inga besucht. Da Inga drei Tage vor Arne interviewt wurde, ist auch hier nicht auszuschließen, dass ein Austausch über die Inhalte des Interviews stattgefunden hat. Dies wurde bei der Auswertung beider Fälle berücksichtigt, es fanden sich jedoch keinerlei Hinweise darauf im Datenmaterial. Als profilgebende Fächer gibt Arne Physik, Geschichte und Informatik an und er möchte Pilot werden. Mit 33 Minuten gehört dieses Interview zu den längeren Interviews der Datenerhebung. Das Interview wurde in einem Besprechungsraum der Schule des Interviewten durchgeführt. Bereits die Ausführungen zur Frage nach spontanen Gedanken zu Naturwissenschaften unterscheiden sich nicht nur in der Länge von den zuvor dargestellten Interviews. Diese Eingangspassage wird der Lesbarkeit halber in zwei Abschnitte unterteilt dargestellt:

Arne: also als erstes denk' ich nat-ähm an die PHYsik, so:: ich (.) guck' ja auch leidenschaftlich fernsehen und guck' so big bang theory und so [Interviewerin: mhm] da muss ich natürlich immer an so was denken und so experimente:, oder auch wenn ich an physikunterricht denke (1) haben wir immer VIEL mit (.) sagen=wir=ma mit der WELT zu tun, (1) egal ob's jetzt äh irgendwelche industrIEgebiete sind wo wir dann irgendwelche WATT(.)zahlen ausrechnen oder so was oder auch wenn wir (.) auch nur so die NATURgesetze machen. DA (.) da denk' ich immer wenn (.) n-naturwissenschaften denk' ich eigentlich sofORT an physik, (1) und okay auch=auch 'n bisschen an chemIE, und biologIE natürlich, (1) aber:: (1) als ersten (2) gedAnke kommt mir immer physik in (1) in kopf. [Interviewerin: mhm] ja.

(11) (Z. 190 - 204)

Auch Arne leitet eine Aufzählung verschiedener Aspekte ein („als erstes“) und nennt „die PHYsik“, also einen speziellen Bereich bzw. eine bestimmte Disziplin der Naturwissenschaften. Er geht über die reine Nennung hinaus und spricht über eigene Erfahrungen in Freizeit und Schule. Durch seine Selbstaussage „leidenschaftlich fernsehen“ zu gucken, stellt er, vermittelt über die zur Zeit täglich ausgestrahlte Serie „big bang theory“, eine Sitcom mit Naturwissenschaftler\_innen als Hauptfiguren, eine Verbindung zu seiner eigenen Person her. Naturwissenschaften werden dadurch als ein Teil der Freizeitbeschäftigung und der persönlichen Unterhaltung deutlich. Der Zusammenhang mit Naturwissenschaften scheint selbstverständlich zu sein („muss ich natürlich immer an so was denken“).

Über die Konjunktion „oder“ wird die angefangene Aufzählung fortgeführt. Nun geht es spezifischer um den Physikunterricht, im Zuge dessen er kollektiv geteilte Erfahrungen („wir“) macht. Diese Erfahrungen gehen mit Tätigkeiten wie „ausrechnen“ und „machen“ einher und beziehen sich auf die „WELT“. Arne bringt Naturwissenschaften ebenso wie Paul, Alexander und Natalia mit der uns umgebenden Welt zusammen, fokussiert jedoch nicht wie die anderen drei Schüler\_innen auf die natürliche Umwelt. Er nennt Industriegebiete und die Naturgesetze. Die Welt scheint vielmehr auch die uns umgebende technische, durch den Menschen beeinflusste Welt zu umfassen. Dies stellt einen starken

Kontrast zu dem bereits in Kapitel 5.1.4 dargestellten Fall Claas dar, welcher mit Naturwissenschaften Natur und gerade die nicht durch den Menschen beeinflusste Wildnis assoziiert. Arne geht es nicht um die reine Betrachtung der Welt, sondern um die Berechnung von „WATTzahlen“ und „so die NATURgesetze machen“. Er konzipiert sich und eine Gruppe von Personen („wir“) als aktiv handelnd, wobei die Nennung einer Personengruppe und die Formulierung „NATURgesetze machen“ auf schulische Erfahrungen hindeuten. Dazu passend steht eine Beschäftigung mit der Welt im Vordergrund, die sich jedoch als eine theoretische zeigt: Er ist nicht selbst Teil eines Industriegebietes, sondern berechnet aus der Ferne dessen Leistung. Auch die Naturgesetze werden als Inhalte des Unterrichts deutlich. Naturwissenschaftlicher Unterricht wird also einerseits mit der „WELT“ verknüpft, jedoch zeigt sich diese als eine Verknüpfung aus der Ferne und gerade nicht als eine direkte, anders als beispielsweise Paul und Claas, die direkt erlebte Erfahrungen in der Natur thematisieren. Darüber hinaus geht es nicht wie bei Paul um Handlungswissen oder wie bei Natalia um Produkte, sondern stärker um Faktenwissen. Dieses Faktenwissen wird ihm, aber auch weiteren Personen (vermutlich seinen Mitschülern) zur Verfügung gestellt.

Nach einer 11-sekündigen Pause äußert Arne folgende weitere Gedanken zu Naturwissenschaften:

ja also dAs ist eigentlich das dass ich immer an physik, denke. (.) dass ich äh (.) sagen wir ich kann mich auch relativ gut an die SCHULzeit noch erinnern (.) dass wir auch immer in den (1) d-auch die HISTORIE angeguckt haben (.) egal ob's galileo war oder so. und dass äh (.) das man hAlt auch mit s-KLEIN sachen wenn man jetzt einfach von einem schiefen turm, (.) oder generell irgendwo was fAlln lässt dass man SO grOßes bewIRKEN kann. [Interviewerin: mhm] dass is dann auch schon wieder: (.) das erSTAUNT mich und deshalb (1) mag ich physik auch sehr gErne, und will auch später (1) °was damit machen° [Interviewerin: mhm] (2) ja. (Z. 205 - 216)

In diesem zweiten Teil der Passage stellt er explizit einen Bezug zum Kontext Schule her. Dabei wirkt es so, als wäre seine Schulzeit bereits beendet: „kann mich auch relativ gut an die SCHULzeit noch erinnern“. Dies steht im Widerspruch dazu, dass er auch heute noch in die Schule geht, sich aufgrund seines Profils regelmäßig mit Naturwissenschaften beschäftigt und zuvor bereits über aktuelle Erfahrungen in der Schule spricht. Seiner Ansicht nach bezieht er sich auf Vergangenes und beschreibt ein sich regelmäßig wiederholendes Muster („dass wir auch immer [...] die HISTORIE angeguckt haben“). Die Historie erscheint als eine Perspektive, um auf Gegenstände oder Inhalte zu blicken. Auf diese Art und Weise stellt Arne sich als wissend im Bereich der Wissenschaftsgeschichte dar, was durch das anschließend beschriebene Beispiel unterstrichen wird. Er führt jedoch nicht nur das Beispiel von (vermutlich) Galileos Turmfallexperiment aus, sondern leitet generelle Konsequenzen ab: „generell [...] dass man SO grOßes bewIRKEN kann“. Dazu passend zeigt sich auch ein Wechsel der Pronomen von der ersten Person Plural hin zu einem verallgemeinernden „man“. Ein konkretes historisches Beispiel wird mit einer generellen Charakteristik der Physik in Verbindung gebracht. Damit unterscheidet sich

Arne von allen bisher dargestellten Fällen. Während Natalia die Erfindung des ersten Handys lediglich nutzt, um eine einmalige zeitliche Verortung vorzunehmen oder Claas die Erfindung des Mikroskops als einmalige herausragende Veränderung auf dem Weg der Wissenschaft konzipiert, nimmt Arne eine Generalisierung vor. Die Tatsache, dass man Großes bewirken kann, scheint unabhängig von der Zeit grundsätzlich zu gelten und zeigt sich beispielsweise bei Galileos Turmfallexperiment. Es ist diese allgemeine Charakteristik naturwissenschaftlicher Forschung, die Arne „erSTAUNT“ und nicht wie bei Natalia ein Erstaunen über die Größe des ersten Handys, also eines einzelnen Gegenstandes.

Ausgehend von diesem Erstauntsein wird explizit ein positives Verhältnis zwischen seiner eigenen Person und der Physik benannt. Dabei geht es nach den vergangenen Erlebnissen auch um die Zukunft, in der er ebenfalls „was damit machen [will]“. Nicht aufgrund von eigenen Erlebnissen in der Natur wie bei Paul, sondern aufgrund des Erstaunens über eine allgemeine Eigenschaft der Physik wird explizit eine positiv gerahmte Verbindung zu seiner eigenen Person hergestellt. Vielmehr wirkt es so, als sei ausgehend von dieser Eigenschaft der Physik, ein positiver Bezug zwischen seiner Person und den Naturwissenschaften die Konsequenz, ebenso wie er im ersten Abschnitt „natürlich“ an die Serie Big Bang Theory denkt. Arne stellt sich als jemanden dar, der vermittelt über Freizeit, Schule und Wissen über Eigenschaften der naturwissenschaftlichen Forschung eine positive Beziehung zu Naturwissenschaften hat. Dass diese Beziehung sich implizit jedoch eher als eine selbstverständliche zeigt, wird ganz am Ende des Interviews deutlich, als die Interviewerin nach seinen geäußerten Zukunftsplänen fragt. Zum besseren Verständnis der Interpretation wird an dieser Stelle die sequenzielle Darstellung verlassen und ein Vorgriff auf spätere Aussagen gemacht. Die Auswertung erfolgte dennoch sequenziell.

Interviewerin: und jetzt hast du vorhin auch gesagt du möchtest auch nAchher was mit physik machen?

Arne: ja ich weiß noch nicht so genau was ich machen werde aber (1) ich muss ja sehen wo meine stÄRken liegen [Interviewerin: mhm] und (1) selbst wenn vielleicht auch aufm zEUGnis jetzt nicht so:: das ist ja auch manchma-meistens vom lehrer abhängig (.) die note is äh (1) ja und meine:: Lieblingsfächer meine stärken sind sport und ph-physik mathe und so was (Z. 702 - 713)

Die zukünftige Beschäftigung mit Naturwissenschaften wird als Fakt dargestellt, die Entscheidung scheint bereits getroffen und lediglich der konkrete Tätigkeitsbereich ist noch festzulegen. Ausschlaggebend für die Wahl des zukünftigen Berufs werden von Arne die Stärken seiner Person thematisiert. Dies scheint ein notwendiger Schritt zu sein („ich muss ja sehen wo meine stÄRken liegen“) und steht im Kontrast zur in der vorherigen Passage geäußerten Bewunderung für das, was Physiker bewirken können: „das erSTAUNT mich und deshalb [...] will [ich] auch später was damit machen“.

In der weiteren Ausführung spricht Arne erst von „Lieblingsfächern“, schwenkt dann wieder um und spricht von seinen „stÄRken“. So erscheint seine Stärke, also seine Fähigkeit in den Naturwissenschaften, als ausschlaggebendes Kriterium einen Beruf in diesem Bereich zu wählen. Die Bezeichnung als Lieblingsfächer verweist stärker auf das subjektive

Gefallen der Fächer, auf eine emotionale Beziehung. Aufgrund des Wechsels der Worte scheint diese jedoch weniger relevant für die zukünftige Berufswahl zu sein als die rationale Feststellung der eigenen Stärken. Dies verweist darauf, dass Arne explizit zwar einen positiven Bezug zwischen seiner eigenen Person und den Naturwissenschaften nennt, sich implizit jedoch stärker ein selbstverständlicher Bezug zeigt, der eben in den Stärken des Schülers begründet liegt. In diesem Sinne zeigt Arne sich homolog zu Natalia, die ebenfalls selbstverständlich mit Naturwissenschaften zu tun hat, dies jedoch vermittelt über die alltägliche Nutzung technischer Produkte, die ihr von der naturwissenschaftlichen Forschung bereitgestellt werden. Arne hat aufgrund seiner Stärken zurzeit und zukünftig ganz selbstverständlich mit Naturwissenschaften zu tun. Die beiden Fälle unterscheiden sich dahingehend, wie dieser selbstverständliche Bezug zwischen Naturwissenschaften und eigener Person besteht.

Naturwissenschaften stellen einen Teil von Arnes Freizeitbeschäftigung dar und werden als ein Schulfach deutlich, in dem er seine Stärken sieht. In diesem Sinne erscheinen Naturwissenschaften als ein Mittel zum Zweck: Sie werden zur Belustigung und zur Vorbereitung auf eine (hypothetisch) erfolgreiche berufliche Zukunft genutzt. Es deutet sich also an, dass Naturwissenschaften einen für Arne persönlichen Wert besitzen. Dies stellt einen Unterschied sowohl zu Alexander dar, der die naturwissenschaftliche Forschung als wertlos konzipiert, als auch zu Paul und Natalia, die der naturwissenschaftlichen Forschung einen Wert nicht nur für sich selbst, sondern allgemein für alle Menschen zuschreiben. Arne verknüpft in all seinen bisherigen Aussagen das, was er unter Naturwissenschaften versteht, mit seiner Lebenswelt. Er spricht über seinen Unterricht, seine Vorlieben beim Fernsehen und seine berufliche Zukunft und bringt all diese Bereiche mit Naturwissenschaften in Verbindung. Es scheint also durchaus eine Verbindung zwischen seiner Person und Naturwissenschaften zu geben. Dabei fällt auf, dass Naturwissenschaften als ein Mittel zum Zweck deutlich werden. Zum einen ermöglicht ihm der Unterricht seinen Stärken nachzugehen, zum anderen werden auch Inhalte der Naturwissenschaften als Hilfsmittel konzipiert:

Interviewerin: jetzt hast du eben von NATURgesetzen gesprochen. was verstehst du unter naturgesetzen?

Arne: also naturgesetze sind wie man (.) des-die die natur verstEhn kann [...] es gibt so sAchen die man (.) so GESETZE die-mit denen man di-die natur bEsser verstehen kann. (1) was einem noch unklar is. man man DENKT zwar was anderes aber (.) es-die natur zeigt ei-äh die naturgesetze zeigen eigentlich dass es vielleicht doch ANDERS is als wir auch DENKEN, [Interviewerin: okay] (Z. 218 - 240)

Naturgesetze helfen beim Verstehen der Natur, wobei sie eine aktive Rolle einnehmen („naturgesetze zeigen“). Sie scheinen unabhängig von den Menschen zu bestehen, gerade nicht eine Konstruktion dieser zu sein. Diese Gesetze helfen „einem“, indem sie Klarheit schaffen. Auch über das Personalpronomen der ersten Person Plural bezieht sich Arne in die Gruppe der Falsch-Denkenden ein. Wer genau zu dieser Gruppe zählt, bleibt unklar. Naturgesetze scheinen für Arne ein Werkzeug zu sein. Dies deutet auf ein eher funktionales Verständnis der Naturgesetze hin. In diesem Sinne haben die Naturgesetze den Wert, ein

Verstehen der Natur zu ermöglichen und werden auch von Arne als eine Art Werkzeug, das ihm ein Verstehen der Natur ermöglicht, eingesetzt. So haben die Naturwissenschaften einen Wert, der nicht ausschließlich für Arne selbst gilt, sondern sich auf eine Gruppe von mehreren Personen bezieht. Naturwissenschaften und Naturgesetze können von allen genutzt werden, um die Natur richtig zu verstehen.

Für Arne findet der Kontakt zu Naturwissenschaften durch den schulischen Kontext statt:

Interviewerin: gab's ma gelegenheiten wo du mit naturwissenschaften zu tun hattest?

(2)

Arne: ja::: schule zum beispiel [Interviewerin: mhm] aber ich hatte auch hier ähm ich hatte mal in der achten ein NAWIkurs, wahlpflicht. da wa-ham wir halt bei NATex mitgemacht, und (.) das war auch glaub' ich das einzige wo ich RICHTICH mit naturwissenschaften jetzt außerhalb der schule (.) was zu tun hatte. (Z. 242 - 250)

Es wird ein Unterschied zwischen Naturwissenschaften in der Schule und „RICHTICH mit Naturwissenschaften [...] zu tun [haben]“ deutlich. Durch die Konjunktion „aber“ wird die Verschiedenheit weiter betont. Doch auch der Kontakt zu den richtigen Naturwissenschaften fand vermittelt über den Schulunterricht statt. Arne spricht sowohl bei der Frage nach spontanen Gedanken zu Naturwissenschaften als auch bei den Kontaktmöglichkeiten über den Kontext Schule. Dies fällt besonders im Vergleich zu den Fällen Claas, Paul und Natalia auf, die auch Erfahrungen außerhalb des schulischen Rahmens, beispielsweise in der Natur, thematisieren. Erlebnisse in der Natur scheinen für Arne gerade nicht mit Naturwissenschaften in Verbindung zustehen.

Es zeigt sich hier außerdem, dass Arne viele faktenähnliche Rahmendaten nennt: So geht es um die konkrete Klassenstufe, die Bezeichnung des Kurses und seine institutionelle Form als Wahlpflichtkurs. Relevant ist der institutionalisierte Rahmen, in dem er mit Naturwissenschaften in Kontakt kommt. Arne scheint nicht wie Paul dauerhaft an der naturwissenschaftlichen Forschung teilzunehmen, sondern hatte lediglich bei einer einmaligen („das einzige“), durch die Schule ermöglichten Situation mit den richtigen Naturwissenschaften zu tun. Dies unterstreicht ein stärker distanzierteres Verhältnis zu den richtigen Naturwissenschaften als jenes emotional positiv belegtes, das er zu Beginn explizit äußert und welches sich auf die schulische Naturwissenschaft zu beziehen scheint. Die Verschiedenheit zwischen wissenschaftlicher Disziplin und Schule ist zentral, wobei Arne dennoch beides mit Naturwissenschaften in Verbindung bringt. Der Kontakt zu Naturwissenschaften findet in der Schule für ihn ganz selbstverständlich statt („ja schule zum beispiel“).

### Zwischenfazit

Arne beschreibt explizit einen sehr positiv gerahmten Bezug zwischen sich selbst und den Naturwissenschaften bzw. spezifischer der Physik. Implizit zeigt sich, dass der Bezug zur wissenschaftlichen Disziplin vermittelt über seine Stärken in diesem

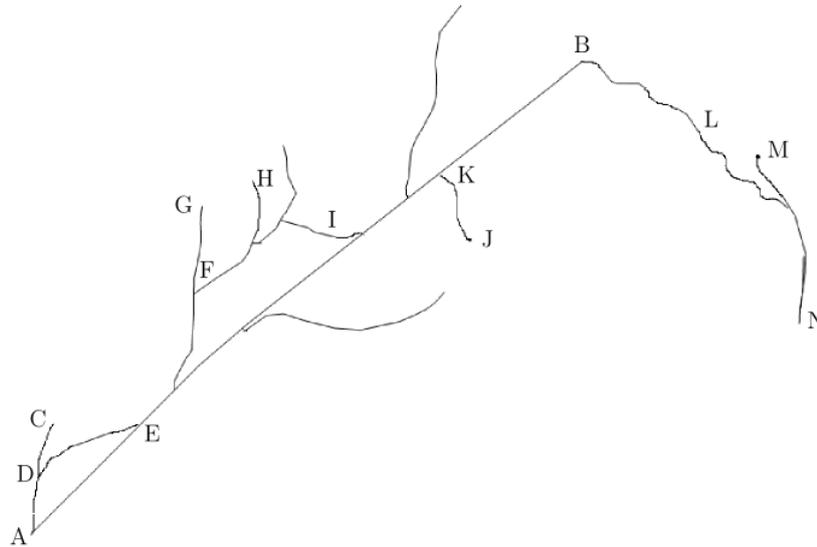
Bereich jedoch eher als ein selbstverständlicher anzusehen ist. Angeführte Erfahrungen sind schulisch gerahmt und verbleiben in diesem institutionalisierten Rahmen. Arne schreibt aufgrund seiner individuellen Stärken im Bereich Naturwissenschaften diesen einen persönlichen Wert in Bezug auf seine berufliche Zukunft zu. Naturwissenschaften ermöglichen es ihm, seine Stärken (auch in Zukunft) zu nutzen. Unabhängig von seiner Person stellt die Physik allen Menschen Wissen zur Verfügung, sodass es neben dem persönlichen Wert einen allgemeinen Wert der Naturwissenschaften für alle Menschen gibt.

Die Beschreibung seines Bildes ist sehr ausführlich und wird der Lesbarkeit halber in vier Abschnitte unterteilt dargestellt.

Interviewerin: okay dann reden wir wieder über dein bild? erzähl' mir doch mal mithilfe deines bildes etwas über die naturwissenschaftliche fOrschung,

Arne: also ich (1) ich bin ja auch äh im technikprofil wo: (.) es auch um naturwissenschaften=sehr=geht, und da (.) ich hab' halt da is geschichte drin und ich hab' halt so begonnen so bei aristoteles und so was halt mir so überLEGt und DA äh d-da ist es auch wieder @passt ja theoretisch zu galileo@ der hat ja (.) [Interviewerin: mhm] das genau ANDersrum gehabt SO:: wie man's (.) gedAcht hat wenn die masse größer sind das die schneller fAlln, deshalb hab' ich so 'n WEG gemacht vom EIGENTlichen weg der naturwissenschaften ((zeigt von A nach B))? (1) ist sein gedanke eigentlich ABgekommen ((zeigt von A nach C)), aber DAdurch dass er halt diesen falschen gedanken HATTE ver-äh: oder auch generell. ist man-is is von dIEsem weg ((zeigt auf D)) von dem fAlschen weg is man dOCH auf den richtigen gekommen ((zeigt von D nach E)). [Interviewerin: mhm] und zwar weil ich glaub' jetzt nicht äh ich wei-wer wEIB vielleicht (.) hätte galileo das äh nicht geWUSST und so dann (.) wär' alles ANders gewesen. aber ich würd' halt sagen dass es VIELE so verzWICKT wege ((zeigt auf F)).-es gibt auch fAlschE wege ((zeigt auf G)). (.) die man (.) gehen kann oder die man (.) dEnkt. (2) und dass man halt auch öfters hier hab' ich jetzt gemacht dass EIgentlich das der erste weg falsch is ((zeigt von F nach G)) (.) so dass man sich halt zu einem bestimmten phänoMEN oder so (1) dEnkt man sich was äh dEnkt man sich etwas 'ne theorIE? die ist jedoch fALSCH. man denkt vielleicht sie ist rICHtich, und von dEr zwEITEN kommt vielleicht noch äh halt von der Ersten kommt noch 'ne ZWEITE theorie ((zeigt von F nach H))? davon. (.) um de- um um sie zu verBESESSERN oder denkt dass sie falsch ist und die ist AUCH falsch und vielleicht ist bei der dRITTEN ((zeigt auf I)) der feu-der einz-der funke da der es sagen wir auf den richtigen WEG bringt, dass das WIKLICH stimmt, [Interviewerin: mhm] deshalb' hab' ich jetzt hier so drei (.) okay das ist zwar ein bisschen doof aber man (.) so DREI (1) wege und vom drITTEN erst kommt der richtige funke rüber dass (1) das richtige gefunden wurde? (Z. 302 - 345)

Anders als alle anderen interviewten Schüler\_innen macht Arne zuerst eine Aussage über sich selbst und beginnt anschließend die Beschreibung seines Bildes. Erneut stellt er der Interviewerin Hintergrundwissen zur Verfügung, welches den institutionellen Rahmen Schule betrifft. Er begründet oder kontextualisiert die Wahl der Gestaltung des Bildes. Die ihm aus dem Unterricht verfügbaren Kenntnisse werden hier als Legitimation angeführt. Er stellt explizit eine Verbindung zwischen seiner eigenen Person und der zeitlichen Entwick-



lung der Naturwissenschaften her, indem er Naturwissenschaften und Geschichte thematisiert und sich abermals selbst als wissend in diesem Bereich präsentiert. Schule wird hier wie zuvor als Quelle von Wissen im Bereich Naturwissenschaften deutlich, welches er nun als Werkzeug nutzt, um über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften zu sprechen. Auch dies unterstützt, dass (schulische) Naturwissenschaften einen Nutzen für Arne haben und er ihnen einen Sinn und den Wert zu schreibt, Wissen bereitzustellen. Als scheinbar logische Konsequenz aus der Möglichkeit dieses Wissen zu erlernen, ergibt sich die Gestaltung seines Bildes.

Arne beschreibt einen konkreten Anfangspunkt („ich hab’ halt so begonnen so bei aristoteles“). Dieser Anfang bezieht sich auf seine Darstellung („ich hab [...] begonnen“) und wird nicht als Anfangspunkt der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften deutlich. Damit betont er, dass es sich um seine Setzung handelt. Ganz anders spricht beispielsweise Paul allgemein über den Zustand früher („früher war das halt immer so“) und beschreibt einen von ihm unabhängigen Fakt. Arne macht deutlich, dass es sich um seine Überlegungen, ausgehend von dem ihm zur Verfügung stehenden Wissen handelt („mir so überLEGT“). Wie bereits in der Eingangspassage, als aus dem Beispiel von Galileos Turmfallexperiment eine allgemeine Charakteristik der naturwissenschaftlichen Forschung abgeleitet wurde, nimmt Arne auch hier Bezug zu Kenntnissen aus der Wissenschaftsgeschichte und wendet das ihm verfügbare Wissen an.

Mit Aristoteles und Galileo werden zwei historische Wissenschaftler angeführt und anhand des Beispiels von Galileos Turmfallexperiment eine Eigenschaft des Weges (Wege, die vom eigentlichen Weg abkommen) thematisiert. Erneut wird ausgehend von dem historischen Beispiel des Turmfallexperiments eine „generell[e]“ Eigenschaft angesprochen: Man ist vom falschen doch auf den richtigen Weg gekommen. Dazu passend findet ein Wechsel der Pronomen statt. Wurde zuvor noch von Galileo und „er“ gesprochen, wählt Arne nun das verallgemeinernde „man“. Aristoteles und Galileo, ebenso wie „so was halt“ werden dieser Eigenschaft des Weges zugewiesen. Auch wenn Galileos Experiment, wie auch schon

zuvor, detaillierter ausgeführt wird, scheint dies nicht allein für den thematisierten Wegabschnitt zu stehen. Arne führt ein Beispiel aus, welches jedoch nicht konkret an jener Stelle des Weges verortet sein muss, die er gerade beschreibt. Der Fall Claas hingegen verortete die Erfindungen des Mikroskops und der Lupe ganz eindeutig auf seinem Weg und auch Natalia wies einen Wegteil dem Zeitbereich früher und einen anderen Wegteil der Gegenwart zu. Solch eine direkte zeitliche Verortung nimmt Arne nicht vor, für ihn scheint stärker die generelle Konsequenz des Beispiels bedeutsam zu sein („aber ich würd' halt sagen dass es VIELE so verzwickte wege [gibt]“).

Arne trifft ontologische Aussagen („es gibt“) und spricht von „öfters“. Es wird also eine Wiederholung thematisiert, die sich auf die zuvor beschriebene Eigenschaft des Weges bezieht. Wie in seinem Bild dargestellt, treten an mehreren Stellen Wege auf, die vom eigentlichen Hauptweg wegführen. Sie werden als „verzwickte wege“ bezeichnet und mit Hilfe eines Beispiels eingeführt. Arne beschreibt also nicht eine Eigenschaft des Weges, die nur für einen Teil des Weges gilt, so wie Natalia der Vergangenheit andere Eigenschaften zuspricht, als der Gegenwart. Vielmehr gibt es dies mehrfach im Verlauf seines Weges und wird damit stärker zu einem Charakteristikum der gesamten dargestellten zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften. Es deutet sich an, dass für ihn generelle Charakteristika der naturwissenschaftlichen Forschung (unabhängig von einer zeitlichen Komponente) bedeutsam sind, auch wenn er durchaus einen Entwicklungsprozess beschreibt.

Beim Abkommen vom Weg gibt es richtige und falsche Wege, die richtige und falsche Theorien symbolisieren. Theorien stellen eine gewisse Art von Wissen dar und auch die Klassifizierung als richtig oder falsch kann auf Wissen oder Lösungen für Probleme bezogen werden. Es deutet sich hier erneut an, dass für Arne mit der naturwissenschaftlichen Forschung Wissen in Verbindung steht. Im Laufe der Zeit wird falsches durch richtiges Wissen ersetzt. Dies bestärkt, dass für Arne naturwissenschaftliche Forschung mit der Verfügbarkeit von Wissen einhergeht. Dabei fällt auf, dass er die Metapher eines Funken verwendet. Diesem Funken wird eine aktive Rolle zugesprochen („der funke da, der es sagen wir auf den richtigen WEG bringt“, „kommt der richtige funke rüber“). Er ermöglicht, dass eine Theorie „wirklich stimmt“. Ziel des Weges naturwissenschaftlicher Forschung scheint also richtiges Wissen zu sein, wobei dieser Prozess von außen beeinflusst ist. Ein Funke stellt den möglichen Ausgangspunkt eines Feuers oder einer Explosion dar und wird in der Metapher des zündenden Funkens verwendet, um den Auslöser eines gewünschten Prozesses zu beschreiben. Die Metapher eines überspringenden Funkens wird vielfach verwendet, um zu beschreiben, wie Begeisterung oder andere Emotionen von einer Person an eine andere übertragen werden. In jedem Fall ist diese Metapher positiv konnotiert und zeugt von Fortschritt und Verbesserung. Wissen wird als gegeben konzipiert, sodass im Laufe der Zeit „das richtige gefunden wurde“. Durch die Verwendung dieser Metapher erhält der von Arne beschriebene Entwicklungsprozess eine positive Richtung und zeugt von Optimismus. Trotz der falschen Wege scheint der richtige im Laufe der Zeit gefunden zu werden. Dies steht im starken Kontrast zu dem Fall Alexander, der einen grundsätzlich negativen Entwicklungsprozess beschreibt, der nicht beeinflussbar zu sein scheint. Diese positive Entwicklungstendenz zeigt sich auch in Arnes Bild, indem der Weg von unten

links nach oben rechts verläuft, was im Sinne Lakoff and Johnsons räumlicher Metaphern (oben = gut, unten gleich = schlecht) für eine positive Entwicklungsrichtung spricht.

Im zweiten Abschnitt dieser Passage thematisiert Arne weitere Eigenschaften des Weges:

hier ((zeigt auf J)) hab' ich jetzt so 'n PUNKT auch gemacht so dass es heißt (.) ähm das von AUßEN ein weg jetzt (.) ähm ein weg auf den naturwissenschaftsweg kommt. und zwAR hab' ich es so gemacht dass viel-ähm das: ich dachte ich denk' mir das von AUßEN auch mal sachen komm. man ERwartet jetzt (.) also:: vielleicht werden manche sachen nicht so (.) ERforscht. oder früher, und dann kam irgendwie-i-ich ich weiß es nicht. es (.) n meteorit einfach runtergeschlagen [Interviewerin: mhm] oder:: und dann haben sie sich gedacht (.) oh wus-kannten sie davor noch nicht. deshalb ist es (.) nen weg der einfach daZUKommt der-wo: man nicht hingehen kAnn sondern der (.) so=zu=sagn darAUF trifft ((zeigt von J nach K)). so dass man durch dIESN geDANKN (.) dass man dann da wieder so: nEUE gedanken(.)gänge hat und (.) sich nEUE sachen überlegt. (1) (Arne, Z. 345 - 361)

Auch diese Eigenschaft des Weges wird nicht mit einem einzelnen Ereignis in Verbindung gebracht („das von AUßen auch mal“), sondern eine Aufzählung möglicher Ereignisse begonnen: „vielleicht werden manche sachen nicht so ERforscht oder früher [...] kam [...] n Meteorit einfach runtergeschlagen“. Der Weg, der auf den eigentlichen Weg trifft, steht also für verschiedene Ereignisse. Zuvor wurde Galileos Turmfallexperiment ebenfalls als ein Beispiel für eine sich wiederholende Eigenschaft des Weges angeführt. Arne thematisiert ausgehend von einem Beispiel jeweils die generellen Konsequenzen, die er abgeleitet hat. Auch in der Darstellung seines Weges finden sich Abzweigungen vom Hauptweg und Wege, die mit einem Punkt beginnen und auf den Hauptweg treffen, mehrfach wieder. Sie scheinen nicht ein einziges Ereignis zu symbolisieren, so wie beispielsweise bei Claas die Entwicklung der Lupe einem bestimmten Punkt im Bild zugewiesen wurde, ab dem sich der weitere Verlauf des Weges veränderte. Auch wenn Arne also einen zeitlichen Verlauf beschreibt und über Kenntnisse aus dem Bereich Wissenschaftsgeschichte verfügt, zeigt sich, dass er immer wieder generelle, über die gesamte zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften geltende Charakteristika thematisiert. In Bezug auf diese Tatsache unterscheidet sich Arne von allen bisher dargestellten Fällen, welche stärker eine zeitlich chronologische Abfolge verschiedener Ereignisse oder Zeitbereiche (Claas, Natalia) oder einen kontinuierlichen Prozess der Veränderung im Laufe der Zeit (Alexander, Paul) konzipieren. Für Arne scheint die Beständigkeit bestimmter Eigenschaften der Forschung über die gesamte Zeit hinweg zentral zu sein.

ja. dann hab' ich hier so 'n bisschen:: wiRRWarr oder son bisschen krumm gemacht ((zeigt von B nach L)). das zeigt halt dass es auch viel verZWICKT ist. es dauert ja auch manches einige jAhre (1) äh:: auch sachen wenn man etwas WILL also wenn man wenn man jetzt herau-herausgefunden hat eine theorie aufgestellt hat, (1) kupernikus hat ja AUCH s- jAhrelang. (1) sich den himmel angeguckt und äh:: (1) so die (.) plaNETEN und so begutachtet und so was hat ja auch schon LANGE gedauert. [Interviewerin: mhm] und das kommt ja nicht von EI-von hier auf jetzt so oh ja (1) da DENK' ich mir das so das IS so. sondern es braucht halt jAhre das is auch ANstregend ((zeigt auf L)). und deshalb auch diese lÄngeren wege als-'ne

grAde ist ja auch kürzer als so komische (.) wege ja. [Interviewerin: mhm] (Arne, Z. 361 - 375)

Als weitere Eigenschaft wird das „wiRRWAr“ des Weges thematisiert und mit „das es auch viel verZWICKT ist“ in Verbindung gebracht. Erneut wird ein Zustand beschrieben, der zeigt, dass Forschung auch schwierig oder knifflig sein kann. Es wird eher eine allgemeine Eigenschaft naturwissenschaftlicher Forschung beschrieben, die unabhängig von einer konkreten Zeit gilt. Auch in diesem Abschnitt wird ein historisches Beispiel angeführt: Kopernikus' Beobachtung der Planetenbewegungen. Arne hat Kenntnis davon, dass Kopernikus Forschung lange Zeit in Anspruch genommen hat und nutzt dies zur Verdeutlichung einer allgemeinen Eigenschaft der naturwissenschaftlichen Forschung („Kupernikus hat ja AUCH jAhrelang sich den himmel angeguckt“). Dies gilt nicht nur, sondern auch für Kopernikus und damit grundsätzlich für weitere Forschungen. Kopernikus wird wie zuvor Galileo als ein Beispiel genannt und anschließend verallgemeinernd gesprochen („es dauert ja auch manches einige jAhre“, „das is auch ANstrenge“). Arne spricht nicht ausschließlich über die Vergangenheit, sondern ebenfalls über „jetzt“ und wählt als Zeitform das Präsens. Obwohl also ein historisches Beispiel ausgeführt wird, thematisiert er auch die heutige Zeit. Diese Interpretation bestärkt, dass für ihn in einer zeitlichen Perspektive die Beständigkeit von Charakteristika der naturwissenschaftlichen Forschung allgemein bedeutsam ist.

Dass es sich bei Arnes Darstellung weniger um eine zeitlich chronologische Abfolge handelt, zeigt auch die Wahl seiner historischen Beispiele. Während er mit Aristoteles im 4. Jahrhundert vor Christus beginnt, steht auch Galileos Lebenszeit für den Anfang des Weges (links unten im Bild), welcher im 16. Jahrhundert nach Christus lebte. In dem gerade dargestellten Abschnitt bezieht sich Arne auf das Ende seines Weges (oben rechts im Bild) und führt das Beispiel von Kopernikus Planetenbeobachtungen an. Dieser lebte von 1473 bis 1543 und damit noch vor Galileo. Es scheint so, als würde Arne seine Kenntnisse der Wissenschaftsgeschichte nutzen, um Eigenschaften der naturwissenschaftlichen Forschung insgesamt zu beschreiben, obgleich er nicht dementiert, dass es eine zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften gibt. Während alle anderen bisher dargestellten Fälle die Veränderung in den Vordergrund stellen, gilt dies für Arne nicht.

In dem folgenden letzten Abschnitt der Bildbeschreibung wird die Möglichkeit zur Wiederholung der Eigenschaften im Laufe der Zeit expliziert:

hier ((zeigt auf M)) hab' ich noch mal das gleiche wie hIER ((zeigt auf J)). dass nä-das halt (1) ein (.) etwas von AUßEN auf den naturwissenschaftsweg oder die MENsChen darauf gebracht hat vielleicht über so WAS nachzudenken, wie zum bei-äh:: ja. genau. und dann hab' ich halt hIER ((zeigt auf N)), (1) du-dass wir bis jetzt is ähm (1) ja ähm in in mAnchen ähm (1) sachen, oder themen, wEiß man-kommt man bestimmt nicht weiter so. ich glaub' auch mit äh (1) das hatten wir auch vor kurzem mal im physikunterricht und zwar mit DUNKler materie und so. da is ja auch zurzeit (.) nich oder ähm is noch EINIGes unklAr, [Interviewerin: mhm] und ich glaub' auch nicht dass sie noch noch kein dunkles materienteil richtig geFANG haben. versuchen sie. und deshalb ist auch (.) naturwissenschaftlicher weg ich würd'

sagen der gEht fAst UNendlich weiter aber bis jetzt ((zeigt auf N)) haben sie (.) noch nICH: den ganzen weg gefunden, (1) natürlich gibt's so viel=in- natürlich gibt's auch so einzelne (1) THEMENgebiete wie jetzt dunke materIE wo man nicht weiterkommt. vielleicht kommt man dafür auf ANDeren wegen weiter. aber ich würd' sagen insgesamt (1) ham-hat die menschheit schon 'n gUten weg geSCHAFFT. aber sie hat halt noch nicht alles gefunden. [Interviewerin: mhm,] (Arne, Z. 376 - 400)

Bestimmte Eigenschaften des Weges wiederholen sich in dessen Verlauf, werden jedoch nicht konkreten Ereignissen oder Zeiträumen zugeschrieben. Mit „bis jetzt“ wird hingegen eine zeitliche Komponente angesprochen und deutlich, dass Arne über eine zeitliche Dimension spricht, er also die Aufgabenstellung des Zeichenauftrags verstanden hat. Auch um über den jetzigen Zustand zu sprechen, wählt Arne ein Beispiel, welches ihm ebenfalls aus dem Unterricht bekannt ist („das hatten wir auch vor kurzem mal im physikunterricht“). Aus diesem Wissen leitet er eine Konsequenz für den Verlauf des Weges ab: „deshalb [...] gEht [der Weg] fAst UNendlich weiter“. Auch hier dient ihm also ein konkretes Beispiel als Ausgangspunkt für eine allgemeine Aussage über die zeitliche Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung.

Der explizit genannten Unendlichkeit der Entwicklung steht implizit eine Endlichkeit gegenüber, indem er von „noch nICH den ganzen Weg gefunden“ spricht. Wie bereits zuvor, ist auch hier der Weg des richtigen Wissens gegeben und muss im Laufe der Zeit von den Naturwissenschaftler\_innen gefunden werden. So scheint es ein eindeutiges, vorgegebenes Ziel zu geben, das es zu erreichen gilt. Dazu passend gibt es im Bild des Jugendlichen einen „EIGENTlichen Weg“, von dem falsche Ideen auch mal wegführen. Im Laufe der Zeit findet die naturwissenschaftliche Forschung immer mehr richtiges Wissen. Noch hat die Menschheit das Ziel nicht erreicht, „alles gefunden“ zu haben. Aufgrund der Wortwahl deutet sich an, dass er die Entwicklung als endlich ansieht (schließt geht es nur „fAst UNendlich weiter“) und er optimistisch in die Zukunft schaut. Im Kontrast zu Alexander erhält die naturwissenschaftliche Forschung damit einen Wert, fokussiert jedoch nicht wie Natalia auf die Verfügbarkeit von Produkten oder wie Paul auf eine Wissensverbreitung. Ähnlich zu Paul und Claas steht auch hier Wissen im Vordergrund, welches der ganzen „menschheit“ zur Verfügung steht. Im Gegensatz dazu sind nicht alle Menschen am Entwicklungsprozess beteiligt. Vielmehr „haben sie noch nICH den ganzen weg gefunden“. Durch die Verwendung des Personalpronomens „sie“ wird eine Distanz zu Arnes eigener Person deutlich. Er selbst gehört nicht zur Gruppe der Wissenschaftler\_innen, sondern beschreibt die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften von außen, ausgehend von ihm angeeignetem Wissen. Arne konzipiert sich damit ähnlich wie Alexander als einen passiven Beobachter der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften und schließt sich selbst aus der Entwicklung aus.

In der gesamten Passage seiner Bildbeschreibung fällt auf, dass Arne keine konkrete zeitliche Verortung von Ereignissen vornimmt oder eine zeitlich chronologische Abfolge dieser beschreibt. Ganz anders als beispielsweise Paul, der seine Bildbeschreibung beim Glauben an Naturgötter begann und beim heute möglichen Kaufen von Mikroskopen in Supermärkten endete. Im Zuge dessen nannte Paul konkrete Jahreszahlen und es konnte

ein Orientierungsrahmen einer kontinuierlichen Veränderung rekonstruiert werden. Für Arne hingegen scheint Veränderung deutlich weniger vordergründig. Zwar verändern sich Aspekte der Forschung im Laufe der Zeit, beispielsweise wird falsches Wissen durch richtiges ersetzt, implizit zeigt sich jedoch, dass für Arne stärker generelle, zeitunabhängige Charakteristika der naturwissenschaftlichen Forschung im Vordergrund stehen. Auch wenn er über Wissen bezüglich historischer Ereignisse, Aspekten der Wissenschaftsgeschichte und aktueller Forschung verfügt, konzipiert er weniger eine zeitlich chronologische Entwicklungsgeschichte als eine Darstellung von, sich im Lauf der Zeit wiederholenden Eigenschaften der naturwissenschaftlichen Forschung. Vielmehr steht also Beständigkeit der Eigenschaften der Forschung über die Zeit im Vordergrund.

#### Zwischenfazit

Für Arne besteht der Wert naturwissenschaftlicher Forschung darin, im Laufe der Zeit richtiges Wissen bereitzustellen. Neben dem eingangs identifizierten persönlichen Wert der Naturwissenschaften zeigt sich ein für alle Menschen relevanter Wert, der mit dem Bereitstellen von Wissen einhergeht. In Bezug auf die Konzeption der zeitlichen Entwicklung zeigt sich im Unterschied zu allen bisher dargestellten Fällen, dass die Veränderung einzelner Aspekte weniger bedeutsam ist als die sich im Laufe der Zeit wiederholenden Charakteristika der naturwissenschaftlichen Forschung. Arne beschreibt diese aus der Position eines nicht beteiligten Beobachters und schließt sich damit aus der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften aus.

Interviewerin: [...] wo is jetzt dieser Bereich ((zeigt auf Bereich zw. B und N))?  
zeitlich gesehen,

Arne: ja: dieser Bereich ((zeit von B nach L)) das ist jetzt (1) natürlich schlecht ge-ähm doof gemacht aber ich meinte DAS ((zeigt von B nach L)) auf äh ANdere Bereiche ((zeigt auf das gesamte Bild)) bezogen als da. [Interviewerin: okay] genau. das hab' ich vergessen zu sagen, sondern das is jetzt nur (.) EIN (1) DAS ((zeigt auf L)) kann: genauso gut hIEr ((zeigt auf E)) sein dass ma:l jemand länger gebraucht hat (1) das (.) das kann natürlich is-die Physik is nich immer einfach, das is (.) theoretisch (1) über 'n ganzen Weg find' ich langgezogen, (1) Alles braucht seine Zeit und list-dauert deshalb länger, (1) ja also das ist jetzt nur (.) gezeichnet dass (1) das das überhaupt da ist. [Interviewerin: mhm] dass man weiß das (1) das es länger dauert aber das is jetzt (1) auf das ganze ((zeigt von A nach B)) relativ (.) bezogen. [Interviewerin: okay] (1) und da ((zeigt auf N)) sind für mich jetzt (.) also so UNgefähr jetzt so. (2) das der weg. [Interviewerin: mhm] (Z. 416 - 437)

In dieser Passage expliziert der Schüler auf Nachfrage der Interviewerin die zuvor identifizierte implizite Regelmäßigkeit des Sprechens. Er hat gerade keine zeitlich chronologische Darstellung gewählt, sondern konzipiert das Dargestellte als Beispiele, die sich auf „den ganzen Weg“ beziehen. Hier wird erneut deutlich, dass es Arne um allgemeine Charakteristika der naturwissenschaftlichen Forschung geht. Vordergründig ist die Beständigkeit dieser Eigenschaften auf dem Weg. Sie gelten sowohl für die Vergangenheit als auch für die Gegenwart und sind an einer beliebigen Position im Bild gezeichnet („kann genauso gut hIEr sein“). Damit unterscheidet er sich stark von den bisher dargestellten Fällen und

zeigt sich in der Vergleichsdimension *Orientierungsrahmen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften* als heterolog zu diesen. Eigenschaften der Physik spielen auch in dieser Passage eine Rolle: „die physik is nich immer einfach“. Diese Charakteristika der Forschung scheinen für Arne die relevante Kategorie zu sein, die er auch auf Nachfrage der Interviewerin nach einer konkreten zeitlichen Verortung nicht aufgibt. Obwohl er einräumt, dass seine Darstellung „doof gemacht“ sei, hält er an dieser fest und verändert nicht wie Natalia im Verlauf des Interviews die metaphorische Darstellung.

Die Eigenschaften des Weges werden als Fakten und unumstößlich dargestellt („Alles braucht seine zeit“). Man scheint diesen Rahmenbedingungen ausgeliefert zu sein und muss daher beispielsweise akzeptieren, dass die Physik nicht immer einfach sei. In diesem Sinne schreibt Arne sich keine aktive, gestaltende Rolle zu. Obwohl er einen Beruf im Bereich Naturwissenschaften anstrebt, werden Erkenntnisse der Physik als gegeben konzipiert (vgl. anfängliche Ausführungen zu den Naturgesetzen) und die Eigenschaften der Forschung als statisch deutlich. An keiner Stelle im Interview konzipiert sich Arne als handlungsmächtig und auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften einflussnehmend. Vielmehr beschreibt er den Ist-Zustand, der auch für alle anderen Zeiten gilt. Ähnlich wie Alexander betrachtet auch Arne die Naturwissenschaften und ihre zeitliche Entwicklung aus einer passiven, distanzierten Warte heraus.

Auch bei der folgenden Nachfrage der Interviewerin spricht Arne ähnlich:

Interviewerin: okay und jetzt haben wir die hier mit diesen punkten die quasi (.) AUF den weg drauf kommen [Arne: genau] äh erst hier hinten ((zeigt auf J und M)), und hier am anfang ((umkreist den Bereich um E und F)) nicht. was unterscheidet den anfang und das hier hinten,

Arne: also okay um ehrlich zu-okay das hab' ich auch vorher vergessen. (.) und zwar (.) für mich is (1) ähm (.) dAS hier ((zeigt auf D)) genauso wie dAs ((zeigt auf F)) oder dAs ((zeigt auf J)) und das ((zeigt auf L)) über ALLES ((umkreist das gesamte Bild)) bezogen [Interviewerin: mhm] über den gAnzen weg. und zwar (.) i- natürlich halt auch hIEr ((zeigt auf A)) früher was äh (.) öh auch früher sind (.) nEUe sachen dazugekommen. sachen die sie noch nich kANnten sachen die (1) ihn neu sind, auch auch früher mit la-lAnderoberungen, bestimmt gab's da:: (1) was weiß ich wenn jetzt in europa: okay europa ist ein schlechtes beispiel ä::hm (.) vielleicht waren gEYsire irgendwelchen menschen, (.) unbekannt [Interviewerin: mhm] und dann is das ja halt AUch so 'n punkt ((zeigt auf J)). so so 'n wEG, (.) der noch nicht aufm weg is nicht vom weg weggeht sondern AUF den weg trifft. so unbekannte sachen (.) ähm (1) auch hier ((zeigt auf D)) theorie:n, und so die (1) theo-theoretisch falsch sind aber den ri-manche den richtigen gedAnken haben. find' ich zieht sich ALLES über's- über den weg ((zeigt von A nach N)). also Alles was ich jetzt gemalt habe jedes einzelne (.) IST (.) is jetzt zwar auf einen bestimmten punkt gezEichnet aber es bezieht sich eigentlich aufs ganze, (.) auf den ganzen weg. [Interviewerin: okay] (Z. 453 - 484)

Auch die Tatsache, dass Wege mit einem Punkt erst weiter oben im Verlauf des Weges auftauchen, hat in Bezug auf eine zeitliche Dimension keine Bedeutung, so sagt es Arne

explizit. Alle Wegeigenschaften gelten „über ALLES bezogen“, also sowohl für „früher“, als auch für heute. Sie existieren unabhängig vom zeitlichen Verlauf.

Zentrales Charakteristikum ist das Kennen von Gegenständen, die vorher „unbekannt“ waren. Anders als bei Paul, für den Wissen sich auf konkrete Handlungen wie das Fangen von Fischen bezieht, geht es hier um das Kennen von vorher „unbekannten Sachen“. Dies können einerseits Naturphänomene und andererseits Theorien sein. Es geht hier nicht um ein Nutzen oder die Verwertung dieser Naturphänomene, wie beispielsweise Natalia über die Verwertung der Bäume für Papier sprach, sondern um ein Wissen über die Existenz dieser Sachen. Ähnlich wie beim Fall Claas steht stärker faktenähnliches Wissen im Vordergrund. Arnes Orientierungsrahmen zum Wert naturwissenschaftlicher Forschung kann an dieser Stelle spezifiziert werden. Neben einem persönlichen Wert, bezieht sich der allgemein gültige Wert der Forschung auf die Verfügbarkeit von Faktenwissen.

Dass Arne selbst weniger über Wissen zur aktuellen Forschung als über Wissen zur historischen Gegebenheiten verfügt, zeigt sich in der folgenden Passage:

Interviewerin: [...] gibt's auch dinge(.) ähm die sich verÄNdern von früher bis heute bei der naturwissenschaftlichen forschung?

Arne: äh ja:: ich würd' vielleicht sagen zum beispiel das ja immer die TECHNik auch. (1) so sachen (.) AUzutesten und zwar (1) es gibt ja jetzt auch so glaube ich (1) es gibt so wÄRMe:: also wenn n tEILchen auf auf so 'ne plAtte trifft kann es (.) kann es da-glaub' ich darauf schLIEßen fast welches teilchen das ist oder so. da kenn' ich mich jetzt nicht so gut AUS [Interviewerin: ja] allein halt aner an der wÄrme oder das eins da dURchgegangen is (.) erkenn sie allein schon an (.) dem wÄRMeausschlag (1) von (.) der angezeigt wird und so was hatten die halt früher nicht die hatten halt (2) sagen wir (.) nahezu keine technik, haben versucht sich auch manche sachen (2) SELBst zu bauen: (.) wie da vinci hat ja auch viel gebaut, , [Interviewerin: mhm] hUbschrauber oder (1) was wir jetzt heute sozusagen als hubschrauber bezeIchnen würden, hat er versucht zu bauen, oder (.) flÜgel:, er hat versucht zu fliegen, so was was wir heute jetzt einfach mACHEN könn. (Z. 490 - 511)

Die Frage nach Veränderung im Laufe der Zeit beantwortet Arne ohne Zögern, jedoch ohne Bezug zu seinem Bild. Die Veränderung der technischen Möglichkeiten wurde zuvor nicht thematisiert und wird hier erst auf konkrete Nachfrage angeführt. Dies bestätigt, dass er zwar eine zeitliche Komponente sieht, für seine Sinnbildung zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften aber stärker die Beständigkeit von Charakteristika der Forschung zentral ist. Dabei verbleibt die Beschreibung der aktuellen Forschungstechnik im Vergleich zur historischen Situation unkonkret und unsicher (mehrfach Umformulierungen und „glaub ich“). Da Vinci wird als ein historischer Wissenschaftler angeführt und dessen Arbeit beschrieben. Erneut wird deutlich, dass Arne über Kenntnisse zu historischen Wissenschaftlern verfügt, die er nutzt, um seine Aussagen über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften zu verdeutlichen. Es deutet sich aufgrund der unkonkreteren Formulierung in Bezug auf die Forschung der Gegenwart an („da kenn' ich

mich jetzt nicht so gut AUS“), dass ihm dieser Bereich ferner ist. Arne erscheint nicht als Teil der naturwissenschaftlichen Forschung.

Auffällig ist außerdem, dass die Forschungsgeräte im ersten Moment als aktiv konzipiert werden. Sie können darauf schließen, um was für ein Teilchen es sich handelt und bestimmen in der uns umgebenden Welt gegebenes Faktenwissen („es kann [...] drauf schließen“). Es wird nicht deutlich, dass eine Interpretation der Messwerte durch Wissenschaftler\_innen notwendig ist. Wissen scheint sich sofort, im weiteren Verlauf auch Wissenschaftler\_innen („erkenn sie“) zu ergeben. Technische Forschungsgeräte ermöglichen dieses direkte Erkennen.

Als Arne über die zukünftige Entwicklung spricht (vgl. Z. 536 - 550, hier nicht ausführlich dargestellt), ist ebenfalls das Kennen von Dingen bedeutsam. Durch genaueres Analysieren wird dabei neues Wissen ermöglicht. Auch hier zeigt sich stärker ein Fokus auf Fakten. Ähnlich schließt er die Aussagen über sein Bild ganz am Ende des Interviews ab: „ich würd' sagen am anfang ((zeigt auf A)) war ja auch noch relativ viel UNbekannt auf auf unserer wElT? und mittlerweile kennen wir ja schon ziemlich vIEL.“ (Arne, Z. 661 - 664). Naturwissenschaftliche Forschung scheint mit dem Erkunden der uns umgebenden Welt zu tun zu haben. Im Laufe der Zeit wird Wissen über diese Welt aufgebaut, das sich jedoch an keiner Stelle wie bei Paul als Handlungswissen, also bezüglich des Umgangs mit dieser Welt zeigt. Vielmehr geht es darum, richtige Gesetze, Theorien und Fakten zu kennen.

### Zusammenfassung

#### Orientierungsrahmen bezüglich ...

- **des Werts der Naturwissenschaften:** Arne schreibt den Naturwissenschaften bzw. spezifischer der Physik einen Wert zu. Allgemein stellt die naturwissenschaftliche Forschung Faktenwissen zur Verfügung. Für sich persönlich erfüllt die Physik außerdem den Wert, seine eigenen Stärken jetzt und zukünftig im Beruf nutzen zu können.
- **des Selbstbezugs zu Naturwissenschaften:** Eine Verbindung zwischen seiner Person und den Naturwissenschaften zeigt sich, vermittelt über seine Stärken im Bereich der Naturwissenschaften, als eine selbstverständliche.
- **zeitlicher Entwicklung der Naturwissenschaften:** Für Arne stehen allgemein Charakteristika der Forschung im Vordergrund, die sich im Laufe der Zeit immer wieder zeigen. Im Kontrast zu den bisher dargestellten Fällen ist nicht die Veränderung bestimmter Gegenstände, sondern die Beständigkeit im Laufe der Zeit bedeutsam.
- **des Selbstbezugs zur zeitlichen Entwicklung:** Arne wird als passiver Beobachter der zeitlichen Entwicklung deutlich, der über vielseitiges Wissen zu historischen Wissenschaftler\_innen und deren Forschung verfügt, sich selbst aber aus der Entwicklung der Naturwissenschaften ausschließt.

### 5.3.1.5. Eckfall 5 – Inga

Inga ist zum Zeitpunkt des Interviews ebenfalls 17 Jahre alt und besucht die selbe 11. Klasse an einem Hamburger Gymnasium wie Arne. Sie gibt als profilgebende Fächer Physik und Geschichte an und möchte „Forscher Biochemie“ werden. Das Interview fand im Bereich der Schulleitungsbüros an einem Besprechungstisch statt. Durch einen Feueralarm musste das Interview zwischenzeitlich unterbrochen werden. Die Ausführungen zu der Frage nach spontanen Gedanken zu Naturwissenschaften werden der Lesbarkeit halber in zwei Abschnitte untergliedert dargestellt:

Inga: hmh (2) na ja dass ich sie @gerne mag@ und dass (1) ich es unheimlich spannend finde was es noch zu erforschen gibt. (1) ähm also ich LIEBE experimentieren und sachen (.) herausfinden die (.) ICH vorher nicht wusste oder die überhAUpt jemand vorher nicht wusste, [Interviewerin: mhm] und ähm (.) ich find's einfach faszinierend durch die WELT zu gehen und (1) irgendwie du siehst-man sieht 'ne kerze man weiß dass es 'ne kohlenstoffkette is ich weiß zwar nicht wie viel aber (.) man kann einfach die welt um sich herum erklären. man weiß warum dinge passieren und das find' ich unheimlich spannend. [Interviewerin: mhm] (Z. 158 - 167)

Anders als alle bisher diskutierten Fälle stellt Inga sofort einen Bezug zwischen Naturwissenschaften und ihrer eigenen Person her. Dieser wird explizit sehr positiv beschrieben und geht ähnlich wie bei Arne auf positiv bewertete Eigenschaften des Forschens, Experimentierens zurück („ich LIEBE experimentieren und sachen herausfinden die ICH vorher nicht wusste“). Es steht Wissen und dessen Neuheitswert im Vordergrund. Naturwissenschaften werden hier ähnlich wie von Paul als Quelle von Wissen deutlich, wobei Inga sich selbst (anders als Paul) eine aktive Rolle zuschreibt. Sie ist es, die Experimente durchführt und sogar Wissen generiert, das vorher „überhAUpt“ keinem bekannt war. Damit stellt sie sich selbst als eine Art Wissenschaftlerin dar und erscheint ebenso wie Paul als Teil der naturwissenschaftlichen Forschung. Neben dieser Rolle und dazugehörigen Tätigkeiten, geht sie auch „durch die WELT“ und kann sich aufgrund ihres Wissens die „welt um sich herum erklären“. Das verfügbare Wissen wird ähnlich wie bei Arne als ein theoretisches, weniger handlungsorientiertes Wissen deutlich. Vielmehr geht es um Faktenwissen auf einer Modellebene (Kerzen bestehen aus Kohlenstoffketten). Dieses Wissen ermöglicht ihr ein Erklären der sie umgebenden (artifizialen, durch den Menschen erschaffenen) Welt, sodass Inga in dieser Passage den Naturwissenschaften explizit einen persönlichen Wert zuschreibt.

Interviewerin: jetzt hast du von experimenten gesprochen kannst du das noch mal ein bisschen genauer erzählen?

(1)

Inga: also jetzt speziell: (.) ähm mach' ich 'ne LERNleistung wo ich mit PFLANZEN? (.) experimentiere also ic-mich fasziniert ähm die pflanzenbiologie, ähm speziell kommunikation zwischen pflanzen. ich will herAUSfinden ob pflanzen (.) ähm miteinander kommuniZIERN könn, das is-also ich halte pflanzen für SEHR intelligente wesen, [Interviewerin: mhm] wenn man intelligenz so definiert als sie also

die fÄHIGkeit probleme zu lösen, (1) und ähm (.) ja quasi mit der umwelt auch zu agieren und zu interagieren °sagt man glaub' ich° [Interviewerin: mhm] und ähm speZIELL war die idee ähm einen kasten zu haben und zwei pflanzen und eine, (1) tut man quasi weh oder fügt man schaden zu oder (.) ähm (.) setzt der pflanze irgend-irgend nen (.) GIFTmittel oder so aus. [Interviewerin: mhm] und dann gucken ob die andere pflanze über die zeit immun (1) öhm immun wird gegen das giftmittel was man aber nur der anderen pflanze ausgesetzt. [Interviewerin: mhm] oder OB die andere pflanze EINgeht? [Interviewerin: mhm] wenn man der anderen schaden zufügt quasi dass sie durch die wurzeln oder durch minivibrationen (.) also nanovibrationen durch die luft quasi irgendwie signALE aussenden könn. also man WEIß dass sie kommunizieren KÖNN aber noch nicht wie und (.) inwiefern wann. (1) und das find' ich @spannend@ ((lachen)) (Z. 169 - 192)

Inga beschreibt auf Nachfrage der Interviewerin ein Experiment, das sie im Rahmen der Schule durchführt. Sie expliziert ihr Erkenntnisinteresse, ihre Definition zentraler Begriffe und das methodische Vorgehen und zeigt damit ebenfalls typische wissenschaftliche Vorgehensweisen. Aus dem als wissenschaftlich zu bezeichnenden Sprachduktus fällt sie lediglich bei der Beschreibung der Pflanzen heraus: Einer Pflanze „tut man quasi weh“. Diese Formulierung wird sofort im Anschluss verändert und von „fügt man schaden zu“ gesprochen. Inga nimmt den gewählten Anthropomorphismus zurück und wechselt in ein bildungssprachliches Register. Auch auf diese Art und Weise stellt sich Inga also als jemand dar, der wie eine Wissenschaftlerin arbeitet und sprechen kann. Sie konzipiert sich selbst als Teil der naturwissenschaftlichen Forschung, indem sie Leerstellen der Forschung mit ihrem Experiment bearbeitet („man weiß dass die kommunizieren KÖNN aber noch nicht wie“). Mit dieser Frage steht stärker als beim vorherigen Beispiel der Kerze als Kohlenstoffkette, eine Erklärung im Vordergrund. Es ist die Frage nach dem Wie zentral und damit die Erklärung für den bereits festgestellten Vorgang der Kommunikation von Pflanzen untereinander. Forschung scheint Erklärungswissen zu ermöglichen.

Auch in der folgenden Passage zeigt sich die hohe Relevanz der Naturwissenschaften für Inga:

Interviewerin: gab's mal gelegenheiten wo du mit naturwissenschaften zu tun hattest?

Inga: also, wie meinen sie das?

(1)

Interviewerin: wann du das gefühl hast mit naturwissenschaften zu tun zu haben?

Inga: na ja jede sekunde des tages ungefähr. [Interviewerin: mhm] also ALLES was um mich rum is hat irgendwie also irgendwas damit zu tun. sei es physik. (.) informatik. [Interviewerin: mhm] alles okay informatik is es nich wirklich ne inf- ne inne naturwissenschaft? also ic-halt hAUptsächlich auch im unterricht. °denk' ich° (Z. 195 - 308)

Die Frage führt bei Inga im ersten Moment zu Unverständnis, was dazu passt, dass sie im Anschluss äußert, jede Sekunde mit Naturwissenschaften zu tun zu haben. Ein Bezug zwischen ihrer Person und den Naturwissenschaften scheint also ganz selbstverständlich

zu bestehen. Anders als Arne führt „alles um [Inga] rum“ und nicht nur die in der Schule thematisierten Inhalte dazu, dass sie das Gefühl hat mit Naturwissenschaften zu tun zu haben. Die Frage nach Kontaktmöglichkeiten mag ihr daher sinnlos erscheinen. Dies wird durch die extreme Wortwahl unterstützt. Inga hat „jede sekunde des tages“ das Gefühl mit Naturwissenschaften zu tun zu haben und damit durchgängig. Es scheint ihrer Ansicht nach also keine speziellen Gelegenheiten zu geben, sondern ein dauerhafter Bezug zu bestehen. Sowohl zeitlich gesehen, als auch in Bezug auf die sie umgebenden Gegenstände wird die Verbindung hergestellt. In diesem Sinne erscheinen Naturwissenschaften ähnlich wie bei Natalia als ein selbstverständlicher Bestandteil ihres Lebens. Dabei besteht die Verbindung zwischen Inga und den Naturwissenschaften indirekt vermittelt über die Gegenstände. So haben die Gegenstände „irgendwas damit zu tun“. Sie sind der Physik oder der Informatik zuzuordnen, also wissenschaftlichen Disziplinen. Ähnlich wie Arne geht es auch Inga hier stärker um die sie umgebende artifizielle Welt, während sie zuvor noch über Pflanzen und Biologie gesprochen hat.

Der zweite Teil der Aussage ist im Vergleich zum restlichen Interview sprachlich deutlich unsicherer: Worte werden abgebrochen, Satzabschnitte wiederholt und der Abschluss der Aussage leise gesprochen. Zeitgleich findet ein thematischer Wechsel statt, indem nun über die Schule gesprochen wird. Während Inga zuvor noch aussagt, jederzeit mit Naturwissenschaften zu tun zu haben, wird dies nun auf den Kontext Schule beschränkt. Damit widerspricht Inga sich selbst. Es ist zu vermuten, dass sie hier lediglich aufgrund der Verunsicherung durch die Frage eine stärker als sozial erwünscht anzusehende Antwort gibt. Die Interviewerin fragt nach spezifischen Gelegenheiten, die die Schülerin selbst jedoch nicht empfindet. Möglicherweise wird Schule und Unterricht hier als die Antwort angesehen, von der die Schülerin glaubt, dass die Interviewerin sie hören möchte, aber gerade nicht mit dem Relevanzsystem der Schülerin übereinstimmt. Diese Vermutung wird durch den folgenden Abschnitt bekräftigt, in dem Inga auf Nachfrage ausführlicher auf die Kontaktmöglichkeiten eingeht:

Interviewerin: kannst du ein bisschen genauer erzählen wenn du sagst du hast jede sekunde eigentlich mit naturwissenschaften zu tun hast du da so 'n beispiel im kopf?

Inga: na ja wenn ich durch die TÜR laufe (.) weiß ich genau wie der mechanismus funktioniert wie 'ne TÜR aufgeht. [Interviewerin: mhm] wenn: ähm (.) ich 'n fENSTER (.) sehe weiß ich genau wie es chemisch da-hergestellt wurde, und (2) auch=ALLES um mich herum kann man kann man mir erklären mit naturwissenschaften. also NICH ALLES das bezweifele ich. (1) gerade in menschen glaub' ich fehlt noch viel erfor- äh was erforscht werden MUSS, aber vIEL kann man damit erklären. [Interviewerin: mhm] (Z. 210 - 221)

Es wiederholt sich das Muster von zuvor: Inga spricht sowohl über Wissen, als auch über das Erklären. Erneut geht es um die sie umgebende artifizielle Welt. Dabei fällt auf, dass sie von „kann man mir erklären mit naturwissenschaften“ spricht. Hier konzipiert sie sich nicht als aktiv und erklärt sich Dinge selbst, vielmehr scheint jemand anderes ihr etwas zu

erklären<sup>17</sup>. Ähnlich wie bei Arne werden Naturwissenschaften hier stärker ein Mittel zum Zweck, ein Werkzeug. Diese Erklärungsmächtigkeit wird als allgemeingültige Tatsache präsentiert („VIEL kann man damit erklären“), die unabhängig von ihrer Person besteht. Dies bekräftigt, dass der Selbstbezug zu Naturwissenschaften ein selbstverständlicher ist und sie als allgemeinen Wert der Forschung die Bereitstellung von Erklärungswissen ansieht.

Darüber hinaus fällt im Vergleich zu den anderen Fällen auf, dass die Menschen selbst zum Gegenstand der Forschung gemacht werden („gerade in menschen [...] fehlt noch viel [...] was erforscht werden MUSS“). Anders als bei Claas zeigt sich hier also keine Dichotomie zwischen Mensch und Natur. Der Mensch ist Teil der Welt, die durch die naturwissenschaftliche Forschung erklärbar wird.

### Zwischenfazit

Auf der einen Seite stellt Inga sich selbst als eine Wissenschaftlerin und damit als Teil der naturwissenschaftlichen Forschung dar. Der Bezug zwischen ihr selbst und der Forschung wird als ein positiv gerahmter deutlich. Auf der anderen Seite scheint über den Kontakt mit der sie umgebenden Welt selbstverständlich ein Bezug zwischen ihrer Person und den Naturwissenschaften zu bestehen. Neben Faktenwissen, geht es Inga außerdem um Erklärungswissen. Als Wert der naturwissenschaftlichen Forschung deutet sich bisher an, dass sie (Inga und weiteren Personen) Wissen über die uns umgebende Welt bereitstellt.

Ihr Bild beschreibt Inga wie folgt:

Inga: also das soll 'n spirale sein, [Interviewerin: mhm] die (1) ähm eigentlich nen bisschen ebenmäßiger sei-aussehen sollte ähm aber was ich eigentlich damit sagen will (.) is meiner meinung nach dass es (1) dass die ideen also (.) damit stell' ich auch ZEIT dar:. [Interviewerin: mhm] also (.) dass über die zEIt quasi (.) ham wir idEEN ((zeit auf A)) a-und ähm (.) davon komm wir dann auch wieder weg quasi ((fährt mit dem Finger von A nach B)) aber ab 'm bestimmten zeitpunkt ((fährt mit dem Finger von B nach C)) also quasi (1) HIER ((zeigt auf D und dann auf E)) wiederholt sich die idee aber sie ist ein schritt weiter. [Interviewerin: mhm] und da ((zeigt auf F)) ist sie=aber=wieder einen schritt weiter und da auch. und quasi si-si-die verschWINDET nicht aber die geht vielleicht für 'ne ZEIT verlorn (1) und irgendwas ANDERES steht im mittelpunkt. (.) aber genAU DIESER mittelpunkt ((zeigt auf G)) wiederholt sich auch wieder ((zeigt auf H)). und das auch wieder((zeigt auf I)). [Interviewerin: okay] und quasi das die spirale (.) auch die spirale der zeit. ich find' das kann man auf (1) ähm naturwissenschaften genauso anwenden. (2) quasi wir uns immer WEITERentwickeln aber die die- (.) das prinZIP die GRUNDlage geht nicht verloren. die wird nur weiterentwickelt. ähm also entweder evolutionär oder revolutionär. [Interviewerin: mhm,] (Z. 247 - 267)

---

<sup>17</sup>Dies kann ebenfalls als Vermutung gedeutet werden, dass sie sich auf schulisch erlebte Muster bezieht. Im Unterricht wird ihr möglicherweise mit Hilfe von naturwissenschaftlichem Wissen etwas über die Welt erklärt.



Richtung hingegen steht eine einzelne Idee und deren Weiterentwicklung im Vordergrund. Was genau Inga unter „ideen“ versteht, bleibt unklar.

Wie bereits zu Beginn dieser Passage wird auch hier deutlich, dass ihre Darstellung nicht als eine eindeutige zu verstehen ist, sondern zugleich verschiedene Dinge symbolisiert. So sagt sie explizit, dass man das „auf naturwissenschaften genauso anwenden [kann]“. Sie scheint also eher ein allgemeines Zeitmodell zu entwickeln, welches eben auch auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften anwendbar ist.

Am Ende dieser Passage schließt Inga sich erneut in die Entwicklung mit ein: dass „wir uns immer WEITERentwickeln“ haben. Ähnlich wie bei Natalia oder Alexander scheint dieser Prozess wie selbstverständlich zu geschehen, jedoch schließt Inga sich selbst in diesen Vorgang ein. Es zeigt sich gerade keine Distanz zur eigenen Person („quasi wir uns immer WEITERentwickeln“). Ganz im Gegenteil ist Inga dadurch, dass sie Teil des betroffenen Kollektivs ist, Teil der zeitlichen Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung. Über das kollektive „wir“ konzipiert sie sich als Teil der Menschheit und grenzt sich außerdem nicht wie viele der anderen Interviewten vom Zustand früher ab. In diesem Sinne zeigt sich der Fall Inga als heterolog zu Alexander, für den Abgrenzung zur eigenen Person zentral war. Alexander verstand sich weder als Teil der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften, noch als Teil der Forschung oder schrieb dieser einen Wert zu. Inga hingegen konzipiert sich als Teil der Forschung und anders als alle bisher dargestellten Fälle als Teil der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften. Dies geschieht vermittelt über die Zugehörigkeit zu einem Kollektiv, das an anderer Stelle als die „menschheit“ (Z. 355) deutlich wird.

Neben Veränderung und Entwicklung wird explizit auch Beständigkeit thematisiert: „das prinZIP die GRUNDlage geht nicht verloren“. Die Grundlage hat im Laufe der Zeit Bestand und wird lediglich „weiterentwickelt“. Hier zeigt sich also gleichzeitig Veränderung und Beständigkeit, während bisher implizit stärker Veränderung zentral ist.

Abschließend nennt Inga mit „evolutionär oder revolutionär“ zwei verschiedene Arten der Entwicklung und stellt sich so als jemand dar, der die zeitliche Entwicklung allgemein mit passenden Fachausdrücken beschreiben kann. Sie scheint einen Überblick über die zeitliche Entwicklung zu haben und kann sie übergreifend kategorisieren. Interpretiert man das Immer-besser-Werden der Ideen als evolutionäre Entwicklung und das Abwechseln verschiedener Ideen als eine revolutionäre Entwicklung, bei der im Laufe der Zeit immer andere Ideen im Fokus stehen, greifen diese beiden Begriffe eben die zwei identifizierten Entwicklungsrichtungen ihres Bildes auf.

Interviewerin: [...] wann ist früher ungefähr für dich?

(2)

Inga: ähm fr-früher? früher (.) wenn man's auf die MENSCHHEIT bezieht (3) na ja gute frage. äh ich würd' sagen (.) urknall. [Interviewerin: mhm] also ich bin jetzt nicht unbedingt so christlich. (.) ähm aber ich mein' vorm urknall gabs auch (1) °was°. nur es hat niemand von uns beobachtet. [Interviewerin: mhm] daher kann man es auch nicht (.) wissen was. aber ich würde sagen seit (.) menschen oder unsere

vorfahren f.:ähig sind überhaupt aufzufassen. (.) was um uns herum passisiert und das zu verwerten. [Interviewerin: okay] (Z. 274 - 286)

Erneut geht es ihr um die Menschheit und damit um ein Kollektiv. Obwohl sie über eine lange Zeit vor ihrer eigenen Lebenszeit spricht, ist erneut Verbundenheit zentral. Es geht um „niemand von uns“, sodass sie selbst erneut als Teil des Kollektivs deutlich wird. Ebenso sind es nicht nur allgemein Menschen, die handeln, sondern spezifischer „unsere vorfahren“. Durch die Nennung des Possessivpronomens „unsere“ stellt Inga ebenfalls eine Verbindung zu sich selbst her. Sie ist zumindest vermittelt über die Erfahrungen ihrer Vorfahren Teil der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften.

Darüber hinaus ist auch hier wie bereits in der Eingangspassage zentral „was um uns herum passiert“. Forschung scheint sich also mit der uns umgebenden Welt zu befassen. Es geht nicht wie bei Natalia lediglich um das Bereitstellen von Produkten. Für Inga hat die Forschung anders als für Arne keinen rein persönlichen Wert oder aber wie bei Alexander keinerlei Wert. Dass sie der naturwissenschaftlichen Forschung einen Wert zuschreibt, wird auch anhand der obigen Aussagen deutlich. So geht es Inga nicht nur darum, Dinge „aufzufassen“, sondern diese „zu verwerten“. Man soll also nicht bei der kognitiven Erfassung von Geschehnissen stehen bleiben, sondern diese Erkenntnisse verwerten, nutzen und etwas daraus machen. Es soll also einen Wert, einen Nutzen für die Menschen haben. So wie sich bereits bei der Eingangspassage zeigte, dass Inga als Wert der Forschung das Bereitstellen von Wissen (Fakten- und Erklärungswissen) verstand, ist auch hier die uns umgebende Welt und der Nutzen für die Menschen relevant. Was genau als Wert der Forschung angesehen wird, wird an dieser Stelle nicht deutlich. In jedem Fall schreibt Inga der Forschung einen solchen zu.

### Zwischenfazit

Wie bereits zuvor wird deutlich, dass Inga der naturwissenschaftlichen Forschung einen Wert für alle Menschen zuschreibt. Im Kontrast zu allen anderen Fällen schließt Inga sich für alle Zeitbereiche in die Gruppe der Akteure ein. Sie konzipiert sich als Teil der zeitlichen Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung. In Bezug auf die zeitliche Entwicklung deutet sich an, dass sie kein spezifisches Zeit- oder Entwicklungsmodell für die naturwissenschaftliche Forschung entwirft, sondern ein allgemeines Modell, welches eben auch auf Naturwissenschaften angewendet wird. Die zeitliche Entwicklung konzipiert sie dabei als aus verschiedenen Phasen bestehend, in denen sich verschiedene Ideen weiterentwickeln. Veränderung und Entwicklung ist vordergründig, wobei verschiedene Arten der Entwicklung thematisiert werden und sich in ihrem Bild in vertikaler und horizontaler Richtung zeigen.

Interviewerin: [...] okay. jetzt hast du ja immer gesagt okay wir haben 'ne idee und davon entfernen wir uns ein bisschen aber die kommt halt auf 'ner höheren schlaufe quasi wieder [Inga: mhm] hast du da irgendwie ein beispiel im kopf?

Inga: ja (1) hmh renaissance? (1) zum beispiel, also ähm (1) quasi die ideen: des humanismus die sind ja nicht in der renaissance entstanden die sind nur wiedergekehrt. [Interviewerin: mhm] ähm also in der antike gab's ja genau die GLEICHEN ideen. (.) und die hatten wir quasi HIER ((zeigt auf D)), und dann haben wir uns ganz ganz (.) stArk davon entfernt ((fährt mit dem Finger von D nach C)). ähm und DANN sind sie aber in der renaissance wiedergekommen aber ein SCHRITT WEITER ((zeigt auf E)). (.) also die sind dass sie quasi (1) man hier WIEDER ein schritt weiter ((zeigt auf F)) bis sie in das grundgesetz gelangt sind. also das ist jetzt nicht unbedingt 'n naturwissenschaftliches (.) beispiel. [Interviewerin: mhm] aber so (.) so generell stell' ich mir das vor. [Interviewerin: mhm] (Z. 306 - 323)

Auch in dieser Passage wird deutlich, dass es sich beim Zeitmodell der Schülerin nicht um ein spezifisches für die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften handelt. So führt sie kein naturwissenschaftliches Beispiel an und bemerkt dies am Ende der Passage selbst („das ist jetzt nicht unbedingt 'n naturwissenschaftliches beispiel“). Es geht ihr ähnlich wie Arne, um „generell[e]“ Aussagen. Es wird außerdem deutlich, dass sie über Geschichtswissen verfügt. Sie nennt verschiedene Epochen und bezieht sich auf einen groß ausgedehnten Zeitbereich. Erneut erhalten die Ideen eine aktive Rolle, sie sind „wiedergekehrt“ und in der Antike „gab's“ die Ideen des Humanismus bereits. Anders als zuvor können Ideen hier nicht als geistige Konstruktion der Menschen verstanden werden, sondern scheinen unabhängig von diesen gegeben. Für Inga scheinen Ideen also eine Doppelrolle zu haben.

Erneut zeigt sich eine Wiederholung verschiedener Phasen, die von Veränderung und Weiterentwicklung geprägt sind („WIEDER ein Schritt weiter“). Das Wiederkehren der Ideen im Laufe der Zeit wird als ein beständiger, sich regelmäßig wiederholender Prozess konzipiert. Neben Veränderung ist für Inga auch immer wieder Beständigkeit in dieser prozesshaften Veränderung bedeutsam, so wie Naturwissenschaften seit dem Urknall bestehen und sie jede Sekunde des Tages begleiten.

An dieser Stelle wird außerdem deutlich was Inga beispielsweise unter Ideen versteht: Es geht ihr um die „ideen des humanismus“, also um Ideen zum menschlichen Zusammenleben und zur Entwicklung der Menschen. Es handelt sich hierbei also weniger um Erklärungen, Faktenwissen oder Produkte, sondern um Richtlinien und moralische Einsichten des Miteinanders. Diese veränderten sich mit der Zeit und werden von Inga als Beispiel für die zeitliche Entwicklung insgesamt angeführt. Auch das Konzept der Idee ist also nicht als ein rein naturwissenschaftsspezifisches zu verstehen. Auf Nachfrage kann sie auch ein naturwissenschaftliches Beispiel explizieren:

Interviewerin: hast du noch nen beispiel aus den naturwissenschaften?

(5)

Inga: hmh:: (1) na theoretisch könnte man alles h-(.) nehme was wir- aber ich mein LICHT, fang mit fEuer an ((zeigt auf L)), [Interviewerin: mhm] und (1) diese entFERNung ((zeigt von L nach A)) ist nicht unbedingt dass es (1) nicht aufhört sich weiterentwickeln- zu entwickeln, ABER dass was anderes im MITTELPunkt steht ((zeigt auf A)). (.) nicht das feuer ((zeigt auf L)). und IRGENDwann (1) entwickeln wir 'ne (.) ÖLlampe ((zeigt auf D)) [Interviewerin: mhm] und irgendwann haben wir 'ne TASCHENlampe ((zeigt auf E)) mit 'ner batterie. und irgendwann haben wir

vielleicht (.) wer weiß @was@ ((lachen)) [Interviewerin: mhm] also, (1) aber dass is-also das es sich nich KONSTANT immer weiter entwickelt sondern dass irgendwas anderes (.) passiert dazwischen. (Z. 325 - 339)

Zuerst fällt die vergleichsweise lange Pause vor Beginn der Aussage auf. Inga nimmt sich mehr Zeit als in anderen Passagen, um über ihre Antwort nachzudenken. Auch wenn im Anschluss die Vielzahl an verfügbaren Beispielen genannt wird („theoretisch könnte man alles h-nehm“), scheint sie einige Zeit zu brauchen, um ein Beispiel auszuwählen. Auffällig im Vergleich zum restlichen Verlauf des Interviews ist außerdem, dass es nun nicht mehr um Wissen und Erklärungen geht, sondern wie bei Natalia alltagspraktische Produkte im Vordergrund stehen. In einer zeitlichen Dimension findet eine qualitative Verbesserung dieser statt. Erneut ist also Veränderung zentral, die „nich KONSTANT“ passiert, sondern in verschiedenen Phasen vonstattengeht, sodass „[zwischen drin] anderes passiert“.

Erneut schließt Inga sich in die Gruppe der Handelnden ein: „IRGENDwann entwickeln wir 'ne ÖLlampe“. Es scheint die gesamte Menschheit zu sein, die diese Entwicklungen macht und nicht wie bei Natalia und Paul eine spezifische Gruppe von Wissenschaftler\_innen oder Erfindern. In diesem Sinne ist auch die Erkenntnis der Eingangspassage zu revidieren: Inga konzipiert nicht nur sich selbst als Wissenschaftlerin, sondern alle Menschen. Sie ist entsprechend nichts besonderes, sondern gehört zum entwickelnden und sich entwickelnden Kollektiv dazu. So stehen einerseits Produkte und Wissen zur Verfügung, andererseits entwickelt sich die Menschheit auch an sich weiter, indem ihrem Beispiel nach die Ideen des Humanismus im Laufe der Zeit im Grundgesetz verankert wurden. Es erscheint also nicht überraschend, dass Inga sich in den vorangegangenen Passagen sowohl als Teil der naturwissenschaftlichen Forschung darstellt, als auch einen selbstverständlichen Bezug zwischen sich selbst und den Naturwissenschaften herstellt. Versteht man so wie Inga jeden Menschen als Teil der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften, so ist jeder Teil der Naturwissenschaften und damit besteht ein selbstverständlicher Bezug. Sowohl die Menschen an sich und ihre Ideen, als auch Produkte verändern sich im Laufe der Zeit. In jedem Fall ist Veränderung vordergründig. Darüber hinaus spricht Inga sich selbst einschließend über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften.

Interviewerin: [...] inwiefern verändert sich denn jetzt die naturwissenschaftliche forschung von früher bis heute oder bis in die zukunft?

(7)

Inga: mh: verglichen mit was? also (.) ich denke sie entwickelt sich IMMER weiter. also man kann nicht (.) also v::erändern tut sie sich immer, aber ich denke der mensch hat schon immer erforscht was um ihn rum war schon IMMER versucht sachen zu erklären. also ich denke dass das prinZIP DAHINTER? zu verstehen was um einen rum ist dass ist genau das gleiche [Interviewerin: mhm] nur dass wir heutzutage halt (2) also no-auch was lOgisch is. logischerWEISE sind wir nen schritt weiter. (Z. 387 - 399)

Auch an dieser Stelle zeigt sich eine lange Pause bevor die Schülerin antwortet. Ihre Nachfrage („vergleichen mit was?“) fragt nach einem Referenzpunkt. Dieser war in der Frage der Interviewerin eine zeitliche Dimension („von früher bis heute“). Die Entwicklung in

zeitlicher Dimension scheint für Inga jedoch ganz selbstverständlich zu sein, schließlich „entwickeln [sie] sich IMMER weiter“. In dieser Passage wird so einerseits erneut die Veränderung betont, andererseits wird diese Veränderung als etwas Normales schon immer da Gewesenes konzipiert („verändern tut sie sich immer“, „der Mensch hat schon immer erforscht was um ihn rum war“). Es wird ein grundsätzliches „prinZIP“ beschrieben, welches sich auf Wissen, Erklärungen und das Verstehen der uns umgebenden Welt bezieht. Dieses Prinzip bleibt unabhängig von der Zeit bestehen, die Entwicklung der Menschen wird jedoch als eine selbstverständliche deutlich: „logischer WEISE sind wir nen Schritt weiter“. Sowohl dieses Prinzip, als auch die in der vorherigen Passage angesprochene Grundlage geht nicht verloren, sondern besteht unabhängig von der Zeit. Trotz gewisser Beständigkeit beschreibt Inga einen zeitlich chronologischen Abfolgeprozess und unterscheidet sich damit in dieser Vergleichsdimension von Arne. Für Inga scheint sowohl Veränderung, als auch Beständigkeit im Rahmen dieser Veränderung vordergründig.

### Zusammenfassung

#### Orientierungsrahmen bezüglich ...

- **des Werts der Naturwissenschaften:** Als Wert wird verschiedenes deutlich: Bereitstellen von Faktenwissen, Erklärungswissen und Produkten. Dieser Wert bezieht sich auf alle Menschen, auch auf Inga selbst.
- **des Selbstbezugs zu Naturwissenschaften:** Vermittelt darüber, dass Inga sich grundsätzlich als Teil der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften konzipiert, zeigt sie sich einerseits als Teil der naturwissenschaftlichen Forschung und stellt so einen positiv gerahmten Bezug zu sich selbst her. Andererseits erscheint der Bezug als selbstverständlich.
- **zeitlicher Entwicklung der Naturwissenschaften:** Die zeitliche Entwicklung wird als ein Veränderungsprozess verschiedener, sich wiederholender Phasen konzipiert. Dabei wird ein allgemeines Zeitmodell (welches auch unabhängig von der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften besteht) entworfen. Im Rahmen dieser Veränderung ist auch Beständigkeit der grundlegenden Charakteristika bedeutsam.
- **des Selbstbezugs zur zeitlichen Entwicklung:** Sie selbst schließt sich in den Prozess der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften mit ein. Dies geschieht vermittelt darüber, dass sie sich als Teil der Menschheit konzipiert, welche im Laufe der Zeit Dinge entwickelt und sich selbst weiterentwickelt.

#### 5.3.1.6. Eckfall 6 – Konstantin

Konstantin ist zum Zeitpunkt des Interviews 18 Jahre alt und besucht die 11. Klasse eines Gymnasiums in Hamburg und wählte dort das Informatikprofil. Als weitere profilgeben-

de Fächer gab er Physik und Geschichte an. Einen Berufswunsch nannte er nicht. Das Interview liegt mit 23 Minuten Dauer etwas unter der durchschnittlichen Dauer von 26 Minuten und fand im Flur vor den Kunsträumen der Schule statt. Auf die Frage nach spontanen Gedanken zu Naturwissenschaften äußert er:

Konstantin: °was fällt mir da spontan ein?° (1) also wenn ich den beGRIff höre [Interviewerin: mhm] dann (.) dann naturwissenschaften da fällt mir erst mal NATUR ein wenn ichs jetzt (.) abgesehen von dem schulkontext (1) höre. [Interviewerin: ja] und ansonsten eben (1) ähm (4) ja, scIENce (.) GRUNDLA:Genforschung [Interviewerin: mhm] und so (2) interesting stuff ((lachen)) (Z. 111 - 117)

Das Adverb „also“ leitet eine Erläuterung ein, die sich jedoch nicht auf die Beantwortung der Frage an sich bezieht, sondern auf den Kontext der Beschäftigung mit der Frage. Er konzeptualisiert „Naturwissenschaften“ als einen Begriff und beantwortet die Frage in diesem Rahmen mit „NATUR“. Dies impliziert, dass die Frage nach Naturwissenschaften auch anderes konzeptualisiert werden könnte. Eine Alternative spricht er selbst im Anschluss an, indem er vom „schulkontext“ spricht. Es scheint also einen Unterschied zwischen dem Begriff Naturwissenschaften und den Naturwissenschaften im Kontext Schule zu geben. Dabei verweist die Verwendung von „erst mal“ darauf, dass es weitere Dinge gibt, die ihm einfallen könnten, dies geschieht jedoch nicht. Dabei fällt auf, dass er von „dem schulkontext“ spricht. Der bestimmte Artikel verweist darauf, dass es einen einzigen, konkreten Kontext Schule gibt. Neben Natur und Schule wird vermittelt über das Adverb „ansonsten“ außerdem von „sciENce“ und „GRUNDLAGenforschung“ gesprochen. Es wird also explizit der Kontext Forschung und Wissenschaft thematisiert. Dies stellt einen Unterschied zu einer Vielzahl der interviewten Schüler\_innen dar. Mit Grundlagenforschung wird ein ganz spezifischer Bereich der wissenschaftlichen Forschung angesprochen. Was genau der Schüler darunter versteht, bleibt an dieser Stelle offen, dennoch ist zu bemerken, dass er diese Spezifizierung vornimmt und gerade nicht allgemein von Forschung spricht.

Mit „und so“ wird diese Aufzählung von Natur, Schulkontext und Forschung unkonkret weitergeführt und so als erweiterbar deutlich. Beendet wird die Aussage mit dem englischen Begriff „interesting stuff“. Auch in den vorangehenden Übungsaufgaben nutzt der Schüler immer wieder einzelne englische Worte und Redewendungen, sodass dies als Charakteristik seines Sprechens verstanden werden kann. Auffällig ist, dass er mit einem Lachen endet. Dies könnte ein Zeichen von Unsicherheit sein oder aber die Aussage ironisieren. Dabei wirkt die Erwähnung der Forschung, aber auch die Aufzählung insgesamt, eher beiläufig („ansonsten eben“). Es zeigt sich in dieser Passage eine verhältnismäßig lange Pause, sodass erst nach vier Sekunden der Bereich Forschung angefügt wird. Insgesamt wirkt es weniger wie die Nennung spontaner Gedanken. Sowohl die Wiederholung der Aufgabenstellung, der die Rede einleitende Satz und die Pausen sprechen gegen Spontanität. Ganz im Gegenteil zu Paul, der mit einer ganze Reihe von Assoziationen zum Begriff Naturwissenschaften aufwartet. Es fällt weiterhin auf, dass Konstantin wie Alexander relativ unkonkrete Oberbegriffe nennt und sich nicht, wie beispielsweise Paul auf konkrete Erfahrungen mit Naturwissenschaften bezieht oder wie Arne und Inga einen Bezug zur ei-

genen Person herstellt. Dies lässt ein eher distanzierendes Verhältnis zu Naturwissenschaften vermuten. Dies bestätigt sich, als er über Kontaktmöglichkeiten mit Naturwissenschaften spricht:

Konstantin: na ja (.) zwanghaft hier in der schule [Interviewerin: mhm] aber ich war auch schon (1) ähm bei DESY mal für zwei wochen °is ganz interessant° ((lachen))

Interviewerin: für zwei wochen? und dann hast du da gearbeitet oder wie war das?

Konstantin: na: gearbeitet, das war so 'n (2) programm praktisch. @wo man teilnehmen konnte@ (Z.123 - 130)

Die Frage nach Gelegenheiten zum Kontakt mit Naturwissenschaften beantwortet der Jugendliche mit Bezug zu einem der drei zuvor genannten Bereiche: „in der schule“. Dabei wird der Kontakt mittels des Adjektives „zwanghaft“ zu etwas nicht Freiwilligem. Obwohl der Schüler durch die Wahl eines Profils grundsätzlich Einfluss auf die von ihm besuchten Fächer nehmen konnte, wird der Kontakt zu Naturwissenschaften als gezwungen beschrieben. Durch diese Wortwahl zeigt sich eine distanzierte Haltung gegenüber Naturwissenschaften im schulischen Kontext.

Neben dem schulischen Kontext wird mit dem DESY eine regionale Forschungseinrichtung angesprochen. Die Konjunktion „aber“ leitet eine Gegenrede ein. Es wird also gerade auf Unterschiedlichkeit zwischen Schule und Erfahrungen am DESY fokussiert. Worin diese besteht, wird nicht deutlich: Sie könnte sich auf den zwanghaften Charakter der Erfahrung oder auf die Verschiedenheit von Schule und Forschungseinrichtung beziehen. Da auf die folgende Nachfrage der Interviewerin das Verb „konnte“ gewählt wird, wird deutlich, dass die Teilnahme als freiwillig verstanden wird. In Bezug auf den Zwang unterscheiden sich die zwei beschriebenen Erfahrungen mit Naturwissenschaften also in jedem Fall.

Insgesamt fällt auf, dass Rahmendaten der Erfahrung am DESY geschildert werden: Ort, Zeitraum und organisatorischer Rahmen werden genannt. Eine Erläuterung konkreter Tätigkeiten oder Erlebnisse findet nicht statt. Dies kann als weiterer Hinweis darauf gedeutet werden, dass diese Erfahrungen aufgrund der Frage im Interview angeführt werden, jedoch wenig mit seiner eigenen Person zu tun haben. Dabei fällt auf, dass bisher jede Aussage seinerseits zu diesem Thema mit einem Lachen beendet wird. Wie in der ersten Passage nimmt er eine Wertung der Erfahrung am DESY vor („is ganz interessant“). Diese ist explizit ebenfalls positiv, es zeigt sich im Vergleich zum vorherigen „interesting stuff“ jedoch eine Abschwächung. Auch der letzte Satz dieser Passage wird gelacht gesprochen.

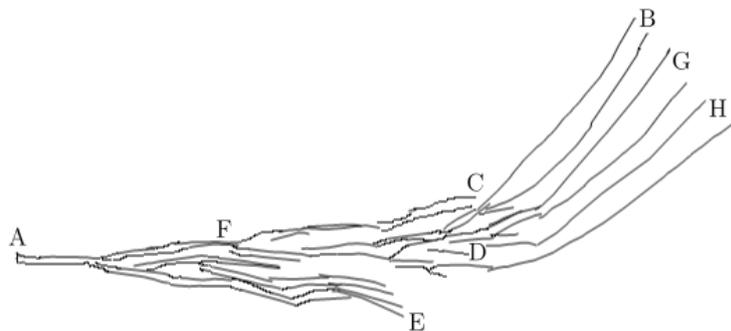
Außerdem fällt ein Wechsel der verwendeten Pronomen auf: Spricht er zuvor noch in der ersten Person Singular, wird nun verallgemeinernd von „man“ gesprochen. Es steht also weniger seine eigene Teilnahme im Vordergrund, obwohl die Frage der Interviewerin auf seine Person abzielt („du“). Auch wenn die gestellte Frage als wenig erzählgenerierend zu bewerten ist, lenkt der Schüler den Fokus von seiner eigenen Person weg. Als implizite Regelmäßigkeit dieser Aussagen zeigt sich eine eher distanzierte Haltung Konstantins ge-

genüber Naturwissenschaften. Obwohl explizit sehr positive Wertungen für den Bereich Forschung vorgenommen werden, zeigt sich implizit eine Abgrenzung von den Naturwissenschaften. Diese Angrenzung geschieht für den Kontext Schule explizit.

### Zwischenfazit

Konstantin beschreibt die Naturwissenschaften und ihre Forschung explizit positiv, implizit zeigt sich jedoch eine Distanz zwischen seiner eigenen Person und den Naturwissenschaften.

Während nach den ersten Passagen der Eindruck entstehen könnte, Konstantin habe keine Lust auf das Interview und möchte es möglichst schnell hinter sich bringen, bestätigt sich dies nicht beim Zeichnen des Bildes: Nach einigen Minuten des Zeichnens bat er um ein neues Blatt Papier, um seine Zeichnung neu zu beginnen.



Das Bild dieses zweiten Versuchs beschreibt er wie folgt (hier dargestellt in zwei Abschnitten):

Konstantin: ja. also das hier ist jahr 0, ((zeigt auf A)) [Interviewerin: mhm] wo ja so ähm (.) ANfangen mit den philosOPHen vielleicht. das waren ja so die ersten die sich überhaupt mit solchen (.) sachen beschäftigt haben? [Interviewerin: mhm] also auch versucht haben rational erklärungen zu suchen (1) und was man insgeSAMT sIEHT ist das eben (.) das hier diese ersten ((zeigt auf A)) (1) 2.000 jahre oder so von den 2.500 in denen es halt wirklich naturwissenschaft GIBT, ähm (1) eher nicht so:: stark AN(.)steigen von der entwicklung her. ((zeigt von A nach B)) [Interviwer: mhm] das ist jetzt vielleicht ein bisschen schlecht (.) aber das hier ((zeigt von C nach B)) meint eher so die letzten (1) ähm 150 ja:hre mit (.) der dampfmaschine und jetzt halt (.) inzwischen noch (.) so vielen weiteren äh naturwissenschaftlichen und technologischen entwicklungen [Interviewerin: mhm] ähm (2) (Z. 161 - 174)

Sowohl sprachlich, als auch im Bild wird ein eindeutiger Anfangspunkt markiert („jahr 0“). Dieser Punkt wird als Anfang eines Prozesses konzipiert. So wird davon gesprochen, dass „die ersten“ sich mit „solchen sachen“ befasst haben. Sowohl der Verweis auf die Vorreiterrolle der Ersten, als auch das Adverb „überhaupt“ bestärken noch einmal diesen Anfangspunkt. Dabei kann aufgrund der Fragestellung vermutet werden, dass mit „solchen sachen“ auf irgendeine Art und Weise eine Verbindung zur naturwissenschaftli-

chen Forschung hergestellt wird. Die Wortwahl zeugt erneut von Distanzierung. Es wird nicht konkretisiert, um was für Sachen es sich handelt. Ganz im Gegenteil wirken durch die Formulierung „solche sachen“ die Inhalte der Forschung beliebig. Hingegen findet eine Spezifizierung im Hinblick auf das methodische Vorgehen statt („rational erklärungen zu suchen“). Naturwissenschaftliche Forschung wird von diesem Schüler nicht über Forschungsgegenstände, wie dies bei Claas und Paul der Fall ist, sondern über die grundsätzliche methodische Vorgehensweise charakterisiert.

Ausgehend von dem Anfangspunkt wird ein Prozess beschrieben. Dabei fällt auf, dass die anfänglichen 2000 Jahre abgewertet und die letzten 150 Jahre im Hinblick auf technische Errungenschaften charakterisiert werden. Diese zweite Phase scheint der vorherigen überlegen zu sein und bis heute anzudauern: „inzwischen noch so vielen weiteren äh naturwissenschaftlichen und technologischen entwicklungen“. Diese Herausgehobenheit führt Konstantin auf technische Produkte zurück. Im Gegensatz zu Paul, der einen kontinuierlichen Prozess der Veränderung beschreibt, konzipiert Konstantin die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften wie Inga als aus verschiedenen Phasen bestehend. Eine dieser Phasen wird als besonders herausgehoben deutlich. Insgesamt ist Veränderung vordergründig, doch weniger in Form eines kontinuierlichen Prozesses.

Der zweite Abschnitt dieser Passage bezieht sich auf die weiteren von ihm dargestellten Eigenschaften des Weges:

und was man sonst noch sieht ist halt dass es ganz ganz verzweigt is ((zeigt auf D)) [Interviewerin: mhm] und das eben manche wege auch irgendwie im NICHTS enden? ((zeigt auf E)) [Interviewerin: mhm] und dann halt einfach zu ende sind. (1) das heißt auch das es irgendwie mal irgendwelche (.) versuche oder forschungen gibt. wie keine ahnung den @schnellen brüter vielleicht@ der einfach dann (.) im nichts landet weil daraus ÜBERhaupt nichts wird. [Interviewerin: okay] (Konstantin, Z. 174 - 182)

Die Verzweigung verschiedener Wege und das „im NICHTS enden“ einiger Wege werden thematisiert. Im weiteren Verlauf wird von Konstantin jedoch auf die zweite genannte Eigenschaft fokussiert. Im Kontrast zu anderen Fällen spricht dieser Schüler nicht von Sackgassen, die ein Umkehren notwendig machen, sondern vom „im nichts landet“. Auch im Bild sind Wege am Ende offen gelassen (vgl. Punkt E im Bild). Diese Metaphorik zeugt davon, dass diese Wege im Laufe der Zeit nicht wieder aufgegriffen werden. Das Scheitern von Forschungen wird sowohl sprachlich, als auch im Bild besonders prägnant hervorgehoben. Anders als bei Arne, wo ein falscher Weg auch wieder zum richtigen führen kann, erscheinen diese Art Sackgassen für Konstantin eher negativ konnotiert.

Das Landen im Nichts wird mit „weil daraus ÜBERhaupt nichts wird“ in Verbindung gebracht und ein fehlender Ertrag, eine fehlende Konsequenz angesprochen. Dies wird mit dem Beispiel des Schnellen Brüters, einem Verfahren zur Umwandlung von nicht spaltbarem Uran in Plutonium, in Verbindung gebracht, welches vorrangig in den 1970er-Jahren staatlich unterstützt erforscht wurde, jedoch nie flächendeckend zum Einsatz kam. Auch hier fehlt der Ertrag des Forschungsprojekts, sodass als negativer Gegenhorizont ein feh-

lender Ertrag der Forschung deutlich wird. Durch die metaphorische, drastische Wortwahl und die Nennung des Beispiels grenzt sich Konstantin von Forschung ohne Ertrag ab. Im Umkehrschluss könnte vermutet werden, dass Forschung einen Wert, einen Nutzen haben sollte. Dies scheint für die Dampfmaschine und weitere technische Entwicklungen der Fall zu sein, für den schnellen Brüter jedoch nicht. In der folgenden Passage wird darauf detaillierter eingegangen:

Interviewerin: kannst du das ein bisschen genauer beschreiben mit dem da wird nichts draus. was meinst du denn damit? da wird nichts draus

(1)

Konstantin: äh es wird lange gefOrscht. ähm (2) also ZUM beispiel beispiel schnellen brüter wurde geforscht wie man da (1) @atommäßige sachen@ machen kann [Interviewerin: mhm] ähm gut da gibt's jetzt vielleicht immer noch ein gANZ klein bisschen forschung aber so wirklich ((zeigt von D nach C)) das hat sich ja eher im sande verlaufen [Interviewerin: mhm] nachdem da ganz viel geld reingeschüttet wurde oder auch (.) ganz generell sachen die dann einfach sich als NICH MÖGLICH herausgestellt haben. [Interviewerin: mhm]

[...]

Interviewerin: okay was bedeutet es denn jetzt dass es so verzweIGungen zwischen den wegen gibt? also ich könnte ja auch ich kann ja auch manchmal so weggehen und da wieder auf den anderen weg rübergehen ((zeigt auf F))?

Konstantin: pfff na ja das sagt ganz einfach dass (1) ähm (2) die unterschiedlichen naturwissenschaften durchaus was miteinander zu TUN haben [Interviewerin: mhm] (Z. 183 - 212)

Die Beschreibung des Forschungsprojektes zum Schnellen Brüter verbleibt außer der Nennung des Namens sehr unkonkret („@atommäßige Sachen@“). Nun wird die Metapher „im sande verlaufen“ verwendet. Ein Vorhaben kommt nicht zum Abschluss, sondern verläuft im Sande. Die Metapher kann beispielsweise Wasser bezeichnen, welches nutzlos im Sand versickert. Auch hier ist also ein fehlender Ertrag, Nutzen zentral. Von solch einem Zustand grenzt Konstantin sich ab. Zur Wasser-Metaphorik des im Sande Verlaufs passt auch das Verb „reingeschüttet“. Hierbei geht es um eine große Menge an Geld, die zu keinem nennenswerten Ertrag geführt hat. Durch diese Wortwahl wird das Scheitern der Forschung noch weiter bestärkt. Als implizite Regelhaftigkeit des Sprechens zeigt sich nun über mehrere Passagen hinweg, dass für Konstantin die Forschung einen Nutzen, einen Ertrag zu erbringen hat. Dieser Wert scheint in der Verfügbarkeit technologischer Entwicklungen, wie der Dampfmaschine zu liegen und für den Schnellen Brüter gerade nicht erreicht worden zu sein.

Im zweiten Teil dieser Passage zeigt sich erneut die Distanz zwischen Konstantin und den Naturwissenschaften. Fast belanglos, wenig emotional wird die von ihm im Bild dargestellte Eigenschaft der naturwissenschaftlichen Forschung (Der Weg ist „verzweigt“) ausgeführt. Im Vergleich zu den vorherigen Zeilen, die durch metaphorische Sprache und Betonungen geprägt sind, wird hier nun ohne all dies gesprochen („pfff na ja das sagt ganz einfach dass [...] die unterschiedlichen Naturwissenschaften durchaus was miteinan-

der zu TUN haben“). Damit erscheint der Ertrag der naturwissenschaftlichen Forschung für Konstantin bedeutsamer als die Verknüpfung der verschiedenen Wissenschaften im Laufe der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften.

### Zwischenfazit

Konstantin konzipiert die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften stärker als einen Prozess verschiedener Phasen, wobei eine Phase sich als eine herausgehobene zeigt. Diese zeichnet sich durch die Entwicklung technischer Geräte aus. Von ertragsloser Forschung grenzt Konstantin sich stark ab. Forschung hat seiner Ansicht nach einen Wert zu haben, der sich, aufgrund der Herausgehobenheit dieser einen Phase, als das Bereitstellen von Produkten vermuten lässt. Es bestätigt sich eine gewisse Distanz zwischen seiner eigenen Person und der naturwissenschaftlichen Forschung.

Die Herausgehobenheit der Phase der Dampfmaschinenentwicklung wird bestärkt, als der Jugendliche über die heutige und die zukünftige Forschung spricht:

also man kann inzwischen natürlich sagen dass es so (2) sehr sehr vieles (.) sehr (.) genAU erforscht wurde bereits und das es halt jetzt wirklich nur noch äh GRUNDlagenforschung IST. [Interviewerin: mhm] ähm (2) dann sollte man es @vielleicht jetzt wieder grade machen@ ((zeigt mit dem Stift von B, G und H parallel zur Blattunterseite nach rechts)) (Z. 278 - 283)

Erneut zeigt sich eine prozesshafte Komponente, bei der Veränderungen vordergründig sind, ganz im Gegenteil zu Arne, bei dem die Eigenschaften der Forschung unabhängig von der Zeit relevanter waren. Konstantin beschreibt Veränderungen, sodass bis heute bereits „sehr sehr vieles sehr genAU erforscht wurde“. Daher findet heute „nur noch äh GRUNDlagenforschung“ statt. Wie bereits zu Beginn des Interviews wird in Grundlagenforschung und andere Forschung unterschieden. Diese andere Forschung scheint heute bereits beendet zu sein, sodass nur noch die Grundlagenforschung geblieben ist. Daher würde er den weiteren Verlauf des Weges ohne Steigung parallel zum Blattrand fortführen. Da die Steigung des Weges die Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung abbildet und sie gerade dort hoch ist, wo mit der Dampfmaschine und weiteren technischen Entwicklungen technische Produkte hergestellt wurden, scheint dies auf die Zukunft nicht mehr zuzutreffen. Dies bestätigt sich in der folgenden Passage:

Konstantin: [...] heute (1) is wie gesagt fast alles eigentlich schon IRGENDwie erklärt. (1) und es gibt halt nur noch so: (1) GRUNDlagen die (1) vielleicht letzten endes fürs menschliche leben gar nicht so relevant? sind. ne,

Interviewerin: hast du da ein beispiel für für irgend so 'ne grundlage die nicht relevant is?

Konstantin: ((atmet aus)) ja es-also es geht ja zum bei(.)spiel immer darum ähm (2) so die (2) ((atmat aus)) teilchen die unsere welt zusammen(.)halten [Interviewer: mhm] in in noch kleiner und kleine(.)re ähm (3) TEILE halt aufzuteilen [Interviewe-

rin: mhm] die dann IMMER wieder eigene eigenschaften haben. (2) und so was halt [Interviewerin: mhm] was was man da zum beispiel in (.) teilchenbeschleunigern versucht irgendwelche (.) äh sachen dann FESTzustellen die (.) die ja eigentlich VÖLLICH egal sind ((lacht)) [Interviewerin: ((lacht)) ja] aber halt forschung der forschung WILLEN [Interviewerin: okay.] (Z. 310 - 328)

Auch in dieser Passage steht der Nutzen der Forschung im Vordergrund und wird hier dahingehend spezifiziert, dass Forschung einen Nutzen für das Leben der Menschen haben sollte. Erkenntnisse über Elementarteilchen werden als „eigentlich VÖLLICH egal“ bezeichnet. Sie besitzen keinerlei praktischen Wert für das alltägliche Leben der Menschen. In diesem Sinne zeigt sich Wissen über die uns umgebende Welt nicht als Wert der Forschung. Vielmehr scheinen es die technischen Entwicklungen des alltäglichen Lebens zu sein, die als Wert der Forschung angestrebt werden. Heute wird lediglich Grundlagenforschung betrieben und unnützes Wissen aufgedeckt. Da die Grundlagenforschung nur noch um der Forschung willen forscht und gerade keinen Wert für die Menschen erfüllt, grenzt er sich von dieser ab. Er selbst ist dieser Entwicklung passiv ausgeliefert. Die Forscher\_innen forschen halt, erhalten finanzielle Unterstützung, auch wenn sich kein Ertrag zeigt und befassen sich mit seiner Ansicht nach sinnlosen Dingen. Diesen Zustand heißt er nicht gut, kann ihn aber auch nicht verändern („aber halt forschung der forschung WILLEN“).

### Zusammenfassung

#### Orientierungsrahmen bezüglich ...

- **des Werts der Naturwissenschaften:** Forschung hat in jedem Fall einen Wert für das alltägliche Leben der Menschen zu haben. Dies scheint vorrangig das Bereitstellen von Produkten zu sein.
- **des Selbstbezugs zu Naturwissenschaften:** Es zeigt sich durchweg eine distanzierte Haltung gegenüber Naturwissenschaften. Diese Abgrenzung liegt im, seiner Ansicht nach, heute fehlenden Wert der Grundlagenforschung begründet.
- **zeitlicher Entwicklung der Naturwissenschaften:** Veränderung hin zu diesem negativ bewerteten Zustand ist vordergründig. Dieser Prozess gliedert sich in mehrere Phasen, von der eine als besonders herausragend deutlich wird. Sie zeichnet sich durch die Entwicklung technischer Geräte aus und ist heute bereits beendet.
- **des Selbstbezugs zur zeitlichen Entwicklung:** Dem Veränderungsprozess ist Konstantin passiv ausgeliefert. Er ist nicht Teil der Entwicklung, sondern nimmt aus einer distanzierten Warte heraus eine Wertung der verschiedenen Phasen vor.

### 5.3.1.7. Eckfall 7 – Amar

Amar ist zum Zeitpunkt des Interviews 17 Jahre alt und besucht die 12. Klasse einer Hamburger Stadtteilschule. Mit 19 Minuten gehört dieses Interview zu den kürzesten der Datenerhebung. Als Profil gebende Fächer gibt er Biologie und Geografie an. Seinen Berufswunsch bezeichnet er als unklar. Das Interview fand in einem Konferenzraum seiner Schule statt. Als Antwort auf die Frage nach spontanen Gedanken zu Naturwissenschaften nennt er:

Interviewerin: [...] und zwar wenn du an naturwissenschaften denkst was geht dir da durch den kopf?

Amar: natURwissenschaften? (1) das fach biologIE? [Interviewerin: mhm] (2) und (1) bäume? pflanzen, und (2) halt (4) °was fällt mir noch so ein° die natur an sICH. die ökologie, (2) die lebensräume der (1) tIEre:, wüste, (.) die verschiedenen LANDschaften, [Interviewerin: mhm] und (2) die verhÄLTnisse wie die dort IEben, (2) ja. [Interviewerin: mhm] (Z. 121 - 132)

Zuerst wird ähnlich wie bei Paul ein schulischer Bezug hergestellt („das fach biologIE“). Ein Bezug zur eigenen Person zeigt sich hier, weniger explizit als bei Inga, indirekt. Es fällt auf, dass Amar eines seiner Profil gebenden Fächer nennt. Anschließend zählt er wie Paul und Alexander Oberbegriffe aus dem Kontext Natur auf. Neben diesen spezifischen Oberbegriffen wird globaler von „natur an sICH“ gesprochen und so der Fokus geweitet. Denkbar wäre hier, dass er die unveränderte Natur meint. Anschließend nennt der den Begriff Ökologie. Diese wissenschaftliche Disziplin beschäftigt sich mit der ungestörten Beziehung von Lebewesen zueinander und zur Umwelt. Dies wird mit „lebensräume[n]“, „tIEre[n]“, „LANDschaften“ und „VerhÄLTnisse[n] wie die dort leben“ spezifiziert. Es wirkt so, als würde Amar Faktenwissen aus dem Themengebiet Ökologie anführen. Zentral ist dabei die Wechselwirkung zwischen Umgebung und Lebewesen. Auch das Nomen „verhÄLTnisse“ verweist auf Relationen zwischen verschiedenen Dingen, die miteinander in Beziehung gesetzt und verglichen werden. Die Wechselwirkung zwischen Umgebung und Lebewesen ist auch in der folgenden Passage relevant:

Interviewerin: gab's mal gelegenheiten wo dU mit naturwissenschaften zu tun hattest?

(1)

Amar: ähm (2) also schon also zum beispiel wenn ich jetzt zum URlaub fahre, (1) dann ist ja (.) das klima ändert sich ja [Interviewerin: mhm] und ich mUSS mich daran anpassen also (.) in deutschland ist es ja so kAlt und so. (.) manchmal. und wenn ich jetzt in ein wÄRmeres gebiet fahre ist es ja h-halt sehr wArm, [Interviewerin: ja] ja. [Interviewerin: mhm] (Z. 134 - 143)

Vermittelt über die vorher diskutierte Verbundenheit von Lebewesen und Umgebung stellt Amar, wie von der Interviewerin gefordert, eine Verbindung zu seiner eigenen Person her. Er hat den Einfluss der Umwelt bereits erlebt, als er im Urlaub in eine andere Umgebung gefahren ist und sich an die veränderte Temperatur gewöhnen musste. Es war notwendig

sich „daran an[zu]passen“. Die Umgebung nimmt Einfluss auf die sich dort befindlichen Lebewesen, auch auf Amar selbst. Amar beschreibt, anders als beispielsweise Alexander eine Verbindung zwischen sich selbst und dem, was er mit Naturwissenschaften in Verbindung bringt. Die zuvor noch wie Inhalte des Schulfaches aufgezählten Themen bezieht er nun auf sein eigenes Leben. Dabei ist konkretes Erleben oder körperliches Erfahren zentral, wie es ebenfalls bei Paul und den Erlebnissen mit seinem Vater in der Natur der Fall ist. Es wirkt so, als würde Amar die Inhalte seines (Biologie-)Unterrichts mit seiner Lebenswelt verknüpfen.

Die Notwendigkeit der Anpassung wird durch die Betonung des Verbs „muSS“ unterstrichen. Amar ist es, der auf gegebene Bedingungen reagieren muss. Im Gegensatz dazu konzipiert Natalia sich und jeden Menschen als einflussnehmend auf die Umwelt, indem Abfall auf den Boden geworfen und sich auf diese Art und Weise umweltunfreundlich verhalten wird. Diese Richtung der Beeinflussung von Mensch und Umwelt zeigt sich bei Amar bisher nicht.

Im Vergleich zur ersten Passage fällt auf, dass der Interviewte nun weniger Pausen macht. In der ersten Passage wurden darüber hinaus mehrere Aussagen als Fragen intoniert gesprochen. Dies zeigt sich bei der Beschreibung von Gelegenheiten zum Kontakt mit Naturwissenschaften nicht.

#### Zwischenfazit

Für Amar ist die Verbindung zwischen Umwelt und Lebewesen und ihre gegenseitige Beeinflussung wichtig. Dabei passen sich die Lebewesen an die Umweltbedingungen an. Eine Verbindung zu sich selbst stellt der Interviewte vermittelt über Erfahrungen mit diesen Umweltbedingungen her. Es scheint eine Verbindung zwischen seiner Person und dem, was er mit Naturwissenschaften in Verbindung bringt, zu bestehen.

Die Passage der Bildbeschreibung gliedert sich in zwei thematische Abschnitte: Zuerst geht es um das Belegen von Theorien, anschließend um die Zerstörung des Regenwaldes.

Interviewerin: okay dann reden wir wieder über dein bild. erzähl' mir doch mal mithilfe deines bILdes etwas über die naturwissenschaftliche fOrschung,

Amar: also. hier ((zeigt auf A)) hat die angefANG, [Interviewerin: mhm] und die naturwischen-schaf-ALso das is 'ne fOrschung. da gibt's ja n-(2) ähm so: (2) LÖ-Sungen? also die fOrschen ja und das gibt's ja: (.) so: (1) wie nennt man so was? (1) theorIEN die sie beLEGEN könn [Interviewerin: mhm] und die auch nich. [Interviewerin: mhm] und das: (.) die ausfahrt ((zeigt auf B)) soll darstellen dass (.) es kEIne: (1) was sie nich belegen könn [Interviewerin: mhm] (Z. 173 - 185)

Es fällt auf, dass das Thema des Belegens von Theorien distanzierter thematisiert wird als die vorangegangene Beschreibung der eigenen Erfahrung. Sprachlich zeigen sich Unsicherheiten („wie nennt man so was?“) und erneut werden Aussagen als Fragen intoniert. Amar spricht distanziert zur eigenen Person von „sie“ („theorIEN die sie beLEGEN könn“). Er selbst zählt sich nicht zur Gruppe der Handelnden, vielmehr beschreibt er scheinbar selbst-

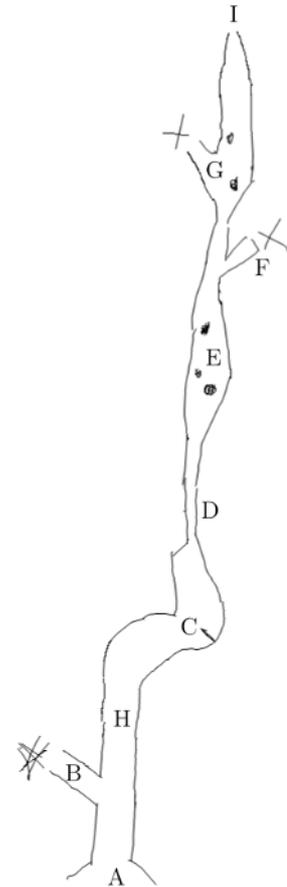
verständliche Fakten: „die fOrschen ja und das gibt's ja [...] theorIEN die sie sie beLEGEN könn“.

Ähnlich wie in der Eingangspassage wirkt es hier eher wie eine Nennung allgemein bekannter Tatsachen, die Amar in seinem Bild dargestellt hat. Die Eigenschaften naturwissenschaftlicher Forschung, Theorien belegen zu wollen, scheinen nicht mit seiner Person verknüpft zu sein. Er verbleibt sprachlich unkonkret.

Eine zeitliche Dimension zeigt sich lediglich andeutungsweise durch die verschiedenen erfolgreichen Versuche des Belegens. Ähnlich wie bei Arne werden allgemeingültige Charakteristika naturwissenschaftlicher Forschung beschrieben: Zu jeder Zeit versuchen „die“ Theorien zu belegen und sind entweder erfolgreich oder nicht. Während die Eigenschaft, dass Umwelt und Lebewesen sich gegenseitig beeinflussen, mit seiner eigenen Person in Verbindung gebracht wurde (im Urlaub muss er sich an die Temperaturen anpassen), wird eine solche Verbindung in Bezug auf das Belegen von Theorien nicht hergestellt. Amar konzipiert sich selbst nicht als Teil der beschriebenen Forschungsaktivitäten.

Obwohl mit dieser Aussage die Frage der Interviewerin beantwortet gewesen wäre, spricht Amar weiter:

und (.) auch d-ne-also ich wOllt' AUCH denn=auf=n rE-GENwald EINgehen, (1) zum beispiel ähm (.) da wird (.) die straße jetzt hier ((zeigt auf A)) (.) groß, [Interviewerin: mhm] und dann haben diese: leute den regenwald gefUNDEN, zerstören ihn. dann geht die wEIter ((zeigt auf C)) und das (1) stellt der naturwissenschaft so (1) ähm paar hÜRDEN dar. und=dann wird sie sehr schMAL ((zeigt auf D)) (1) weil (2) die regenwälder sind fAst (.) fast ganz zerstÖrt, [Interviewerin: mhm] und pAA versuchen ja: (.) das AUfzuhalten darum diese kleinen steinchen da ((zeigt auf E)). (1) das sind ein paar hÜRden und dann (.) wieder diese (.) anSÄTZE ((zeigt auf F)), (1) manchmal schAffen die s. manchmal nich und (.) Aber die versuchen 's immer noch weiter. [Interviewerin: mhm] ja. (Z. 185 - 200)



Im zweiten Abschnitt der Passage führt Amar explizit *sein* Thema ein: „ich wOllt' AUCH denn auf n rEGENwald EINgehen“. Er drückt seinen eigenen Willen oder Wunsch aus („wollt' AUCH“). Damit erscheint der erste Abschnitt dieser Passage stärker als eine pflichtbewusste Abarbeitung der Aufgabenstellung. Die Interviewerin fragt nach Eigenschaften der naturwissenschaftlichen Forschung und genau diesem Auftrag kommt Amar im ersten Abschnitt nach. Nun geht es ihm um seinen Wunsch, auf den Regenwald einzugehen. Sprachlich zeigen sich an dieser Stelle keine als Fragen intonierte Aussagen und Amar spricht ausführlicher als im ersten Abschnitt der Passage. All dies deutet darauf hin, dass die Zerstörung des Regenwaldes für Amar eine hohe Relevanz hat, schließlich ist es das Thema, über das er von sich aus sprechen möchte. Die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften wird nun im Kontext Ökologie verhandelt. Dieser Kontext wird,

wie folgend deutlich wird, im gesamten Interview nicht wieder verlassen. Anders als beispielsweise Natalia oder Inga geht es Amar also nicht um technische Errungenschaften der Forschung, sondern um den Zustand des Regenwaldes.

Während zuvor das Charakteristikum naturwissenschaftlicher Forschung genannt wurde, Theorien zu belegen, geht es nun um den Prozess der Regenwaldzerstörung. Innerhalb dieses Prozesses ist Veränderung zentral („wird sie sehr schmal“, „immer noch weiter“). Mit der Formulierung „diese Leute“ stellt Amar eine Distanz zu sich selbst her. Er gehört nicht zu den den Regenwald zerstörenden Leuten und grenzt sich auf diese Art und Weise auch von der Regenwaldzerstörung ab. Die Regenwaldzerstörung stellt einen negativen Gegenhorizont dar.

Wie bereits in der Eingangspassage ist auch hier die Wechselwirkung zwischen Lebewesen (diese Leute) und der Umwelt (Zustand des Regenwaldes) zentral. Das Ergebnis des Prozesses der Wechselwirkung von den „Leute[n]“ und dem „rEGENwald“ wird mit den Eigenschaften des Weges in Verbindung gebracht. Wegbreite, Ausfahrten und Hürden symbolisieren den Prozess aus Regenwaldzerstörung und Entgegenwirken der Zerstörung.

Regenwaldzerstörung und Naturwissenschaft werden über die „Hürden“ als verbunden deutlich, jedoch bleibt die genaue Art dieser Verbundenheit vorerst unklar. „Hürden“ werden scheinbar auf verschiedene Prozesse bezogen. Einerseits werden den Naturwissenschaftlichen Hürden „[ge]stellt“. Als eine solche Hürde für die Naturwissenschaft wird die Zerstörung des Regenwaldes genannt. Andererseits werden als Hürden Personen bezeichnet, die „versuchen [...] das Aufzuhalten“. In diesem Fall behindern Menschen den Zerstörungsprozess. Naturwissenschaft und Zerstörungsprozess behindern sich gegenseitig. Auch dies bestätigt, dass für Amar Naturwissenschaften und Zustand des Regenwaldes eng miteinander verknüpft sind. Es deutet sich an, dass Amar Naturwissenschaft als Naturschutz oder zumindest als Schutz des Regenwaldes konzipiert.

Passend zur Verbindung aus Naturwissenschaft und Regenwaldzerstörung symbolisiert auch der Weg Verschiedenes: Die Wegbreite steht für den Grad der Zerstörung des Regenwaldes, die Ausfahrten stehen für den Misserfolg der die Zerstörung verhindernden Personen („manchmal schaffen die s. manchmal nicht“). Zusammen mit der Einführung der Regenwaldzerstörung als sein Thema deutet sich hier eine Verbindung zwischen den drei Aspekten *Selbst des Schülers*, *Regenwaldzerstörung* und *Naturwissenschaften* an.

Neben „diese[n] Leuten“ gibt es ein „pAA[r]“, die der Regenwaldzerstörung entgegenwirken und den Prozess „Aufzuhalten“ versuchen. Es handelt sich lediglich um eine überschaubare Anzahl und ein Erfolg ihres Vorhabens ist keinesfalls sicher („versuchen“). Auch dieser Prozess wird als ein selbstverständlicher konzipiert („versuchen ja“) und wird in Zukunft nicht beendet sein („die versuchen’s immer noch weiter“). Erneut gehört Amar nicht zur Gruppe der Handelnden. Anders als Inga konzipiert sich Amar also nicht als Teil der Naturwissenschaft und ihrer zeitlichen Entwicklung, dennoch wird anders als bei Alexander auch keine Teilnahmslosigkeit deutlich. Dies zeigt sich auch in der folgenden Passage:

Interviewerin: okay dann haben die angefangen und was unterscheidet jetzt dieses brEite wegstück ((zeigt auf H)) von dem schmAlen wegstück ((zeigt auf D))?

Amar: hier sind (2) also (.) ich wOLlte ja ((zeigt auf C)) auf den regenwald eingehen. [Interviewerin: mhm] dass:: der regenwald ganz zerstört ist also dass es keine hoffnung für ihn gibt. und dAnn ((zeigt auf E)) (.) kommt wieder die hO:ffnung raus (.) die straße wird brEI:ter [Interviewerin: ja okay] da sind 'n paar hürden. (Z. 226 - 234)

Erneut stellt Amar eine Verbindung zwischen seiner Person und dem Thema Regenwaldzerstörung her („ich wOLlte ja auf den regenwald eingehen“). Der Zustand des Regenwaldes wird drastisch negativ beschrieben: Es gibt „keine Hoffnung für ihn“. Trotz dieser Hoffnungslosigkeit findet ein Wandel statt: „dAnn kommt wieder die hOffnung raus“. Ein Auslöser für diesen Wandel wird nicht deutlich. Vielmehr wird eine selbstverständliche Wendung der zuvor noch sehr negativ beschriebenen Entwicklung entworfen. Dieser Wandel scheint einfach zu passieren. Der Hoffnung wird eine aktive Rolle zugeschrieben („kommt wieder die hOffnung raus“). Es ist an keiner Stelle Amar, der Einfluss auf den Entwicklungsprozess nimmt. Weder ist er Teil der Zerstörenden, noch Teil der Aufhaltenden, sodass Amar eher als passiver Beobachter des Prozesses deutlich wird.

Es zeigt sich hier außerdem, dass es im Laufe der Zeit verschiedene Phasen gibt. Auf eine drastisch negativ beschriebene Phase (keine Hoffnung für den Regenwald) folgt eine Phase der Verbesserung. Zu jedem Zeitpunkt scheint Veränderung zentral zu sein, Stillstand oder Beständigkeit wird an keiner Stelle deutlich, außer beim Durchhaltevermögen der die Zerstörung aufhaltenden Personen („die versuchen ‘s immer noch weiter“). In diesem Sinne erhalten die aufhaltenden Personen eine herausragende Rolle, im Vergleich zur ansonsten vordergründigen Veränderung. Ihnen wird Durchhaltevermögen zugesprochen, eine aus Perspektive der Interpretin positiv konnotierte Eigenschaft. Dieses Durchhaltevermögen ist im Zuge des beschriebenen Zustandes notwendig für eine positive Wendung der Entwicklung. Es bildet den positiven Horizont. Es deutet sich an, dass ein positiv gerahmter Bezug zwischen dieser Eigenschaft der Naturwissenschaften und Amar besteht, auch wenn er sich grundsätzlich anders als Paul oder Inga nicht als Teil der Naturwissenschaften und ihrer Entwicklung konzipiert. Vielmehr ermöglicht das Durchhaltevermögen der Naturwissenschaftler\_innen langfristig die Lösung des Problems der Regenwaldzerstörung.

#### Zwischenfazit

Für Amar hat die Wechselwirkung zwischen Lebewesen und der Umwelt eine große Bedeutung. Menschen zerstören den Regenwald und nehmen Einfluss auf diesen. Amar stellt eine Verbindung zwischen seiner Person und den Naturwissenschaften her, indem er das Thema der Regenwaldzerstörung zu seinem Thema macht und es mit Naturwissenschaften in Verbindung bringt. Das Durchhaltevermögen der Naturwissenschaften, das langfristig eine Verbesserung des Zustandes des Regenwaldes ermöglicht, wird zum positiven Horizont. In einer zeitlichen Dimension beschreibt Amar einen Prozess, in dem in verschiedenen aufeinanderfolgenden Phasen jeweils

Veränderung zentral ist. Er selbst wird als passiver Beobachter dieses Veränderungsprozesses deutlich.

Interviewerin: mhm hast du 'n beispiel für so 'ne hürde im kopf?

Amar: ja diese mEnschen die das zerstÖren hör'n ja nich AUF damit [Interviewerin: mhm] und di-die anderen versuchen es ja. (1) diese (1) bOdenschätze werden ja herausgenommen darum wird das zerstÖRT aber die wollen das ja nich. (Z. 237 - 243)

Auch in dieser Passage geht es um zwei Gruppen von Personen, die jeweils am Prozess der Regenwaldzerstörung beteiligt sind. Als Hürde wird an dieser Stelle die Gruppe der den Regenwald zerstörenden Menschen und die Tatsache, dass sie „ja nich AUF[hören]“, benannt. So scheint die Regenwaldzerstörung eine Behinderung für die Naturwissenschaftler darzustellen. Dies bestätigt, dass Naturwissenschaften mit Naturschutz zusammengebracht wird.

Wie sich bereits in der vorangegangenen Passage zeigt, ist Amars Metaphorisierung nicht eindeutig, vielmehr erscheinen Naturwissenschaften und Regenwaldzerstörung als eng miteinander verwoben und als sich gegenseitig bedingend. Auch an dieser Stelle ist Beständigkeit zentral („hör'n ja nich AUF damit“). Auf diese Art und Weise wird ein Gegenpol zum Durchhaltevermögen der Naturwissenschaften entworfen. Die weitere Zerstörung wird als Tatsache und Notwendigkeit beschrieben („hör'n ja nich AUF“, „wollen das ja nich“) und macht damit nachvollziehbar, warum für das von Amar beschriebene positive Zukunftsbild („kommt wieder die hOffnung raus“) ein Durchhaltevermögen der Naturwissenschaft notwendig ist. Es scheint so, als würde Amar die Verantwortung für die positive Veränderung des Zustandes des Regenwaldes an die Naturwissenschaften delegieren.

Neben der zuvor deutlich werdenden Ablehnung der Regenwaldzerstörung wird an dieser Stelle ein Grund für die Zerstörung genannt. Damit werden die zerstörenden Personen nicht als mutwillig zerstörend konzipiert, vielmehr wird ihnen eine bestimmte Intention zugeschrieben. Die Förderung von Rohstoffen erscheint als notwendig und die sich daraus ergebende Zerstörung des Regenwaldes als eine Art Nebenwirkung („darum wird das zerstÖRT“). Amar macht hier die Handlungen der Zerstörenden nachvollziehbar, gibt ihnen einen Grund. Durch die Konjunktion „aber“ wird eine Gegenrede zu dieser begründeten Zerstörung eingeleitet. Da der Satz anders als an allen anderen Stellen im Interview ohne Pause fortgeführt wird, bezieht sich das Pronomen „die“ auf die zerstörenden Personen. Die Zerstörung wird so als etwas von den Personen nicht Beabsichtigtes konzipiert („die wollen das ja nich“). In diesem Sinne zeigt sich ein Dilemma aus Ablehnung und Notwendigkeit der Regenwaldzerstörung. Innerhalb dieses Dilemmas nimmt Amar eine passive, beobachtende Rolle ein. Er beschreibt lediglich den Zustand und konzipiert sich selbst nicht als handlungsmächtig. Anders als bei der Beschreibung von Gelegenheiten zum Kontakt mit Naturwissenschaften verfügt er selbst über keine Erfahrungen damit.

Die Lösung des Problems der Regenwaldzerstörung wird an anderer Stelle deutlich: „diese Straße wird breiter und irgendwann ist es wieder gut (1) in Ordnung“ (Amar, Z. 262 - 263). Die Wegbreite steht für den Grad der Regenwaldzerstörung, sodass der Zerstörungsgrad als im Laufe der Zeit abnehmend deutlich wird. Amar entwirft ein eindeutig positives Zukunftsbild. Wie bereits zuvor wird auch an dieser Stelle nicht deutlich, was genau den Wandel im Prozess auslöst. Es scheint jedoch selbstverständlich, dass sich eine Verbesserung der Zustände des Regenwaldes einstellt und damit das von Amar erlebte Dilemma auflöst.

Als Löser des Problems deutet sich in den oben dargestellten Passagen bereits die Naturwissenschaft an. Auch an anderer Stelle wird die Funktion der Naturwissenschaft und das Engagement der Wissenschaftler\_innen noch einmal deutlich:

also die naturwissenschaft hat was gutes die hilft menschen und so. (1) den tieren, der umwelt, (Z. 274 - 275)

[...]

Interviewerin: okay und wenn wir uns jetzt mal vorstellen du bist wissenschaftler hier ((zeigt auf D)) wo das grade ganz schmal geworden ist wie sieht da deine arbeit aus?

Amar: da bin ich bestimmt verzweifelt? (2) und (.) aber ich gebe nicht auf, (.) geh' immer noch weiter (Z. 305 - 311)

Der Naturwissenschaft wird die Funktion zugeschrieben, Menschen, Tieren und der Umwelt zu helfen. Die Naturwissenschaft wird damit als ein Hilfsmittel konzipiert („die hilft“). Sie hat „was gutes“, einen Vorteil, einen Wert. Auch wenn hier ein für alle Menschen geltender Vorteil der Naturwissenschaft beschrieben wird, weisen die vorherigen Ausführungen und Interpretationen darauf hin, dass die obige Konzeption der Naturwissenschaft einen persönlichen Wert für Amar hat. Ähnlich wie bei Arne, dem Naturwissenschaftler, das Ausleben seiner selbst erlebten Stärken ermöglicht, ermöglicht Naturwissenschaft und deren Durchhaltevermögen Amar ein positives Zukunftsbild. Er attestiert eine selbstverständliche Lösung des Problems der Regenwaldzerstörung in der Zukunft und kann damit das von ihm erlebte Dilemma auflösen. Naturwissenschaften haben daher für ihn einen persönlichen Wert.

Mit der Frage nach der Arbeit als Wissenschaftler („du bist wissenschaftler [...] wie sieht da deine arbeit aus?“) wird eine Perspektivübernahme vom Interviewten gefordert. Nun spricht Amar über sich selbst als Wissenschaftler. So wie zuvor die „pAA[r]“ Leute nicht aufgeben und der Zerstörung des Regenwaldes entgegenwirken, ist auch hier ein Aufgeben keine Option („aber ich gebe nicht auf“). Dies bestätigt, dass eben das Durchhaltevermögen der Naturwissenschaftler\_innen bedeutsam für Amars Sinnbildung ist. Erst diese Konzeption der Naturwissenschaft ermöglicht ihm den Entwurf eines zuversichtlichen Zukunftsbildes und erklärt die Selbstverständlichkeit der Wendung der Entwicklung.

Insgesamt fällt bei der Beschreibung der Arbeit als Wissenschaftler im Vergleich zu allen anderen Eckfällen auf, dass für Amar Emotionen relevant sind. Er beschreibt sich selbst

als verzweifelten Wissenschaftler oder aber (an einer hier nicht gezeigten Stelle) als optimistisch. Obwohl nach der Arbeit als Wissenschaftler gefragt wurde, geht es Amar um das emotionale Erleben der aktuellen Situation. Regenwaldzerstörung, Arbeit als Wissenschaftler und emotionale Reaktionen werden zusammengebracht und unterstreichen, dass Amar das Dilemma aus notwendiger und zu unterbindender Regenwaldzerstörung als ein für ihn emotionales Thema behandelt. Dies passt dazu, dass er das Thema Regenwaldzerstörung zu seinem Thema im Kontext der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften macht. Da er sich selbst als nicht handlungsfähig konzipiert, beschreibt er die zeitliche Entwicklung als ein Beobachter.

### Zusammenfassung

#### Orientierungsrahmen bezüglich ...

- **des Werts der Naturwissenschaften:** Forschung hat für Amar einen persönlichen Wert, indem ein Entkommen aus dem von ihm erlebten Dilemma und ein zuversichtliches Zukunftsbild möglich wird.
- **des Selbstbezugs zu Naturwissenschaften:** Aufgrund dieses Werts besteht eine positiv gerahmte Verbindung zwischen dem Schüler und der naturwissenschaftlichen Forschung.
- **zeitlicher Entwicklung der Naturwissenschaften:** Die zeitliche Entwicklung wird als ein Veränderungsprozess verschiedener Phasen deutlich.
- **des Selbstbezugs zur zeitlichen Entwicklung:** Amar selbst konzipiert sich als der Entwicklung passiv ausgeliefert und delegiert die Handlungsverantwortung an die Naturwissenschaften.

#### 5.3.1.8. Eckfall 8 – Larissa

Larissa ist zum Zeitpunkt des Interviews 18 Jahre alt und besucht dieselbe 12. Klasse einer Stadtteilschule wie Amar. Das Interview dauerte 27 Minuten und fand im Oberstufenzimmer ihrer Schule statt. Als Profil gebende Fächer gab sie Geografie, Biologie und Informatik an. Einen Berufswunsch nannte sie nicht. Auf die Frage nach spontanen Gedanken zu Naturwissenschaften nennt sie:

Interviewerin: [...] wenn du an natURwissenschaften denkst, [Larissa: mhm] was fällt dir spontan ein?

Larissa: physik chemie bIO. [Interviewerin: mhm] so was. (1) [Interviewerin: noch mehr?] (4) is geographie auch so was? ich bin mir da nich so sicher. (3) also eigentlich nur @so was@ [Interviewerin: mhm] so SCHULische sachen halt ne? (Z. 185 - 192)

Larissa zählt drei naturwissenschaftliche Disziplinen auf, ohne dies weiter auszuführen. Am Ende der Passage stellt sie explizit einen Bezug zur Schule her („so SCHULische

Sachen halt“). Dabei fällt auf, dass sie nicht Biologie, sondern die Kurzform „bIO“ nutzt, die ebenfalls typischerweise in der Schule verwendet wird. Im Hinblick auf die Einordnung von Geographie ist sie sich „nich so sicher“, die auch erst auf Nachfrage der Interviewerin und einer vergleichsweise langen Pause angeführt wird. Mit dem mehrfach genannten „so was“ wird deutlich, dass diese Oberbegriffe auf einer ähnlichen Ebene stehen. Diese Ähnlichkeit wird über den Kontext Schule hergestellt, wobei nicht wie bei Arne von konkreten schulischen Erlebnissen in diesen Fächern gesprochen wird. Sie stellt außerdem anders als Arne oder Inga keinen Bezug zu sich selbst her. Vielmehr erfolgt eine distanzierte, unkonkrete Aufzählung naturwissenschaftlicher Schulfächer. Larissa konzipiert Naturwissenschaften als Schulfächer und nicht wie beispielsweise Konstantin als wissenschaftliche Disziplin.

Dies ist auch bei der Frage nach Gelegenheiten zum Kontakt mit Naturwissenschaften relevant:

Interviewerin: gab es ma gelegenheiten wo du mit naturwissenschaften zu tun hattest?

Larissa: ähm (.) jA:? ich musste mal in chemie projekt- oder nen projekt machen:, (1) mit kupFER? (1) da sollte ich irgendwelche sÄUren zusammen mixen: und denn gUCKEN was dA: (.) entsteht? (1) ja is auch schon n bisschen her also ich weiß nich mehr so genau wie inner (.) NEUNTEN @klasse oder so@ (1) ja. das war so das einzige (.) sonst saß ich immer in der klasse und, (2) ja.

(2)

Interviewerin: und was is wenn du in der klasse sitzt?

(1)

Larissa: unterricht. nur theorIE. [Interviewerin: okay.] also °nich so° @spannend@. aber wir hatten auch BIOausflüge. (1) wir=ham BÄUME gepflanzt. und @so was@ ja. (Z. 194 - 212)

In dieser Passage zeigt sich deutlicher eine Distanz zu dem, was Larissa mit Naturwissenschaften verbindet. Gelegenheiten zum Kontakt mit Naturwissenschaften werden von Larissa schulisch gerahmt („chemie projekt“, „unterricht“ und „BIOausflüge“). Diese unterscheiden sich im Grad praktischer Handlungen und „theorIE“. Von theoretischer Arbeit grenzt sich Larissa ab („nur theorIE“, „°nich so° @spannend@“). Praktische Erlebnisse werden ebenso mit Naturwissenschaften in Verbindung gebracht, jedoch im Kontrast zum theoretischen Unterricht weniger negativ konnotiert beschrieben („aber“). Dennoch verbleibt die Beschreibung unkonkret: „irgendwelche sÄUren zusammen mixen“, „gUCKEN was da entsteht“, „ham BÄUME gepflanzt“).

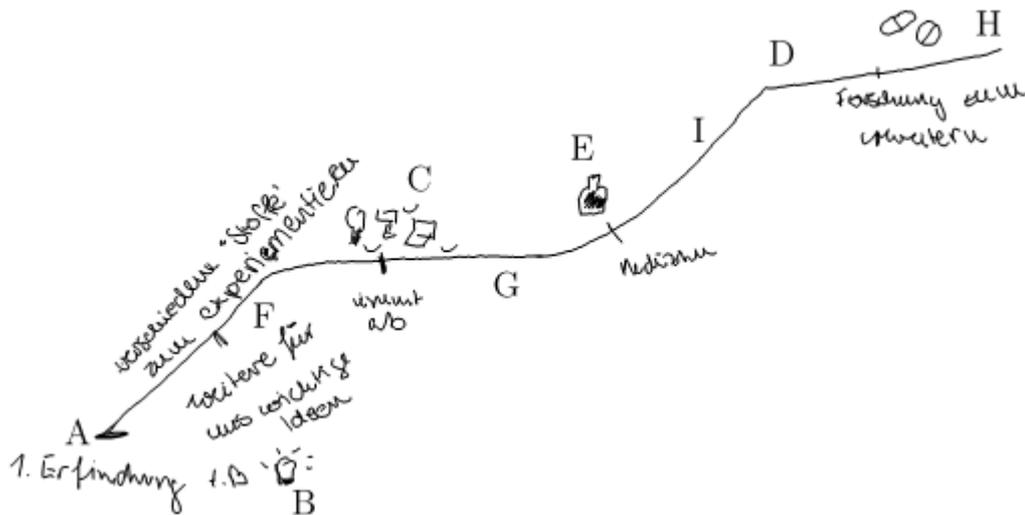
Dieser schulisch gerahmte Bezug zu Naturwissenschaften wird als ein gezwungener deutlich. So „musste“ sie ein Projekt durchführen und in der Klasse sitzen. Larissas Ausführungen sind von Passivität geprägt. Neben dem speziellen Chemie-Projekt wird als Routine das „immer in der klasse“ Sitzen deutlich. Dieser Unterricht wird als theoretisch und nicht sonderlich spannend beschrieben. Sie grenzt sich von der Theorie ab und führt die Distanz zwischen ihrer eigenen Person und den Naturwissenschaften auf eben die genannten Eigen-

schaften zurück. Dem gegenüber steht der durch ein „aber“ eingeleitete Bioausflug. Nun spricht sie von kollektiven Erfahrungen („wir“) in und mit der Natur (Bäume pflanzen). An dieser Stelle wird eine konkrete Tätigkeit beschrieben, was im Kontrast zum passiven Sitzen und theoretischen Unterricht steht. So scheint es verschiedene Arten von Kontaktgelegenheiten mit Naturwissenschaften zu geben, die hier jeweils beispielhaft ausgeführt werden. Dabei werden praktische Erfahrungen außerhalb des regulären Unterrichts (Projekt, Bioausflüge) positiver bewertet, im Gegensatz dazu alle anderen Erfahrungen in der Schule negativer.

### Zwischenfazit

Für Larissa sind Naturwissenschaften bestimmte Schulfächer und entsprechend mit Erfahrungen in diesem Bereich verknüpft. Dabei zeigt sich ein eher distanzierendes Verhältnis zwischen ihr und den Naturwissenschaften, das an negative Erfahrungen gekoppelt ist. Einerseits grenzt sie sich von der Theorielastigkeit des naturwissenschaftlichen Unterrichts ab, andererseits ist sie vermittelt über die Schule gezwungen sich diesem auszusetzen.

Die Beschreibung ihres Bildes wird in drei Abschnitte unterteilt dargestellt:



Larissa: also ich hab zuERST die erste erfindung. ((zeigt auf A)) [Interviewerin: mhm,] (1) ähm jetzt physikalISCH. oder: (.) so was ne? [Interviewerin: mhm] und jetzt habe ich so zum beispiel die glühbirne gemalt ((zeigt auf B)). [Interviewerin: mhm] ähm (1) und das war: is ja auch schon lange her. ich wEIB nicht wie lang. (1) schon jahre. ((lachen)) (Z. 259 - 265)

In diesem Abschnitt wiederholt sich das Muster von zuvor, indem ein Verweis auf eine Disziplin vorgenommen wird („physikalISCH“) und das Genannte als Beispiel deutlich wird („so was [...] zum beispiel“). Als Referenzpunkt ihres Sprechens über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften nennt sie die „erste erfindung“. Es scheint also einen eindeutigen Anfangspunkt der Entwicklung zu geben. Dieser Formulierung ist implizit,

dass es weitere Erfindungen gegeben hat. Konstantin spricht ebenfalls über einen eindeutigen Anfangspunkt, verortete diesen jedoch auf einer methodischen Ebene, indem er das rationale Denken zum Ausgangspunkt der Forschung macht. Larissa hingegen geht es um eine „erfindung“, um ein technisches Produkt wie die Glühbirne. Ähnlich wie Natalie beginnt auch Larissa ihre Beschreibung der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften mit dem Verweis auf ein technisches Produkt des Alltags.

und dann (.) also geht es (1) bergAUF ((zeigt von A nach D)), (.) weil ähm zu dEM zeitpunkt kam ja immer (1) was neues dazu, (1) ähm (2) und auch mediZIN: und so: ähm (1) verschiedene experimeNTE, damit man irgendetwas herstellen kann oder so was. (1) und dann (.) ähm (.) ging es dann eher so flACH ((zeigt von C nach E)). (.) und zwar: (.) finde ich damit (.) also-heutzutage hat man ja (.) wirklich Alles. (1) ne? also (1) GLÜHbirne. fernseher. [Interviewerin: mhm] al=die ganzen TECHNischen geräte? und ähm (.) die mediZIN, (Z. 274 - 283)

Der Schülerin geht es um neue Dinge, die hinzukommen, unter anderem die Medizin als Forschungsbereich, aber auch Experimente zum Herstellen von Dingen. Das Verb „herstellen“ verweist auf Produkte. Experimente und das Herstellen von Produkten werden verknüpft. Neben der ersten Erfindung kommen im Laufe der Zeit weitere hinzu. Es wird ein Prozess der Veränderung beschrieben, welcher ausgehend von der ersten Erfindung weiterläuft („kam ja immer was neues dazu“). Dabei erhalten die hergestellten Gegenstände und neue Forschungsbereiche wie die Medizin eine aktive Rolle: Sie kamen dazu. Dieser Prozess scheint einfach zu passieren. Ähnlich wie Natalia stehen auch für Larissa technische Produkte im Vordergrund, nicht wie beispielsweise bei Paul und Arne Wissen.

Die Phase des Mehrwerdens symbolisiert durch die Steigung des Weges von Punkt A bis Punkt C wird als beendet erklärt. Die Worte „und dann“ leiten eine nächste Phase ein, die sich zeitlich auf „heutzutage“ bezieht. Sie unterscheidet sich von der vorherigen darin, dass eine Art Sättigung erreicht wird. Heute hat man alles, wobei sich dieses „Alles“ erneut auf technische Geräte des Alltags bezieht. Als Wert der Forschung wird das Bereitstellen technischer Produkte und der Medizin deutlich. Anders als bei Arne zeigt sich hier, dass Veränderung vordergründig ist. Ausgehend von der ersten Erfindung wird eine quantitative Steigerung der Produkte der Forschung beschrieben. Durch die Beschreibung des heutigen Zustands wird eine gewisse Passivität der Befragten deutlich. Es wird ein scheinbar selbstverständlicher Zustand beschrieben, bei dem „man ja wirklich Alles [hat] ne?“. Diese Aussage wirkt durch die Verwendung des Personalpronomens „man“ allgemeingültig. Scheinbar stehen diese Produkte allen Menschen zur Verfügung, auch Larissa selbst. Nach der anfänglichen Distanz zu Naturwissenschaften als Schulfach zeigt sich hier stärker ein selbstverständlicher Bezug zu Naturwissenschaften, indem allen Menschen die Produkte der Forschung zur Verfügung stehen.

Nach dieser ersten heute beendeten Phase der Bereitstellung immer weiterer technischer Produkte folgt eine nächste, die in der folgenden Passage thematisiert wird:

und dann ähm (1) geht's ähm stEILER ((zeigt von E nach D)) und die medizin wird ja immer besser? (1) also würde ich so sagen. und ähm (2) im prinzip HAT man ja

schon richtig viel. (1) geht's-ähm (.) würds wieder hochgehn, ((zeigt von E nach D)) (1) und dann (.) ähm guckt man ja nur noch so nach (.) tabletten so die ganzen sachen. (2) also finde ich. (1) ja. [Interviewerin: was meinst du mit man guckt nach tabletten?] JA. also wie man wie man sachen ähm (.) mit tabletten sozusagen weg kriegt oder so was=also das meine ich jetzt. [Interviewerin: mhm] (1) ja. (Z. 284 - 296)

Nachdem es zuvor vorrangig um technische Produkte ging, steht nun die Medizin im Vordergrund. Dabei fällt auf, dass es Larissa nicht um Operationsverfahren oder die Ausbildung der Ärzte o. ä. geht, sondern ebenfalls Produkte in Form von Tabletten im Vordergrund stehen. Es bestätigt sich, dass für sie naturwissenschaftliche Forschung mit dem Bereitstellen von Produkten einhergeht. Es steht ebenfalls ein Veränderungsprozess im Vordergrund, der hier qualitativer Natur ist („immer besser“). Nachdem die erste Erfindung ein herausragender Anfangspunkt war, guckt man heute „nur noch so nach tabletten“. Es deutet sich eine Abwertung der heutigen Forschung an, was die Verschiedenheit dieser zwei Phasen bestärkt. Larissa konzipiert die zeitliche Entwicklung als einen Veränderungsprozess verschiedener Phasen, wobei die erste Phase als abgeschlossen und die sich anschließende Phase als qualitativ verschieden von der ersten deutlich wird. Die Abgeschlossenheit dieser ersten Phase bestätigt sich auch in der folgenden Passage:

Interviewerin: okay also was unterscheiden (.) son ANstieg ((zeigt auf F)) und son son flachen, (.) teil ((zeigt auf G))?

Larissa: also der flache teil ((zeigt von C nach E)) soll ja (.) heißen sozusagen dass wir DAS alles ((umkreist mehrfach den Bereich um A, B und C)) schon diese ganzen erFINDUNG im prinzip HABEN. [Interviewerin: mhm] (2) und dass: nich mehr wirklich neue dazukomm. [Interviewerin: okay.] (3) also zum HEUTIGEN (.) zeitpunkt jetzt ne? (Z. 296 - 306)

Über das Personalpronomen der ersten Person Plural schließt Larissa sich in die betroffene Personengruppe mit ein. Ihr und allen heute lebenden Menschen stehen die Erfindungen der Vergangenheit zur Verfügung („dass wir DAS alles [...] HABEN“). Es bestätigt sich der zuvor identifizierte Wert der Forschung. Es zeigt sich außerdem, dass Larissa die Produkte der vergangenen Forschung nutzen kann und so ähnlich wie Paul indirekt Teil der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften ist. Der Prozess hin zum heutigen Zustand ist quasi beendet, da „nich mehr wirklich neue dazukomm“. Diese Struktur zeigt sich auch in ihrem Bild, das als in verschiedene Bereiche untergliedert angesehen werden kann: Der erste Anstieg von Punkt A bis F fokussiert auf die erste Phase der Entwicklung technischer Produkte bis zur heute erreichten Sättigung. Der zweite Anstieg von Punkt E nach Punkt D ist das Hinzukommen der Medizin und der dritte Anstieg von Punkt D nach Punkt H die qualitative Verbesserung der medizinischen Produkte. Dieser letzte Verbesserungsprozess wird als heute noch nicht beendet angesehen und ist auch im Bild als ein offenes Ende des Weges dargestellt. Auch die abgebildeten Elemente neben dem Weg unterstützen diese Einteilung des Wegverlaufs: Anfangs Glühbirne, Handys, Laptops und später Medizinfläschchen und Tabletten.

### Zwischenfazit

Es zeigt sich ein selbstverständlicher Bezug zwischen ihrer eigenen Person und der naturwissenschaftlichen Forschung. Dies geschieht vermittelt über den Wert der Forschung, der für Larissa im Bereitstellen von Produkten besteht. Auch sie nutzt diese Produkte, sodass eine Verbindung zu ihrer eigenen Person besteht. Die zeitliche Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung konzipiert Larissa als einen Veränderungsprozess verschiedener sich unterscheidender Phasen, wobei die erste Phase als abgeschlossen angesehen wird.

Die Verschiedenheit dieser Phasen wird auch an anderer Stelle deutlich, als Larissa davon spricht, dass „früher [...] der Reiz einer Erfindung größer [war] als heute weil man heute nur noch dazu erfindet“ (Larissa, Z. 361 - 363). Dies bestärkt die Aufwertung der Forschung früher und die Abwertung der Forschung heute. Die beiden deutlich werdenden Phasen unterscheiden sich also sowohl in Bezug auf ihre Forschungsgegenstände (früher: technische Produkte, heute: medizinische Produkte), die Art der Entwicklung (früher: eher quantitativer Art, heute: eher qualitativer Art) als auch in Bezug auf die Bedeutung und den Einfluss der Erfindungen. Den Reiz der Erfindung erläutert die Schülerin auf Nachfrage wie folgt:

Interviewerin: kannst du das mit dem rEIz der erfingung n bisschen genauer erzählen?

Larissa: ähm ja. also damals hatte man ja wirklich gar nichts. ((lachen)) im prinzip und dann (.) ähm gab es echt (1) ähm richtig gute (.) PHYSIKA und also die im naturwissenschaftlichen bereich sehr gut warn. ähm (.) zum beispiel: (3) marie ankrü::i oder irgendwie so wat [Interviewerin: marie curie] JA genau und die hat ja auch irgendwie dieses KERN- die kernSPLATUNG oder irgendwie so was hat sie ja auch irgendwie (1) äh erfunden weil sie es UMbedingt wollte:. [Interviewerin: mhm] ne? und ähm es gibt ja noch so viele sachen=ich weiß jetzt nicht wer die GLÜHbirne erfunden hat oder irgendwie so was. [Interviewerin: mhm] aber da muss man ja auch erst mal auf die idee komm und heutzutage (.) würde ich sagen (1) ähm man macht das einfach weiter. (1) [Interviewerin: mhm] so. (2) ja. (Z. 366 - 382)

Der Zustand früher wird als verschieden zu heute deutlich: Während man heute „wirklich Alles“ hat, hatte man früher „gar nichts“. Diesen Zustand verändert haben besondere Menschen, die über besondere Fähigkeiten im naturwissenschaftlichen Bereich verfügen. Diese Fähigkeiten und ihr Wille etwas herauszufinden („weil sie es UMbedingt wollte“) werden herausgehoben und stehen im Kontrast dazu, dass Larissa im weiteren Verlauf des Interviews sich selbst als wenig begabt im Bereich Naturwissenschaften beschreibt: „da ich so GAR nich begAbt bin dadrin weiß ich das gar nicht“ (Z. 416 - 417). Larissa selbst scheint nicht etwas unbedingt herausfinden zu wollen. In diesem Sinne spannt sie einen großen Unterschied zwischen sich Selbst und den „richtich gute[n] Physika“ auf. Dies verweist erneut auf ein eher distanziertes Verhältnis, das auf schwache Selbstwirksamkeitserwartungen ihrer selbst im Bereich Naturwissenschaften zurückgeführt wird. Dazu

passend spricht sie über Marie Curies Forschung mit vielen vagen Worten („irgendwie so was“, „irgendwie dieses KERN- die kernSPALTUNG“).

Die Vergangenheit wird sowohl aufgrund der besonderen Wissenschaftler\_innen, der schlechteren Ausgangsbedingungen und weil „man ja auch erst mal auf die Idee komm [muss]“ als besonders im Vergleich zur Gegenwart deutlich. Sie selbst ist nicht Teil dieser Entwicklung, sondern schreibt lediglich Personen mit besonderen Fähigkeiten und Willen die Möglichkeiten dafür zu. Aufgrund ihrer Selbstdarstellung kann sie nicht Teil dieser Entwicklung sein. Vielmehr wird sie ähnlich wie Paul als passiver, selbstverständlicher Nutzer der Produkte heute deutlich:

Interviewerin: gibts denn irgendetwas was gleich bleibt,

(2)

Larissa: ähm: ne, glaub nich. (2) ne da-weil (.) in zukunft da steigt ja- also wenn=man jetzt hier TABLETTEN erfunden hat, bzw. erfunden ähm (.) nEUe DAZU nimmt, was jetzt weiß ich nich also es kommt jetzt (.) äh:: also ich hab (.) epilepsie ne? und es komm ja STÄNDICH NEUE tabletten hinzu? damit man (.) irgendwie das NOCH (.) ähm verringern kann, (Z. 394 - 400)

Die Frage der Interviewerin nach Dingen, die auf dem Weg, also im Laufe der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften gleich bleiben, führt zu einer vergleichsweise unsicheren Sprechweise: Sätze werden mehrfach abgebrochen und umformuliert. Dies kann als weiterer Hinweis dafür verstanden werden, dass für Larissa Veränderung vordergründig ist. Ihre Sprechweise verändert sich erst, als sie eine Aussage über sich selbst trifft. Sie selbst ist an Epilepsie erkrankt und kann daher von eigenen Erfahrungen berichten: „es komm ja STÄNDIG NEUE Tabletten hinzu“. Erneut geht es also um medizinische Produkte, über die sie aufgrund ihrer Krankheit über Kenntnisse verfügt<sup>18</sup>. Sie erscheint hier als passive Nutzerin der Produkte der Forschung. Sie steht aufgrund ihrer Krankheit auf diese Weise wie selbstverständlich mit der naturwissenschaftlichen Forschung heute in Verbindung. In diesem Sinne besteht indirekt ein Bezug zwischen ihrer Person und der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften, da sie die Produkte der Entwicklung nutzt. Hier zeigen sich also bereits herausgearbeitete Strukturen erneut.

### Zusammenfassung

#### Orientierungsrahmen bezüglich ...

- **des Werts der Naturwissenschaften:** Für Larissa besteht der Wert der Forschung in dem Bereitstellen und der Verbesserung von Produkten.

<sup>18</sup>Es fällt auf, dass auch hier eine quantitative und qualitative Veränderung von Produkten der Forschung beschrieben wird. Es werden identische Worte gewählt, wie zuvor bei der Beschreibung ihres Bildes. Möglicherweise stellen ihre eigenen Erfahrungen mit der Entwicklung der Naturwissenschaften in Form von mehr und verbesserten Medikamenten den Ausgangspunkt für ihre Sinnbildung über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften dar. Dies kann auf Grundlage der bestehenden Daten nicht geklärt werden, sondern stellt lediglich eine Hypothese dar.

- **des Selbstbezugs zu Naturwissenschaften:** Die Verbindung zwischen ihr selbst und den Naturwissenschaften ist einerseits von einer Distanz gekennzeichnet, die auf negative Erfahrungen im Kontext Schule und schwach ausgeprägte Selbstwirksamkeitserwartungen zurückgeht. Andererseits besteht aufgrund ihrer Erkrankung ein selbstverständlicher Bezug zwischen ihr selbst und den Naturwissenschaften, indem sie Produkte der Forschung nutzt bzw. nutzen muss.
- **zeitlicher Entwicklung der Naturwissenschaften:** Die zeitliche Entwicklung konzipiert sie als einen Veränderungsprozess verschiedener Phasen. Dabei wird die erste Phase als herausgehoben verglichen mit heute und als bereits abgeschlossen deutlich.
- **des Selbstbezugs zur zeitlichen Entwicklung:** Sie ist selbst nicht Teil der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften, sondern kann die heutigen und vergangenen Errungenschaften der Forschung nutzen, sodass ein indirekter Bezug zwischen ihrer eigenen Person und der zeitlichen Entwicklung deutlich wird.

### 5.3.2. Orientierungsrahmen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften – Sinngenetische Typenbildung

Wie sich in den Falldarstellungen der acht Eckfälle bereits zeigt, konnten in Bezug auf eine Vergleichsdimension ähnliche oder aber ganz verschiedene Orientierungsrahmen rekonstruiert werden. An dieser Stelle erfolgt nun eine Typisierung der Orientierungsrahmen. Wie in Kapitel 3.2.4.2 beschrieben, findet erst einmal eine sinngenetische Typenbildung im Hinblick auf verschiedene Vergleichsdimensionen statt.

Neben einer Vielzahl von Vergleichsdimensionen, die sich nur in einigen der 33 ausgewerteten Fällen als bedeutsam erwiesen, konnten vier Dimensionen identifiziert werden, die in allen Fällen relevant waren. Es kann also davon ausgegangen werden, dass diese Dimensionen das *Typische* der Sinnbildung zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften der interviewten Jugendlichen abbilden. Die Identifikation dieser vier Dimensionen stellt bereits ein Ergebnis an sich dar, zeigen sie doch, welche Dimensionen die Sinnbildung der Schüler\_innen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften strukturieren.

Die sinngenetische Typenbildung erfolgt daher für die vier bereits genannten Vergleichsdimensionen, sodass insgesamt vier Typiken entstehen:

1. Typik A: Orientierungsrahmen bzgl. des Werts der Naturwissenschaften,
2. Typik B: Orientierungsrahmen bzgl. des Selbstbezugs zu Naturwissenschaften,
3. Typik C: Orientierungsrahmen bzgl. der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften,

4. Typik D: Orientierungsrahmen bzgl. des Selbstbezugs zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften.

Diese Typiken werden im Folgenden sowohl mit Bezügen zu den oben dargestellten Eckfällen, als auch mit Bezügen zu weiteren Fällen erläutert und plausibel gemacht. Auch diese Darstellung ist daher als ein Ausschnitt der gesamten Auswertung zu verstehen. Die Typen wurden beziehungsweise auf alle 33 ausgewerteten Fälle entwickelt und können weitere Subtypen und diese wiederum verschiedene Untergruppen umfassen. Die sinn-genetische Typenbildung beinhaltet daher bei einigen Vergleichsdimensionen drei Ebenen: Typ – Subtyp – Untergruppe. Im Verständnis der vorliegenden Arbeit machen Menschen Erfahrungen in verschiedenen konjunktiven Erfahrungsräumen. Entsprechend sind Fälle nicht immer eindeutig einem einzigen Orientierungsrahmen bzgl. einer Vergleichsdimension zuzuordnen. So kann es vorkommen, dass für einen Fall mehrere Orientierungsrahmen in Bezug auf eine Vergleichsdimension rekonstruiert wurden und der Fall entsprechend auch bei der folgenden Ergebnisdarstellung mehrfach angeführt wird.

### 5.3.2.1. Typik A: Orientierungsrahmen zum Wert der Naturwissenschaften

Im Verlauf der Auswertung zeigte sich, dass die Interviewten den Naturwissenschaften unabhängig von einer zeitlichen Dimension einen Wert oder Nutzen zusprechen. So war es möglich, Orientierungsrahmen bzgl. des Werts der Naturwissenschaften zu typisieren. Insgesamt zeigen sich drei Typen:

Typ A1: Orientierungsrahmen eines persönlichen Werts,

Typ A2: Orientierungsrahmen eines allgemeinen Werts,

Typ A3: Orientierungsrahmen einer Wertlosigkeit.

Dabei entstand Typ A2 im Zuge der Auswertung als Zusammenfassung mehrerer Subtypen mit teilweise weiteren Untergruppen von Orientierungsrahmen. Diese drei Typen, Subtypen und Untergruppen von Orientierungsrahmen sind in Tabelle 5.5 dargestellt und werden im Folgenden anhand von Beispielen verdeutlicht.

Tabelle 5.5.: Überblick über die sinn-genetische Typik A der Orientierungsrahmen zur Vergleichsdimension „Wert der Naturwissenschaften“. Die Typenbildung gliedert sich in drei Typen, mit Subtypen und Untergruppen.

A1	A2			A3		
Persönlicher Wert	allgemeiner Wert			Wertlosigkeit		
	A2a		A2b		A2c	
	Wissen bereitstellen				Wissensverbreitung	Produkte bereitstellen
	A2a I	A2a II	A2a III			
	Faktenwissen/ Bezeichnungen	Handlungswissen	Erklärungswissen			

### Typ A1

In einigen Interviews konnte der *Orientierungsrahmen eines persönlichen Werts der Naturwissenschaften* identifiziert werden. Dieser Orientierungsrahmen wurde unter anderem für den in Kapitel 5.3.1.7 dargestellten Fall Amar rekonstruiert und deutete sich beim Fall Arne an. Der Orientierungsrahmen zeichnet sich dadurch aus, dass im Kontrast zu den anderen Typen die eigene Person und der Nutzen der Naturwissenschaften allein für die Person des jeweiligen Schülers/ der Schülerin im Vordergrund steht. Dieser Rahmen zeigt sich auch bei Florian, der sich im Verlauf des Interviews immer wieder von nicht an Naturwissenschaften interessierten Menschen abgrenzt und sich selbst als interessiert und wissend darstellt. Als Aufgabe der Forschung sieht er das Begeistern der Menschen für Naturwissenschaften:

sobald wieder irgendwelche wirklich bahnbrechende erfindungen gemacht werden was hoffentlich demnächst der fall is oder entdeckungen. (1) sei es irgendwie ähm (2) man landet auf dem mars oder so was wo dann halt wieder die mAssen begeIstert werden. (1) wo dann ähm so ein kleines kind sacht 'ich möcht' astronaut werden"(mit hoher Stimme gesprochen) [mhm] und dAs bleibt dann halt auch im kOpf. also (.) das ist ja heutzutage echt nicht mehr so. es gab (1) in den 60ern die mondlandung. (1) jetzt GAR nichts mehr. oder ende der 60er [mhm] ich weiß es nicht genau. aber ähm (2) jetzt passiert da gAr nichts mehr. also (2) es ist teilweise schon krASS wenn man ei:nige (.) leute fragt also bekannte von mir (.) halt freunde von freunden und so was die man dann so trifft und dann eigentlich über sachen redet und die kEIne ahnung von halt generell weltraumforschung und allem haben. (2) sei es auch dass grad' dieser curiosity auf dem mars is. (.) das wISSen einfach viele nich. das wird (.) viel zu wenig behandelt und ähm (4) na ja (.) is halt schon irgendwo die gesteuerte volls-äh volksverdummung von (1) bestimmten medien (Florain, Z. 316 - 334)

Florian beschreibt den Trend, dass immer aktuell weniger Menschen an Naturwissenschaften interessiert sind und auch weniger Schüler\_innen Naturwissenschaften in der Oberstufe oder für ein Studium wählen (vgl. Florian, Z. 256ff). Er selbst hingegen möchte Physiklehrer werden. In diesem Sinne haben die Naturwissenschaften einen Wert für ihn persönlich, indem sie die Menschen begeistern, Kinder für Naturwissenschaften interessieren und so langfristig sein Berufsziel sichern. Naturwissenschaftliche Forschung und naturwissenschaftlicher Unterricht haben die Aufgabe, sich selbst als wichtig und gesellschaftlich bedeutsam darzustellen, damit naturwissenschaftlicher Unterricht weiterhin bestehen bleibt und Florian Physiklehrer werden kann: „also ich hOffe dass es später halt ähm (2) stÄrker ähm benötigt wird und stÄrker sich leute für interessieren,“ (Florian, Z. 261 - 263).

### Typ A3

Als maximaler Kontrast zu Fällen mit einem Orientierungsrahmen eines persönlichen Werts zeigen sich Fälle mit *Orientierungsrahmen der Wertlosigkeit*. Interviewte dieses Typs schreiben den Naturwissenschaften gerade keinen Wert zu, weder für sich persön-

lich, noch allgemein für eine andere Gruppe von Personen oder die Gesellschaft. Dieser Orientierungsrahmen wurde bereits bei Alexander in Kapitel 5.3.1.2 herausgearbeitet und zeigt sich ebenfalls beim Fall Nick.

Auch Nick spricht wie Alexander von der Verschlechterung der Umwelt im Laufe der Zeit, zeigt jedoch auch eine Veränderung in positive Richtung auf. Als Aufgabe naturwissenschaftlicher Forschung wird explizit das Kümmern um den Klimawandel genannt:

Nick: ja das sich hier (1) zu diesem ZEITpunkt die naturwissenschaftliche forschung nicht so be- gut be- gut war das sie sich nicht drum gekÜMMERT haben sondern (1) schätz' ich mal das sie dann (2) da nichts gemacht haben sondern einfach (.) sozusagen um andere sachen (.) gekümmert als um den klimawandel oder so was.  
[Interviewerin: mhm] (Z. 282 - 288)

Dabei werden immer wieder Schlagworte wie „Ressourcen“, „Klimawandel“, „Verbrauch“, „grün vorausschauen“ ohne eine Erläuterung dieser Begriffe eingeworfen. Insgesamt sind Nicks Darstellungen unkonkret und wenig emotional. Anders als bei Amar löst die beschriebene Verschlechterung des Zustandes der Umwelt keine emotionalen Reaktionen aus. Das Thema wird als ein selbstverständliches im Kontext Naturwissenschaften dargestellt. Dazu passend konzipiert Nick sowohl eine Distanz zwischen sich selbst und der Natur, als auch zwischen sich selbst und den Naturwissenschaften („bin nicht so der naturfreak“ Z. 150 - 151, „ich kenn' mich da mit naturwissenschaft nicht so aus“ Z.273 - 274). Obgleich der Klimawandel Auswirkungen auf die Natur hat, scheint dies den Befragten wenig zu berühren. Natur ist für Nick nicht relevant, stellt keinen Wert in seinem Leben dar. So erscheint die Forderung, dem Klimawandel entgegenzuwirken und damit den Zustand der Natur zu bewahren, wenig passend zu seiner sich implizit und explizit zeigenden distanzierten Haltung gegenüber Natur und Naturwissenschaften. Auf Nachfrage beschreibt er dennoch einen Bezug seiner Person zum Klimawandel:

Interviewerin: und woran kannst du das festmachen dass das GUT oder dass das schLECHT war?

(5)

Nick: ja:: das es schLECHT war wurde- wi se-ja erkenn ich sozusagen die (2) wurd's ja immer wÄRMER. schlechtere winter. unregelmäßig:: ja. (1) (?voll?) der Klimawandel. [Interviewerin: mhm] das es schlechter wurde hat man gemerkt (.) da-das ist die: UMWeltbelastung mit den ganzen autos. und (1) flugzeugen. das wir uns nicht wirklich drum kümmern. (.) 'n großen verbrauch haben.<sup>19</sup> (Z. 341 - 351)

Im Kontrast zum restlichen Interview fällt auf, dass an dieser Stelle eine vergleichsweise lange Pause auftritt. Der Interviewte nimmt sich fünf Sekunden Zeit eine Antwort zu formulieren und beginnt seine Aussage dennoch sprachlich unsicher (gedehntes ja, Wortabbrüche und Umformulierungen). Auch wenn zuvor die Verschlechterung des Zustandes der Natur und der Klimawandel als selbstverständlich konzipiert wurden, fällt Nick eine Konkretisierung schwer. Auch dies verweist darauf, dass das Thema des Klimawandels

<sup>19</sup>Hier zeigt sich darüber hinaus eine typische Schülervorstellung, bei der Klima und Wetter gleichgesetzt werden.

oberflächlich behandelt wird und stärker auf soziale Erwünschtheit zurückzuführen ist. Damit muss auch die explizit geäußerte Funktion der Naturwissenschaften in Frage gestellt werden. Die oben gezeigte erste Passage des Interviews mit diesem Interviewten stellt eine von zwei Passagen im gesamten Interview dar, an der er vergleichsweise konkret über Naturwissenschaften spricht. An allen anderen Stellen stehen der Zustand der Natur, die Bemühungen der Welt oder die Verantwortung der Politiker im Vordergrund. Der Zusammenhang zwischen Naturwissenschaften und Klimawandel wirkt aufgrund des Interviewkontextes konstruiert und zeigt sich implizit an keiner Stelle als bedeutsam. All die zu Handlungen verpflichteten Akteure (Welt, USA, Europa, Politiker, Naturwissenschaften) stehen nebeneinander. Die Naturwissenschaften nehmen keine herausragende Rolle ein, sondern scheinen lediglich aufgrund der Interviewfragen in diese Reihe von Akteuren eingefügt zu werden. In jedem Fall sind diese Akteure und nicht Nick selbst zu Handlungen verpflichtet. Für die Naturwissenschaften wird kein persönlicher Nutzen deutlich, aber auch unabhängig von seiner Person zeigt sich implizit kein Wert der Naturwissenschaften. Das Bestehen der Naturwissenschaften wird anerkannt und explizit ein Nutzen beschrieben, dieser Nutzen zeigt sich auf impliziter Ebene jedoch nicht als bedeutsam. Sowohl für Nick, als auch für Alexander zeigt sich ein Orientierungsrahmen der Wertlosigkeit der Naturwissenschaften.

Die Orientierungsrahmen *Wertlosigkeit der Naturwissenschaften* und *persönlicher Wert* bilden die Extreme der sinngenetischen Typenbildung in dieser Dimension (vgl. Tabelle 5.5). Neben diesen beiden Typen von Orientierungsrahmen konnte außerdem ein weiterer Typ rekonstruiert werden, der im Laufe der Auswertung aus der Zusammenführung weiterer Subtypen entstand.

### Typ A2

Aufgrund dieser Zusammenführung umfasst Typ A2 Subtypen und weitere Untergruppen. Die Zusammenfassung mehrerer Untergruppen zu Subtypen zeigte sich im Lichte der Ergebnisse als sinnvoll, um Typen zu konstruieren, die auf einer vergleichbaren Abstraktionsebene angesiedelt sind. Die Struktur und Begründung für die Zusammenfassung dieser einzelnen Subtypen, wie sie sich im Zuge der Auswertung ergab, wird im Folgenden erläutert:

Für einige Schüler\_innen stellt das *Bereitstellen von Faktenwissen* (Untergruppe A2a I) den Wert der Naturwissenschaften dar. Naturwissenschaft hat hierbei einen Nutzen für alle Menschen oder zumindest für eine Gruppe von Personen. In diesem Sinne unterscheidet sich dieser Orientierungsrahmen von jenem des persönlichen Werts. Die Bedeutung der eigenen Person fällt geringer aus, auch wenn sich die Interviewten teilweise als selbst von den Naturwissenschaften profitierend konzipieren. Arne (vgl. Kapitel 5.3.1.4) und Inga (vgl. Kapitel 5.3.1.5) gehören dieser Untergruppe an. Noch deutlicher wird dieser Orientierungsrahmen bei dem Fall Leana. Im gesamten Interview geht es ihr um Wissen, welches im Laufe der Zeit kumulativ anwächst. So auch, als sie über die zukünftige Entwicklung spricht:

Leana: dass man: (.) dANN vielleicht (.) damals versteht. also VON damals versteht wieso die das alles noch nicht wussten, (.) und das: (.) und von HIER ((zeigt auf A)) da wusste man ja fast noch GAR nix darüber, und dann: später wenn man hier ((zeigt auf A)) wieder angekommen ist weiß man MEHR als (.) also weiß man viel viel viel mehr als die (.) damals. [Interviewerin: mhm] und als wir heute. (Z. 330 - 337)

Wissen *über* etwas wird aufgedeckt. Sie entwirft ein Bild der Welt-entdeckenden Wissenschaftler\_innen, die im Laufe der Zeit immer mehr über die uns umgebende natürliche Welt herausfinden. Dabei fällt auf, dass es vielfach um Bezeichnungen geht:

frÜHER wusste man ja zum beispiel auch nicht äh wie die gase in der luft heißen und (2) also zum beispiel SAUERstoff. [...] und die wussten noch gar nicht wie das hEIßt. und (.) deswegen hab' ich den weg so ge(.)zeichnet weil man das HEUTzutage ja weiß wie die das machen. [Interviewerin: mhm] heutzutage nennt man das: ph:::otosynthese? (Leana, Z. 228 - 240)

Diese Zeilen stehen beispielhaft für das gesamte Interview. Immer wieder geht es Leana darum, wie Dinge eindeutig benannt werden. Fachbegriffe werden nicht als Konstruktion oder Setzung verstanden, sondern müssen von den Wissenschaftler\_innen gefunden werden. Sie selbst verwendet die, den damaligen Wissenschaftler\_innen unbekannt, Begriffe selbstverständlich. Ebenso beschreibt sie im Anschluss an die gezeigte Aussage (unter Verwendung von Fachbegriffen) den Ablauf der Photosynthese. Sie stellt sich selbst als jemanden dar, der über Bezeichnungs- und Faktenwissen verfügt und grenzt sich auf diese Art und Weise vom Früher ab. Das Wissen steht ihr Dank den Naturwissenschaften zur Verfügung. Als Wert der Naturwissenschaften wird daher das Bereitstellen von Bezeichnungs- und Faktenwissen für sie und allgemein für alle Menschen („man“) deutlich.

Ganz ähnlich zur Untergruppe A2a I stellt für einige Schüler\_innen das *Bereitstellen von Handlungswissen* den Wert der Naturwissenschaften dar. Handlungswissen meint dabei Wissen, welches sich auf praktisches Tun bezieht. Dies wird bei der Falldarstellung von Paul (Kapitel 5.3.1.1) prägnant deutlich, indem für diesen Fall immer wieder das „Wie“ des Umgangs mit der Natur im Vordergrund steht. So zeigen Wissenschaftler\_innen wie man Feuer macht oder geben ihr Wissen über den Bau von Häusern aus Lehm weiter. Dieser Fokus auf Handlungswissen zeigt sich ebenfalls bei mehreren anderen Fällen, unter anderem bei Lars: Gleich zu Beginn des Interviews fordert Lars vom naturwissenschaftlichen Unterricht handlungspraktische Inhalte, indem er lernen möchte, wie man ein Fahrrad repariert. Auch für diesen Schüler ist Wissen *über* etwas zentral, wobei stärker ein praktischer Nutzen im Vordergrund steht:

Lars: also gANz am ANfang ((zeigt von A nach B))? [Interviewerin: mhm] war alles relativ norMAL weil die menschen kannten halt z- (2) zwar schon Alles wussten aber nicht genau wie was funktioniert? (Z. 182 - 185)

Nach dem Kennen von Dingen folgt ein weiterer, sich als bedeutsam erweisender Schritt, nämlich der der Klärung der Funktionsweise. Dazu passend spricht Lars nicht wie Leana ausschließlich über Wissen, sondern auch darüber, Dinge „verstanden“ zu haben. Wissen

beispielsweise des Namens von etwas reicht gerade nicht aus. Es sind weniger Bezeichnungen relevant, sondern die praktischen Funktionen von etwas:

Lars: FRÜher hat man entdeckt. (1) FEUER. [Interviewerin: mhm] das macht LICHT und man kann- (.) das wÄrmt? es kann aber auch zerstÖRN, heute kann man denken (.) SO und so viel grAd.=hitze von feuer? kann das=sp-kann ein spezielles metall schmELZEN lassen. (Z. 320 - 324)

Nicht nur an dieser Stelle geht es darum, was Naturobjekte können („was es alles kann“). Dabei geht es ebenso wie bei Paul um ganz konkrete Handlungen, die einen überlebenswichtigen oder praktischen Wert besitzen. Dieses Handlungswissen aufzudecken wird als Wert der Naturwissenschaften deutlich, wobei das Handlungswissen nicht ausschließlich den befragten Schüler\_innen selbst zur Verfügung steht.

Als ähnlich zeigt sich der Orientierungsrahmen in Bezug auf den Wert der Naturwissenschaften bei den Schüler\_innen der Untergruppe A2a III. Für sie geht es weniger um Fakten- oder Handlungswissen, sondern darum, dass Naturwissenschaften Erklärungen generieren und den Menschen zur Verfügung stellen. Der bereits dargestellte Fall Inga (Kapitel 5.3.1.5) beispielsweise gehört zu dieser Gruppe, aber auch für Jolina stellt *Erklärungswissen* den Wert der Naturwissenschaften dar. So sind im Interview mit dieser Schülerin immer wieder Warum-Fragen zentral, wobei die Forscher\_innen die Aufgabe haben, Ursachen für Geschehnisse zu identifizieren und so Erklärungen bereitzustellen:

Jolina: ja die menschen wissen mehr über @ihre UMWelt@ [mhm] also wissen WARUM (.) jemand gestorben is oder warum jemand (1) krank is, und denken nicht mehr das wär' das werk der gÖTTer? [mhm] oder (.) das IS einfach so. (.) so::ndern:: ja haben durch medizin und eben fOrschung (.) rausgefunden dass das vielleicht (.) kleine bakterien, oder krankheitserreger sind? ähm:: (.) die das auslösen, (1) ja. (Z. 445 - 453)

Alle drei beschriebenen Untergruppen A2a I bis A2a III haben gemein, dass als Wert der Naturwissenschaften das *Bereitstellen von Wissen* deutlich wird. In Bezug auf die Art des Wissens unterscheiden sich die Gruppen zwar, werden aber aufgrund der sonst starken Ähnlichkeit als Untergruppen des Subtypen A2a – Wissen bereitstellen verstanden. Diese Abstraktion zu einer höheren Ebene liegt außerdem darin begründet, dass auf dieser Ebene weitere ähnliche Subtypen identifiziert wurden. Neben dem Subtyp A2a wurden zwei weitere rekonstruiert, die zum einen nicht das reine Bereitstellen von Wissen, sondern die *Wissensverbreitung* (Subtyp A2b) und zum anderen das *Bereitstellen von Produkten* (Subtyp A2c) als Wert der Naturwissenschaften ansehen.

Der Orientierungsrahmen der *Wissensverbreitung* zeigt sich bereits beim Eckfall Paul, wird aber beispielsweise auch bei Farid deutlich. Für Farid zeichnet sich die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften durch die veränderte Schwierigkeit der Verbreitung von Wissen aus. Daher besteht sein Weg anfangs aus einem steinigen Abschnitt und später aus einem Abschnitt, der wie ein Fluss fließt. Diese Veränderung symbolisiert die veränderte Schwierigkeit der Wissensweitergabe. Woher das Wissen stammt, wird nicht

deutlich. Zentraler ist für Farid die Weitergabe dieses Wissens, wozu ein Mechanismus aus Erklären, Glauben und Verstehen beschrieben wird:

Farid: ja. so das soll jetzt so damals wars halt echt so ((umkreist den Bereich um A)) wenn sies dAMASL erklärt hätten da-damals hätt-hätte es dann KEIner gegLAUbt, oder wenig leute dass es (.) ähm echt schWER wäre. und mit der zeit werden das dann immer weniger steine ((zeigt auf den Bereich um F)) und mit der zeit wenn es einer geglaubt hät-hat dann glaubt es auch der nächste [Interviewerin: mhm] und der nächste und der nächste und dann immer mehr und deswegen wärs dann nach einer zeit echt (1) so flüssich. (Z. 248 - 257)

Ähnlich wie bei Paul wird eine Art Schneeballprinzip beschrieben, im Zuge dessen sich Wissen verbreitet. Diese Verbreitung von Wissen zeigt sich als strukturierendes Muster des gesamten Interviews und beschreibt einen unendlichen Prozess („die hams jetzt auch verstanden und die, werdens halt weiter son bisschen verbreiten“). Als Wert der Naturwissenschaften wird hier die Verbreitung von Wissen deutlich. Neben dem Fokus auf das Bereitstellen von Wissen (Subtyp A2a) oder die Verbreitung von Wissen (Subtyp A2b) wird von vielen Schüler\_innen der Fokus auf das *Bereitstellen von Produkten* (Subtyp A2c) geteilt. Dieser Orientierungsrahmen zeigte sich bereits bei vier der acht dargestellten Eckfälle. Besonders eindrücklich konnte dieser Rahmen bei Larissa (Kapitel 5.3.1.8) und Natalia (Kapitel 5.3.1.3) rekonstruiert werden. Es findet daher hier keine Darstellung weiterer Fälle statt.

Im Zuge der Auswertung zeigte sich, dass die drei zuvor beschriebenen Subtypen des Werts der Naturwissenschaften, also *Wissen bereitstellen*, *Wissensverbreitung* und *Produkte bereitstellen* (mit ggf. weiteren Untergruppen) aufgrund ihrer Ähnlichkeiten zu einem Typ zusammengefasst werden können, der auf einer ähnlichen Abstraktionsebene liegt wie die beiden zuerst beschriebenen Typen A1 persönlicher Wert und A3 Wertlosigkeit. Die Subtypen A2a - A2c haben gemein, dass sie einen *allgemeinen Wert* der Naturwissenschaften unabhängig von der eigenen Person beschreiben. Der Wert der Naturwissenschaften besteht für Fälle des Typs A2 für eine größere Gruppe von Personen oder gar für die ganze Menschheit. Daher wird für diesen Typ, in Abgrenzung zum persönlichen Wert, von einem allgemeinen Wert gesprochen.

### 5.3.2.2. Typik B: Orientierungsrahmen zum Selbstbezug zu Naturwissenschaften

Als relevant, wenn die Interviewten über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften sprechen, zeigt sich auch der Bezug zwischen ihrer eigenen Person und den Naturwissenschaften unabhängig von einer zeitlichen Dimension. Auch in dieser Vergleichsdimension war es möglich Typen zu identifizieren, die die Struktur der Orientierungsrahmen des gesamten Samples abbilden. Wie bei der Typik A wurden mit dem Ziel gleicher Abstraktionsniveaus der Typen verschiedene Subtypen zu einem übergreifenden Typ zusammengeführt. So entstanden insgesamt drei Typen mit teilweise bis zu drei Subtypen (vgl. Tabelle 5.6). Weitere Untergruppen zeigten sich in dieser Dimension nicht.

Tabelle 5.6.: Überblick über die sinngenetische Typik B der Orientierungsrahmen zur Vergleichsdimension „Selbstbezug zu Naturwissenschaften“. Die Typenbildung gliedert sich in drei Typen, wobei zwei dieser Typen je drei Subtypen aufweisen.

B1			B2	B3		
Affirmativer Bezug zu Naturwissenschaften			Selbstverständlicher Bezug zu Naturwissenschaften	Abgrenzung von Naturwissenschaften		
B1a	B1b	B1c		B3a	B3b	B3c
positive Erfahrung	Naturwissenschaften haben einen Wert	Teil von Naturwissenschaften		negative Erfahrung	Naturwissenschaften haben keinen Wert	Kein Teil von Naturwissenschaften

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt der Lesbarkeit halber entlang des Abstraktionsniveaus: Auf Ebene hoher Abstraktion konnten drei Typen identifiziert werden, die stärker als jene der ersten Dimension als Kontinuum verstanden werden können. Auf der einen Seite stehen Orientierungsrahmen, die einen *affirmativen, positiv gerahmten Bezug zur naturwissenschaftlichen Forschung* beinhalten (Typ B1). Auf der anderen Seite stehen Orientierungsrahmen, die durch *Abgrenzung von Naturwissenschaften* geprägt sind (Typ B3). Dazwischen liegend konnten Orientierungsrahmen eines *durch Selbstverständlichkeit geprägten Selbstbezugs* (Typ B2) rekonstruiert werden. Zu den beiden Typen B1 und B3 gibt es jeweils drei Subtypen. All diese (Sub-)Typen werden im Folgenden kurz beschrieben.

### Typ B1

Interviewte für die ein Bezug der Nähe rekonstruiert werden konnte, werden dem Typ B1 *Affirmativer Bezug zu Naturwissenschaften* zugeordnet. Diese Jugendlichen stellen einen positiven Bezug zwischen sich selbst und den Naturwissenschaften her. Dabei werden für die Fälle des Subtyps B1a *positive Erfahrungen* mit Naturwissenschaften als Ausgangspunkt des affirmativen Bezuges deutlich. Diese Erfahrungen sind aus Perspektive der Befragten an den Kontext Naturwissenschaften gekoppelt. So beispielsweise beim Eckfall Paul, der ein Erleben der Natur und das Nutzen dieser gemeinsam mit seinem Vater mit Naturwissenschaften in Verbindung bringt. Von diesen sozial gerahmten (Natur-)Erfahrungen berichtet der Schüler durchweg positiv und bringt sie selbstständig mit Naturwissenschaften in Verbindung. So stellt er von sich aus bereits zu Beginn des Interviews einen Bezug zwischen sich selbst und den Naturwissenschaften her.

Ähnliches gilt für Lisa, die ebenfalls über sozial gerahmte Erfahrungen in ihrer damaligen Natur-und-Technik-Themenklasse einen affirmativen Bezug zwischen ihrer eigenen Person und Naturwissenschaften herstellt:

Lisa: meine alte klas@se@, [Interviewerin: ja] naturwissenschaften- und technik themenklasse? [Interviewerin: mhm] (1) drei oder vier jahre. momenT achte neunte

zehn- ja drEI jahre [Interviewerin: mhm] ne vIEr jahre sogar weil vorher wars noch keine klasse aber es war so alles so zusammen so im unterricht. (Z. 137 - 142)

Die gemeinsame Zeit in dieser Klasse ist besonders bedeutsam und wird detailliert ausgeführt. „Klassenausflüge“ (Lisa, Z. 151) nehmen eine zentrale Rolle ein. Bei diesen Ausflügen erlebt Lisa Dinge, die mit Naturwissenschaften in Verbindung stehen (Flugzeuge fliegen, Optische Phänomene an „Farbseen“). Eine Verbindung zwischen sich selbst und den Naturwissenschaften konzipiert sie vermittelt über sozial gerahmte, positiv bewertete, schulische Erfahrungen. Für diesen Subtyp ist also zentral, dass ein affirmativer Bezug zu Naturwissenschaften aufgrund von sozial geteilten Erfahrungen mit anderen Personen besteht.

Hingegen fällt der Bezug zwischen sich selbst und den Naturwissenschaften bei Personen des Subtyps B1b positiv aus, da die *Naturwissenschaften einen ihnen zugeschriebenen Wert erfüllen*. Dazu zählt unter anderem der Fall Amar (vgl. Kapitel 5.3.1.7). Die Naturwissenschaft hat für ihn einen persönlichen Wert, indem sie ein Auflösen des von ihm erlebten Dilemmas aus Rohstoffgewinnung und Regenwaldzerstörung ermöglicht. Vermittelt über diesen Wert wird ein affirmativer Bezug zwischen seiner eigenen Person und den Naturwissenschaften hergestellt und ermöglicht Amar ein optimistisches Zukunftsbild. Zu diesem Subtyp zählt außerdem der bereits bei der vorherigen Vergleichsdimension angesprochene Fall Leana. Als Wert der Naturwissenschaften wurde das Bereitstellen von Fakten- bzw. Bezeichnungswissen deutlich. Darüber hinaus stellt sie sich selbst als über dieses Wissen verfügend dar. So entsteht eine Verbindung zwischen ihrer Person und den Naturwissenschaften. Auch in Zukunft wird die Naturwissenschaft ihr und allen anderen Menschen Wissen zur Verfügung stellen („also (.) ich glaub’ (2) dass in zukunft noch vi-viele andere dinge herausgefunden werden“ Leana, Z. 297 - 298).

Einen dritten Subtyp stellt die Gruppe von Interviewten dar, die sich *selbst als Teil der Naturwissenschaften* konzipieren und so einen affirmativen Bezug zu den Naturwissenschaften herstellen (Subtyp B1c). Dazu zählen die Eckfälle Paul und Inga, sodass an dieser Stelle auf die Darstellung weiterer Fälle dieses Subtyps verzichtet wird. Auch hierbei spielen konkrete Erfahrungen mit Naturwissenschaften, die jedoch (wie beispielsweise im Fall von Inga) auch stärker alleine, unabhängig von einer sozialen Gruppe gemacht werden können, eine zentrale Rolle. So scheinen für einen affirmativen Bezug zwischen eigener Person und Naturwissenschaften Erfahrungen mit jenem, was die Interviewten unter Naturwissenschaften verstehen eine besondere Rolle zu spielen. Solche Erfahrungen scheinen es den Schüler\_innen zu ermöglichen, sich als Teil der Naturwissenschaften zu konzipieren und einen affirmativen Bezug zwischen eigener Person und Naturwissenschaften herzustellen.

## Typ B2

Zu Typ B2 zählen vier der zuvor bereits dargestellten Eckfälle (Natalia, Larissa, Arne und Inga), weshalb auf die Darstellung eines weiteren Falls verzichtet wird. Dieser Typ von Orientierungsrahmen zeichnet sich dadurch aus, dass die Interviewten einen

*selbstverständlichen Bezug* zwischen ihrer eigenen Person und den Naturwissenschaften konzipieren. Dies geschieht beispielsweise aufgrund der selbstverständlichen Nutzung von Errungenschaften der Naturwissenschaften in Form von Handys (vgl. Natalia in Kapitel 5.3.1.3) oder aufgrund persönlicher Stärken wie bei Arne (vgl. Kapitel 5.3.1.4).

### Typ B3

Als maximal kontrastierende Fälle zum vorangehend dargestellten Typ B1 zeigen sich die Fälle des Typs B3 *Abgrenzung von Naturwissenschaften*. Die drei zugehörigen Subtypen können dabei als Gegenpole der zuvor dargestellten Subtypen B1a bis B1c aufgefasst werden. Bei den Subtypen B3a bis B3c steht die Distanz zur eigenen Person im Vordergrund. Diese Distanz geht bei Fällen des Typs B3a mit als *negative Erfahrungen* mit Naturwissenschaften einher. So thematisiert Larissa (vgl. Kapitel 5.3.1.8) negativ erlebte Erfahrungen im naturwissenschaftlichen Schulunterricht und grenzt sich von den Naturwissenschaften ab. Zu diesem Subtyp gehört ebenfalls der Fall Bennet. Er verbindet mit verschiedenen naturwissenschaftlichen Disziplinen unterschiedliche Arbeitsweisen. Er erlebt diese in der Schule und bewertet sie unterschiedlich positiv oder negativ. Auf die Frage nach spontanen Gedanken zu Naturwissenschaften äußert Bennet:

Bennet: mein lehrer. ((lacht)) also sofort naturwissenschaften mein lehrer? [...] ähm DER halt immer naturwissenschaften (1) auf sehr komplizierte arten erklärt. es is was ganz simples aber (.) er formuliert es immer so TAUSEND mal außen rum. also (1) es is: (1) wir haben jetzt nur (3) ähm (1) lichtsaltkreise. er erzählte es SO dass man es GAR nichts versteht. (Z. 172 - 179)

Naturwissenschaften bringt Bennet mit eher negativen Erfahrungen im schulischen Kontext zusammen. Diese Erfahrungen erstrecken sich vor allem auf das Fach Physik:

WARUM weitet sich der luftballon aus und so. und dazu haben wir dann wieder zwei stunden komplette (.) gerede und aufgaben [Interviewerin: mhm] und alles mögliche. (Z. 331 - 333)

Von der „Kopfarbeit“ (Bennet, Z. 278) in Physik und dem „wieder zwei Stunden komplette Gerede“ grenzt Bennet sich ab. Neben diesen schulischen Erfahrungen berichtet er außerdem von Erlebnissen auf einer Berufsmesse, bei der er bemerkt hat, dass Physik „wirklich nich groß [ist]“ und die „kein großes Image [haben]“ (Bennet, Z. 656 - 657). Auch hier erlebt er Physik als etwas mit eher negativen Eigenschaften und beschreibt eine Distanz zu seiner eigenen Person.

Als einziger Fall, der dem Subtyp B3b zuzuordnen ist, zeigte sich der bereits ausführlich dargestellte Fall Konstantin. Für diesen war Abgrenzung von den Naturwissenschaften als Schulfach, aber auch von der naturwissenschaftlichen Forschung zentral. Zweitere lag vornehmlich darin begründet, dass die aktuelle Grundlagenforschung keinen Wert für das alltägliche Leben der Menschen bereithält und damit *Naturwissenschaften keinen von Konstantin gewünschten Wert besitzen*.

Der dritte Subtyp eines von Abgrenzung von Naturwissenschaften gekennzeichneten Orientierungsrahmen zeichnet sich durch *Teilnahmslosigkeit* an Naturwissenschaften aus. Befragte dieses Typs konzipieren sich selbst gerade nicht als Teil der Naturwissenschaften, so wurde es beispielsweise für den Fall Alexander deutlich. Aber auch Nick gehört zu diesem Subtyp und wurde bereits bei der vorangegangenen Vergleichsdimension dargestellt. Nick zählt sich nicht zu den Naturwissenschaften zugehörig und konzipiert sich außerdem nicht als handlungsmächtig im Kontext der von ihm mit Naturwissenschaften in Verbindung gebrachten Zerstörung der Natur. Es zeigt sich eine deutliche Distanz zwischen seiner Person und den Naturwissenschaften („bin nicht so der naturfreak“, Z. 150). Er ist von der Entwicklung der Naturwissenschaften nicht berührt oder an ihr beteiligt.

### 5.3.2.3. Typik C: Orientierungsrahmen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften

Diese Vergleichsdimension bezieht sich auf die Konzeption der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften. Im Vergleich der Orientierungsrahmen konnten zwei Typen identifiziert werden:

Typ C1: Orientierungsrahmen der Beständigkeit von Charakteristika der Forschung,

Typ C2: Orientierungsrahmen prozesshafter Veränderung über die Zeit.

Der zweite Typ untergliedert sich in drei Subtypen und weitere Untergruppen (vgl. Tabelle 5.7).

#### Typ C1

Dieser Typ unterscheidet sich von C2 dahingehend, dass weniger Veränderung, sondern stärker *Beständigkeit* vordergründig ist. Wie beispielsweise beim Fall Arne, zeigt sich keine chronologische Entwicklungsgeschichte der Naturwissenschaften. Vielmehr werden charakteristische Eigenschaften der naturwissenschaftlichen Forschung ins Zentrum gerückt, die zu jeder Zeit bestehen.

Neben Arne stellt auch Tessa in ihrem Bild Charakteristika der Naturwissenschaften dar, obwohl an anderer Stelle deutlich wird, dass sie den Zeichenauftrag verstanden und ihrer Ansicht nach umgesetzt hat:

Tessa: also die-diese diese naja zusammenhängenden bäume? sind jetzt nich so schön geworden aber ähm also dIE habe ich so gemalt ähm auch dass sie so zusamm-(1) ähm (2) so-stEhn? ähm das (1) also naturwissenschaft so es-es- ge-eigentlich geht es ja um ALles. es is ja alles son sozusagen son zuSAMmenhang. [Interviewerin: mhm] und das (.) habe ich so verzweIgt weil naturwissenschaften ja auch immer solche gehEIMnisse hat, und äh die vielleicht nie ähm na ja so rAUes gefunden werden. (1) zum beispiel woVON wale singen oder so was, und ähm ähm und den fluss habe ich gemalt weil das (.) ich find naturwissenschaften das ist so flIEßend. (Z. 220 - 233)

Eigenschaften des Bildes werden mit Eigenschaften der Naturwissenschaften zusammengebracht, jedoch nicht zeitlich im Prozess der Entwicklung der Naturwissenschaften verortet. Dass Tessa durchaus eine zeitliche Komponente bedenkt, zeigt sich im folgenden Zitat:

Interviewerin: okay gibts ein ein PUNKT im bild wo frÜher is? (1) es ging ja soein bisschen darum von frÜher bis heute oder was ist der weg?

Tessa: ja also (.) dAs ähm °hab ich auch so gemacht° (1) ähm verzweigung. das habe ich dafür gemacht dass ähm (.) manche sachen sind ja von früher bis heute noch nicht gelÜFtet [Interviewerin: mhm] und die werden das auch niemals SEIN. Ja. so habe ich das °gemeint° (Z. 321 - 330)

Tessa stellt gerade keine zeitlich chronologische Abfolge im Verlauf ihres Weges dar. Vielmehr steht der Bereich der „Verzweigung“, also ein einzelner Bereich des Weges für einen zeitlich bis heute ausgedehnten Bereich. Die Veränderungen der Eigenschaften des Weges im Verlauf ihres Bildes hingegen bilden keine zeitliche Dimension, sondern eben gerade die zeitunabhängigen Eigenschaften der Naturwissenschaften ab.

## Typ C2

Im Gegensatz dazu ist beim Typ C2 *Veränderung in einer zeitlich chronologischen Abfolge zentral*, wobei sich beim Subtyp C2a zeigt, dass der *Prozess der Veränderungen unkonkret* verbleibt. Wie beim Eckfall Natalia findet die Entwicklung vom Iphone 5 zum Iphone 20 wie selbstverständlich statt, die genaue Ausformung des Prozesses wird jedoch nicht deutlich. Ähnlich zeigt sich dies für Clara, die mit ihrem Weg den „Fortschritt“ darstellt.

Interviewerin: okay was meinst du mit fortschritt?

Clara: ja dass das alles: (.) so entwickelt wurde. [...] (1) ja das es am anfang halt (1) nicht ALLES entdeckt wurde und heutzutage halt so 'n GRAden weg. wo (.) man dEnkt man hat VIEL schon (.) rausgefunden, (Z. 186 - 193)

Wie auch bei Natalia wird die Vergangenheit vergleichend der Gegenwart gegenübergestellt. Diese Zustände unterscheiden sich voneinander (Anfangs ist nicht alles entdeckt, jetzt schon viel), dies wird im Bild metaphorisch durch einen Wandel von einem Sandweg zu einer mehrspurigen Straße symbolisiert. Auch hier zeigt sich, dass Veränderung vordergründig ist. Der Prozess zwischen diesen beiden Zeitpunkten bleibt jedoch unkonkret. Dies ist bei Fällen des Subtyps C2b und C2c gerade anders: Dort wird die Art des Veränderungsprozesses entweder als ein *diskontinuierlicher Prozess der Abfolge verschiedener Phasen* (Subtyp C2b) oder als *kontinuierlicher Veränderungsprozess* (Subtyp C2c) deutlich. Dabei meint der Begriff *Phase* einen Zeitabschnitt im Entwicklungsprozess. Charakteristisch für die Orientierungsrahmen des Subtyps C2b ist, dass sich der Entwicklungsprozess in mehrere solcher Phasen gliedert.

In Bezug auf diese Phasenhaftigkeit können die Orientierungsrahmen weiterhin in drei Untergruppen unterschieden werden:

C2b I: Die erste Phase des Veränderungsprozesses ist unwiderruflich abgeschlossen,

C2b II: Es gibt eine besonders herausragende Phase,

C2b III: Es wird eine Abfolge verschiedener sich wiederholender Phasen deutlich.

Zur ersten Untergruppe zählt der Eckfall Natalia, bei der die Phase der quantitativen Entwicklung technischer Geräte der Vergangenheit abgeschlossen ist, da man heute alle technischen Geräte besitzt. Heute fokussieren die Naturwissenschaften auf die qualitative Verbesserung der Produkte der Forschung. Neben Natalia gehört auch Torben zu diesem Typ. Auch für ihm wird durch die reflektierende Interpretation des Gesagte deutlich, dass es mehrere Phasen der Entwicklung gibt, von denen die erste bereits abgeschlossen ist:

Torben: JA. und zwA war's so das=ess am anfAng, (.) alles noch relativ simpel war also das wollte ich mit diesem schmalen (.) etwas un- also geraden weg ((zeigt von A ausgehend nach oben)). mit dem bäumen ((zeigt auf B)) und hier ist noch so ein hUND? ((zeigt auf C)) ((lachen)) [Interviewerin: mhm] ähm wollte ich das darstellen. weils am anfang ja noch (.) r:relativ simpel war. und dann (1) gings hIEr ((zeigt auf D und deutet Bewegungen in die Richtungen E, F, G an)) irgendwann los dass mehr verschIEdene (.) berEiche ka::men (Z. 185 - 195)

Sprachlich werden zwei Anfangspunkte deutlich, indem von „am Anfang“ und „und dann gings hier irgendwann los“ gesprochen wird. Zuerst wird der Zustand früher beschrieben, anschließend ein Prozess thematisiert. Dies verweist darauf, dass es verschiedene Phasen gibt, wobei sich der Entwicklungsprozess der zweiten Phase als unendlich zeigt und die erste Phase irgendwann im Laufe der Zeit beendet wurde und sich nicht wiederholt. Der anfängliche Zustand wurde überwunden und hinter sich gelassen. Diese Eigenschaft zeigt sich auch in der Struktur von Torbens Bild, in dem der anfängliche geradlinige Weg beendet ist und ab einem gewissen Punkt eine Aufspaltung des Weges einsetzt. Diese Wege sind nicht alle beendet, sondern gehen in der Zukunft weiter.

Zur Untergruppe C2b II zählen unter anderem die Eckfälle Amar und Konstantin. Während bei Konstantin die Phase besonders herausragender, für das alltägliche Leben relevanter Erfindungen der Naturwissenschaften positiv besetzt ist, wird von Amar eine

Tabelle 5.7.: Überblick über die sinngenetische Typik C der Orientierungsrahmen zur Vergleichsdimension „Zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften“. Die Typenbildung gliedert sich in drei Typen, mit Subtypen und Untergruppen.

C1	C2				
Beständigkeit	Veränderung				
	C2a	C2b		C2c	
	unkonkreter Veränderungsprozess	Diskontinuierlicher Veränderungsprozess verschiedener Phasen			Kontinuierlicher Veränderungsprozess
		C2b I	C2b II	C2b III	
	1. Phase abgeschlossen	Eine herausragende Phase	Wiederholung verschiedener Phasen		

Phase besonders starker Verschlechterung des Zustandes des Regenwaldes thematisiert. In beiden Fällen gibt es neben diesen Phasen, weitere aus Perspektive der Interviewten weniger bedeutsame Phasen.

Auch die Orientierungsrahmen der dritten Untergruppe (*Wiederholung verschiedener Phasen*) wurden bereits bei zwei Eckfällen identifiziert: Inga beschreibt die Wiederkehr verschiedener Ideen und Alexander die regelmäßige Erfindung umweltschädlicher Geräte. Neben dieser Wiederkehr für die Umwelt schädlicher Phasen konnte für Alexander ein Orientierungsrahmen der kontinuierlichen Veränderung rekonstruiert werden. Er gehört damit genauso wie Paul zum Subtyp C2c, der sich von C2b gerade dahingehend unterscheidet, dass nicht verschiedene Phasen, sondern ein bruchloser, kontinuierlicher Prozess relevant ist. Für Paul ist ein stetiges Besserwerden und Mehrwerden im Laufe der Zeit zentral, was sich auch in der Gestaltung seines Bildes niederschlägt (vgl. Kapitel 5.3.1.1).

### 5.3.2.4. Typik D: Orientierungsrahmen zum Selbstbezug zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften

Für diese vierte Vergleichsdimension wurden drei Typen identifiziert, die keine Subtypen umfassen. Sie sind in Tabelle 5.8 zusammenfassend dargestellt.

Ein Extrem stellt der Orientierungsrahmen des *Ausschließens aus der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften* dar (Typ D1). Interviewte dieses Typs konzipieren sich als passive Beobachter der Entwicklung und gerade nicht als Teil der Entwicklung oder als von ihr beeinflusst. Dazu gehören unter anderem die Eckfälle Alexander, Arne, Konstantin und Amar.

Konträr dazu ist der Typ D3, bei dem ein *sich selbst Einschließen in den Prozess der zeitlichen Entwicklung* der Naturwissenschaften zentral ist. Als einziger zu diesem Typ gehöriger Fall konnte der Eckfall Inga identifiziert werden. Sie konzipiert sich, vermittelt über ihre Zugehörigkeit zur Menschheit, als Teil der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften (vgl. Kapitel 5.3.1.5).

Der Orientierungsrahmen Typ D2 liegt in der Mitte der beiden bereits beschriebenen, da er einen *indirekten Bezug zwischen der interviewten Person und der zeitlichen Entwicklung* umfasst. Vermittelt über die Nutzung vergangener und aktueller Errungenschaften der Naturwissenschaften besteht ein Bezug zwischen den Interviewten und der zeitlichen Entwicklung. Ebenso wie Typ D1 konzipieren sich die Fälle jedoch nicht als einflussreich in Bezug auf die zeitliche Entwicklung. Vielmehr betrachten sie die Entwicklung unbeteiligt von außen. In diesem Sinne ist weder ein vollständiger Ausschluss, noch ein Einschließen in die zeitliche Entwicklung leitend. Vermittelt über die Nutzung der Errungenschaften der Naturwissenschaften besteht aber dennoch ein Bezug zwischen der zeitlichen Entwicklung und der eigenen Person. Dieser Bezug wird als indirekter Bezug bezeichnet. Zu diesem Typ zählen beispielsweise die Eckfälle Natalia, Larissa und Paul.

Tabelle 5.8.: Überblick über die sinngenetische Typik D der Orientierungsrahmen zur Vergleichsdimension „Selbstbezug zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften“. Die Typenbildung gliedert sich in drei Typen ohne Subtypen.

D1	D2	D3
<b>sich ausschließend:</b> passiver Beobachter der Entwicklung	<b>indirekter Bezug:</b> an Entwicklung nicht beteiligter Nutzer der Errungenschaften	<b>sich einschließend:</b> vermittelt über Entwicklungs- prozess der gesamten Menschheit an Entwicklung beteiligt

### 5.3.2.5. Zusammenfassung

Die sinngenetische Typenbildung ermöglicht eine erste Abstraktion vom Einzelfall, indem Orientierungsrahmen zu Typen zusammengefasst werden. Es wird deutlich, wie verschieden – teilweise diametral gegenüberliegend – Orientierungsrahmen im Hinblick auf eine Vergleichsdimension sind. Die Sinnbildung der interviewten Kinder und Jugendlichen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften wird also von ganz verschiedenen Orientierungsrahmen strukturiert.

Auch wenn die Anzahl der zugeordneten Fälle zu den Typen in Bezug auf das Erkenntnisinteresse dieser Arbeit wenig Aussagekraft besitzt, soll an dieser Stelle auf ein auffälliges Ergebnis hingewiesen werden. Während zu den Typen D1 und D2 je etwa die Hälfte der Fälle des Samples gehören, gehört zum Typ D3 lediglich ein einziger Fall. Bei 33 interviewten Schüler\_innen konnte also nur für einen einzigen Fall ein Orientierungsrahmen des sich Einschließens in die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften rekonstruiert werden. Dies fällt bei der Typik D besonders ins Gewicht, weil mit lediglich drei Typen vergleichsweise wenig Unterteilungen vorgenommen werden. Bei einer Typik mit mehreren Subtypen und Untergruppen ist die Identifikation eines Orientierungsrahmens bei lediglich einem Fall weniger bemerkenswert.

### 5.3.3. Orientierungsrahmen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften – Relationale Typenbildung

Neben einer sinngenetischen Typenbildung in den vier zuvor beschriebenen Vergleichsdimensionen war es außerdem möglich, Zusammenhänge zwischen dem Auftreten der Orientierungsrahmen der Dimensionen A bis D zu identifizieren und so eine relationale Typenbildung (vgl. Kapitel 3.2.4.2) vorzunehmen.

Versuche einer relationalen Typenbildung unter Berücksichtigung aller sinngenetischer Subtypen und Untergruppen gelangen jedoch nicht. Erst ein Inbeziehungsetzen der Typen der jeweils obersten Ebenen der vier sinngenetischen Typiken ermöglicht eine Identifikation relationaler Muster. Dies liegt möglicherweise im Verhältnis aus Anzahl der Untergruppen und Anzahl der Fälle im Sample begründet. Die starke Differenzierung in sieben Gruppierungen von Orientierungsrahmen der Typiken A und B, in sechs Gruppierungen bei Typik C und drei Gruppierungen bei Typik D macht es bei insgesamt 33 Fällen schwer, Muster von Relationen zwischen den Orientierungsrahmen zu erkennen. Dazu wäre eine größere Anzahl von Fällen notwendig.

Für die relationale Typenbildung wurde daher beispielsweise lediglich berücksichtigt, ob für die Befragten ein Orientierungsrahmen eines persönlichen Werts der naturwissenschaftlichen Forschung, eines allgemeinen Werts oder ein Orientierungsrahmen der Wertlosigkeit (vgl. Kapitel 5.3.2.1) rekonstruiert werden konnte. Nicht berücksichtigt sind die Subtypen A2a bis A2c (Wissen bereitstellen, Wissensverbreitung, Produkte bereitstellen). Die der relationalen Typenbildung zugrundeliegende Übersicht aller Fälle in Bezug auf ihre Orientierungsrahmen befindet sich in Anhang A.5.

Insgesamt konnten acht relationale Typen identifiziert werden, welche jeweils durch einen der oben dargestellten Eckfälle repräsentiert werden. Die Eckfälle bilden den Rand des Feldes der relationalen Zusammenhänge der Orientierungsrahmen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften ab. Unter anderem aus diesem Grund wurden sie als Eckfälle gewählt. Alle anderen Fälle des Samples lassen sich in diesem Feld verorten (vgl. Abbildung 5.3). Dabei sind Fälle, die im grauen Bereich um einen Eckfall liegen im Hinblick auf die Relationen zwischen den Orientierungsrahmen als homolog zum jeweiligen Eckfall anzusehen. Für alle Fälle innerhalb eines grauen Bereichs tritt also der rekonstruierte Orientierungsrahmen der Typik A mit den gleichen Orientierungsrahmen der Typik B, C und D auf. Die Orientierungsrahmen stehen also in Relation zueinander. Fälle, deren Namen in Abbildung 5.3 zwischen zwei grauen Bereichen liegen, sind als Mischfall dieser beiden Typen anzusehen. Gleiches gilt für die sechs Fälle *Niklas*, *Leana*, *Justin Bennet*, *Zeynep* und *Torben*. Aus welchen zwei Typen sich diese als Mischfälle ergeben, ist durch die entsprechende Verbindungslinie, an der die Namen stehen, angedeutet.

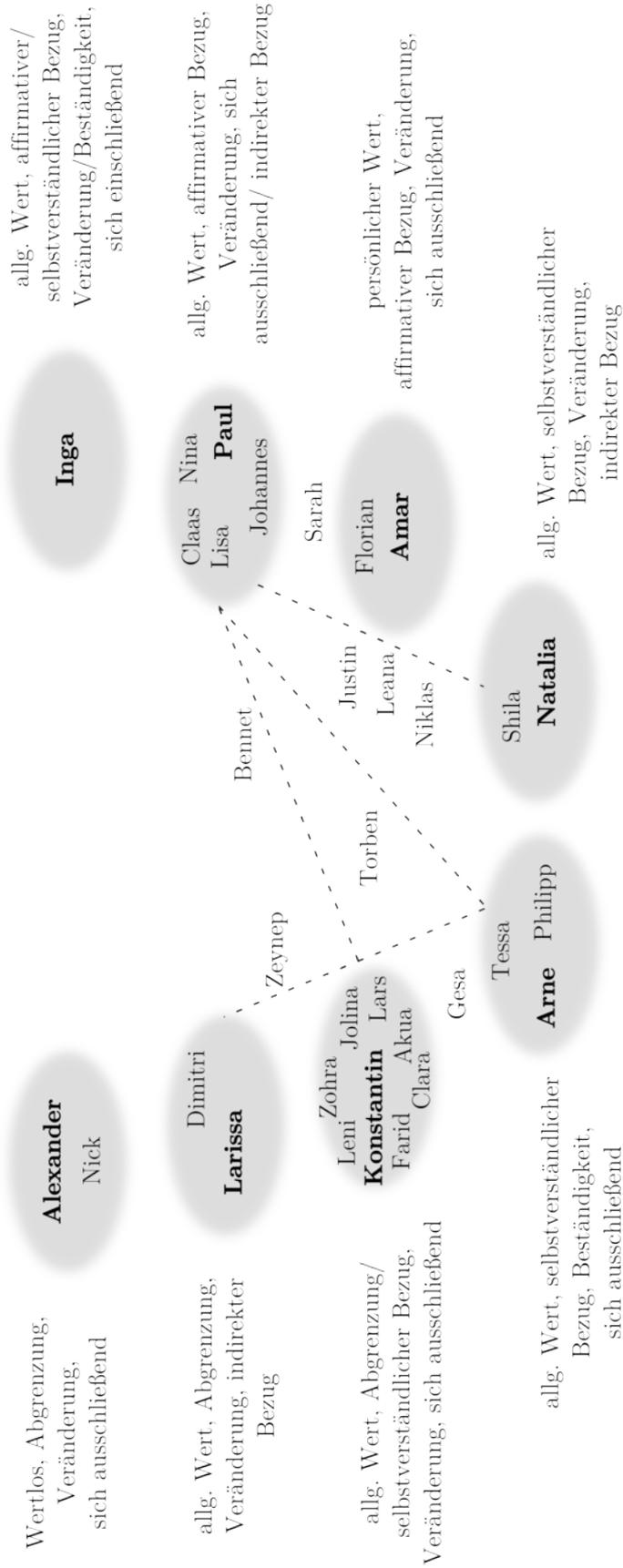


Abbildung 5.3.: Überblick über die relationale Typenbildung. Die 33 Fälle des Samples sind im sich ergebenden Feld verortet. Namen, der als Eckfälle gewählten Fälle sind fett geschrieben. Fälle an gestrichelten Linien sind als Mischfälle der jeweiligen Endpunkte der Linie zu verstehen.

Die Anordnung der acht relationalen Typen in Abbildung 5.3 verfolgt das Ziel einer weiteren Strukturierung dieser Typen. Links im Bild finden sich Typen, die sich von Naturwissenschaften abgrenzen, unten verstärkt Typen mit einem selbstverständlich gerahmten Bezug zwischen sich selbst und den Naturwissenschaften und rechts Typen mit eher affirmativem Bezug. Damit einhergehend ist für den Typ links oben, welcher durch den Eckfall Alexander repräsentiert wird, charakteristisch, dass er sich aus dem Prozess der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften ausschließt, wohingegen der Typ um Eckfall Inga (rechts oben im Bild) sich in den Veränderungsprozess selbst einschließt. Für Typen weiter links im Bild konnten Orientierungsrahmen der Wertlosigkeit der Naturwissenschaften oder aber eines allgemeinen Werts rekonstruiert werden. Weiter rechts im Bild findet sich der Typ, welcher durch den Eckfall Amar repräsentiert wird und der sich durch einen Orientierungsrahmen eines persönlichen Werts auszeichnet.

Für jeden, bis auf für den Eckfall Inga, konnte mindestens ein weiterer, im Hinblick auf die Relationen der Orientierungsrahmen identischer Fall im Sample identifiziert werden. Dies spricht für die Validität der Typen.

Ziel der relationalen Typenbildung ist die weitere Abstraktion vom Einzelfall. Es werden Relationen von Orientierungsrahmen typisiert und keine Fälle. Aus diesem Grund werden für die identifizierten relationalen Typen neue Bezeichnungen gewählt, die die Charakteristika der relationalen Zusammenhänge zwischen den Orientierungsrahmen möglichst prägnant beschreiben. Die Bezeichnungen der acht relationalen Typen I bis VIII finden sich in Abbildung 5.4 und werden nun knapp erläutert.

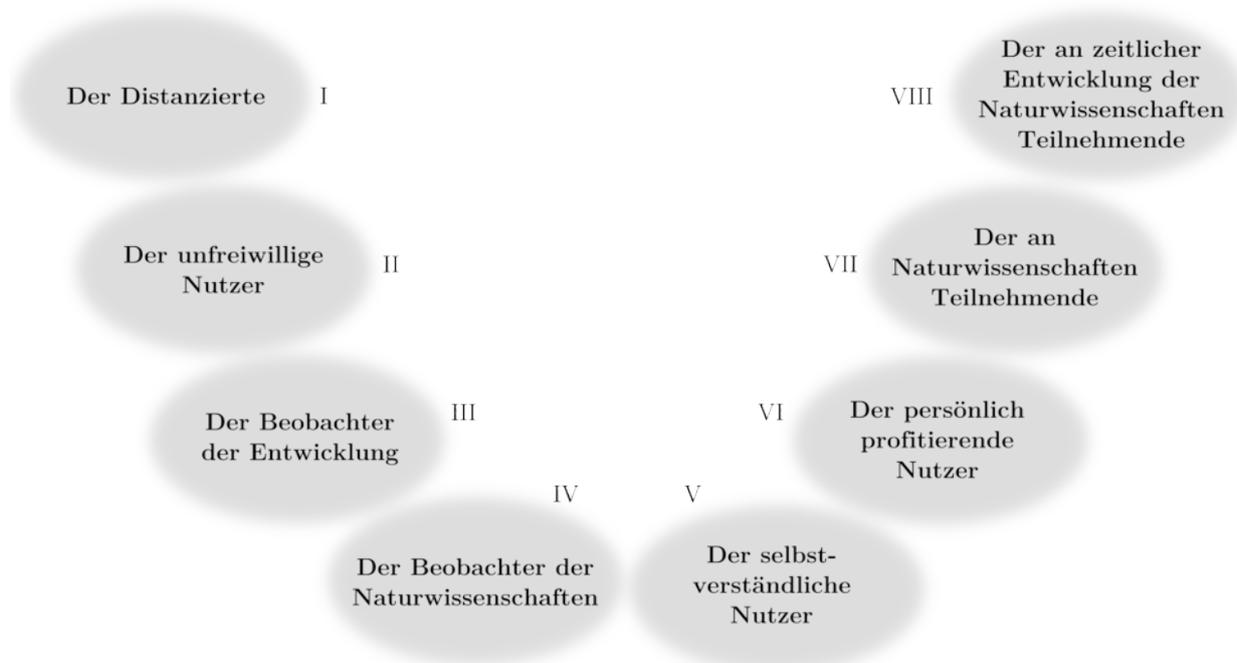


Abbildung 5.4.: Vom Einzelfall abstrahierte Bezeichnungen der relationalen Typen der Orientierungsrahmen.

**I Der Distanzierte:** Dieser Typ zeichnet sich durch eine Abgrenzung von Naturwissenschaften, durch einen Ausschluss aus der zeitlichen Entwicklung und einen Orientierungsrahmen der Wertlosigkeit der Naturwissenschaften aus. Veränderungen werden beschrieben, betreffen jedoch nicht die eigene Person. Es zeigt sich also durchweg ein distanziertes Verhältnis zu Naturwissenschaften und damit einhergehend zu ihrer zeitlichen Entwicklung.

**II Der unfreiwillige Nutzer:** Auch dieser Typ grenzt sich von Naturwissenschaften ab, schreibt ihr jedoch einen allgemein geltenden Wert zu. Trotz der Abgrenzung von Naturwissenschaften besteht im Hinblick auf die zeitliche Entwicklung ein indirekter Bezug zwischen Naturwissenschaften und der eigenen Person. Sich im Laufe der Zeit verändernde Errungenschaften der Naturwissenschaften müssen aufgrund unveränderlicher Rahmenbedingungen genutzt werden, sodass dieser Typ als unfreiwilliger Nutzer bezeichnet wird.

**III Der Beobachter der Entwicklung:** Dieser Typ stellt Veränderung in den Vordergrund, konzipiert sich selbst jedoch nicht als Teil der Entwicklung. Der Selbstbezug zu Naturwissenschaften ist von Abgrenzung oder Selbstverständlichkeit geprägt. Als passiver Beobachter der zeitlichen Entwicklung wird diese aus einer eher distanzierten Warte heraus beschrieben.

**IV Der Beobachter der Naturwissenschaften:** Anders als beim vorherigen Typ steht hier Beständigkeit im Vordergrund. Die Naturwissenschaften werden von außen beobachtet und Charakteristika der Naturwissenschaften unabhängig von einer zeitlichen Entwicklung beschrieben.

**V Der selbstverständliche Nutzer:** Im Gegensatz zum unfreiwilligen Nutzer wird zwischen eigener Person und Naturwissenschaften ein selbstverständlicher und in Bezug auf die zeitliche Entwicklung ein indirekter Selbstbezug deutlich. Dieser Typ profitiert ganz selbstverständlich von den im Laufe der Zeit stattfindenden Veränderungen. Es zeigt sich weniger eine Abgrenzung, jedoch auch kein affirmativer Bezug zu Naturwissenschaften.

**VI Der persönlich profitierende Nutzer:** Für diesen Typ werden die Naturwissenschaften als eine Art Werkzeuge oder Hilfsmittel für die eigene Person deutlich. Entsprechend wird den Naturwissenschaften ein persönlicher Wert zugeschrieben. Auf irgendeine Art und Weise profitiert dieser Typ ganz persönlich von den Naturwissenschaften und ihrer zeitlichen Entwicklung. Entsprechend besteht ein affirmativer Selbstbezug zu Naturwissenschaften. Dabei soll diese Bezeichnung nicht implizieren, dass die anderen Typen nicht von der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften profitieren. Für diesen Typ steht jedoch stärker als bei den anderen Typen gerade der persönliche Nutzen im Vordergrund.

**VII Der an Naturwissenschaften Teilnehmende:** Für diesen Typ ist die soziale Eingebundenheit zentral, die im Kontext Naturwissenschaften selbst als positiv erlebt wird. Ausgehend von diesen sozial geteilten, positiv erlebten Erfahrungen besteht ein affirmativer Selbstbezug zu Naturwissenschaften. Aufgrund der eigenen sozial gerahmten Erlebnisse versteht er sich zumindest indirekt als ein Teil der Naturwissenschaften, jedoch

nicht als beteiligt an der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften. Zentral sind die aktuellen, mit Naturwissenschaften in Verbindung gebrachten Erfahrungen.

**VIII Der an der zeitlichen Entwicklung Teilnehmende:** Im Kontrast zum vorherigen Typ schließt sich dieser auch in die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften ein, konzipiert sich als ein Teil der zeitlichen Entwicklung. Es besteht ein eher positiv gerahmter Bezug zwischen eigener Person und Naturwissenschaften. In einer zeitlichen Perspektive ist sowohl Beständigkeit, als auch Veränderung zentral. Die Beteiligung beschränkt er jedoch nicht nur auf sich selbst. Für alle Menschen gilt, dass sie Teil der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften sind. So wird den Naturwissenschaften ein allgemeiner, für alle Menschen geltender Wert zugewiesen.

### 5.3.3.1. Zusammenfassung

Die relationale Typenbildung mit der Wahl neuer Bezeichnungen für die relationalen Typen ermöglicht weitere Einblicke in die Struktur der Tiefendimension der Schülerperspektive. Die Ergebnisse zeigen, dass bestimmte Orientierungsrahmen einer Vergleichsdimension gekoppelt an Orientierungsrahmen der anderen Vergleichsdimensionen auftreten. Alle 33 Fälle des Samples können umfassend durch die acht identifizierten Typen beschrieben werden. In diesem Sinne ermöglicht die relationale Typenbildung auch eine Reduktion der Komplexität der Ergebnisse und lenkt den Blick weg vom Einzelfall, hin zu fallübergreifenden Erkenntnissen.

### 5.3.4. Zusammenhänge zwischen Orientierungsschemata und -rahmen

Vor der Diskussion der Ergebnisse der zweiten Forschungsfrage bzw. aller Ergebnisse wird nun beschrieben, inwiefern Orientierungsrahmen mit bestimmten Orientierungsschemata zusammenfallen. Dazu wurden die Ergebnisse beider Forschungsfragen auf Fallebene verglichen. Unter anderem wurde zwischen relationalen Typen und Orientierungsschemata nach Mustern gesucht. Auf diese Art und Weise konnten einige Ähnlichkeiten der Orientierungsschemata bei Fällen eines relationalen Typs identifiziert werden, die jedoch aufgrund der teilweise sehr geringen Fallzahl pro relationalem Typ auch zufälliger Natur sein könnten. Aus diesem Grund wurde einerseits auf Ebene der sinngenetischen Typen der Orientierungsrahmen und andererseits, ausgehend von bestimmten Orientierungsschemata nach Zusammenhängen gesucht. Auf diese Art und Weise wurden folgende Muster von Zusammenhängen zwischen Orientierungsrahmen und -schemata deutlich:

- Alle Interviewten mit einem Orientierungsrahmen des Werts der Naturwissenschaften als das Bereitstellen von Produkten, äußern das Orientierungsschema, dass sich die Naturwissenschaften unter anderem mit der artifiziellen Welt befasst. Alle im Sample befindlichen Fälle, die als Referenzpunkt zur zeitlichen Rahmung der Entwicklung der Naturwissenschaften die Erfindung eines technischen Gerätes nennen,

fallen in diese Gruppe. Orientierungsrahmen und hohe Bedeutung technischer Produkte auch bei den Orientierungsschemata gehen hier also miteinander einher. Dazu passend sehen alle Befragten dieser Gruppe die Errungenschaften der Naturwissenschaften als Sujet der Entwicklung an und beschreiben eine quantitative Zunahme, qualitative Verbesserung und/oder Etablierung dieser im Laufe der Zeit.

- Alle befragten Jugendlichen mit einem Orientierungsrahmen von Beständigkeit in Bezug auf die zeitliche Entwicklung, vertreten das Orientierungsschema einer nicht endenden Entwicklung der Naturwissenschaften und sprechen jeweils über einen Zeitraum von mehr als 1000 Jahren. Dabei fällt besonders auf, dass auch sie Sujets der Entwicklung nennen, dies jedoch erst auf explizite Nachfrage der Interviewerin tun.
- Schüler\_innen, die als Orientierungsschema zum Inhalt der naturwissenschaftlichen Forschung den kosmischen Bereich nennen, gehören zum Großteil (8 von 10) zur Gruppe der Personen, bei denen sich als Orientierungsrahmen zum Wert der Naturwissenschaften die Bereitstellung von Wissen identifizieren ließ.
- Für alle sieben Interviewten, die das Orientierungsschema der Endlichkeit der naturwissenschaftlichen Forschung äußern, konnte der Orientierungsrahmen eines sich aus der Entwicklung ausschließenden Selbstbezuges rekonstruiert werden. Für fünf der sieben Befragten geht dies außerdem mit einem distanzierten Verhältnis zu Naturwissenschaften einher.
- Betrachtet man jene Interviewten, die über einen vergleichsweise kleinen Zeitbereich sprechen und die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften innerhalb der letzten 300 Jahre verorten, fällt auf, dass für sie verstärkt Orientierungsrahmen der Abgrenzung von Naturwissenschaften rekonstruiert werden konnten. Die Fälle, die zu dieser Gruppe gehören, finden sich im Bild der relationalen Typenbildung alle in der linken Hälfte und sind in Abbildung 5.5 fett markiert. Im Gegensatz dazu äußerten andere Befragte das Orientierungsschema einer besonders großen zeitlichen Ausdehnung der Entwicklung, beispielsweise seit Menschenbeginn oder dem Urknall. Diese Fälle gehen mit Orientierungsrahmen eines affirmativen Selbstbezugs zu Naturwissenschaften einher. Die Namen der Fälle sind in Abbildung 5.5 kursiv geschrieben und befinden sich stärker rechts im Feld der relationalen Typen. Diese beiden Gruppen bilden die Extreme der Orientierungsschemata zum Zeitraum der Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung. Es zeigt sich also, dass Orientierungsrahmen zum Selbstbezug zu Naturwissenschaften mit Orientierungsschemata zum Zeitraum der Entwicklung der Naturwissenschaften einhergehen.

All diese Zusammenhänge zwischen Orientierungsschema und -rahmen, also zwischen Oberflächen- und Tiefendimension der Schülerperspektive zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften sind m. E. kaum überraschend. Es erscheint plausibel, dass Befragte, für die ein Orientierungsrahmen Bereitstellung technischer Produkte als Wert der Naturwissenschaften rekonstruiert werden kann, auch auf expliziter Ebene als Inhalt der Forschung die artifizielle Welt thematisieren.

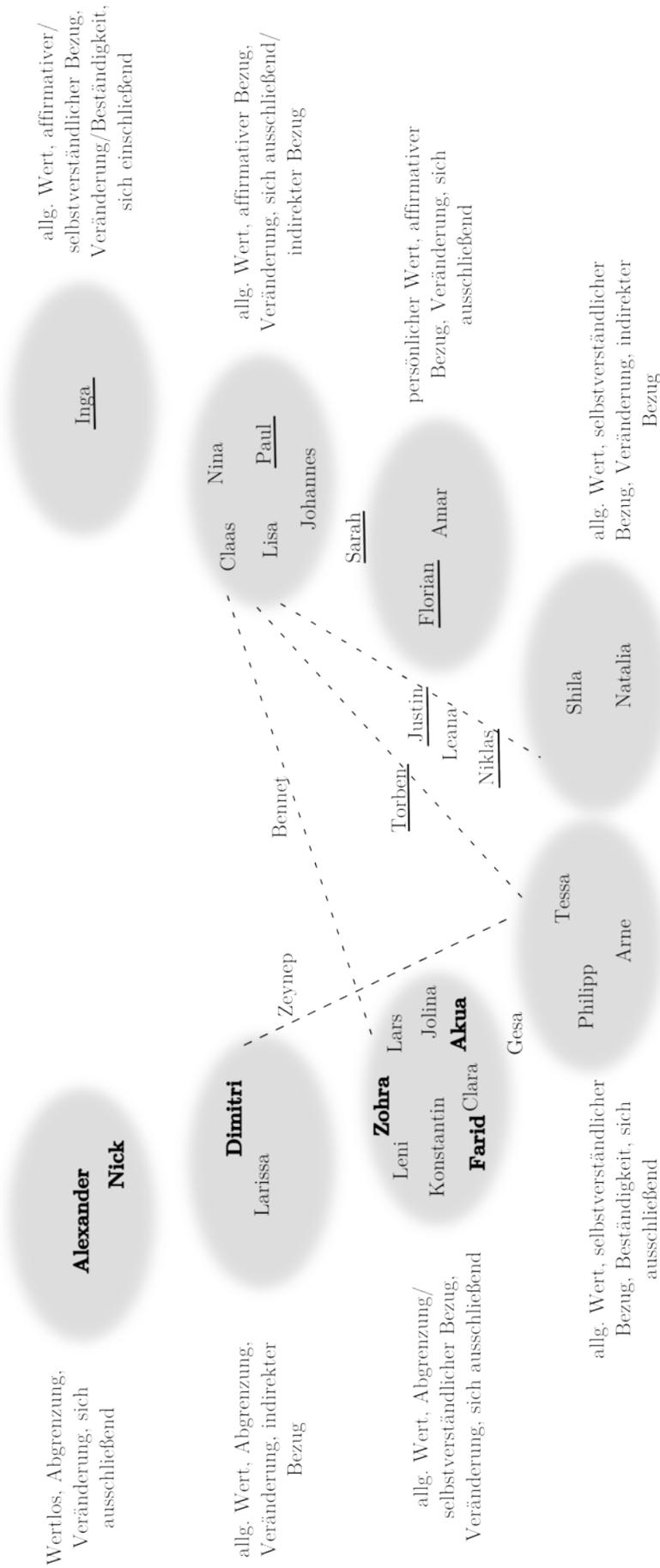


Abbildung 5.5.: Zusammenhang zwischen relationaler Typenbildung der Orientierungsrahmen und Orientierungsschemata bezüglich des Zeitraums der zeitlichen Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung. Fett markierte Fälle äußerten das Orientierungsschema eines Zeitraums kleiner als 300 Jahre, unterstrichen markierte Fälle äußerten das Orientierungsschema des Beginns der Naturwissenschaften seit Menschenbeginn oder dem Urknall.

Ebenso erstaunt es nicht, dass den Naturwissenschaften zugeschrieben wird, Wissen über den Kosmos bereitzustellen. Sehen Schüler\_innen darüber hinaus die naturwissenschaftliche Forschung als zukünftig beendet an und grenzen sich selbst von Naturwissenschaften ab, ist es bei dieser Zukunftsperspektive nachvollziehbar, dass sie sich auch aus dem Prozess der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften ausschließen.

Auch der letztgenannte Zusammenhang zwischen Orientierungsrahmen des Selbstbezug zu Naturwissenschaften und Orientierungsschema zum Zeitbereich der zeitlichen Entwicklung erscheint plausibel. Nimmt man an, dass ein von Distanz geprägter Selbstbezug zu Naturwissenschaften nicht zu einer intensiven, differenzierten Beschäftigung mit Naturwissenschaften und ihrer zeitlichen Entwicklung führt, ist davon auszugehen, dass die Befragten vor dem Interview ihre Vorstellungen zum Zeitraum der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften noch nicht diskutiert und reflektiert haben. In der Interviewsituation werden die Jugendlichen dazu aufgefordert, sich mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften auseinander zu setzen und beziehen sich für die Formulierung von Vorstellungen auf ihre Erfahrungen. Ihre Erfahrungen mit Naturwissenschaften sind wahrscheinlicher in der Gegenwart zu verorten, sodass Vorstellungen eines kürzeren Zeitraums näher liegen.

Diese Überlegungen sind als Hypothesen zu verstehen, sollen jedoch verdeutlichen, dass die identifizierten Zusammenhänge zwischen Orientierungsschemata und -rahmen in den Grenzen des Denkbaren liegen. Die Erkenntnis, dass sich Zusammenhänge zwischen Strukturen der Oberflächen- und Tiefendimension der Schülerperspektive zeigen, spricht für die in dieser Arbeit entwickelte Konzeption der Schülerperspektive. Die Konzeption ermöglicht tiefgreifende Erkenntnisse zur Schülerperspektive.

### **5.3.5. Zusammenhänge zwischen Orientierungsrahmen und Personendaten**

In der vorliegenden Arbeit war es nicht möglich, eine soziogenetische Typenbildung vorzunehmen und so Zusammenhänge zwischen Orientierungsrahmen und konjunktiven Erfahrungsräumen zu rekonstruieren. Dennoch war es aufgrund der Samplezusammensetzung möglich – ähnlich wie bei den Orientierungsschemata – Tendenzen der Verteilung im Sample zu bestimmen. Es wurde einerseits geprüft, ob sich ein Zusammenhang zwischen Orientierungsrahmen der sinngenetischen Typenbildung und Alter sowie Schulform andeutet. Andererseits wurde dieser Zusammenhang für die relationale Typenbildung betrachtet. Es zeigen sich für all diese Vergleiche keine alters- oder schulformspezifischen Tendenzen. Die verschiedenen Orientierungsrahmen der vier Vergleichsdimensionen ließen sich bei Schüler\_innen verschiedenen Alters und beider Schulformen rekonstruieren. Ausnahmen bilden dabei natürlich Orientierungsrahmen, die lediglich bei wenigen Schüler\_innen oder sogar nur einer Person im Sample rekonstruiert werden konnten. Hier ist aufgrund der Samplezusammensetzung keine Aussage über eine Tendenz möglich.

Eine Übersicht über die Zuordnung der Fälle zu den Orientierungsrahmen, sortiert nach Klassenstufe und Schulform, findet sich in Anhang A.5.

Diese Tendenzen gilt es in weiteren empirischen Studien zu prüfen und auszudifferenzieren, lässt an dieser Stelle jedoch erst einmal die Vermutung zu, dass die die Sinnbildung strukturierenden Orientierungsrahmen sich im Laufe der Schulzeit nicht grundlegend verändern. Der schulische Unterricht, also auch der naturwissenschaftliche Unterricht, scheint entsprechend keinen Einfluss auf die Orientierungsrahmen zu nehmen. Dies zeigt sich für beide Schulformen gleichermaßen. Auch in Bezug auf die Schulform unterscheiden sich, obwohl auf Ebene der Unterrichtsorganisation Unterschiede bestehen<sup>20</sup>, die Fälle im Hinblick auf die Orientierungsrahmen nicht.

Einige der interviewten Schüler\_innen geben als profilgebende Fächer Physik und Geschichte oder ausschließlich Geschichte an und führen auch im Interview sehr vielseitiges Wissen über (Wissenschafts-)Geschichte, Arten der Entwicklung und historische Wissenschaftler\_innen/Personen an. Teilweise werden Kenntnisse über die aktuelle wissenschaftliche Forschung oder bestehende Gesellschaftsstrukturen angeführt. Aufgrund der längeren Unterrichtsdauer und der Beschäftigung mit zeitlichen Entwicklungen im Unterricht wäre zu vermuten, dass sich diese Fälle in Bezug auf ihre Orientierungsrahmen ähneln. Die Eckfälle Inga, Konstantin und Arne sowie der Fall Florian geben als profilgebende Fächer unter anderem Physik und Geschichte an. Wie sich bereits aufgrund der Tatsache vermuten lässt, dass drei dieser Fälle als Eckfälle die Verschiedenheit der Orientierungsrahmen im Sample abbilden, deutet sich hier kein grundsätzlicher Zusammenhang zwischen geäußerten Kenntnissen über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften und Orientierungsrahmen an. Für Arne beispielsweise wird deutlich, dass er Kenntnisse über historische und aktuelle Bedingungen der naturwissenschaftlichen Forschung übergeneralisiert und zu allgemeingültigen Eigenschaften der Forschung unabhängig von der Zeit macht (Orientierungsrahmen der Beständigkeit). Hingegen konzipiert Inga einen Veränderungsprozess verschiedener Phasen, Konstantin eine kontinuierliche Veränderung und für Florian bleibt der Vorgang unkonkret. Ähnliche Unterschiede gelten für die anderen drei Vergleichsdimensionen der Orientierungsrahmen.

Drei Schüler\_innen mit dem einzigen profilgebenden Fach Geschichte (Zeynep, Sarah, Phillip) äußern ebenfalls auf der Oberflächenebene eine Vielzahl von Vorstellungen und verfügen über historische Kenntnisse, beispielsweise zur nature of history: „zum beispiel also hatten sie ihre EIGENEN HEILmethoden, aber (.) von heute aus könn wir (.) find' ich können wir nicht so genAU beurteilen wie sie waren weil wir auch so wenig darüber wissen?“ (Zeynep, Z. 295 - 298). An mehreren Stellen äußert diese Befragte explizit, dass eine Bewertung früherer Gegebenheiten nicht möglich oder sinnvoll sei. Dennoch nimmt sie an anderen Stellen solch eine Bewertung sehr deutlich vor:

Zeynep: ähm ja ich hab' hier an das mittelalter gedacht. (1) ähm::: wo die menschen ja komische sachen dachten, [Interviewerin: mhm] für uns heute. und (1) ich weiß

---

<sup>20</sup>Beispielsweise werden an Stadtteilschulen Naturwissenschaften länger als Verbundfach unterrichtet als an Gymnasien.

ja aber ich finde dass waren irgendwie so (.) also sie dAchten das wär' naturwissenschaftlich aber eigentlich haben sie sich also hat das überhaupt nicht gePASST. und heute wissen wir dass es eben NICHT mehr stimmt. (1) und ich glaube dadurch dass wir heute irgendwie (1) äh MEHR wissen gehen wir (1) also MERKEN wir bestimmt schneller dass wir auf 'm falschen weg sind. und gehen dann wieder auf 'm richtigen. (Z. 314 - 325)

Einen Zusammenhang zwischen dem anzunehmenden und im Interview gezeigten Grad an Wissen über (Wissenschafts-)Geschichte mit den rekonstruierten Orientierungsrahmen zeigt sich im vorliegenden Sample nicht und verweist zusätzlich darauf, dass der Unterricht im Laufe der Schulzeit wenig Einfluss auf die Tiefendimension der Schülerperspektive zu haben scheint.

### **5.3.6. Verknüpfung mit dem Forschungsstand**

Die zweite Forschungsfrage fragt danach, was die Sinnbildung der Schüler\_innen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften strukturiert. Als Antwort auf diese Frage können die vier Vergleichsdimensionen A bis D verschiedener Orientierungsrahmen angeführt werden. Darüber hinaus wurden Orientierungsrahmen zu diesen Vergleichsdimensionen typisiert und relationale Zusammenhänge zwischen den Orientierungsrahmen sowie Zusammenhänge mit den Orientierungsschemata identifiziert.

Die Ergebnisse der zweiten Forschungsfrage werden im vorliegenden Kapitel mit dem Forschungsstand verknüpft. Dazu werden die im Theorieteil dargestellten Überlegungen der Geschichtsdidaktik (vgl. Kapitel 2.3.2), der Soziologie (vgl. Kapitel 2.3.3.2) und die Überlegungen zu Zielen naturwissenschaftlichen Unterrichts (vgl. Kapitel 2.1.1) mit den empirischen Erkenntnissen der vorliegenden Untersuchung zusammengebracht.

#### **5.3.6.1. Erkenntnisse der Geschichtsdidaktik**

Es ist bereits als Befund an sich zu verstehen, dass die Sinnbildung der Schüler\_innen von Orientierungsrahmen der vier Dimensionen „Wert der Naturwissenschaften“, „Selbstbezug zu Naturwissenschaften“, „zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften“ und „Selbstbezug zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften“ strukturiert wird.

Betrachtet man die vier Vergleichsdimensionen fällt auf, dass zwei dieser den Bezug zur eigenen Person in den Vordergrund stellen. Relevant für die Sinnbildung bzgl. der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften ist einerseits der Wert der Naturwissenschaften und andererseits eine Positionierung des Selbst unter anderem in der zeitlichen Entwicklung. In Kapitel 2.3.2.2 dieser Arbeit wurde das Geschichtsbewusstsein von Schüler\_innen als Teil ihrer Lernausgangslage angenommen und als Voraussetzung für Sinnbildung über Zeiterfahrungen konzipiert. Dabei meint Sinnbildung die Zuweisung von Bedeutung und Zwecken. Sinnbildung ermöglicht die Orientierung des Selbst in der Zeit (Rüsen, 1983, S. 48-49). Diese Annahmen werden durch die rekonstruierten Orientierungsrahmen bestätigt: Den Naturwissenschaften wird ein Wert oder ein Zweck zugeschrieben (Typik A) und

es wird eine Positionierung des Selbst in der Zeit vorgenommen (Typik D). Im Rahmen der Datenerhebung nehmen die Befragten also eine Orientierung des Selbst in der Zeit vor.

Auch wenn vor der empirischen Untersuchung von einem Sinnbildungsprozess ausgegangen wurde, war auf theoretischer Ebene nicht zu klären, welche Aspekte die Sinnbildung zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften strukturieren. Die empirischen Ergebnisse beantworten diese Frage und zeigen sich als passend zu den Überlegungen der Geschichtsdidaktik. Um Sinn zu bilden, stellen die Interviewten einen Bezug zwischen den Inhalten und der eigenen Person her und schreiben den Inhalten Bedeutung zu. Diese Befunde bestätigen, dass das Geschichtsbewusstsein der Schüler\_innen als Teil ihrer Perspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften zu begreifen ist. In den Interviews hat also historisches Denken im Sinne Rüsens (1983) stattgefunden (vgl. Kapitel 2.3.2.5).

Erkenntnisse der Geschichtsdidaktik zur Altersspezifität des Geschichtsbewusstseins (vgl. Kapitel 2.3.2.5 oder Borries, 1995, S. 245) zeigen sich in den vorliegenden Daten nicht. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese Ergebnisse der vorliegenden Arbeit aufgrund der geringen Fallzahl lediglich als Tendenzen zu werten sind.

Die von Rösen (1994, S. 38ff) identifizierten Erzählmuster hingegen lassen sich mit den vorliegenden Daten in Verbindung bringen. Wenn auch nicht systematisch betrachtet, zeigen sich Ähnlichkeiten zwischen den Eckfällen und den vier Erzählmustern (vgl. Kapitel 2.3.2.5). So erinnert Arnes zeitunabhängige Generalisierung von Charakteristika der Naturwissenschaften an das *exemplarische Erzählen* nach Rösen. Arne führt verschiedene Beispiele an und leitet zeitunabhängige Konsequenzen ab (vgl. Kapitel 5.3.1.4). Bei Alexander zeigt sich Identitätsbildung durch Abgrenzung, indem dieser Schüler sich sowohl von Naturwissenschaften, als auch von der zeitlichen Entwicklung abgrenzt (vgl. Kapitel 5.3.1.2). Mit der rekonstruierten Abgrenzung von Naturwissenschaften aufgrund des nicht erfüllten Zwecks der Naturwissenschaften stellt ebenfalls Konstantin (vgl. Kapitel 5.3.1.6)) gegenwärtige Verhältnisse in Frage und zeigt damit Charakteristika des *kritischen Erzählens*. Inga vermittelt zwischen Dauer und Wandel und beschreibt sowohl Beständigkeit als auch Veränderung im zeitlichen Verlauf. Transformationsprozesse stehen im Vordergrund, die evolutionär oder revolutionär passieren (vgl. Kapitel 5.3.1.5), sodass Inga dem *genetischen Erzähltyp* zugeordnet werden kann. Natalia hingegen stellt immer wieder Vergangenheit und Gegenwart vergleichend gegenüber (vgl. Kapitel 5.3.1.3) und erinnert damit an die Ursprünge der gegenwärtigen Lebensverhältnisse, was als Charakteristikum *traditionalen Erzählens* verstanden wird.

Es finden sich bereits bei den Eckfällen alle vier von Rösen beschriebenen Erzählmuster wieder, was einerseits die Erkenntnisse Rüsens bestätigt und andererseits die Verschiedenheit der Eckfälle unterstreicht.

### 5.3.6.2. Erkenntnisse der Soziologie

Auf Grundlage der theoretischen Konzeption der Schülerperspektive mit Bezügen zum soziologischen Habitus-Konzept ist anzunehmen, dass gerade das konjunktive Wissen der Tiefendimension der Schülerperspektive handlungsleitend ist (Bohnsack, 2012, S. 122). So wurde angenommen, dass das konjunktive Wissen auch die Begegnung mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften beeinflusst.

Mit Hilfe der dokumentarischen Methode war es möglich, Anteile dieses konjunktiven Wissens zu rekonstruieren. Es wird nicht davon ausgegangen, umfassend den Habitus der befragten Personen rekonstruiert zu haben. Vielmehr stand nur ein spezifischer Ausschnitt, nämlich jener zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften, im Vordergrund. Eben dieser Anteil der Tiefendimension der Schülerperspektive hat bei der Begegnung mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften bestimmtes Denken, bestimmte Wahrnehmungen und Handlungen wahrscheinlicher gemacht als andere (vgl. Kapitel 2.3.3.2). Diese Strukturen des Wahrnehmens, Denkens und Handelns konnten in der vorliegenden Studie rekonstruiert und systematisiert werden. Ausgehend von diesen Erkenntnissen erscheint es denkbar, dass andere Anteile des Habitus von Schüler\_innen bei anderen Inhalten des Naturwissenschaftsunterrichts handlungsleitend sind.

Zwei der vier rekonstruierten sinngenetischen Typiken beziehen sich nicht dezidiert auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften, erwiesen sich aber dennoch als die Sinnbildung der Interviewten zu diesem Thema strukturierend. Dies lässt die Vermutung zu, dass Orientierungsrahmen bzgl. des Werts der Naturwissenschaften und Orientierungsrahmen bzgl. des Selbstbezugs zu Naturwissenschaften auch die Sinnbildung zu anderen Themen strukturieren könnten.

Beide Vermutungen müssen in weiteren Studien empirisch geprüft werden. Fraglich ist also, ob eine die Handlungen strukturierende Tiefendimension der Schülerperspektive auch für andere Themen rekonstruiert werden kann und wenn ja, wie deren Gestalt ist.

### 5.3.6.3. Erkenntnisse der Naturwissenschaftsdidaktiken

Während eine Vielzahl von Studien sich mit der Oberflächendimension der Schülerperspektive auf die NdN beschäftigt hat (vgl. Kapitel 2.1.2.3 und 2.3.1), gelingt es der vorliegenden Arbeit auch die Tiefendimension der Schülerperspektive spezifisch für die diachronen NdN zu analysieren. Die vorliegende Studie ist damit die erste, die sich mit Orientierungsrahmen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften befasst. Unter anderem Sibum (1990) geht davon aus, dass durch die Darstellung der NdN in Schulbüchern und Unterricht implizites Wissen und Einstellungen über Naturwissenschaften vermittelt werden, die das zukünftige Handeln leiten (vgl. Kapitel 2.1.2.3). Die Erkenntnisse der vorliegenden Studie bestätigen diese Vermutung und zeigen die Struktur des impliziten, handlungsleitenden Wissens auf.

Die Orientierungsrahmen werden als Teil der Schülerperspektive verstanden, die es in ihrer Gesamtheit bei der didaktischen Strukturierung von Unterricht zu berücksichtigen gilt. Bevor konkrete Hinweise zur Gestaltung von Lehr-Lern-Arrangements abgeleitet werden können, ist im Hinblick auf die Tiefendimension erst einmal eine normative Setzung eher erstrebenswerter und weniger erstrebenswerter Orientierungsrahmen notwendig. Diese Setzung erfolgt nun mit Bezügen zu den Zielen naturwissenschaftlichen Unterrichts. Dazu werden die theoretischen Überlegungen zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (vgl. Kapitel 2.1.1) und zum Lernen über die (diachrone) NdN (vgl. Kapitel 2.1.2) wieder aufgegriffen. Als Ziel naturwissenschaftlicher Schulbildung wird einerseits die Befähigung zur gesellschaftlichen Teilhabe und andererseits die Ausbildung des fachlichen Nachwuchses diskutiert. Es geht also im Sinne einer naturwissenschaftlichen Grundbildung auch darum, an unserer immer stärker naturwissenschaftlich-technisch geprägten Welt teilhaben zu können. Dazu ist unter anderem ein Verständnis der Natur der Naturwissenschaften notwendig.

Die normative Setzung erstrebenswerter und weniger erstrebenswerter Strukturen der Tiefendimension der Schülerperspektive erfolgt einerseits im Hinblick auf die sinngenetischen Typen der Orientierungsrahmen und andererseits im Hinblick auf die relationalen Typen.

### **Sinngenetische Typen der Orientierungsrahmen**

Ausgehend von den genannten Zielen naturwissenschaftlichen Unterrichts erscheint ein Orientierungsrahmen der Wertlosigkeit der Naturwissenschaften eher hinderlich diese Ziele zu erreichen. Haben Naturwissenschaften weder einen persönlichen, noch einen allgemeinen Wert für die Schüler\_innen (vgl. sinngenetische Typik A in Kapitel 5.3.2.1), erscheint eine reflektierte Beschäftigung mit Errungenschaften und gesellschaftlichen Bedingungen der Naturwissenschaften weniger wahrscheinlich. Vielmehr könnte der Orientierungsrahmen der Wertlosigkeit zu einem Unverständnis gesellschaftlicher Unterstützung naturwissenschaftlicher Forschung führen. Haben Naturwissenschaften keinerlei Wert, wird eine Beteiligung an gesellschaftlichen Diskussionen naturwissenschaftlichen Inhalts weniger wahrscheinlich oder aber diese Beteiligung ist durch Abgrenzung geprägt. Ziel einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ist es aber gerade Schüler\_innen zur differenzierten Teilhabe an solchen Diskussionen zu befähigen.

Ähnlich argumentieren lässt sich für den Typ B3 der Vergleichsdimension „Selbstbezug zu Naturwissenschaften“ (vgl. Kapitel 5.3.2.2). Dieser Typ von Orientierungsrahmen zeichnet sich durch eine Abgrenzung von Naturwissenschaften aus. Solch eine Abgrenzung wird eine Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Themen eher behindern als ein affirmativer Bezug zwischen der eigenen Person und Naturwissenschaften. Dies gilt sowohl für den schulischen Kontext als auch in Bezug auf langfristige gesellschaftliche Teilhabe.

Darüber hinaus sind beide bisher diskutierten Typen von Orientierungsrahmen ebenfalls hinderlich im Hinblick auf die zweite Zieldimension naturwissenschaftlichen Unterrichts. Es ist weniger wahrscheinlich, dass Schüler\_innen mit Orientierungsrahmen der Wertlo-

sigkeit oder der Abgrenzung von Naturwissenschaften einen Beruf in diesem Feld wählen. Wahrscheinlicher erscheint dies bei Orientierungsrahmen eines affirmativen Selbstbezuges.

Die Orientierungsrahmen bezüglich der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften lassen sich grundsätzlich in zwei Typen unterteilen: Beständigkeit und Veränderung im Laufe der Zeit (vgl. Typik C, Kapitel 5.3.2.3). Im Hinblick auf ein umfassendes Verständnis der NdN scheinen auch mit Blick auf die Entwicklungslinie naturwissenschaftlicher Erkenntnisse (vgl. Kapitel 2.2.4) Anteile beider Typen erstrebenswert. Schüler\_innen sollte einerseits zugänglich sein, dass sich Teile der Naturwissenschaften im Laufe der Zeit verändern. Dass diese Veränderung nicht beliebig geschieht, im Laufe der Zeit Erkenntnisse immer stärker durch weitere Evidenz gesichert und Vorgehensweisen etabliert werden – also auch Beständigkeit bedeutsam ist – gehört andererseits ebenso zu einem umfassenden Verständnis der diachronen NdN.

Ist lediglich Veränderung vordergründig, mag Forschung schneller beliebig und wenig greifbar – weil ständig anders – erscheinen. Dabei wäre es erstrebenswert, dass die Schüler\_innen ein Bild von der Art des Veränderungsprozesses haben und dieser nicht wie beim Orientierungsrahmen des Subtyps C2a unkonkret bleibt. Solch ein Orientierungsrahmen birgt die Gefahr, sich diesem unkonkreten, selbstverständlich stattfindenden Veränderungsprozess ausgeliefert zu fühlen und die eigene Person nicht als handlungsmächtig zu konzipieren. Auch dies widerspräche dem Ansinnen der Scientific Literacy.

Sollen Bürger\_innen an Naturwissenschaften teilhaben, sind diese immer als Resultat eines historischen Prozesses zu verstehen (vgl. Kapitel 2.1.2.2). Gesellschaftliche Diskussionen naturwissenschaftlichen Inhalts beispielsweise haben eine Vorgeschichte und bringen Konsequenzen mit sich, deren Auswirkungen sich erst nach einiger Zeit zeigen werden. Auch Errungenschaften der Naturwissenschaften und Mechanismen der Weitergabe der Errungenschaften sind Resultat eines historischen Prozesses, der wiederum eng an historische Prozesse in Gesellschaft, Politik und Wirtschaft gekoppelt ist (vgl. Entwicklungslinien der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften in Kapitel 2.2). Naturwissenschaften sind als soziale Praxis und als Teil unseres Gesellschaftssystems zu verstehen. Im Hinblick auf eine Teilhabe an diesem sich zeitlich verändernden Gesellschaftssystem wäre es also erstrebenswert, dass Schüler\_innen sich selbst nicht gänzlich aus der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften ausschließen. In diesem Sinne ist ein Orientierungsrahmen des Typs D1 der Vergleichsdimension „Selbstbezug zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften“ (vgl. Kapitel 5.3.2.4) weniger förderlich im Hinblick auf eine naturwissenschaftliche Grundbildung.

Um eine langfristige gesellschaftliche Teilhabe zu ermöglichen ist es notwendig, sich in Bezug auf Naturwissenschaften und deren zeitlicher Entwicklung nicht als passiv ausgeliefert zu verstehen. Eine Selbstkonzeption als passiver Beobachter der zeitlichen Entwicklung (Typ D1 – sich ausschließend) widerspricht gerade der Idee der Teilhabe. Kinder und Jugendliche sollten sich langfristig auch nicht ausschließlich als unbeteiligte Nutzer der Errungenschaften der Naturwissenschaften verstehen (Typ D2 – indirekter Bezug). Viel-

mehr geht es darum, sich in der uns umgebenden von Wissenschaft bestimmten Welt zurechtfinden und diese mitgestalten zu können.

Naturwissenschaften sollten als Teil unserer Gesellschaft, als historisch gewachsen, gestaltbar und an aktuelle Zwecke angepasst verstanden werden. Erst durch solch ein Verständnis der diachronen NdN und Orientierungsrahmen, die sich nicht durch Ausschluss aus der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften und durch Abgrenzung von Naturwissenschaften auszeichnen, wird eine Teilhabe an diesem bedeutsamen Teil unserer Gesellschaft wahrscheinlich. Solch ein Einbezug in die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften – so zeigen es die Ergebnisse der vorliegenden Studie – ist für alle bis auf eine Schülerin des Samples noch nicht erreicht.

### Relationale Typen der Orientierungsrahmen

Die identifizierten und in Kapitel 5.3.3 dargestellten relationalen Typen zeigen Konstellationen von Orientierungsrahmen verschiedener Vergleichsdimensionen, die ebenfalls als förderlich oder eher hinderlich im Hinblick auf die Ziele naturwissenschaftlichen Unterrichts angesehen werden können.

Der relationale Typ I *Der Distanzierte* zeichnet sich dadurch aus, dass er sich von den Naturwissenschaften abgrenzt, ihnen keinen Wert zuschreibt und sich selbst aus der zeitlichen Entwicklung ausschließt. Es besteht ein negativ gerahmter, von Distanz geprägter Bezug zwischen der eigenen Person und der zeitlichen Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung. Diese Konstellation von Orientierungsrahmen erscheint besonders hinderlich im Hinblick auf eine Teilhabe an Naturwissenschaften als Teil unserer Gesellschaft oder der Wahl eines Berufes im naturwissenschaftlichen Bereich.

Der Typ II *Der unfreiwillige Nutzer* hingegen weist den Naturwissenschaften einen allgemeinen Wert zu und stellt einen Bezug zwischen eigener Person und Naturwissenschaften her, welcher im Unterricht aufgegriffen, erweitert oder umgedeutet werden könnte<sup>21</sup>. Die Abgrenzung von den Naturwissenschaften könnte so möglicherweise aufgebrochen werden und ein stärker aktives Selbstverständnis in Bezug auf Naturwissenschaften und deren zeitlichen Entwicklung aufgebaut werden.

Der Typ III *Der Beobachter der Entwicklung* ist dem vorherigen ähnlich, grenzt sich jedoch weniger stark von Naturwissenschaften ab, sondern sieht zusätzlich einen selbstverständlich bestehenden Selbstbezug zu Naturwissenschaften. Hinderlich für eine naturwissenschaftliche Grundbildung erscheint hier der vollständige Ausschluss aus der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften. Versteht dieser Typ sich nicht als Teil der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften wird er weniger wahrscheinlich gestaltend auf diesen Prozess Einfluss nehmen und so an Naturwissenschaften und ihrer Entwicklung teilnehmen. Darüber hinaus wäre eine weniger passive Rolle des Beobachtens erstrebenswert, um eine aktive Teilhabe zu ermöglichen.

---

<sup>21</sup>Möglichkeiten zu solch einer Veränderung von Orientierungsrahmen werden im folgenden Kapitel 5.4.1 diskutiert und in Kapitel 5.4.2 konkreter auf historisch orientierten Unterricht bezogen.

Der Typ IV *Der Beobachter der Naturwissenschaften* fokussiert auf Beständigkeit, sodass Veränderung und Wandel ihm weniger zugänglich sind. Eben dieses Erkennen der Zeitlichkeit mit Beständigkeit und Veränderung wird als zentral für ein Verständnis der diachronen NdN angesehen und fehlt bei diesem Typ bisher. Es erscheint notwendig, neben der Beständigkeit auch Veränderlichkeit als einen Teil der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften zu thematisieren. Möglicherweise ist dann auch der Ausschluss des Selbst aus der zeitlichen Entwicklung aufzubrechen.

Der Typ V *Der selbstverständliche Nutzer* ist insgesamt von Passivität und Selbstverständlichkeit geprägt. Sowohl der Selbstbezug zu Naturwissenschaften als auch der Veränderungsprozess sowie der Selbstbezug zur zeitlichen Entwicklung bestehen selbstverständlich und sind nicht von der eigenen Person beeinflussbar. Auch diese Selbstkonzeption steht dem Ziel einer aktiven Teilnahme an Naturwissenschaften und deren Entwicklung im Laufe der Zeit entgegen.

Die Typen VI *Der persönlich profitierende Nutzer*, VII *Der an Naturwissenschaften Teilnehmende* und VIII *Der an der zeitlichen Entwicklung Teilnehmende* bringen im Hinblick auf das Ziel einer naturwissenschaftlichen Grundbildung förderliche Ausgangslagen mit. Es besteht bereits ein positiv gerahmter Bezug zwischen Naturwissenschaften und der eigenen Person, welcher jedoch bei Typ VI und VII noch stärker auf die zeitliche Entwicklung ausgedehnt werden müsste. Typ VIII hingegen konzipiert sich bereits als Teil der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften, sodass für ihn ein Zugang zur diachronen NdN einfacher möglich sein sollte. Für den Typ VII wird deutlich, dass gerade sozial gerahmte Erfahrungen, die mit Naturwissenschaften in Verbindung stehen, ein Erleben der Beteiligung ermöglichen.

Erstrebenswert im Hinblick auf die Zielvorstellungen naturwissenschaftlichen Unterrichts wären die in der Darstellung der relationalen Typen stärker rechts verortete Typen (vgl. Abbildung 5.3). Es wird als Aufgabe des schulischen Unterrichts verstanden, Lerngelegenheiten zu schaffen, die eine solche Konstellation von Orientierungsrahmen ermöglichen. Daher werden in den folgenden drei Kapiteln didaktische Konsequenzen diskutiert.

## 5.4. Didaktische Konsequenzen

In diesem Kapitel werden didaktische Konsequenzen bezugnehmend auf die Ergebnisse der ersten und zweiten Forschungsfrage (vgl. Kapitel 5.2 und 5.3) formuliert.

Die Ergebnisse zeigen sowohl in Bezug auf die Oberflächen-, als auch auf die Tiefendimension, dass Schüler\_innen unterschiedlicher Klassenstufen auch ohne historisch orientierten Unterricht über vielfältige Vorstellungen zur diachronen NdN verfügen und Orientierungsrahmen die Auseinandersetzung mit dem Thema strukturieren. Diese Perspektive der Schüler\_innen auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften gilt es im Sinne des Modells der didaktischen Rekonstruktion (vgl. Kattmann et al., 1997, oder Kapitel 2.1.4) als Lernausgangslage, beispielsweise für historisch orientierten Unterricht, zu begreifen

und bei der didaktischen Strukturierung von Lehr-Lern-Arrangements zu berücksichtigen. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie stellen eine erste Beschreibung der Schülerperspektive bezüglich der Oberflächen- und Tiefendimension dar und bilden damit den Ausgangspunkt zur Formulierung didaktischer Konsequenzen.

Die Aussagen der Befragten zu den Bezugspunkten ihrer Vorstellungen stellen sowohl den Unterricht als auch außerschulische Erfahrungen als Ursache der Vorstellungen heraus. Damit sind Vorstellungen zur diachronem NdN – zumindest aus Perspektive der Schüler\_innen – nicht gänzlich anderer Herkunft als jene zu anderen Themen. Es gilt zu bedenken, dass auch Unterricht, der nicht auf ein Lernen über die (diachrone) NdN ausgerichtet ist, implizit Vorstellungen über diese vermittelt. Diese bereits von Höttecke (2008) und Driver et al. (1996) beschriebene Tatsache wird durch die vorliegenden Daten auch im Hinblick auf die diachrone NdN bestätigt<sup>22</sup>. Die Schüler\_innen äußern eine Vielzahl von Vorstellungen und entwerfen ein in sich konsistentes Bild der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften.

Didaktische Konsequenzen werden daher nicht nur im Hinblick auf historisch orientierten Unterricht, sondern auch in Hinsicht auf naturwissenschaftlichen Unterricht allgemein formuliert. Die Ergebnisse der empirischen Untersuchung lassen Konsequenzen für insgesamt drei Bereiche zu:

1. In Bezug auf das dieser Arbeit zugrunde liegende Verständnis einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ist mit Blick auf die empirischen Erkenntnisse der Arbeit zu hinterfragen, ob dieses Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts bereits erreicht wird und was für ein Unterricht notwendig wäre, der eine naturwissenschaftliche Grundbildung aller Schüler\_innen ermöglicht. Ausführungen dazu finden sich in Kapitel 5.4.1.
2. Die Erkenntnisse zu Vorstellungen und Orientierungsrahmen sprechen für eine stärkere Implementierung historisch orientierter Unterrichtseinheiten in den Regelunterricht. Argumente dafür werden in Kapitel 5.4.2 ausgeführt sowie Konsequenzen für die Gestaltung entsprechenden Unterrichts abgeleitet.
3. Die theoretischen Grundsatzüberlegungen zur Konzeption der Schülerperspektive konnten empirisch gestützt werden, sodass in Kapitel 5.4.3 ebenfalls Konsequenzen für die fachdidaktische Forschung formuliert werden.

### **5.4.1. Konsequenzen für allgemeinbildenden Naturwissenschaftsunterricht**

Dem Argumentationsstrang dieser Arbeit nach ist naturwissenschaftlicher Unterricht dann allgemeinbildend, wenn er eine naturwissenschaftliche Grundbildung aller Schüler\_innen und damit gesellschaftliche Teilhabe ermöglicht (vgl. Kapitel 2.1). Dazu ist unter ande-

---

<sup>22</sup>Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es sich um Selbstaussagen der Befragten handelt und die Herkunft von Vorstellungen nicht systematisch bestimmt wurde.

rem ein Verständnis der diachronen NdN notwendig (vgl. Kapitel 2.1.2.1). Bürger\_innen können, wie im Beispiel der Diskussion um Glyphosat aus der Einleitung (Kapitel 1), Naturwissenschaften und ihre Forschung im Laufe der Zeit als eine sich verändernde erleben. Menschen leben ständig im zeitlichen Fluss und sollten daher für einen adäquaten Umgang mit den Naturwissenschaften auch deren Zeitlichkeit bemerken, verstehen und einordnen können. Die Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit geben erste Hinweise, ob dieses Ziel einer Grundbildung für alle erreicht wird.

### **Oberflächendimension der Schülerperspektive**

Auf Ebene der Vorstellungen zeigt sich, dass die interviewten Kinder und Jugendlichen Vorstellungen äußern, die sich auch in den Entwicklungslinien der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften aus Kapitel 2.2 zeigen. Der naturwissenschaftliche Unterricht kann diese Vorstellungen aufgreifen und als Ausgangspunkt für weitere Lernprozesse nutzen. An mehreren Stellen wird aber auch deutlich, dass der Blick der Schüler\_innen auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften einzelne Aspekte fokussiert. So thematisieren einige Befragte wenige Inhalte der Forschung, Sujet-Bereiche und Modi der Entwicklung (vgl. Kapitel 5.2.2.6). Entsprechend zeigen sich Leerstellen in der Matrix aus Sujet und Modi der Entwicklung, sodass deutlich wird, dass einige Vorstellungen von keinem Befragten des Samples genannt werden.

Die in Kapitel 2.2 dargestellten Entwicklungslinien der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften verweisen mit den Entwicklungslinien soziologischer Strukturen und gesellschaftlich-kultureller Bedingungen auf die hohe Bedeutung menschlicher Interaktion. In der vorliegenden Arbeit wird von einem umfassenden Verständnis der diachronen NdN gesprochen, wenn Personen die vielfältigen, historisch bedingten Verknüpfungen zwischen Naturwissenschaft und Sozial-, Gesellschafts-, Politik- und Wirtschaftssystemen verstehen sowie die gegenseitige Einflussnahme dieser Bereiche im Laufe der Zeit nachvollziehen können (vgl. Kapitel 2.1.2.2).

Die zeitliche Entwicklung wird von den Interviewten teilweise jedoch lediglich als eine quantitative Verbesserung der Errungenschaften der Naturwissenschaften konzipiert (vgl. Fall Natalia in Kapitel 5.3.1.3) oder aber historische Fakten werden unverbunden nebeneinander gestellt, sodass kein Verständnis von Verbindungen zwischen einzelnen Sujets oder Modi der Entwicklung vorherrscht (vgl. Fall Arne in Kapitel 5.3.1.4). Das Ziel eines umfassenden Verständnisses der diachronen NdN scheint bei diesen Fällen noch nicht vollständig erreicht.

Dass dem bisherigen Unterricht kaum eine Veränderung von Vorstellungen zur diachronen NdN gelingt, deuten die Ergebnisse zur Altersspezifität der Vorstellungen an. Wenn auch nur als Tendenzen anzusehen, zeigen sich die meisten beschriebenen Vorstellungen als

unabhängig vom Alter und damit unabhängig von der Dauer des naturwissenschaftlichen Unterrichts<sup>23</sup>.

Die Erkenntnisse zur ersten Forschungsfrage verweisen darauf, dass das Potential besteht, die bereits bestehenden Vorstellungen zur diachronen NdN aufzugreifen und zu erweitern. Dabei ist im Hinblick auf eine naturwissenschaftliche Grundbildung vor allem ein Verständnis der Verknüpfung zwischen Naturwissenschaft und Gesellschaft, Politik sowie Wirtschaft bedeutsam (vgl. Kapitel 2.1.2.2), welches Schüler\_innen in historisch orientiertem Unterricht verdeutlicht werden kann. Eine historische Betrachtung hat dabei gegenüber der Analyse aktueller Strukturen den Vorteil, dass auch der Wandel dieser Strukturen im Laufe der Zeit und die jeweiligen Auswirkungen der Veränderungen deutlich werden können (vgl. Kapitel 2.1.3.3). Die Ergebnisse zur ersten Forschungsfrage sprechen also für eine stärkere Implementierung historisch orientierter Unterrichtseinheiten in den Regelunterricht, um Lerngelegenheiten zur diachronen NdN zu schaffen. Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass Schüler\_innen bereits über vielfältige Vorstellungen verfügen.

### **Tiefendimension der Schülerperspektive**

Während in Bezug auf die Vorstellungen noch Potential im Hinblick auf einen differenzierteren Blick auf die diachrone NdN besteht, zeigen die Erkenntnisse zu den Orientierungsrahmen (zweite Forschungsfrage), dass einige dieser als hinderlich für eine naturwissenschaftliche Grundbildung zu bezeichnen sind (vgl. Kapitel 5.3.6.3). Beispielsweise schließt sich lediglich eine der 33 interviewten Schüler\_innen in die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften ein, so wie es nach der Argumentation im vorangegangenen Kapitel 5.3.6.3 erstrebenswert für die Befähigung zur gesellschaftlichen Teilhabe wäre. Auch Orientierungsrahmen, die eine Abgrenzung von Naturwissenschaften und deren Wertlosigkeit fokussieren, werden eine langfristige Beschäftigung und Auseinandersetzung mit Naturwissenschaften eher behindern. Es sind gerade die Orientierungsrahmen der Tiefendimension der Schülerperspektive, die die Beschäftigung mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften strukturieren und überhaupt erst ermöglichen. Nur drei der acht identifizierten relationalen Typen von Orientierungsrahmen erscheinen im Hinblick auf Scientific Literacy als erstrebenswert.

Ausgehend von den die Sinnbildung strukturierenden Orientierungsrahmen muss attestiert werden, dass der naturwissenschaftliche Unterricht bisher nicht das Ziel einer Grundbildung aller Schüler\_innen erreicht.

Wie bereits im Theorieteil dieser Arbeit dargestellt (vgl. Kapitel 2.1.2.2) wird die Betrachtung der historischen Gewordenheit der Naturwissenschaften als ein „sinnstiftender Kontext“ für Schüler\_innen verstanden (Sibum, 1990, S. 15). Fachsystematisch organisierter Naturwissenschaftsunterricht hingegen birgt die Gefahr, dass die Schüler\_innen in einem Sumpf unverstandener Fakten versinken und Naturwissenschaften als gänzlich

---

<sup>23</sup>Nach eigenen Angaben hatten die Interviewten des Samples zwischen einem und elf Jahren naturwissenschaftlichen Unterricht.

unverständlich und irrelevant konzipieren (vgl. Kapitel 2.1.3.3 und Pukies, 1979, S. 13). Eben solch eine Irrelevanz der Naturwissenschaften zeigt sich im Orientierungsrahmen der Wertlosigkeit der Naturwissenschaften. Höttecke (2001a, S. 7) hebt darüber hinaus hervor, dass fachsystematischer Unterricht gerade für Schüler\_innen problematisch sei, die den Inhalten des Unterricht wenig Sinn in Bezug auf ihr Leben zuschreiben.

Historisch orientierter Unterricht hingegen ermöglicht ein menschlicheres Bild von Naturwissenschaften und macht sie weniger abstrakt (vgl. Kapitel 2.1.3.3 und Matthews, 1994, S. 50). Naturwissenschaften können als eine Aktivität von Menschen deutlich werden, die eingelassen in Kultur und Gesellschaft stattfindet. In diesem Sinne bietet historisch orientierter Unterricht die Chance für Identifikationsmöglichkeiten mit Naturwissenschaften. Die rekonstruierten Orientierungsrahmen der Abgrenzung von Naturwissenschaften und des Ausschlusses aus der zeitlichen Entwicklung lassen vermuten, dass diesen interviewten Schüler\_innen eben solch eine Identifikationsmöglichkeit und ein sinnstiftender Kontext fehlen.

Darüber hinaus wird von Fachdidaktiker\_innen diskutiert, dass Ideen von Schüler\_innen zu naturwissenschaftlichen Zusammenhängen teilweise ähnlich zu den Ideen historischer Wissenschaftler\_innen sind. Durch die Betrachtung dieser historischen Ideen, können die Schülerideen wertgeschätzt und so ein engerer Bezug zwischen der eigenen Person und Naturwissenschaften ermöglicht werden. In diesem Sinne bietet historisch orientierter Unterricht die Möglichkeit, den weniger erstrebenswerten Orientierungsrahmen zu begegnen. Die Ergebnisse zur zweiten Forschungsfrage verweisen also ebenfalls darauf, dass eine stärkere Implementierung historisch orientierter Unterrichtseinheiten sinnvoll erscheint, um die Ziele naturwissenschaftlichen Unterrichts zu erreichen. Didaktische Konsequenzen, spezifisch für die Gestaltung historisch orientierten Unterrichts, werden im folgenden Kapitel 5.4.2 ausgeführt.

Die Ergebnisse zur zweiten Forschungsfrage zeigen darüber hinaus, dass lediglich zwei der vier Vergleichsdimensionen auf eine zeitliche Komponente fokussieren. Es zeigt sich das Verhältnis des eigenen Selbst zu den Naturwissenschaften einerseits und eine Wertzuschreibung zu Naturwissenschaften andererseits relevant als Lern- und Bildungsziel naturwissenschaftlichen Unterrichts. Für das Bilden von Sinn ist also das Verhältnis zur eigenen Person besonders relevant, sodass vice versa Unterricht, der einen Selbstbezug zum Inhalt zulässt, von den Schüler\_innen als sinnhafter erlebt werden könnte. Eben so argumentieren Gebhard (2003) und Oschatz (2011, S. 71) für ein Willkommenheißen der subjektiven Interpretationsprozesse und der persönlichen Bedeutungen der Lerngegenstände im Unterricht (vgl. Kapitel 2.3.3.1). Dieser Selbstbezug ist – so zeigen es die Ergebnisse Oschatzes und der vorliegenden Studie – unabhängig vom spezifischen Inhalt in jedem Fall bedeutsam, wenn Sinn gebildet wird und nachhaltiges Lernen ermöglicht werden soll. So scheint es lohnenswert, nicht ausschließlich Konsequenzen für historisch orientierten, sondern grundsätzlich für einen allgemeinbildenden naturwissenschaftlichen Unterricht zu betrachten:

Neben den Überlegungen zur Scientific Literacy existieren weitere, weniger fachdidaktikspezifische Theorien zu Bildung und Bildungsprozessen. Eine solche Theorie, die als passend zu den empirischen Ergebnissen der vorliegenden Studie bezeichnet werden kann, ist die transformatorische Bildungstheorie nach Koller (2012). Die Passung zwischen den empirischen Befunden und Annahmen der transformatorischen Bildungstheorie wird im Folgenden herausgearbeitet, um ausgehend davon didaktische Konsequenzen zu formulieren.

Die zwei sinngenetischen Typiken B „Selbstbezug zu Naturwissenschaften“ und D „Selbstbezug zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften“ verdeutlichen besonders die hohe Relevanz der Positionierung des eigenen Selbst für die Sinnbildung zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften. Und auch in der Typik A „Wert der Naturwissenschaften“ ist die Gruppe von Personen, für die der jeweilige Wert besteht, relevant: Persönlicher Wert, allgemeiner Wert für eine größere Gruppe von Personen oder für alle Personen wertlos. Es ist also auch hier ein Bezug zur eigenen Person möglich. Darüber hinaus lässt sich auch in der relationalen Typenbildung das Feld der Typen entlang des Bezuges zwischen der eigenen Person und den Naturwissenschaften strukturieren. Dieser Bezug zwischen sich selbst und den Naturwissenschaften ist von herausragender Bedeutung für die Sinnbildung zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften und wird daher Ausgangspunkt der nachfolgend formulierten didaktischen Konsequenzen sein.

Dass genau solch ein Selbst-Welt-Bezug Ausgangspunkt von Bildung ist, diskutiert die transformatorische Bildungstheorie nach Koller (2012). Bildung bedeutet hierbei die „Veränderung der grundlegenden *Figuren* des Welt- und Selbstverhältnisses von Menschen“ (Koller, 2012, S. 15-16, Hervorhebungen im Original). Um Bildungsprozesse zu ermöglichen, sind Gelegenheiten notwendig, die eine Veränderung des Selbst-Welt-Verhältnisses ermöglichen:

„Von Bildung zu sprechen sehe ich dann als gerechtfertigt an, wenn der Prozess der Be- oder Verarbeitung subsumtionsresistenter Erfahrungen eine Veränderung der Grundlegenden Figuren meines je gegebenen Welt- und Selbstentwurfs einschließt.“ (Kokemohr, 2007, S. 21)

Unter subsumtionsresistent versteht Kokemohr Erfahrungen, die nicht in den bestehenden Figuren des Welt- und Selbstentwurfes aufgehen, wobei nicht jede subsumtionsresistente Erfahrung notwendigerweise in einen Bildungsprozess mündet (Kokemohr, 2007, S. 21). Koller (2012) greift diese Überlegungen auf und spricht davon,

„dass Bildungsprozesse darin bestehen, dass Menschen in der Auseinandersetzung mit neuen Problemlagen neue Dispositionen der Wahrnehmung, Deutung und Bearbeitung von Problemen hervorbringen, die es ihnen erlauben, diesen Problemen besser als bisher gerecht zu werden.“ (Koller, 2012, S. 16)

Hier deutet sich bereits die Nähe zu Überlegungen des Habitus-Konzepts an. Der Habitus wird als ein System von Wahrnehmungs-, Denk- und Handlungsschemata verstanden (vgl. Kapitel 2.3.3.2). Koller (2009) arbeitet die Idee von „Bildung als Habituswandel“ weiter

aus und beleuchtet dabei unter anderem die grundsätzlich angenommene Stabilität des Habitus. Bourdieu betont zwar die Beständigkeit des Habitus, macht aber auch immer wieder deutlich, dass grundsätzlich, beispielsweise aufgrund der Wechselbeziehung mit dem Feld, Veränderung des Habitus möglich ist (vgl. Kapitel 2.3.3.2). Findet eine Veränderung des Habitus statt, kann dies als Veränderung der Figuren des Selbst-Welt-Verhältnisses gedeutet werden und Bildung daher in den Begriffen Bourdieus als Transformation des Habitus gefasst werden (Koller, 2009, S. 20). Orientierungsrahmen werden in der vorliegenden Arbeit als themenspezifischer Teil des Habitus gefasst und sind damit ebenfalls für Transformationen zugänglich.

In der vorliegenden Arbeit wurde nicht der Transformationsprozess von Orientierungsrahmen empirisch untersucht. Vielmehr wird die Möglichkeit zur Transformation als nächster Schritt im Hinblick auf die Ziele naturwissenschaftlichen Unterrichts diskutiert. Es ist anzunehmen, dass Unterricht eine Transformation von Orientierungsrahmen begünstigen und unterstützen kann, auch wenn nicht in jedem Fall von einer Veränderung der Orientierungsrahmen von Schüler\_innen auszugehen ist.

Die in dieser Arbeit rekonstruierten Orientierungsrahmen sind in Bezug auf die Ziele naturwissenschaftlichen Unterrichts nicht alle als erstrebenswert zu bezeichnen (vgl. Kapitel 5.3.6.3). Unterricht, der eine naturwissenschaftliche Grundbildung anstrebt, sollte also grundsätzlich auch eine Veränderung dieser Orientierungsrahmen ermöglichen. Ob und inwiefern eine Transformation von Orientierungsrahmen auf Seiten der Schüler\_innen stattfindet, bleibt offen. Zunächst muss der Unterricht jedoch überhaupt Möglichkeiten für eine Transformation bieten. In diesem Sinne ist Unterricht dann allgemeinbildend, wenn er Möglichkeiten für die Veränderung von Orientierungsrahmen und damit des Selbst-Welt-Verhältnisses bietet.

Zu klären wäre also, was genau eine Transformation oder einen Wandel von Orientierungsrahmen überhaupt möglich macht, wenn Orientierungsrahmen doch als erst einmal stabil angenommen werden. Neben dieser Stabilität ist als weitere Schwierigkeit für die Veränderung von Orientierungsrahmen zu bedenken, dass Habitus, Orientierungsrahmen bzw. Figuren des Selbst-Welt-Verhältnisses auf Ebene des konjunktiven Wissens angesiedelt und somit dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht ad hoc zugänglich sind.

Als Voraussetzung einer Transformation des Habitus arbeiten Helsper et al. (2013, S. 124f) aus den Arbeiten Bourdieus das Vorhandensein einer Krise, also einer Zeit-Raum-Konstellation, in der alte Routinen zerbrechen, heraus. Auch Dittmer, Gebhard, Höttecke und Menthe (2016) diskutieren die Bedeutsamkeit von Krisen für Bildungsprozesse und konzipieren diese als einen „inneren Anlass[...] zur Reflexion“ (ebd. S. 2). Nohl (2006, S. 267) bestätigt diese Bedeutsamkeit von Krisen für Bildungsprozesse empirisch anhand dreier Fallbeispiele. Koller (2009) beschreibt als Anlass für einen Bildungsprozess:

„[G]esellschaftlich bedingte Erfahrungen, denen ein Individuum ausgesetzt ist und die zur Infragestellung bzw. Veränderung der eingespielten Modi der Wahrnehmung, Deutung und Verarbeitung von Erfahrungen führen, über die es verfügt.“ (Koller, 2009, S. 20)

Ausgangspunkt von Bildung ist also die soziale und kulturelle Welt und in dieser Welt gemachte (Fremdheits-)Erfahrungen. Unabhängig von der konkreten Form des Unterrichts sind eigene Erfahrungen und die Irritation des bestehenden Selbst-Welt-Verhältnisses eine Grundvoraussetzung für Bildung im Sinne der transformatorischen Bildungstheorie und damit für die Veränderung von Orientierungsrahmen. Daraus lassen sich folgende Konsequenzen für einen allgemeinbildenden Unterricht ableiten:

- Naturwissenschaftlicher Unterricht sollte einen Bezug zwischen Inhalten und der Person der Schüler\_innen zulassen, Willkommen heißen und fördern, um von den Schüler\_innen sinnhaft erlebtes Lernen zu ermöglichen.
- Im Unterricht muss ein Erleben von Naturwissenschaften und die Bearbeitung (krisenhafter) Erfahrungen mit Naturwissenschaften bzw. der NdN ermöglicht werden. Diese Bedeutsamkeit von Erfahrungen bestätigen auch die empirischen Ergebnisse der vorliegenden Studie zum relationalen Typ VII. Erfahrungen der sozialen Eingebundenheit im Kontext Naturwissenschaften (beispielsweise Pauls Erlebnisse mit seinem Vater in der Natur, die er mit Naturwissenschaften in Verbindung bringt) scheinen einen affirmativen Bezug zwischen eigener Person und Naturwissenschaften zu begünstigen und ein Sich-beteiligt-Fühlen an Naturwissenschaften zu ermöglichen.
- Aufgrund der Struktur der Orientierungsrahmen (grundsätzlich träge gegenüber Veränderung und dem Bewusstsein der Personen nicht ad hoc zugänglich), erscheinen explizite Reflexionsphasen von Erfahrungen im Unterricht im Hinblick auf eine Veränderung des Selbst-Welt-Verhältnisses sinnvoll. Darüber hinaus wird ein solch tiefgreifender Transformationsprozess nicht binnen einzelner Unterrichtsstunden erfolgen (Lübke & Gebhard, 2016, eingereicht). Sinnvoll denkbar wären ganze Unterrichtseinheiten mit immer wiederkehrenden Unterrichtsphasen, welche eine Irritation des Selbst-Welt-Verhältnisses und eine Reflexion dessen möglich machen.
- Spezifischer muss Unterricht dem Zitat Kollers nach gesellschaftlich bedingte Erfahrungen ermöglichen, d. h. Naturwissenschaften, deren soziale, gesellschaftliche Dimension und der Bezug zur eigenen Person müssen für Schüler\_innen erfahrbar werden. Diese soziale, gesellschaftliche Dimension kann besonders in historisch orientiertem Unterricht deutlich werden (Allchin, 2011b, S. 54). Auch in diesem Sinne sprechen die Erkenntnisse der vorliegenden Studie für eine Implementierung historisch orientierter Unterrichtseinheiten in den naturwissenschaftlichen Regelunterricht.
- Insgesamt sind Unterrichtsformen anzustreben, die Naturwissenschaften und deren Eigenschaften durch die Schüler\_innen erfahr- und reflektierbar machen. Dies spricht unter anderem für eine hohe Eigenaktivität von Schüler\_innen im Unterricht.

Da die vorliegende Arbeit auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften fokussiert, werden konkretere Konsequenzen – auch im Hinblick auf mögliche Krisenerfahrungen

gen zur Transformation von Orientierungsrahmen – im folgenden Kapitel spezifisch für historisch orientierten Unterricht formuliert.

### **5.4.2. Konsequenzen für historisch orientierte Unterrichtseinheiten**

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung geben einerseits Argumente für die stärkere Implementierung historisch orientierter Unterrichtseinheiten in den Regelunterricht. Andererseits können Konsequenzen für die konkrete Gestaltung eines derartigen Unterrichts abgeleitet werden.

#### **Oberflächendimension der Schülerperspektive**

Sowohl die Vorstellungen zum Wandel (Idealtypen nach Henke und Höttecke (2013c) und hier bestätigt) als auch die Vorstellungen zum Zeitbereich der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften machen die Vielseitigkeit der Schülervorstellungen deutlich. Insgesamt bilden die identifizierten Vorstellungen ein breites Spektrum ab und können als Anknüpfungspunkte für historisch orientierten Unterricht dienen.

Ausgehend von den Erkenntnissen der vorliegenden Arbeit erscheint es sinnvoll in historisch orientiertem Unterricht explizit den Anfang naturwissenschaftlicher Forschung und auf welche Art und Weise dieser festgelegt werden kann zu thematisieren. So kann sichergestellt werden, dass Lehrkräfte und Schüler\_innen über ähnliche Zeitbereiche sprechen, wenn sie die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften thematisieren. Andernfalls bestünde die Gefahr, dass Schüler\_innen mit der Vorstellung, dass sich die zeitliche Entwicklung auf die letzten 100 Jahre bezieht, einem Unterricht, der deutlich größere Zeitbereiche thematisiert, nicht folgen können. Zu Beginn historisch orientierten Unterrichts wäre also erst einmal eine gemeinsame Ausgangslage zu schaffen, die sich allgemein darauf bezieht, was Naturwissenschaften auszeichnet.

Eine solche Beschäftigung mit der NdN kann außerdem als Legitimations- und Ausgangspunkt für eine detailliertere Betrachtung der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften dienen: Verschiedene in der Lerngruppe vorherrschende Vorstellungen zum Zeitbereich der Entwicklung (vgl. Kapitel 5.2.1.2) können dahingehend aufgegriffen werden, dass es im Laufe der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften besonders prägende Veränderungen gegeben hat (Naturphilosophen, Etablierung des Experiments durch Bacon, Big Science usw., vgl. Entwicklungslinie naturwissenschaftlicher Erkenntnismethoden in Kapitel 2.2.6). Durch die Betrachtung der Wissenschaftsgeschichte im Unterricht können die bestehenden Vorstellungen aufgegriffen und wertgeschätzt werden. Zur Festlegung eines eindeutigen Zeitbereichs ist, auch aus Perspektive der Lernenden, eine Auseinandersetzung mit Erkenntnissen aus Wissenschaftsgeschichte, -soziologie und -theorie, so wie sie in der vorliegenden Arbeit in Kapitel 2.2 stattgefunden hat, notwendig. Damit bieten Vorstellungen zum Zeitbereich der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften das Potential einen als sinnhaft erlebten Einstieg in historisch orientierten Unterricht zu ermöglichen.

Anschließend könnten gezielt Beispiele für die Verknüpfung aus Sujets und Modi der Entwicklung, zu denen in der vorliegenden Studie keine Vorstellungen geäußert wurden (vgl. Kapitel 5.2.1.5), im Unterricht thematisiert und so Vorstellungen entwickelt sowie Kenntnisse erworben werden. Beispiele aus der Wissenschaftsgeschichte zu den nicht von den Schüler\_innen geäußerten Vorstellungen wurden bereits in Kapitel 5.2.2.3 dargestellt und könnten in aufbereiteter Form im Unterricht thematisiert werden.

Wird allgemein über Naturwissenschaften gesprochen, mahnen die Ergebnisse der vorliegenden Studie in Kapitel 5.2.1.1 zur Vorsicht. Bereits die 33 hier interviewten Schüler\_innen verbinden mit Naturwissenschaften sehr unterschiedliche Inhalte und Vorgehensweisen. Auch hier kann eine historische Betrachtung die Entstehung eben solch unterschiedlicher Disziplinen und dennoch deren Verbundenheit über Gemeinsamkeiten nachvollziehbar machen. Hier wäre eine Betrachtung des historischen und aktuellen Differenzierungsprozesses der Naturwissenschaften, dessen Ursachen und Auswirkungen möglich. Dazu könnte eine Thematisierung der soziologischen und gesellschaftlich-kulturellen Entwicklungslinie der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften (vgl. Kapitel 2.2.1 und 2.2.2) dienlich sein.

Die genannten Konsequenzen beziehen sich bisher lediglich auf einen Anteil der Schülerperspektive, nämlich auf die explizit von den Befragten geäußerten Vorstellungen und sollen nun in Bezug auf die Tiefendimension erweitert werden.

### **Tiefendimension der Schülerperspektive**

Im vorangegangenen Kapitel wurden ausgehend von den weniger erstrebenswerten Orientierungsrahmen bereits Argumente für die stärkere Implementierung historisch orientierter Unterrichtseinheiten formuliert. Im Hinblick auf die Veränderung solcher Orientierungsrahmen wurde außerdem die Bedeutung gesellschaftlich bedingter, als krisenhaft erlebte Erfahrungen für die Veränderung von Orientierungsrahmen hervorgehoben. Historisch orientierter Unterricht kann eben solche Erfahrungen in Bezug auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften ermöglichen:

In historisch orientiertem Unterricht steht stärker als im fachsystematischen Unterricht die gesellschaftliche Bedingtheit der Naturwissenschaften im Vordergrund (soziologische und gesellschaftlich-kulturelle Entwicklungslinie). Diese gesellschaftliche Bedingtheit kann durch bestimmte Unterrichtsmethoden retrospektiv durch die Schüler\_innen erfahrbar werden. Beispielsweise wäre der Einsatz szenischer Dialoge, die Arbeit mit historischen Replikationen und Fallstudien, der Einsatz historischer Geschichten und theaterähnlicher Darstellungen oder die Arbeit mit historischen Laborbüchern denkbar (vgl. Kapitel 2.1.3.2). Neben dem veränderten inhaltlichen Fokus historisch orientierten Unterrichts im Vergleich zu fachsystematischem Unterricht, kann möglicherweise eine Veränderung auf methodischer Ebene eine Veränderung von Orientierungsrahmen ermöglichen. Durch ein retrospektives Erleben historischer Bedingungen und Strukturen kann eine Verbindung zwischen der eigenen Person und den Naturwissenschaften sowie deren zeitlicher Entwick-

lung aufgebaut werden. Auf diese Art und Weise kann auch das bestehende Verhältnis zwischen dem eigenen Selbst und Naturwissenschaften in eine Krise gebracht und eine Transformation damit möglich werden.

Auf Ebene konkreter Unterrichtsgestaltung erscheint es insgesamt sinnvoll, Naturwissenschaften und deren zeitliche Entwicklung erlebbar und so stärker auch die NdN zum expliziten Unterrichtsgegenstand zu machen. Dazu können Schüler\_innen historische und aktuelle Arbeitsweisen und Mechanismen der naturwissenschaftlichen Forschung nachahmen (Durchführung von Experimenten, soziale Kontrollmechanismen, wissenschaftliche Konferenzen, Publikation von Ergebnissen usw.) und müssen zur Perspektivübernahme angehalten werden. Ein langfristiges Üben der Perspektivübernahme scheint besonders bedeutsam, da beispielsweise Henke (2016) feststellt, dass Schüler\_innen Mitleid mit historischen Wissenschaftler\_innen entwickeln, wenn sie in Situationen sozialer Kontrollmechanismen Kritik ausgesetzt sind. Eine Perspektivübernahme scheint hier nicht zu gelingen, sondern die Situation aus der heutigen Perspektive betrachtet zu werden. Ähnlich fordert auch Borries (1995) das Fremdverstehen zu fördern und das Hineinversetzen in vergangene Zeiten zu üben, um das Geschichtsbewusstsein der Schüler\_inne zu schulen. Entsprechend bedeutsam werden regelmäßige Reflexionsphasen zum Erleben der Situationen und der Perspektivübernahme sein.

Dass kommunikatives Wissen über historische Begebenheiten allein nicht ausreicht, um zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung passende Orientierungsrahmen auszubilden, bestätigen die Erkenntnisse zum Fall Arne (vgl. Kapitel 5.3.1.4). Auch wenn Arne über vielfältige Kenntnisse zu historischer und aktueller Forschung verfügt, findet keine Verknüpfung dieser zu einem systematisch komplexen Verständnis der diachronen NdN statt. Ganz im Gegenteil nimmt er eine Übergeneralisierung vor, sodass stärker Beständigkeit als Veränderung im Laufe der zeitlichen Entwicklung relevant ist. Er führt seine Kenntnisse als Beispiele genereller, zeitunabhängiger Eigenschaften an und verknüpft gerade nicht den historischen Kontext und dessen Veränderung im Laufe der Zeit mit Eigenschaften der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften.

In der relationalen Typenbildung geht dieser Orientierungsrahmen der Beständigkeit mit einem selbstverständlichen Selbstbezug zu Naturwissenschaften, einem allgemeinen Wert der Naturwissenschaften und einem Ausschluss aus der zeitlichen Entwicklung einher (vgl. Typ IV *Der Beobachter der Naturwissenschaften*). Diese Orientierungsrahmen gilt es nach obiger Argumentation im Hinblick auf das Ziel von Scientific Literacy zu erweitern (vgl. Kapitel 5.3.6.3). Schüler wie Arne scheinen ein grundsätzliches Interesse an Wissenschaftsgeschichte zu haben und sich Wissen aus diesem Bereich anzueignen. Historisch orientierter Unterricht, der Naturwissenschaften und deren Veränderung gerade als gekoppelt an Veränderungen gesellschaftlicher Bedingungen thematisiert, könnte diese Voraussetzung aufgreifen und zu einem umfassenderen Verständnis der diachronen NdN führen.

Weiterhin zeigt sich, dass fast alle interviewten Schüler\_innen den Naturwissenschaften einen Wert zuschreiben, der mehr oder weniger ihr eigenes Leben berührt. Es ist den Interviewten möglich, Sinn bezüglich der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaft-

ten zu bilden, indem sie den Naturwissenschaften einen Wert oder gerade keinen Wert zuschreiben. Naturwissenschaften werden auf diese Art und Weise weniger als selbstverständlicher Teil unserer Gesellschaft angesehen oder erhalten ihre Existenzberechtigung durch ihre historische Entwicklung, als dass sie einen Wert hier und jetzt zu erfüllen haben. Eine Möglichkeit der Einflussnahme auf die Sinnbildung zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften wäre also die Reflexion der den Naturwissenschaften zugeschriebenen Werte. Möglicherweise eröffnen sich in einer historischen Betrachtung der Naturwissenschaften weitere, den Schüler\_innen bisher nicht zugängliche Werte der Naturwissenschaften und ermöglichen eine Veränderung der bestehenden Orientierungsrahmen. Denkbar wäre beispielsweise, dass die Naturwissenschaften als ein im Laufe der Zeit etablierter Teil unserer Gesellschaft deutlich werden und ihnen aufgrund dieser Tatsache ein Wert zukommt.

Historisch orientierter Unterricht bietet darüber hinaus im Hinblick auf die rekonstruierten Orientierungsrahmen mehrere Vorteile gegenüber fachsystematischem Naturwissenschaftsunterricht:

- Mittels der historischen Gewordenheit der Naturwissenschaften als ein von Menschen gemachtes Konstrukt kann die Bedeutung handelnder Menschen aufgezeigt werden. Naturwissenschaften und ihre Forschung können menschlicher erscheinen und so Orientierungsrahmen der Wertlosigkeit in eine Krise gebracht und langfristig ein affirmativer Bezug zwischen Naturwissenschaften und der eigenen Person aufgebaut werden.
- Ebenso kann nachvollziehbar werden, warum in einer zeitlichen Dimension sowohl Veränderung als auch Beständigkeit charakteristisch für die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften ist. Ein von Menschen gemachtes Konstrukt ist Resultat eines Aushandlungsprozesses und damit am Ende dieses Prozesses vergleichsweise beständig. Genauso kann jedoch aufgrund veränderter Bedingungen oder neuer Bedürfnisse der Menschen erneut eine Veränderung eintreten. In diesem Sinne ist die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften durch den Menschen gestaltbar, grundsätzlich auch durch die Schüler\_innen selbst. Die Thematisierung dieser Tatsachen im Unterricht könnte beispielsweise den Orientierungsrahmen des Ausschlusses aus der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften irritieren und so eine Veränderung dieses Rahmens möglich machen.
- Ähnliches gilt für den Orientierungsrahmen, der durch Abgrenzung von Naturwissenschaften geprägt ist. In der Betrachtung der historischen Genese der Naturwissenschaften und dem Zusammenhang mit gesellschaftlichen Handlungsmustern kann deutlich werden, dass beispielsweise unser heute als selbstverständlich angenommenes rationales Denken und Argumentieren (Schimank, 2005) im historischen Übergang vom Mythos zum Logos begründet liegt. Teile der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften leben also aufgrund von Sozialisation in uns allen weiter, so dass jeder Mensch als Teil der Entwicklung der Naturwissenschaften zu verstehen ist. So besteht zwischen jedem Menschen und der zeitlichen Entwicklung der Na-

turwissenschaften ein Bezug. Auch hier könnte also mit Hilfe historisch orientierten Unterrichts der Orientierungsrahmen der Abgrenzung einer Transformation zugänglich gemacht werden. Historisch orientierter Unterricht wird gerade aus dem Grund, Naturwissenschaften einen Sinn für das eigene Leben zuschreiben zu können, von Höttecke (2001a, S. 7) und Pukies (1979, S. 13) im Kontrast zum fachsystematischen Unterricht hervorgehoben. Eben solch ein Sinn der Naturwissenschaften – so zeigen es die Ergebnisse der vorliegenden Studie – ist bedeutsam für die Auseinandersetzung mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften.

- Eine Beschäftigung mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften führt den Erkenntnissen dieser Arbeit nach auch zu einer Auseinandersetzung mit sich selbst und dem Verhältnis der eigenen Person zu den Naturwissenschaften. Dass diese auch im Zuge der Datenerhebung dieser Studie stattgefunden hat, zeigen die Ergebnisse eindrücklich, indem zwei der vier die Sinnbildung strukturierenden Vergleichsdimensionen von Orientierungsrahmen auf den Selbstbezug fokussieren. Im Umkehrschluss wäre denkbar, dass ausgehend von der Beschäftigung mit der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften dieses Verhältnis reflektiert oder aber beeinflusst werden könnte. Inwiefern dies möglich ist, bleibt offen und wäre beispielsweise im Zuge einer Interventionsstudie zu prüfen. Als eine fachdidaktische Konsequenz lässt sich also folgern, dass historisch orientiertem Unterricht das Potential innewohnt, das Verhältnis zwischen Schüler\_innen und Naturwissenschaften der Reflexion zugänglich zu machen und zu einem im Hinblick auf Scientific Literacy förderlichen Verhältnis zu verändern.

Der Blick auf die Orientierungsrahmen zum Selbstbezug zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften zeigt, dass sich lediglich eine Schülerin (Eckfall Inga 5.3.1.5) in die zeitliche Entwicklung einschließt (vgl. sinngenetische Typik D, Kapitel 5.3.2.4). Dieses Ergebnis verweist darauf, dass die meisten Schüler\_innen sich der Entwicklung eher passiv ausgeliefert gegenübersehen und sich nicht im Sinne der Scientific Literacy als teilhabend und gestaltend konzipieren. Hier scheint der naturwissenschaftliche Unterricht noch einen bedeutenden Weg vor sich zu haben. Durch die Betrachtung der historischen Genese der von Menschen gemachten Naturwissenschaften und der Tatsache, dass diese zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften auch zukünftig bestehen wird, kann eine Veränderung des Selbstausschlusses möglich werden. Auch aus dieser Perspektive erscheint der Einbezug historisch orientierter Unterrichtseinheiten in den naturwissenschaftlichen Regelunterricht als erstrebenswert.

Es ist aber auch zu bemerken, dass eine Transformation von Orientierungsrahmen, wenn sie im Rahmen von Unterricht überhaupt gelingt, als ein langfristiger Prozess zu verstehen ist (vgl. Kapitel 5.4.1). Die Schüler\_innen müssen über lange Zeiträume hinweg im Unterricht die Gelegenheit erhalten den Selbstbezug zu Naturwissenschaften und ihrer Entwicklung zu reflektieren. Dies führt zu der weitreichenden Konsequenz, dass Bildungserfolge auf Ebene der Tiefendimension erst in langen zeitlichen Dimensionen messbar sein werden. Entsprechend wird auch fachdidaktische Forschung zur Wirksamkeit der oben vorgeschlagenen Unterrichtsgestaltung historisch orientierten Unterrichts nicht mittels kurz-

oder mittelfristiger Interventionsstudien erfolgreich sein. Entsprechend ressourcenintensiv wird eine Untersuchung der Wirksamkeit der vorgeschlagenen Unterrichtsgestaltung sein.

### 5.4.3. Plädoyer für eine erweiterte Konzeption der Schülerperspektive

Die grundsätzliche Feststellung, dass die Rekonstruktion von Anteilen der Tiefendimension der Schülerperspektive gelingt, eröffnet weitere Fragen im Hinblick auf die Untersuchung der Schülerperspektive unabhängig von der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften. Die vorliegenden Ergebnisse verweisen auf eine mögliche Leerstelle fachdidaktischer Forschung.

So wurde beispielsweise bei den Fällen Arne (Kapitel 5.3.1.4) und Konstantin (Kapitel 5.3.1.6) deutlich, dass sie über vielfältige Kenntnisse und Vorstellungen zur diachronen NdN verfügen. Für beide Schüler wurden jedoch Orientierungsrahmen rekonstruiert, die einer naturwissenschaftlichen Grundbildung entgegenstehen. So gehört Konstantin zum relationalen Typ III *Beobachter der Entwicklung* und Arne zum Typ IV *Beobachter der Naturwissenschaften*. Für beide Typen ist zentral, dass sie sich aus der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften ausschließen und die Naturwissenschaften und ihre Entwicklung aus einer distanzierten Warte heraus beschreiben. Oberflächen- und Tiefendimension der Schülerperspektive unterscheiden sich bei diesen beiden Fällen in ihrer Qualität: Während ausgehend von den Erkenntnissen zur Oberflächendimension von einem erfolgreichen Lernprozess gesprochen werden kann, bei dem zur Wissenschaftsgeschichte passende Kenntnisse und Vorstellungen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften aufgebaut wurden, bestehen auf Ebene der Tiefendimension weniger erstrebenswerte Orientierungsrahmen im Hinblick auf eine naturwissenschaftliche Grundbildung.

Die Betrachtung sowohl der Oberflächen- als auch der Tiefendimension der Schülerperspektive ermöglicht also tiefere Einblicke in die Lernvoraussetzungen der Schüler\_innen. Es sind gerade diese dem Bewusstsein der Interviewten nicht ad hoc zugänglichen Orientierungsrahmen, die ihr Wahrnehmen, Denken und Handeln aktuell und langfristig leiten.

Wie im Theorieteil in Kapitel 2.3.1 herausgearbeitet, lassen sich aktuelle Konzeptionen der Schülerperspektive in den Dimensionen *Fachthemenspezifität* und *Einbezug unbewusster Anteile* verorten. Dabei wurde deutlich, dass die enge Konzeption der Schülerperspektive lediglich einen der vier sich ergebenden Quadranten in den Blick nimmt (vgl. Abbildung 2.7). Die vorliegende Arbeit hingegen fokussiert weniger fachthemenspezifische Inhalte und dabei sowohl den Schüler\_innen bewusste als auch unbewusste Anteile. Bisher in der Physik- und Chemiedidaktik m. E. kaum berücksichtigt ist der in Abbildung 5.6 markierte Bereich. Auch in der Biologiedidaktik fokussiert einzig der Ansatz der Alltagsphantasien auf diese Anteile der Tiefendimension der Schülerperspektive in Bezug auf bestimmte Fachthemen wie z. B. Gentechnik (Born, 2007).

Auch die vorliegende Arbeit beschäftigt sich lediglich mit einem Ausschnitt der NdN. Sowohl in Bezug auf spezifische Fachthemen als auch in Bezug auf weitere themen-

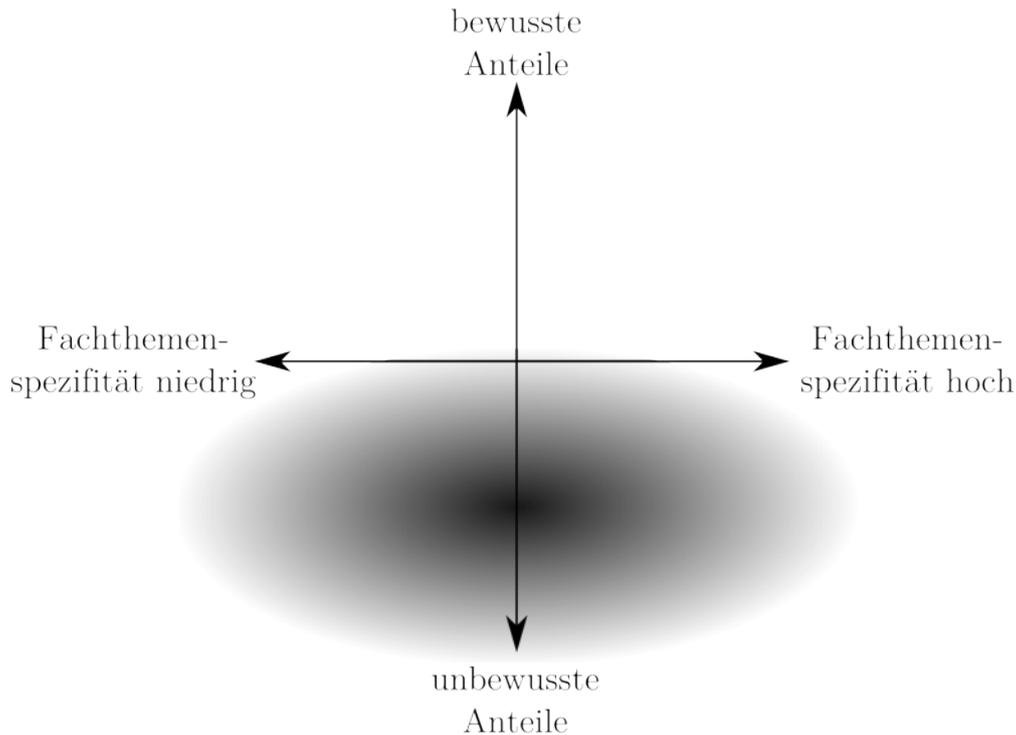


Abbildung 5.6.: Darstellung des Feldes, welches von den zwei Dimensionen aufgespannt wird, in die die bestehenden Konzeptionen der Schülerperspektive der Naturwissenschaftsdidaktiken eingeordnet werden können. Hervorgehoben ist die Leerstelle fachdidaktischer Forschung in Bezug auf den Einbezug den Schüler\_innen unbewusster Anteile.

übergreifende Inhalte fand bisher keine systematische Betrachtung der Tiefendimension der Schülerperspektive statt. Auf Grundlage der dargestellten theoretischen Überlegungen (Habitus-Konzept, Mannheims Wissenssoziologie, vgl. Kapitel 2.3.3.2) einerseits und der empirischen Ergebnisse andererseits wäre eine handlungsleitende Tiefendimension der Schülerperspektive jedoch auch bei anderen Inhalten denkbar. Dies scheint insbesondere bei Themen und Kompetenzen, mit denen Schüler\_innen auch außerhalb des Unterrichts konkrete Erfahrungen machen können (Inhalte der Mechanik oder Optik, Fähigkeiten im Bereich Kommunikation oder Bewertung) relevant zu sein. In weiteren Untersuchungen wäre also zu prüfen, ob eine Rekonstruktion der Tiefendimension auch in Bezug auf andere Inhalte gelingt und in welcher Art sich diese ausgestalten. Die Erkenntnisse von Sander (2016) unterstützen diese These. Ihm gelang ebenfalls die Rekonstruktion einer handlungsleitenden Tiefendimension der Schülerperspektive, welche das Urteilen und Entscheiden Jugendlicher in Kontexten nachhaltiger Entwicklung strukturiert. Möglicherweise lassen sich auch Anteile der Tiefendimension der Schülerperspektive identifizieren, die für mehrere Inhalte die Sinnbildung der Schüler\_innen strukturieren, so wie sich in der vorliegenden Arbeit unabhängig von der thematisierten Zeitlichkeit der Selbstbezug zu Naturwissenschaften sowie der Wert der Naturwissenschaften als bedeutsam erwies.

## 5.5. Methodenkritische Diskussion

Mit Hilfe des auf Grundlage der Erkenntnisse der Vorstudie festgelegten methodischen Vorgehens mittels metaphorischer Zeichnungen, fokussierter Interviews und der dokumentarischen Methode ist es gelungen, Orientierungsschemata, also Vorstellungen der Befragten zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften zu identifizieren. Im Hinblick auf die Identifikation dieser Vorstellungen war der Vergleich der Fälle von zentraler Bedeutung und ermöglichte eine Systematisierung der Ergebnisse. Die dokumentarische Methode erwies sich grundsätzlich als geeignet für die Rekonstruktion von Vorstellungen.

Zukünftige Forschungsprojekte können auf diese Erkenntnisse zurückgreifen und mit anderen Methoden eine größere Grundgesamtheit untersuchen. Der Einsatz beispielsweise der qualitativen Inhaltsanalyse würde den Aufwand der Auswertung im Vergleich zur dokumentarischen Methode reduzieren und größere Stichproben möglich machen. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie können als Hinweise für ein mögliches Kategoriensystem zur Systematisierung von Vorstellungen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften verstanden werden.

Der Einsatz der dokumentarischen Methode wurde vornehmlich durch die Möglichkeit der Berücksichtigung sowohl der Oberflächen- als auch der Tiefendimension der Schülerperspektive begründet. Das methodische Vorgehen erwies sich ebenfalls als ertragreich für die Rekonstruktion, der die Sinnbildung zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften strukturierenden Anteile der Schülerperspektive. Die Initiierung der Sinnbildung mittels der Erstellung einer metaphorischen Zeichnung vom Weg der Wissenschaft gelang dem Großteil der Interviewten. Es sei aber auch bemerkt, dass mehrere befragte Sechst- und Neuntklässler\_innen den Zeichenauftrag nicht umsetzen konnten und daher für die Auswertung ausgeschlossen wurden. Es ist also durchaus möglich, dass eine bestimmte Gruppe von Kindern und Jugendlichen aufgrund des anspruchsvollen Vorgehens der Erstellung einer metaphorischen Zeichnung ausgeschlossen wurde. Die bisher rekonstruierten sinngenetischen Typen der vier Vergleichsdimensionen sowie die sich daraus ergebenden relationalen Typen müssen daher zukünftig offen für Veränderungen oder Erweiterungen sein. Dafür spricht auch die Tatsache, dass einzelne Typen bzw. Subtypen bisher nur durch einen Fall repräsentiert sind (vgl. sinngenetische Typenbildung Kapitel 5.3.2.1 bis 5.3.2.4).

Zur Absicherung der Ergebnisse sollten systematisch weitere Fälle im Hinblick auf den zu erwartenden Wert an neuen Erkenntnissen auf Ebene der Tiefendimension herangezogen werden. Dies erfolgte in der vorliegenden Studie nicht, da die Samplingstrategie stärker auf die von den Interviewten geäußerten Vorstellungen und Kenntnisse bezogen wurde. Für weitere Erhebungen dieser Art wäre es daher erstrebenswert, vorerst eine kleine Anzahl von Fällen zu erheben, diese in der Tiefe zu analysieren und auf Grundlage dieser Erkenntnisse weitere empirische Fälle heranzuziehen. Durch solch ein Vorgehen wäre außerdem eine soziogenetische Typenbildung möglich.

Im Hinblick auf die theoretischen Annahmen der dokumentarischen Methode (unter anderem die Zugzwänge des Erzählens) und im Lichte der Erfahrungen der praktischen Datenauswertung erscheint es rückblickend sinnvoll, weitere Interviewimpulse mit narrativem Charakter zu integrieren. Auf diese Art und Weise könnten Erkenntnisse aus stärker beschreibenden und argumentativen Passagen besser mit Erzählungen kontrastiert werden. Selbst wenn sich die Erzählungen auf den ersten Blick nicht mit dem Thema des Erkenntnisinteresses befassen, strukturiert auch hier der Habitus die Art des Sprechens, sodass Aspekte des Habitus im Vergleich zu thematisch relevanten Passagen rekonstruiert werden können. In diesem Sinne bestünden mehr fallimmanente Vergleichsmöglichkeiten als dies bei den empirischen Daten der vorliegenden Studie der Fall war und daher stärker auf falllexmanente Vergleiche zurückgegriffen wurde.

## 5.6. Grenzen der Arbeit und offene Fragen

An dieser Stelle werden die bereits genannten offenen Fragen im Anschluss an diese Studie zusammengefasst. Darüber hinaus werden im Hinblick auf das Qualitätskriterium *Limitation* qualitativer Forschung (vgl. Kapitel 3.2.2) die Grenzen der vorliegenden Untersuchung expliziert. So blickt diese Arbeit mit einer bestimmten methodischen Perspektive und konzeptueller Idee der Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften. Daraus ergeben sich zwangsläufig Grenzen: Diese explorative Studie nähert sich erstmalig dem Forschungsbereich der Tiefendimension der Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften und erhebt damit nicht den Anspruch, diesen bereits vollständig erschlossen zu haben. Vielmehr geht es darum, weitere Fragen aufzuwerfen.

Darüber hinaus fehlt bisher der direkte Bezug zu naturwissenschaftlichem Unterricht, da die Erhebung unabhängig von diesem stattgefunden hat. Auswirkungen verschiedener Unterrichtsformen lassen sich bisher nur vermuten. Für konkrete Aussagen wären Interventionsstudien notwendig.

Im Hinblick auf die empirischen Ergebnisse der Studie ist kritisch zu prüfen, ob ...

- ... aufgrund des Vorgehens mittels metaphorischer Zeichnungen Personengruppen mit bestimmten Orientierungsrahmen ausgeschlossen wurden. Denkbar wäre hierbei die Analyse der neun in dieser Studie erhobenen, jedoch nicht ausgewerteten Interviews und ein Vergleich mit den hier rekonstruierten Orientierungsrahmen und Typiken<sup>24</sup>.
- ... sich die grundsätzliche Alters- und Schulformunabhängigkeit der Vorstellungen und Orientierungsrahmen auch bei weiteren Untersuchungen bestätigt.

---

<sup>24</sup>Dies war im Umfang der vorliegenden Arbeit nicht zu leisten, da die Auswertung weiterer neun Fälle die Kapazitäten überstiegen hätten. Aufgrund der Vergleichbarkeit der Fälle wurden bewusst nur solche in die Auswertung einbezogen, für die die Sinnbildung zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften mittels metaphorischer Zeichnung eines Weges gelang.

- ... sich die sinngenetischen und relationalen Typen durch eine Erweiterung des Samples bestätigen oder ausdifferenzieren lassen. Gerade im Hinblick auf Typen oder Subtypen, die bisher lediglich durch einen Fall repräsentiert werden, wäre eine Absicherung durch weitere Fälle mit solchen Orientierungsrahmen erstrebenswert. Außerdem stammen alle hier Befragten aus dem Umfeld einer Großstadt. Es wäre zu prüfen, ob sich Jugendliche aus einem rein ländlichen Umfeld in Bezug auf ihre Orientierungsrahmen und Vorstellungen von den bisher interviewten unterscheiden.
- ... weitere Untersuchungen eine soziogenetische Typenbildung möglich machen und so Zusammenhänge der Orientierungsrahmen und konjunktiven Erfahrungsräumen identifiziert werden können. Auf diese Art und Weise wären weitere Einblicke in die Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften möglich. Es könnte so auch geprüft werden, ob sich beispielsweise die bereits festgestellte Kulturspezifität von Schülervorstellungen auch auf Ebene der Orientierungsrahmen fortführen lässt (vgl. unter anderem Liu, 2005)

Im Hinblick auf andere Themengebiete wäre zu prüfen, ...

- ... ob eine Rekonstruktion der Tiefendimension der Schülerperspektive beispielsweise mit der hier ertragreich eingesetzten dokumentarischen Methode möglich ist. Es ist also zu prüfen, ob die Konzeption der Schülerperspektive in Oberflächen- und Tiefendimension auch für andere Themen trägt.
- ... welcher Art diese Tiefendimension ist und ob sich Muster der Zusammenhänge zwischen Vorstellungen und Orientierungsrahmen zeigen. Diese bieten möglicherweise Hinweise auf die vielfach festgestellte Stabilität von Vorstellungen entgegen Unterrichtsinterventionen.
- ... ob sich Orientierungsrahmen zeigen, die über verschiedene Themen hinweg die Sinnbildung von Schüler\_innen im Naturwissenschaftsunterricht strukturieren. Dies würde dafür sprechen, allgemein über die Konzeption von naturwissenschaftlichem Unterricht nachzudenken, so wie sich in dieser Arbeit die hohe Bedeutung des Selbst-Welt-Verhältnisses zeigt und in grundsätzlichen Überlegungen zu Unterricht und Bildung mündet.

Im Hinblick auf historisch orientierten Naturwissenschaftsunterricht ist zu prüfen, ob ...

- ... ein Unterricht, der die Schüler\_innen konkrete Erfahrungen z. B. mit der (diachronen) NdN machen lässt und Reflexionsphasen einschließt, langfristig eine Veränderung von Orientierungsrahmen ermöglicht. In Interventionsstudien ist bisher lediglich der Einfluss historisch orientierten Unterrichts auf Vorstellungen der Beteiligten untersucht worden (vgl. beispielsweise Henke, 2016).
- ... durch bewusste Irritation von hier rekonstruierten Orientierungsrahmen und der Reflexion dieser eine Veränderung der Orientierungsrahmen möglich wird.

- ... historisch orientierter Unterricht im Hinblick auf die Veränderung des Selbst-Welt-Verhältnisses zu Naturwissenschaften Vorteile gegenüber fachsystematischem Unterricht bietet.
- ... eine explizite Konfrontation und Reflexion des Werts der Naturwissenschaften und des Selbst-Naturwissenschafts-Verhältnis zu einer langfristigen Veränderung von Vorstellungen führt.
- ... ein Zulassen und die explizite Thematisierung des Bezuges zwischen sich selbst und Naturwissenschaften zu einem als sinnhafter erlebtem Lernen führt.

## 6. Fazit und Ausblick

Ziel dieser Arbeit war es, die Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften zu analysieren, um didaktische Konsequenzen für die Strukturierung von historisch orientierten Lehr-Lern-Arrangements ableiten zu können. Dabei ist es gelungen, auf theoretischer Ebene Überlegungen der Naturwissenschafts- und Geschichtsdidaktik zu verknüpfen und im Hinblick auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften eine Konzeption der Schülerperspektive zu entwickeln, die Erkenntnissen beider Disziplinen Rechnung trägt.

In Abgrenzung zum engen Begriffsverständnis der Naturwissenschaftsdidaktiken wurde in der vorliegenden Arbeit, begründet durch geschichtsdidaktische Erkenntnisse und Überlegungen der Soziologie, eine erweiterte Konzeption der Schülerperspektive vorgeschlagen. Neben den den Schüler\_innen bewussten Anteilen umfasst die Schülerperspektive auch dem Bewusstsein der Schüler\_innen nicht ad hoc zugängliche Anteile. Es wird sowohl explizites, als auch implizites Wissen (in den Begrifflichkeiten Polanys (1995)) bzw. sowohl kommunikatives, als auch konjunktives Wissen (in den Begrifflichkeiten Mannheims (1980)) berücksichtigt. Für eine umfassende Beschreibung der Schülerperspektive wurde daher im Rahmen der empirischen Untersuchung sowohl der Oberflächendimension (kommunikatives Wissen), als auch der Tiefendimension (konjunktives Wissen) in den Blick genommen.

Neben der theoretischen Konzeption zeigt die vorliegende Arbeit auch empirische Erkenntnisse zu dieser Oberflächen- und Tiefendimension. Zur Untersuchung beider Dimensionen der Schülerperspektive erwies sich die dokumentarische Methode, die eben auch die Rekonstruktion konjunktiven Wissens ermöglicht, als fruchtbar.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Rekonstruktion der Tiefendimension der Schülerperspektive möglich ist und Zusammenhänge mit der Oberflächendimension identifiziert werden können. In Bezug auf die Oberflächendimension zeigt sich, dass Schüler\_innen auch ohne historisch orientierten Unterricht über Vorstellungen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften verfügen und diese konsistent verdeutlichen können. Im Abgleich mit typischen Entwicklungslinien der zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften aus Wissenschaftsgeschichte, -soziologie und -theorie werden jedoch auch Lücken der Schülervorstellungen deutlich, die in historisch orientiertem Unterricht aufgegriffen werden könnten. Für ein umfassendes Verständnis der diachronen Natur der Naturwissenschaften fehlt bei den meisten Interviewten noch ein Verständnis der engen Verbindung zwischen Entwicklungen des Gesellschaftssystems, politischen Strukturen und der naturwissenschaftlichen Forschung.

Die Struktur der Tiefendimension der Schülerperspektive konnte beschrieben und mittels Typenbildung systematisiert werden, sodass nun Erkenntnisse darüber vorliegen, was die Sinnbildung von Schüler\_innen verschiedenen Alters zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften strukturiert. Es konnten vier Vergleichsdimensionen (A: „Wert der Naturwissenschaften“, B: „Selbstbezug zu Naturwissenschaften“, C: „zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften“ und D: „Selbstbezug zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften“) rekonstruiert werden, die die Sinnbildung aller 33 Schüler\_innen des Samples strukturieren. Diese Dimensionen beschreiben das *Typische* der Sinnbildung über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften.

Im Hinblick auf das Ziel einer naturwissenschaftlichen Grundbildung aller Schüler\_innen zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Studie, dass der naturwissenschaftliche Unterricht noch am Anfang des Weges steht. Die Strukturen der Tiefendimension zeugen vielfach von Abgrenzung von Naturwissenschaften und ihrer zeitlichen Entwicklung. Teilweise werden die Naturwissenschaften gänzlich als wertlos konzipiert. Der Bezug zwischen eigener Person und Naturwissenschaften bzw. deren zeitlicher Entwicklung wird als besonders relevant deutlich und scheint im Hinblick auf das Ziel der Befähigung zur gesellschaftlichen Teilhabe im Unterricht noch nicht ausreichend Raum zu erhalten.

Eine Unterrichtsform, die eben diesen Selbstbezug zu Naturwissenschaften ermöglicht und Schüler\_innen neben den Fachinhalten einen weiteren sinnstiftenden Kontext gibt, ist historisch orientierter Naturwissenschaftsunterricht. Die (diachrone) Natur der Naturwissenschaft wird durch geeignete Unterrichtsmethoden durch die Schüler\_innen retrospektiv erlebbar und die Bedeutung für die eigene Person reflektierbar. Für eine Veränderung der Tiefendimension der Schülerperspektive ist eben eine solche Beschäftigung mit dem Selbst-Welt-Verhältnis Voraussetzung. In diesem Sinne sprechen die Ergebnisse der vorliegenden Studie für eine stärkere Historisierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts, um einen Beitrag für einen für alle Schüler\_innen allgemeinbildenden Unterricht zu leisten. Diese Arbeit schließt sich Heering und Höttecke (2014) an, die angeleitete Reflexionsphasen über die Natur der Naturwissenschaften hierbei als unerlässlich ansehen: „Science teachers should confront students with their deeply held beliefs about science and how science works“ (Heering & Höttecke, 2014, S. 1474).

Zukünftig wäre zu prüfen, ob Unterricht, der einen Bezug zwischen eigener Person und Naturwissenschaften fokussiert sowie explizite Reflexionsphasen im Hinblick auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften einschließt, eine Strukturveränderung der Tiefendimension der Schülerperspektive ermöglicht. In diesem Sinne steht die fachdidaktische Forschung bezüglich des Potentials historisch orientierten Unterrichts für das Ziel einer naturwissenschaftlichen Grundbildung noch am Anfang. Die vorliegende Arbeit weitet auf konzeptueller Ebene den Blick auf die Schülerperspektive und bildet mit den ersten empirischen Erkenntnissen zur Tiefendimension den Ausgangspunkt für den weiteren *Weg der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* in diesem Feld.

# Literatur

- AAAS. (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- AAAS. (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000a). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665–701.
- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000b). The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057–1095.
- Abd-El-Khalick, F., Waters, M. & Le, A.-P. (2008). Representations of nature of science in high school chemistry textbooks over the past four decades. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(7), 835–855.
- Aguirre, J. M., Haggerty, S. M. & Linder, C. J. (1990). Student–teachers' conceptions of science, teaching and learning: a case study in preservice science education. *International Journal of Science Education*, 12(4), 381–390.
- Aikenhead, G. S. (1987). High-school graduates' beliefs about science-technology-society. III. Characteristics and limitations of scientific knowledge. *Science Education*, 71(4), 459–487.
- Allchin, D. (1995). How Not to Teach History in Science. In F. Finley, D. Allchin, D. Rhees & S. Fifield (Hrsg.), *Proceedings, Third International History, Philosophy and Science Teaching Conference* (S. 13–22).
- Allchin, D. (2011a). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95, 518–542.
- Allchin, D. (2011b). Teaching Whole Science. *The American Biology Teacher*, 73(1), 53–55.
- Allchin, D. (2013). *Teaching the nature of science: Perspectives & resources*. St. Paul, MN: SHiPS Education Press.

- Allchin, D., Andersen, H. M. & Nielsen, K. (2014). Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice. *Science Education*, 98(3), 461–486.
- Anderson, J. R. (1996). *Kognitive Psychologie* (2. Aufl.). Heidelberg: Spektrum, Akad. Verl.
- Asbrand, B., Martens, M. & Petersen, D. (2013). Die Rolle der Dinge in schulischen Lehr-Lernprozessen. In A.-M. Nohl & C. Wulf (Hrsg.), *Mensch und Ding* (S. 171–188).
- Asmussen, S. & Heering, P. (2014). Ein neuartiger Zugang zur Implementierung historischer Geräte und Experimente im Unterricht: Überlegungen zu Konzeption, Umsetzung und Evaluation. *PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 13(1), 1–10.
- Aufschnaiter, C. v. & Rogge, C. (2015). Conceptual Change in Learning. In R. Gunstone (Hrsg.), *Encyclopedia of science education* (S. 209–218). Dordrecht: Springer.
- Backhaus, U. (2001). Das 3. newtonsche Gesetz und der physikalische Kraftbegriff. *Unterricht Physik*, 12(65), 7–10.
- Bacon, F. (1959). *Neu-Atlantis*. Berlin: Akademie-Verlag.
- Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik: Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Berlin: Springer-Verlag.
- Barke, H.-D., Harsch, G., Marohn, A. & Krees, S. (Hrsg.). (2015). *Chemiedidaktik kompakt: Lernprozesse in Theorie und Praxis*. Berlin Heidelberg: Springer.
- Barker, G. & Kitcher, P. (2014). *Philosophy of science: A new introduction*. Fundamentals of philosophy series. Oxford: Oxford University Press.
- Barth, M. (2000). Electromagnetic Induction rediscovered using original Texts. *Science & Education*, 9(4), 375–387.
- Bartholomew, H., Osborne, J. & Ratcliffe, M. (2004). Teaching students "ideas-about-science": Five dimensions of effective practice. *Science Education*, 88(5), 655–682.
- Bauer, V. (2014). *Englisch lernen - Eine rekonstruktive Fallstudie zu Sinnkonstruktionen von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II* (Diss., Universität Hamburg, Hamburg).
- Beck, B. E. F. (1978). The Metaphor as a Mediator between Semantic and Analogic Modes of Thought. *Current Anthropologie*, 19(1), 83–97.

- Benson, D. L., Wittrock, M. C. & Baur, M. E. (1993). Students' preconceptions of the nature of gases. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(6), 587–597.
- Bertau, M.-C. (1996). *Sprachspiel Metapher: Denkweisen und kommunikative Funktion einer rhetorischen Figur*. Opladen: Westdt. Verl.
- Berti, A. E. (1994). Children's Understanding of the Concept of the State. In M. Carretero & J. F. Voss (Hrsg.), *Cognitive and instructional processes in history and the social sciences* (S. 49–76). Hillsdale: L. Erlbaum Associates.
- Beyerchen, A. D. (1980). *Wissenschaftler unter Hitler: Physiker im Dritten Reich*. Köln: Kiepenheuer und Witsch.
- Bialas, V. (1990). *Allgemeine Wissenschaftsgeschichte: Philosophische Orientierungen*. Wien: Böhlau.
- Billmann-Mahecha, E. (2010). Auswertung von Zeichnungen. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 707–722). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Birnbacher, D. (2008). *Natürlichkeit*. Grundthemen Philosophie. Berlin: Walter de Gruyter. Zugriff unter <http://dx.doi.org/10.1515/9783110193695%7D>
- Black, M. (1983a). Die Metapher (1954). In A. Haverkamp (Hrsg.), *Theorie der Metapher* (Bd. 389, S. 55–89). Wege der Forschung. Darmstadt: Wiss. Buchges.
- Black, M. (1983b). Mehr über die Metapher (1977). In A. Haverkamp (Hrsg.), *Theorie der Metapher* (Bd. 389, S. 379–413). Wege der Forschung. Darmstadt: Wiss. Buchges.
- Blum, C. & Heering, P. (2014). Storytelling in den Naturwissenschaften: Erste Ergebnisse einer Pilotstudie zur Untersuchung der Wirksamkeit. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrestagung*, 1–6. Zugriff unter <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/issue/view/277%7D>
- Bohnsack, R. (1998). Rekonstruktive Sozialforschung und der Grundbegriff des Orientierungsmusters. In D. Siefkes (Hrsg.), *Sozialgeschichte der Informatik* (S. 105–122). Studien zur Wissenschafts- und Technikforschung. Wiesbaden: DUV, Dt. Univ.-Verl.
- Bohnsack, R. (2003). *Rekonstruktive Sozialforschung: Einführung in qualitative Methoden* (5. Aufl.). Opladen: Leske + Budrich.
- Bohnsack, R. (2009). *Qualitative Bild- und Videointerpretation: Die dokumentarische Methode*. Opladen: Budrich.
- Bohnsack, R. (2012). Orientierungsschemata, Orientierungsrahmen und Habitus: Elementare Kategorien der Dokumentarischen Methode mit Beispielen aus der Bildungsmi-

- lieuforschung. In K. Schittenhelm (Hrsg.), *Qualitative Bildungs- und Arbeitsmarktforschung* (S. 119–154). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Bohnsack, R. (2013). Dokumentarische Methode und die Logik der Praxis. In A. Lenger, C. Schneickert & F. Schumacher (Hrsg.), *Pierre Bourdieus Konzeption des Habitus* (S. 175–200). Wiesbaden: Imprint: Springer VS.
- Bonnet, A. (2009). Die Dokumentarische Methode in der Unterrichtsforschung. Ein integratives Forschungsinstrument für Strukturrekonstruktion und Kompetenzanalyse. *Zeitschrift für Qualitative Forschung*, 10(2), 219–240.
- Born, B. (2007). *Lernen mit Alltagsphantasien: Zur expliziten Reflexion impliziter Vorstellungen im Biologieunterricht* (1. Aufl.). Studien zur Bildungsgangforschung. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss.
- Boroditsky, L. (2000). Metaphoric structuring: understanding time through spatial metaphors. *Cognition*, 75, 1–28.
- Boroditsky, L. (2001). Does Language Shape Thought?: Mandarin and English Speakers' Conceptions of Time. *Cognitive Psychology*, 43(1), 1–22.
- Borries, B. v. (1989). "Glanzvolle Ritterzeit" oder "bäuerliche Leibeigenschaft"? Mittelalter-Vorstellungen bei Schülerinnen und Schülern. *Geschichte lernen*, 2(11), 4–7.
- Borries, B. v. (1995). *Das Geschichtsbewusstsein Jugendlicher: Erste repräsentative Untersuchung über Vergangenheitsdeutungen, Gegenwartswahrnehmungen und Zukunftserwartungen von Schülerinnen und Schülern in Ost- und Westdeutschland*. Weinheim: Juventa.
- Borries, B. v. (2002). Genese und Entwicklung von Geschichtsbewusstsein: Lern- und Lebensalter als Forschungsproblem der Geschichtsdidaktik. In B. Schönemann, H. Voit & W. Scheiber (Hrsg.), *Grundfragen, Forschungsergebnisse, Perspektiven* (S. 44–56). Schwalbach: Wochenschau Verlag.
- Bourdieu, P. (1979). *Entwurf einer Theorie der Praxis auf der ethnologischen Grundlage der kabyllischen Gesellschaft* (1. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Bourdieu, P. (1982). *Die feinen Unterschiede: Kritik der gesellschaftlichen Urteilskraft* (4. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Bourdieu, P. (1987). *Sozialer Sinn: Kritik der theoretischen Vernunft* (1. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Bourdieu, P. (1995). *Sozialer Raum und "Klassen". Leçon sur la leçon: 2 Vorlesungen* (3. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.

- Bourdieu, P., Albagnac, H., Russer, A. & Schwibs, B. (2004). *Meditationen: Zur Kritik der scholastischen Vernunft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Bourdieu, P. & Wacquant, L. J. D. (1996). *Reflexive Anthropologie* (1. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Breil, R. (2011). *Die Grundlagen der Naturwissenschaft: Zu Begriff und Geschichte der Wissenschaftstheorie*. Würzburg: Königshausen u. Neumann.
- Brockhaus. (2013a). Brockhaus-Enzyklopädie.online. Eintrag: historisch, Fortschritt, Wandel, Entwicklung. Gütersloh.
- Brockhaus. (2013b). Brockhaus-Enzyklopädie.online. Eintrag: Naturwissenschaften. Gütersloh.
- Brown, D. E. & Clement, J. (1987). Overcoming Misconceptions in Mechanics: A Comparison of Two Example-Based Teaching Strategies., Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Washington, DC, April 20-24, 1987.
- Bühl, W. L. (1974). *Einführung in die Wissenschaftssoziologie*. Beck'sche schwarze Reihe. München: Beck.
- Bybee, R. W. (1997). Toward an Understanding of Scientific Literacy. In W. Gräber (Hrsg.), *Scientific literacy* (Bd. 154, S. 37–68). Kiel: IPN.
- Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy - Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig & T. E. R. Koballa (Hrsg.), *Scientific literacy* (S. 21–43). Leverkusen: Leske + Budrich.
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E. & Unger, C. (1989). 'An experiment is when you try it and see if it works': a study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11(5), 514–529.
- Cassirer, E. (1990). *Versuch über den Menschen: Einführung in eine Philosophie der Kultur*. Frankfurt am Main: S. Fischer.
- Chalmers, A. F. (2001). *Wege der Wissenschaft: Einführung in die Wissenschaftstheorie* (5. Aufl.). Berlin: Springer.
- Chambers, D. W. (1983). Stereotypic images of the scientist: The Dran-a-Scientist Test. *Science Education*, 67(2), 255–265.

- Christidou, V., Bonoti, F. & Kontopoulou, A. (2016). American and Greek Children's Visual Images of Scientists: Enduring or Fading Stereotypes? *Science & Education*, 1–26.
- Clough, M. P. (2006). Learners' Responses to the Demands of Conceptual Change: Considerations for Effective Nature of Science Instruction. *Science & Education*, 15(5), 463–494.
- Clough, M. P. (2011). The Story Behind the Science: Bringing Science and Scientists to Life in Post-Secondary Science Education. *Science & Education*, 20(7-8), 701–717.
- Cohen, J. (1998). Rerearch funding: 'Gentlemen of Science'. *Science*, 279(5348), 179.
- Combe, A. & Gebhard, U. (2007). *Sinn und Erfahrung: Zum Verständnis fachlicher Lernprozesse in der Schule*. Studien zur Bildungsgangforschung. Opladen: Budrich.
- Combe, A. & Gebhard, U. (2012). *Verstehen im Unterricht: Die Rolle der Phantasie und Erfahrung*. Wiesbaden: Springer VS.
- Conant, J. B. (1948). *Harvard Case Histories in experimental Science* (1. Aufl.). Cambridge: Harvard University Press.
- Crossley, A. (2012). *Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher physikalischer Konzepte auf den Wissenserwerb in der Thermodynamik der Sekundarstufe I*. Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos Verl.
- Dagher, Z. R. & Boujaoude, S. (2005). Students' perceptions of the nature of evolutionary theory. *Science Education*, 89(3), 378–391.
- Dally, A. (1997). *Geschichte und Theorie der Naturwissenschaften im Unterricht: Ein Weg zur naturwissenschaftlich-technischen Alphabetisierung? ; [Dokumentation eines internationalen Symposiums in der Evangelischen Akademie Loccum vom 26. bis 28. August 1996] = History and philosophy in science teaching* (1. Aufl.). Loccumer Protokolle. Rehburg-Loccum: Evang. Akad. Loccum, Protokollstelle.
- Darmstaedter, L. & Du Bois-Reymond, R. (1904). *4000 Jahre Pionier-Arbeit in den exakten Wissenschaften*. Berlin: J.A. Stargardt.
- Daucher, H. (1990). Kinder zeichnen was sie denken. In H. Daucher (Hrsg.), *Kinder denken in Bildern* (S. 135–158). München: Piper.
- Dawkins, K. R. & Glatthorn, A. A. (1998). Using historical Case Studies in Biology to explore the Nature of Science: A Professional Development Program for High School Teachers. In W. F. McComas (Hrsg.), *The Nature of science in science education* (S. 163–176). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- Demandt, A. (1978). *Metaphern für Geschichte: Sprachbilder und Gleichnisse im historisch-politischen Denken*. München: Beck.
- Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C.-C. & Chai, C. S. (2011). Students' views of the nature of science: A critical review of research. *Science Education*, 95(6), 961–999.
- Deppermann, A. (2008). *Gespräche analysieren. Eine Einführung*. (4. Aufl.). Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwissenschaften.
- Dewey, J. (1993). *Demokratie und Erziehung: Eine Einleitung in die philosophische Pädagogik* (Nachdr. der 3. Aufl. Braunschweig, Westermann, 1964.). Weinheim: Beltz.
- Dittmer, A., Gebhard, U., Höttecke, D. & Menthe, J. (2016). Ethisches Bewerten im Naturwissenschaftlichen Unterricht: Theoretische Bezugspunkte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1–12.
- Dörfler, T., Graefe, O. & Müller-Mahn, D. (2003). Habitus und Feld: Anregungen für eine Neuorientierung der geographischen Entwicklungsforschungen auf der Grundlage von Bourdieus «Theorie der Praxis». *Geographica Helvetica*, 58, 11–23.
- Drechsel, W. U. (1994). Denis Diderot und die historisch-genetische Didaktik. In W. Misgeld, K. P. Ohly, H. Rühaak & H. Wiemann (Hrsg.), *Historisch-genetisches Lernen in den Naturwissenschaften* (Bd. 98, S. 69–82). Blickpunkt Hochschuldidaktik. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young people's Images of Science*. Buckingham: Open University Press.
- Dubs, R. (2002). Science Literacy: Eine Herausforderung für die Pädagogik. In W. Gräber, P. Nentwig & T. E. R. Koballa (Hrsg.), *Scientific literacy* (S. 69–82). Leverkusen: Leske + Budrich.
- Duit, R. (1993a). Alltagsvorstellungen berücksichtigen! *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 42(6), 7–11.
- Duit, R. (1993b). Schülervorstellungen - von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie*, 16(4), 16–23.
- Duit, R. (2004). Didaktische Rekonstruktion: PIKO-BRIEF Nr. 2. Zugriff 15. Juli 2016, unter [http://www.brgkepler.at/~rath/pl\\_an/aktuell/piko\\_brief\\_2.pdf](http://www.brgkepler.at/~rath/pl_an/aktuell/piko_brief_2.pdf)
- Egger, B. (1984). *Bilder verstehen: Wahrnehmung und Entwicklung der bildnerischen Sprache*. Gümligen: Zytglogge.
- Erdmann, E. (2007). Geschichtsbewusstsein - Geschichtskultur: Ein ungeklärtes Verhältnis? *Geschichte, Politik und ihre Didaktik*, 35(3/4), 186–195.

- Erduran, S. & Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing the nature of science for science education: Scientific knowledge, practices and other family categories*. Contemporary Trends and Issues in Science Education.
- Fanta, D., Bröll, L. & Oetken, M. (2012). Schülervorstellungen im Chemieunterricht: Untersuchung der Wirkung einer direkten Konfrontation mit Schülervorstellungen auf den Lernprozess - Teilprojekt 5. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel & A. Schulz (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht*. Münster: Waxmann.
- Fehse, B. (1998). Empirische Untersuchungen zum Metaphernerwerb: 7 Beispiele 1974 - 1998. Zugriff 14. Juli 2016, unter <http://www.linse.uni-due.de/linse/esel/pdf/metapher.pdf>
- Fellmann, F. (2011). Vom Selbstbild zum Selbstbewusstsein. Evolutionsbiologische Grundlagen der Bildwissenschaften. In K. Sachs-Hombach & R. Totzke (Hrsg.), *Bilder sehen denken* (S. 52–65). Köln: von Halem.
- Fernandez, J. (1974). The Mission of Metaphor in Expressive Culture. *Current Anthropology*, 15(2), 119–145.
- Finson, K. D. (2002). Drawing a Scientist: What we do and do not know after fifty years of drawings. *School Science and Mathematics*, 102(7), 335–345.
- Fischer, E. P. (2002). *Die andere Bildung: Was man von den Naturwissenschaften wissen sollte* (5. Aufl.). München: Ullstein.
- Fleck, L. (1994). *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache: Einführung in die Lehre von Denkstil und Denkkollektiv* (3. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Flick, U. (2010). Gütekriterien qualitativer Forschung. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 395–407). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Flick, U. (2014). *Qualitative Sozialforschung: Eine Einführung* (6. Aufl.). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt-Taschenbuch-Verl.
- Foellmer, R. (2007). *Naturlehre. Die Entwicklung des Physikunterrichts an den Volksschulen der Rheinprovinz (1815 - 1968)*. Köln, Weimar, Wien: Böhlau Verlag.
- Foerster, H. v. (1997). *Einführung in den Konstruktivismus* (3. Aufl.). Veröffentlichungen der Carl-Friedrich-von-Siemens-Stiftung. München: Piper.

- Fontana, A. & Frey, J. H. (2005). The Interview: From neutral stance to political involvement. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Hrsg.), *The SAGE handbook of qualitative research* (S. 695–728). Thousand Oaks: Sage Publications.
- Forstner, C. & Hoffmann, D. (Hrsg.). (2013). *Physik im Kalten Krieg: Beiträge zur Physikgeschichte während des Ost-West-Konflikts*. Spektrum Akademischer Verlag GmbH.
- Frees, B. & Koch, W. (2015). Internetnutzung: Frequenz und Vielfalt nehmen in allen Altersgruppen zu: Ergebnisse der ARD/ZDF-Onlinestudie 2015. *Media Perspektiven*, 9, 366–377.
- Freud, S., Mitscherlich, A., Richards, A. & Strachey, J. (1994). *Psychologie des Unbewussten - Studienausgabe* (12. Aufl.). Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch Verlag.
- Galda, M. (2013). *Geschichtsbewusstsein, historisches Wissen und Interesse: Darstellung von Zusammenhängen und Repräsentationen in semantischen Netzwerken* (Diss., Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, Frankfurt am Main).
- Galili, I. & Hazan, A. (2001). The Effect of a History-Based Course in Optics on Students' Views about Science. *Science and Education*, 10, 7–32.
- Gansen, P. (2010). *Metaphorisches Denken von Kindern: Theoretische und empirische Studien zu einer Pädagogischen Metaphorologie*. Würzburg: Ergon.
- Geber, J. (2004). *Intergenerationale Transmission epistemologischer Überzeugungen. Entwicklung eines Erhebungsinstruments und Befunde zur Genese* (Diss., Universität Bielefeld, Bielefeld).
- Gebhard, U. (2003). Die Sinndimension im schulischen Lernen: Die Lesbarkeit der Welt - Grundsätzliche Überlegungen zum Lernen und Lehren im Anschluss an PISA. In B. Moschner, H. Kiper & U. Kattmann (Hrsg.), *PISA 2000 als Herausforderung* (S. 205–223). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Gebhard, U. (2005). Symbole geben zu denken - Sprache und Verstehen im naturwissenschaftlichen Unterricht. In C. Höble & K. Michalik (Hrsg.), *Philosophieren mit Kindern und Jugendlichen* (S. 48–59). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Gebhard, U. (2007a). Intuitive Vorstellungen bei Denk- und Lernprozessen: Der Ansatz "Alltagsphantasien". In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 117–128). Berlin: Springer-Verlag.

- Gebhard, U. (2007b). Intuitive Vorstellungen und explizite Reflexion. Der Ansatz der Alltagsphantasien. In C. Schomaker & R. Stockmann (Hrsg.), *Der Sach- Unterricht und das eigene Leben* (S. 102–115). Bad Heilbrunn: Kinkhardt.
- Gebhard, U. (Hrsg.). (2015a). *Sinn im Dialog*. Wiesbaden.
- Gebhard, U. (2015b). Sinn, Phantasie und Dialog. In U. Gebhard (Hrsg.), *Sinn im Dialog* (S. 103–121).
- Gebhard, U., Rehm, M. & Wellensiek, A. (2012). Lernen als das Konstituieren von Sinn. In H. Bayrhuber, U. Harms, B. Muszynski, B. Ralle, M. Rothgangel, L.-H. Schön & H. J. W. H.-G. Vollmer (Hrsg.), *Formate fachdidaktischer Forschung* (Bd. 2, S. 277–296). Fachdidaktische Forschungen. Münster: Waxmann.
- Gerstberger, H. & Miller, F. (2004). Die Zeit gehört allen. In C. Höble, D. Höttecke & E. Kircher (Hrsg.), *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften* (S. 82–100). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Geulen, D. (2007). Sozialisation. In H. Joas (Hrsg.), *Lehrbuch der Soziologie* (S. 137–158). Frankfurt am Main: Campus.
- Glaser, B. G. & Strauss, A. L. (2008). *Grounded theory: Strategien qualitativer Forschung* (2. Aufl.). Gesundheitswissenschaften: Methoden. Bern: Huber.
- Gloy, K. (1995). *Das Verständnis der Natur: Erster Band - Die Geschichte des ganzheitlichen Denkens*. München: C.H. Beck.
- Goschler, J. (2012). *Metaphern*. Studienbibliographien Sprachwissenschaft. Tübingen: Groos.
- Gräber, W. & Nentwig, P. (2002). Scientific Literacy - Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. In W. Gräber, P. Nentwig & T. E. R. Koballa (Hrsg.), *Scientific literacy* (S. 7–20). Leverkusen: Leske + Budrich.
- Gräber, W., Nentwig, P. & Nicolson, P. (2002). Scientific Literacy - von der Theorie zur Praxis. In W. Gräber, P. Nentwig & T. E. R. Koballa (Hrsg.), *Scientific literacy* (S. 135–145). Leverkusen: Leske + Budrich.
- Gräsel, C. (2010). Stichwort: Transfer und Transferforschung im Bildungsbereich. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 13(1), 7–20.
- Gropengießer, H. (1997). Schülervorstellungen zum Sehen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(1), 71–87.

- Gropengießer, H. & Kattmann, U. (2013). Didaktische Rekonstruktion. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie*. Hallbergmoos: Aulis Verl. in der Stark Verlagsges.
- Guisasola, J., Almudí, J. M. & Furió, C. (2005). The Nature of Science and its Implications for Physics Textbooks. *Science & Education*, 14(3-5), 321–328.
- Günther-Arndt, H. (2005). Metaphorische Konzepte in Schülervorstellungen zur Geschichte. In H. Günther-Arndt (Hrsg.), *Geschichtsunterricht und Didaktische Rekonstruktion* (S. 43–56). OldenburgerVorDrucke 519.
- Günther-Arndt, H. (2006). Conceptual Change-Forschung: Eine Aufgabe für die Geschichtsdidaktik? In H. Günther-Arndt & M. Sauer (Hrsg.), *Geschichtsdidaktik empirisch* (Bd. 14, S. 251–277). Zeitgeschichte - Zeitverständnis. Berlin: Lit-Verl.
- Günther-Arndt, H. (2008). Historisches Lernen und Wissenserwerb. In H. Günther-Arndt (Hrsg.), *Geschichts-Didaktik* (S. 23–47). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Habben, D. & Mehrle, U. (1994). *Vom Bernstein zur Volta-Säule: Geschichte der Elektrizität im Unterricht; Materialien zu einer Unterrichtsreihe* (1. Aufl.). Soznat. Marburg: Red.-Gemeinschaft Soznat.
- Haenni, S. (1995). *Vom Abzeichnen zum Aufzeichnen: Psychologie des Zeichenakts*. Bern: Peter Gaffuri.
- Haider, H. (2000). Implizites Wissen: Anmerkungen aus der Perspektive der experimentellen Psychologie. In G. H. Neuweg (Hrsg.), *Wissen - Können - Reflexion* (S. 175–195). Innsbruck: StudienVerlag.
- Halldén, O. (1993). Learners' Conceptions of the subject matter being taught: A case from learning history. *International Journal of Educational Research*, 19, 317–325.
- Halldén, O. (1997). Conceptual Change and the Learning of history. *International Journal of Educational Research*, 27(1), 201–210.
- Halloun, I. A. (2001). *Students Views about Science: A Comparative Survey*. Beirut: Educational Research Center, Lebanese University.
- Hamdi, S. (2010). TIME AS A MOVING ENTITY in English and in Arabic: A Comparative Cognitive Analysis. Zugriff 15. Juli 2016, unter [http://www.metaphorik.de/sites/www.metaphorik.de/files/journal-pdf/19\\_2010\\_hamdi.pdf](http://www.metaphorik.de/sites/www.metaphorik.de/files/journal-pdf/19_2010_hamdi.pdf)7D
- Hammann, M. & Asshoff, R. (2014). *Schülervorstellungen im Biologieunterricht: Ursachen für Lernschwierigkeiten* (1. Aufl.). Seelze: Klett/Kallmeyer.

- Härtig, H., Kauertz, A. & Fischer, E. P. (2012). Das Schulbuch im Physikunterricht: Nutzung von Schulbüchern zur Unterrichtsvorbereitung in Physik. *Der mathematisch naturwissenschaftliche Unterricht*, 65(4), 197–200.
- Hasberg, W. & Körber, A. (2003). Geschichtsbewusstsein dynamisch. In A. Körber (Hrsg.), *Geschichte, Leben, Lernen* (S. 177–200). Forum historisches Lernen. Schwalbach/Ts: Wochenschau.
- Häussler, P. (1998). *Perspektiven für die Unterrichtspraxis: Naturwissenschaftsdidaktische Forschung*. Kiel: I.
- Hays, R. E. L. S. J. (1981). The bridge drawing: a projektive technique for assessment in art therapy. *The Arts in Psychology*, 8, 207–217.
- Heering, P. (2000). Getting Shocks: Teaching Secondary School Physics through History. *Science and Education*, 9(4), 363–373.
- Heering, P. (2013). Storytelling als Zugang zur Bildung in den Naturwissenschaften. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrestagung*, 1–7. Zugriff unter %5Curl%7Bhttp://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/issue/view/275%7D
- Heering, P. & Höttecke, D. (2014). Historical-Investigative Approaches in Science Teaching. In M. R. Matthews (Hrsg.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (S. 1473–1502).
- Heering, P., Rieß, F. & Sichau, C. (Hrsg.). (2000). *Im Labor der Physikgeschichte: Zur Untersuchung historischer Experimentalpraxis*. Oldenburg: Bibliotheks- und Informationssystem der Universität Oldenburg.
- Helferich, C. (2011). *Die Qualität qualitativer Daten: Manual für die Durchführung qualitativer Interviews* (4. Aufl.). Lehrbuch. Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwissenschaften.
- Helsper, W., Kramer, R.-T. & Thiersch, S. (2013). Orientierungsrahmen zwischen Kollektivität und Individualität - ontogenetische und tranformationsbezogene Anfragen an die dokumentarische Methode. In P. Loos, A.-M. Nohl, A. Przyborski & B. Schäffer (Hrsg.), *Dokumentarische Methode* (S. 111–140). Opladen: Verlag Barbara Budrich.
- Henke, A. (13.03.2013, persönliche Mitteilung). Erfahrungen mit der Erhebung der Schülerperspektive mittels metaphorischer Zeichnungen im Zuge des Einsatzes des TWOS-Instruments. persönliche Gespräche, E-Mail.
- Henke, A. (2016). Lernen über die Natur der Naturwissenschaften: Forschender und historisch orientierter Physikunterricht um Vergleich. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, angenommen, im Druck*, 1–28.

- Henke, A. & Höttecke, D. (2011). Beschreiben und Erklären elektrischer Vorgänge. *Unterricht Physik*, 22(126), 20–24.
- Henke, A. & Höttecke, D. (2013a). Elektrische Leitung auf dem Holzweg: Die Fallstudie "Stephen Gray". *Unterricht Physik*, 23(133), 17–21.
- Henke, A. & Höttecke, D. (2013b). Entwicklung von Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften im Rahmen forschenden Lernens und historischer Fallstudien. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen* (Bd. 33, S. 398–400). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Kiel: IPN.
- Henke, A. & Höttecke, D. (2013c). Students' beliefs about the diachronic nature of science: A metaphor-based analysis of 8th-graders' drawings of "The Way of Science". In C. C. Silva & M. Prestes (Hrsg.), *Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas [Learning about science and nature: historical and philosophical approaches]* (S. 327–356). São Carlos.
- Henke, A. & Höttecke, D. (2014). Physics Teachers' Challenges in Using History and Philosophy of Science in Teaching. *Science & Education*, 1–37.
- Hericks, U. (2006). *Professionalisierung als Entwicklungsaufgabe: Rekonstruktionen zur Berufseingangsphase von Lehrerinnen und Lehrern* (1. Aufl.). Studien zur Bildungsgangforschung. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwissenschaften.
- Herlyn, G. (2008). *Computer im Alltag - Computer als Alltag: Erzählstrategien und biografische Deutungen im Veralltäglichungsprozess von Technik* (Diss., Universität Hamburg, Hamburg).
- Herzog, W. (1983). Plädoyer für Metaphern: Versuch, ein vergessenes pädagogisches Thema in Erinnerung zu rufen. *Vierteljahresschrift für wissenschaftliche Pädagogik*, 1, 299–332.
- Hodson, D. (2008). *Towards Scientific Literacy: A teacher's guide to the history, philosophy and sociology of science*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Hodson, D. (2009). *Teaching and learning about science: Language, theories, methods, history, traditions and values*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Hoffmann, L. (1997). *An den Interessen von Jungen und Mädchen orientierter Physikunterricht: Ergebnisse eines BLK-Modellversuchs*. Kiel: IPN.
- Hoffmann, L., Lehrke, M. & Häußler, P. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik*. Kiel: IPN.

- Hofheinz, V. (2008). *Erwerb von Wissen über "Nature of Science": Eine Fallstudie zum Potential impliziter Aneignungsprozesse in geöffneten Lehr-Lern-Arrangements am Beispiel von Chemieunterricht*. (Diss., Universität Siegen, Siegen).
- Holfelder, A.-K. (2016, eingereicht). *Orientierungen von Jugendlichen zu nachhaltigkeitsrelevanten Themen: Zur Bedeutung von implizitem Wissen und dem didaktischen Ansatz Alltagsphantasien im Kontext BNE* (Diss., Universität Hamburg, Hamburg).
- Höttecke, D. (2001a). *Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen: Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen*. Studien zum Physiklernen. Berlin: Logos.
- Höttecke, D. (2001b). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der "Natur der Naturwissenschaften". *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 7, 7–23.
- Höttecke, D. (2004a). Schülervorstellungen über die "Natur der Naturwissenschaften". In C. Höhle, D. Höttecke & E. Kircher (Hrsg.), *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften* (S. 264–277). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Höttecke, D. (2004b). Wissenschaftsgeschichte im naturwissenschaftlichen Unterricht. In C. Höhle, D. Höttecke & E. Kircher (Hrsg.), *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften* (S. 43–56). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Höttecke, D. (2008). Was ist Naturwissenschaft? Physikunterricht über die Natur der Naturwissenschaften. *Unterricht Physik*, 19(01), 4–11.
- Höttecke, D. (2012). Historisch orientierter Physikunterricht. In S. Mikelskis-Seifert (Hrsg.), *Physik-Methodik* (S. 57–69). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Höttecke, D. & Henke, A. (2012). Magnetische und elektrische Anziehungskräfte auf dem Prüfstand: Die Fallstudie "William Gilbert". *Unterricht Physik*, 23(127), 18–23.
- Höttecke, D., Henke, A. & Krüger, J. (2015). Naturwissenschaften im Wandel der Zeit. Konzepte der Wissenschaftsforschung. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (Bd. 35, S. 310–312). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Kiel: IPN.
- Höttecke, D., Henke, A. & Rieß, F. (2011). Was ist Bewegung? Eine historische Fallstudie zum Trägheitskonzept und zum Lernen über die Natur der Naturwissenschaften. *Unterricht Physik*, 22(126), 25–31.
- Höttecke, D., Henke, A. & Rieß, F. (2012). Implementing History and Philosophy in Science Teaching: Strategies, Methods, Results and Experiences from the European HIPST Project. *Science & Education*, 21(9), 1233–1261.

- Höttecke, D. & Rieß, F. (2009). Developing and implementing case studies for teaching science with the help of history and philosophy. Framework and critical perspectives on "HIPST" - A European approach for the inclusion of history and philosophy in science teaching. Paper presented at the Tenth International History. Zugriff 6. Juli 2016, unter %5Curl%7Bhttp://www.nd.edu/%C4%A9hpst09/papers/Hoettecke\_Paper\_IHPST09.pdf%7D
- Höttecke, D. & Silva, C. C. (2011). Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles. *Science & Education*, 20(3-4), 293–316.
- Hussy, W., Schreier, M. & Echterhoff, G. (2010). *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften, für Bachelor: Mit 23 Tabellen*. Berlin: Springer.
- Irez, S. (2009). Nature of science as depicted in Turkish biology textbooks. *Science Education*, 93(3), 422–447.
- Irwin, A. R. (2000). Historical Case Studies: Teaching the Nature of Science in context. *Science Education*, 84(1), 5–26.
- Irzik, G. & Nola, R. (2014). New Directions for nature of science research. In M. R. Matthews (Hrsg.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (S. 999–1021).
- Jaeger, L. (2015). *Die Naturwissenschaften: Eine Biographie*. Berlin: Springer Spektrum.
- Jeismann, K.-E. (2000). "Geschichtsbewußtsein" als zentrale Kategorie der Didaktik des Geschichtsunterrichts. In W. Jacobmeyer & B. Schönemann (Hrsg.), *Geschichte und Bildung* (S. 46–72). Paderborn: F. Schöningh.
- Jenisch, A. (2004). Wie erklären Jugendliche historischen Wandel? Eine emoirische Untersuchung zu Schülervorstellungen. In B. Alavi (Hrsg.), *Migration und Fremdverstehen* (Bd. 16, S. 259–268). Schriften zur Geschichtsdidaktik. Idstein: Schulz-Kirchner.
- Jenisch, A. (2006). Schülerzeichnungen zum historischen Wandel. In H. Günther-Arndt & M. Sauer (Hrsg.), *Geschichtsdidaktik empirisch* (Bd. 14, S. 111–125). Zeitgeschichte - Zeitverständnis. Berlin: Lit-Verl.
- Jörissen, B. & Marotzki, W. (2009). *Medienbildung - Eine Einführung: Theorie - Methoden - Analysen*. UTB. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Jung, N., Molitor, H. & Schilling, A. (2011). *Natur im Blick der Kulturen: Naturbeziehung und Umweltbildung in fremden Kulturen als Herausforderung für unsere Bildung*. Eberswalder Beiträge zu Bildung und Nachhaltigkeit. Opladen: Budrich UniPress.
- Jung, W. (1978). Zum Problem der "Schülervorstellungen". *phycia didact.* 5(3), 125–146.

- Jung, W. (1986). Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie*, 34(13), 2–6.
- Jung, W. (1993). Hilft die Entwicklungspsychologie dem Physikunterricht? In R. Duit (Hrsg.), *Kognitive Entwicklung und Lernen der Naturwissenschaften* (Bd. 135, S. 86–108). Kiel: IPN.
- Kallmeyer, W. & Schütze, F. (1977). Zur Konstitution von Kommunikationsschemata der Sacverhaltsdarstellung. In D. Wegner (Hrsg.), *Gesprächsanalysen* (Bd. Bd 65. Reihe 1, Kommunikationsforschung, S. 159–274). Forschungsberichte des Instituts für Kommunikationsforschung und Phonetik der Universität Bonn. Hamburg: H. Buske.
- Kampa, N., Neumann, I., Heitmann, P. & Kremer, K. (2016). Epistemological beliefs in science – a person-centered approach to investigate high school students' profiles. *Contemporary Educational Psychology*, 46, 81–93.
- Kasper, L. (2008). Lernen aus historischen "Irrtümern": Die CD-ROM "Tafelrunde" - ein szenischer Dialog zum historischen Wechsel der Theorien des Erdmagnetismus. *Unterricht Physik*, 19(103), 42–43.
- Kattmann, U. (2007). Didaktische Rekonstruktion: eine praktische Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 93–104). Berlin: Springer-Verlag.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion: Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3–18.
- Kaufmann, G. (1980). *Imagery, language, and cognition: Toward a theory of symbolic activity in human problem-solving*. Universitetsforl.
- Khishfe, R. & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551–578.
- Kircher, E. (2015). *Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (3. Aufl.). Berlin: Springer Spektrum.
- Kircher, E. & Dittmer, A. (2004). Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften - ein überblick -. In C. Hößle, D. Höttecke & E. Kircher (Hrsg.), *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften* (S. 2–22). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Klafki, W. (1958). Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung. *Die deutsche Schule*, 450–471.

- Klafki, W. (2007). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Zeitgemässe Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik* (6., neu ausgestattete Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Kleemann, F., Krähnke, U. & Matuschek, I. (2013). *Interpretative Sozialforschung: Eine Einführung in die Praxis des Interpretierens* (2. Aufl.). Lehrbuch. Wiesbaden: Springer.
- Klopfer, L. E. & Cooley, W. W. (1963). The history of science cases for high schools in the development of student understanding of science and scientists: A report on the HOSG instruction project. *Journal of Research in Science Teaching*, 1(1), 33–47.
- KMK. (2004). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss: Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. München: Wulter Kluwer.
- Köhnlein, W. (1982). *Exemplarischer Physikunterricht: Beispiele und Anmerkungen zu einer Pädagogik der Physik*. Bad Salzdetfurth: Franzbecker.
- Kokemohr, R. (2007). Bildung als Welt- und Selbstentwurf im Anspruch des Fremden. Eine theoretisch-empirische Annäherung an eine Bildungsprozessstheorie. In H.-C. Koller, W. Marotzki & O. Sanders (Hrsg.), *Bildungsprozesse und Fremdheitserfahrung* (Bd. 7, S. 13–68). Theorie bilden. Bielefeld: Transcript-Verl.
- Kölbel, C. (2005). Historisches Denken. Fokussierte Interviews und Gruppendiskussionen als Möglichkeit des empirisch-psychologischen Zugangs. In H. Günther-Arndt (Hrsg.), *Geschichtsunterricht und Didaktische Rekonstruktion* (S. 17–31). OldenburgerVorDrucke 519.
- Kölbel, C. & Straub, J. (2001). Geschichtsbewusstsein im Jugendalter. Theoretische und exemplarische empirische Analysen. *Forum: Qualitative Sozialforschung*, 2(3), 103 Absätze. Zugriff 6. Juli 2016, unter %5Curl%7Bhttp://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs010397%7D
- Koller, H.-C. (Hrsg.). (2008). *Sinnkonstruktion und Bildungsgang: Zur Bedeutung individueller Sinnzuschreibungen im Kontext schulischer Lehr-Lern-Prozesse*. Studien zur Bildungsgangforschung. Opladen: Budrich.
- Koller, H.-C. (2009). Bildung als Habituswandel? Zur Bedeutung der Sozialisierungstheorie Bourdieus für ein Konzept transformatorischer Bildungsprozesse. In J. Budde (Hrsg.), *Bildung als sozialer Prozess* (Bd. 46, S. 19–34). Veröffentlichungen der Max-Traeger-Stiftung. Weinheim: Juventa-Verl.
- Koller, H.-C. (2012). *Bildung anders denken: Einführung in die Theorie transformatorischer Bildungsprozesse*. Pädagogik. Stuttgart.

- Konrad, K. (2010). Lautes Denken. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 476–490). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Körper, A. (2013). Historische Sinnbildungstypen: Weitere Differenzierung. *Fachportal-paedagogik.de, DIPF*. Zugriff 6. Juli 2016, unter %5Curl%7Bhttp://www.pedocs.de/volltexte/2013/7264/pdf/Koerber\_2013\_Sinnbildungen\_Differenzierung.pdf%7D
- Kremer, K. H. (2010). *Die Natur der Naturwissenschaften verstehen - Untersuchungen zur Struktur und Entwicklung von Kompetenzen in der Sekundarstufe I* (Diss., Universität Kassel, Kassel).
- Krieg, B. (1993). Elektrifizierung im ländlichen Haushalt: Zur Technikakzeptanz durch Gemeinschaftsanlagen. In M. Dauskardt, H. Gerndt & M. Wiese (Hrsg.), *Der industrialisierte Mensch* (Bd. 5, S. 137–152). Forschungsbeiträge zu Handwerk und Technik. Münster: Ardey-Verlag.
- Krüger, D. & Riemeier, T. (2014). Die qualitative Inhaltsanalyse – eine Methode zur Auswertung von Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 133–145). Berlin: Springer Berlin Heidelberg.
- Krüger, J. & Höttecke, D. (2016). Historisch orientierter Naturwissenschaftsunterricht: Konzeption der Schülerperspektive aus naturwissenschafts- und geschichtsdidaktischer Sicht. In J. Menthe, D. Höttecke, M. Hammann & M. Rothgangel (Hrsg.), *Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe - Beiträge der fachdidaktischen Forschung* (S. 273–283). Münster: Waxmann.
- Kruse, J. (2010). *Reader "Einführung in die qualitative Interviewführung"*. Freiburg.
- Kruse, J. (2015). *Qualitative Interviewforschung: Ein integrativer Ansatz*. Weinheim und Basel.
- Krysmanski, H. J. (1972). *Soziales System und Wissenschaft: Zur Frage wissenschaftlichen 'Außenseitertums'* (2. Aufl.). Wissenschaftstheorie, Wissenschaftspolitik, Wissenschaftsgeschichte. Düsseldorf: Bertelsmann Univ. Verl.
- Kubbig, B. W. (2004). *Wissen als Machtfaktor im Kalten Krieg: Naturwissenschaftler und die Raketenabwehr der USA: Univ., Habil.-Schr.–Frankfurt am Main, 2003*. Studien der Hessischen Stiftung Friedens- und Konfliktforschung. Frankfurt/Main: Campus-Verl.
- Kubli, F. (1999). Historical Aspects in Physics teaching: Using Galileo's Work in a New Swiss Project. *Science Education*, 8(2), 137–150.

- Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions: International encyclopedia of unified science*. Chicago: Chicago Univ. Press.
- Kuhn, T. S. (1976). *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen* (2. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Kuhn, W. (2001). *Ideengeschichte der Physik: Eine Analyse der Entwicklung der Physik im historischen Kontext* (1. Aufl.). Studium. Braunschweig: Vieweg.
- Kurz, G. (1997). *Metapher, Allegorie, Symbol* (4. Aufl.). Kleine Vandenhoeck-Reihe. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Labudde, P. (2000). *Konstruktivismus im Physikunterricht der Sekundarstufe II*. Schulpädagogik, Fachdidaktik, Lehrerbildung. Bern: Haupt.
- Lakatos, I. (1970). *Criticism and the growth of knowledge*. London: Cambridge University Press.
- Lakatos, I. (1982). *Die Methodologie der wissenschaftlichen Forschungsprogramme*. Braunschweig: Vieweg.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1998). *Leben in Metaphern: Konstruktion und Gebrauch von Sprachbildern* (1. Aufl.). Heidelberg: Carl-Auer-Systeme, Verl. und Verl.-Buchh.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the flesh: The embodied mind and its challenge to Western thought*. New York: Basic Books.
- Lamnek, S. (2010). *Qualitative Sozialforschung: Lehrbuch* (5. Aufl.). Grundlagen Psychologie. Weinheim: Beltz.
- Larochelle, M. & Désautels, J. (1991). 'Of course, it's just obvious': adolescents' ideas of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 13(4), 373–389.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331–359.
- Lederman, N. G. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (S. 831–879). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.

- Lederman, N. G., Bartos, S. A. & Lederman, J. S. (2014). The Development, Use, and Interpretation of Nature of Science Assessment. In M. R. Matthews (Hrsg.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (S. 971–997).
- Lederman, N. G. & Druger, M. (1985). Classroom factors related to changes in students' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(7), 649–662.
- Lederman, N. G. & Lederman, J. S. (2014). Research on Teaching and Learning of the Nature of Science. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education, Volume II* (S. 600–620). New York.
- Lederman, N. G. & O'Malley, M. (1990). Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change. *Science Education*, 74(2), 225–239.
- Lederman, N. G., Wade, P. & Bell, R. L. (1998). Assessing Understanding of the Nature of Science: a historical perspective. In W. F. McComas (Hrsg.), *The Nature of science in science education* (S. 331–350). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Lederman, N. G. & Zeidler, D. L. (1987). Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teaching behavior? *Science Education*, 71(5), 721–734.
- Lee, P., Dickinson, A. & Ashby, R. (1996). Project Chata: Concepts of History and Teaching Approaches at Key Stages 2 and 3. *Teaching History*, 82(1), 6–11.
- Lee, P., Dickinson, A. & Ashby, R. (1998). Researching children's ideas about history. In J. F. Voss & M. Carretero (Hrsg.), *International review of history education* (S. 227–251). London: Woburn.
- Leisen, J. (1998). Physikalische Begriffe und Sachverhalte. Repräsentationen auf verschiedenen Ebenen. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 47(2), 14–18.
- Leisen, J. (2008). Die koperikanische Wende. *Unterricht Physik*, 103, 34–41.
- Lenger, A., Schneickert, C. & Schumacher, F. (2013a). Pierre Bourdieus Konzeption des Habitus. In A. Lenger, C. Schneickert & F. Schumacher (Hrsg.), *Pierre Bourdieus Konzeption des Habitus* (S. 13–41). SpringerLink : Bücher. Wiesbaden: Imprint: Springer VS.
- Lenger, A., Schneickert, C. & Schumacher, F. (Hrsg.). (2013b). *Pierre Bourdieus Konzeption des Habitus: Grundlagen, Zugänge, Forschungsperspektiven*. Wiesbaden: Imprint: Springer VS.

- Leutner, D. & Schmeck, A. (2014). The drawing principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 433–448). Cambridge Handbooks in Psychology.
- Levinstein, S. (1918). *Das Kind als Künstler: Kinderzeichnungen bis zum 14. Lebensjahr* (2. Auflage). Leipzig: R. Voigtländers Verlag.
- Limón, M. (2002). Conceptual Change in History. In M. Limón & L. Mason (Hrsg.), *Reconsidering conceptual change* (S. 259–289). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Lin, H.-S. & Chen, C.-C. (2002). Promoting preservice chemistry teachers' understanding about the nature of science through history. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(9), 773–792.
- Lipp, C. (1993). Der industrialisierte Mensch: Zum Wandel historischer Erfahrungen und wissenschaftlicher Deutungsmuster. In M. Dauskardt, H. Gerndt & M. Wiese (Hrsg.), *Der industrialisierte Mensch* (Bd. 5, S. 17–44). Forschungsbeiträge zu Handwerk und Technik. Münster: Ardey-Verlag.
- Liu, S. (2005). Models of „the heavens and the earth“: An investigation of German and Taiwanese students' alternative conceptions of the universe. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3, 295–325.
- Loos, P., Nohl, A.-M., Przyborski, A. & Schäffer, B. (Hrsg.). (2013). *Dokumentarische Methode: Grundlagen - Entwicklungen - Anwendungen*. Opladen: Verlag Barbara Budrich.
- Lübke, B. & Gebhard, U. (2016, eingereicht). Zum Bildungspotential von Biologieunterricht. Fallstudien zur Reflexion von Alltagsphantasien. In D. Krüger, P. Schmiemann, A. Möller, A. Dittmer & H. Weitzel (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 2016*.
- Luhmann, N. (1992). *Die Wissenschaft der Gesellschaft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Luhmann, N. (2005). *Soziologische Aufklärung 2: Aufsätze zur Theorie der Gesellschaft* (5. Auflage). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Mamlok-Naaman, R., Ben-Zvi, R., Hofstein, A., Menis, J. & Erduran, S. (2005). Learning Science through a historical approach: does it affect the attitudes of non-science-oriented-students towards science? *International Journal of Science and mathematical education*, 3(3), 485–507.
- Mannheim, K. (1964). *Wissenssoziologie: Auswahl aus dem Werk*. Hermann Luvhterhand Verlag.

- Mannheim, K., Kettler, D., Meja, V. & Stehr, N. (1980). *Strukturen des Denkens* (1. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Mannheim, K., Kettler, D., Meja, V. & Stehr, N. (1984). *Konservatismus: Ein Beitrag zur Soziologie des Wissens* (1. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Martens, M. (2010). *Implizites Wissen und kompetentes Handeln: Die empirische Rekonstruktion von Kompetenzen historischen Verstehens im Umgang mit Darstellungen von Geschichte* (1. Aufl.). Beihefte zur Zeitschrift für Geschichtsdidaktik. Göttingen: V & R Unipress.
- Martens, M. & Asbrand, B. (2009). Rekonstruktion von Handlungswissen und Handlungskompetenz: auf dem Weg zu einer qualitativen Kompetenzforschung. *Zeitschrift für Qualitative Forschung*, 10(2), 201–217.
- Mason, S. F. (1961). *Geschichte der Naturwissenschaft*. Stuttgart: Alfred Körner Verlag.
- Mathis, C. (2009). Schülervorstellungen zur Französischen Revolution. Ein Vergleich zwischen Schülerinnen und Schülern der 9. Klasse in der deutsch- und in der französischsprachigen Schweiz. In J. Hodel (Hrsg.), *Forschungswerkstatt Geschichtsdidaktik 07* (Bd. 2, S. 100–110). Reihe Geschichtsdidaktik heute. Bern: hep.
- Matthews, M. R. (1989). A Role for History and Philosophy in Science Teaching. *Interchange*, 20(2), 3–15.
- Matthews, M. R. (1992). History, Philosophy, and Science Teaching: The Present Rapprochement. *Science & Education*, 1(1), 11–47.
- Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. Philosophy of education research library. New York: Routledge.
- Matthews, M. R. (2012). Changing the Focus: From Nature of Science (NOS) to Features of Science (FOS). In M. S. Khine (Hrsg.), *Advances in nature of science research* (S. 3–26). Dordrecht: Springer.
- Matthews, M. R. (2014). Introduction: The History, Purpose and Content of the Springer International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching. In M. R. Matthews (Hrsg.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (S. 1–15).
- McComas, W. F. (1998). The principal Elements of the Nature of Science: Dispelling the Myths. In W. F. McComas (Hrsg.), *The Nature of science in science education* (S. 53–72). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- McComas, W. F., Clough, M. P. & Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. In W. F. McComas (Hrsg.), *The Nature of science in science education* (S. 3–39). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Mead, M. & Metraux, R. (1957). Image of the Scientist among High-School Students: A Pilot Study. *Science*, 126(3270), 384–390.
- Meidl, C. N. (2009). *Wissenschaftstheorien für SozialforscherInnen*. UTB. Wien: Böhlau.
- Meuser, M. (2007). Repräsentation sozialer Strukturen im Wissen. Dokumentarische Methode und Habitusrekonstruktion. In R. Bohnsack, I. Nentwig-Gesemann & A.-M. Nohl (Hrsg.), *Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis* (S. 209–224). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften GWV Fachverlage GmbH.
- Meyer-Hamme, J. & Borries, B. v. (2008). "Sinnbildung über Zeiterfahrung"? Geschichtslernen im Spannungsfeld von Subjekt- und Institutionsperspektive. In H.-C. Koller (Hrsg.), *Sinnkonstruktion und Bildungsgang* (Bd. 24, S. 107–135). Studien zur Bildungsgangforschung. Opladen: Budrich.
- Meyling, H. (1997). How to Change Students' conceptions of the Epistemology of Science. *Science & Education*, 6(4), 397–416.
- Michalik, K. (2005). Philosophieren über Mensch und Natur im Sachunterricht. In C. Höble & K. Michalik (Hrsg.), *Philosophieren mit Kindern und Jugendlichen* (S. 13–23). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Miller, J. D. (1997). Civic Scientific Literacy in the United States: A Development Analysis from Middle-school through Adulthood. In W. Gräber (Hrsg.), *Scientific literacy* (Bd. 154, S. 121–142). IPN. Kiel: IPN.
- Möller, K. (2001). Genetisches Lehren und Lernen - Facetten eines Begriffs. In C. Diethard, B. Feige, J. Kahlert, G. S. H. Löffler, H.-J. Schwier & U. Stoltenberg (Hrsg.), *Die Aktualität der Pädagogik Martin Wagenscheins für den Sachunterricht* (S. 15–30). Bad Heilbrunn: Kinkhardt.
- Moschner, B. & Dickhäuser, O. (2010). Selbstkonzept. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch pädagogische Psychologie* (S. 760–766). Anwendung Psychologie. Weinheim: Beltz.
- Moser, K. S. (2000). Metaphor Analysis in Psychology: Method, Theory, and Fields of Application. *Forum: Qualitative social Research*, 1(2). Zugriff 15. Juli 2016, unter %5Curl%7Bhttp://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/1090/2387%7D
- Moser, K. S. (2001). Explikation von implizitem Wissen mittels Metaphernanalyse am Beispiel von Wissensmanagementprojekten. In G. A. Straka (Hrsg.), *Wie kann 'Tacit*

- Expertise' explizit gemacht werden?* (Bd. 7, S. 40–54). Forschungs- und Praxisberichte der Forschungsgruppe LOS (Lernen, Organisiert und Selbstgesteuert). Bremen: Univ.-Buchh.
- Mühlhölzer, F. (2011). *Wissenschaft*. Stuttgart: Reclam.
- Müller, R. (Hrsg.). (2011). *Schülervorstellungen in der Physik: Festschrift für Hartmut Wiesner* (3. Aufl.). Köln: Aulis-Verl. Deubner.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington: The National Academy Press.
- Neumann, I. & Kremer, K. H. (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen - Ähnlichkeiten und Unterschiede. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 209–232.
- Neuß, N. (1999). *Symbolische Verarbeitung von Fernseherlebnissen in Kinderzeichnungen* (Diss., Univ, München und Hamburg).
- Niedderer, H. (1999). Physiklernen als kognitive Entwicklung. In F. D. d. P. Deutsche Physikalische Gesellschaft (Hrsg.), *Didaktik der Physik: Vorträge - Physikertagung* (S. 33–48).
- Niedderer, H. & Schecker, H. (2004). Physik lernen und das Vorverständnis der Schüler. In C. Höble, D. Höttecke & E. Kircher (Hrsg.), *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften* (S. 248–263). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Nohl, A.-M. (2005). Dokumentarische Interpretation narrativer Interviews. *bildungsfor-schung*, 2(2).
- Nohl, A.-M. (2006). *Bildung und Spontaneität: Phasen biographischer Wandlungsprozesse in drei Lebensaltern: empirische Rekonstruktionen und pragmatistische Reflexionen*. Opladen: Barbara Budrich.
- Nohl, A.-M. (2012). *Interview und dokumentarische Methode: Anleitungen für die Forschungspraxis* (4. Aufl. 2012.). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften und Imprint: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Nohl, A.-M. (2013). *Relationale Typenbildung und Mehrebenenvergleich: Neue Wege der dokumentarischen Methode*. Qualitative Sozialforschung. Wiesbaden: Springer VS.
- Nohl, A.-M., Schäffer, B., Loos, P. & Przyborski, A. (2013). Einleitung: Zur Entwicklung der dokumentarischen Methode durch Ralf Bohnsack. In P. Loos, A.-M. Nohl, A. Przyborski & B. Schäffer (Hrsg.), *Dokumentarische Methode* (S. 9–40). Opladen: Verlag Barbara Budrich.

- Nokes, J. D. (2013). *Building students' historical literacies: Learning to read and reason with historical texts and evidence*. New York: Routledge, Taylor & Francis.
- Ødegaard, M. (2003). Dramatic Science. A Critical Review of Drama in Science Education. *Studies in Science Education*, 39(1), 75–101.
- Ortony, A. (1975). Why Metaphors are necessary and not just nice. *Educational Theory*, 25, 45–53.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692–720.
- Oschatz, K. (2011). *Intuition und fachliches Lernen: Zum Verhältnis von epistemischen Überzeugungen und Alltagsphantasien*. Wiesbaden: VS-Verlag.
- Pagliarini, C. d. & Silva, C. C. (2007). History and Nature of Science in Brazilian physics textbooks: Some findings and Perspectives. Zugriff 6. Juli 2016, unter %5Curl%7Bhttp://www.ucalgary.ca/ihpst07/proceedings/IHPST07%20papers/2122%20Silva.pdf%7D
- Pandel, H.-J. (2002). Erzählen und Erzählakte: Neuere Entwicklungen in der didaktischen Erzähltheorie. In M. Demantowsky & B. Schönemann (Hrsg.), *Neue geschichtsdidaktische Positionen* (S. 39–56). Projekt Verlag.
- Pandel, H.-J. (2013). *Geschichtsdidaktik: Eine Theorie für die Praxis*. Forum historisches Lernen. Schwalbach am Taunus: Wochenschau-Verlag.
- Panofsky, E. (1975). *Sinn und Deutung in der bildenden Kunst: Meaning in the visual arts*. Dumont Kunst-Taschenbücher. Köln: M. Dumont Schauberg.
- Pape, M. (2006). Methodische Zugangsweise zur Erfassung von Geschichtsbewusstsein im Kindesalter: Gruppendiskussionen und Kinderzeichnungen. In H. Günther-Arndt & M. Sauer (Hrsg.), *Geschichtsdidaktik empirisch* (Bd. 14, S. 85–110). Zeitgeschichte - Zeitverständnis. Berlin: Lit-Verl.
- Pape, M. (2008). *Entwicklung von Geschichtsbewusstsein im Hinblick auf die unterrichtspraktische Gestaltung historischer Themen im Sachunterricht* (Diss., Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Hannover).
- Pawek, C. (2009). *Schülerlabore als interesselördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe* (Diss., Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel).

- Pelizäus-Hoffmeister, H. (2013). *Zur Bedeutung von Technik im Alltag Älterer: Theorie und Empirie aus soziologischer Perspektive*. Alter(n) und Gesellschaft. Wiesbaden: Springer VS.
- Pella, M. O., O'hearn, G. T. & Gale, C. W. (1966). Referents to scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 4(3), 199–208.
- Pfundt, H. (1975). Ursprüngliche Erklärungen der Schüler für chemische Vorgänge. *Der mathematisch naturwissenschaftliche Unterricht*, 28(3), 157–162.
- Piaget, J. (1973). *Einführung in die genetische Erkenntnistheorie*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1975). *Die Entwicklung der physikalischen Mengenbegriffe beim Kinde: Gesammelte Werke 4* (1. Aufl.). Stuttgart: Klett.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1990). *Die Entwicklung des inneren Bildes beim Kind* (1. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Pichot, A. (1995). *Die Geburt der Wissenschaft: Von den Babyloniern zu den frühen Griechen*. Frankfurt: Campus.
- Plett, H. F. (2000). *Systematische Rhetorik: Konzepte und Analysen*. UTB für Wissenschaft: Uni-Taschenbücher. München: Fink.
- Polanyi, M. (1985). *Implizites Wissen* (1. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Popper, K. R. (1959). *The logic of scientific discovery*. New York: Roulledge.
- Popper, K. R. (1971). *Logik der Forschung* (4. Aufl.). Die Einheit der Gesellschaftswissenschaften. Tübingen: Mohr.
- Poser, H. (2001). *Wissenschaftstheorie: Eine philosophische Einführung*. Universal-Bibliothek. Stuttgart: Reclam.
- Prenzel, M. & Seidel, T. (2008). Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen: Learning Science. In W. Schneider (Hrsg.), *Handbuch der Pädagogischen Psychologie* (Bd. 10, S. 608–618). Handbuch der Psychologie. Göttingen: Hogrefe.
- Priemer, B. (2003). Ein diagnostischer Test zu Schüleransichten über Physik und Lernen von Physik - eine deutsche Version des Tests "Views about Science survey". *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 160–178.
- Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 159–175.

- Przyborski, A. (2004). *Gesprächsanalyse und dokumentarische Methode: Qualitative Auswertung von Gesprächen, Gruppendiskussionen und anderen Diskursen*. Lehrbuch. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Pukies, J. (1979). *Das Verstehen der Naturwissenschaften* (1. Aufl.). Braunschweig: Westermann.
- Rahmenplan Physik. (2009). Bildungsplan gymnasiale Oberstufe Physik.
- Rahmenplan Physik. (2011). Bildungsplan Gymnasium Sekundarstufe I : Physik.
- Raufuss, D. (1989). *Die physikalisch-naturwissenschaftliche Denkweise: Zur Vermittlung durch Schule, Hochschule und Medien*. Didaktik der Naturwissenschaften. Köln: Aulis-Verl. Deubner.
- Reckwitz, A. (2003). Grundelemente einer Theorie sozialer Praktiken: eine sozialtheoretische Perspektive. *Zeitschrift für Soziologie*, 34(4), 282–301.
- Reich, K. (2008). *Konstruktivistische Didaktik: Lehr- und Studienbuch mit Methodenpool* (4. Aufl.). Beltz Pädagogik. Weinheim: Beltz.
- Reiß, W. (2000). Zur Produktion und Analyse von Kinderzeichnungen. In F. Heinzel (Hrsg.), *Methoden der Kindheitsforschung* (Bd. 18, S. 231–244). Kindheiten. Weinheim: Juventa.
- Richards, I. A. (1983). Die Metapher (1936). In A. Haverkamp (Hrsg.), *Theorie der Metapher* (Bd. 389, S. 31–54). Wege der Forschung. Darmstadt: Wiss. Buchges.
- Rieß, F. (1997). Defizite des naturwissenschaftlichen Unterrichts in Deutschland. In A. Dally (Hrsg.), *Geschichte und Theorie der Naturwissenschaften im Unterricht* (Bd. [19]96,53, S. 14–28). Loccum Protokolle. Rehburg-Loccum: Evang. Akad. Loccum, Protokollstelle.
- Rieß, F. & Schulz, R. (1988). Zur Rechtfertigung des historisch-genetischen Ansatzes im naturwissenschaftlichen Unterricht. *physica didactica*, 15(3/4), 32–59.
- Rieß, F. & Schulz, R. (1994). Naturwissenschaftslernen als Textverstehen und Geräteverstehen: Naturwissenschaftsdidaktik in hermeneutischer Absicht und die Rekonstruktion historischer Experimentierpraxis. In W. Misgeld, K. P. Ohly, H. Rühaak & H. Wiemann (Hrsg.), *Historisch-genetisches Lernen in den Naturwissenschaften* (Bd. 98, S. 185–204). Blickpunkt Hochschuldidaktik. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Rimmele, M. (2011). "Metapher" als Metapher. Zur Relevanz eines übertragenen Begriffs in der Analyse figurativer Bilder. *kunsttexte.de*, 1.

- Ritter, J., Gründer, K. & Gabriel, G. (Hrsg.). (1972). *Historisches Wörterbuch der Philosophie*. Basel: Schwabe.
- Roberts, D. A. (2007). Scientific Literacy/Science Literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (S. 729–780). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Roberts, D. A. & Bybee, R. W. (2014). Scientific Literacy, Science Literacy, and Science Education. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education, Volume II* (S. 545–558). Routledge.
- Rolf, E. (2005). *Metaphertheorien: Typologie, Darstellung, Bibliographie*. De Gruyter Lexikon. Berlin: W. de Gruyter.
- Rost, D. H. & Sparfeldt, J. R. (2002). Facetten des schulischen Selbstkonzepts. *Diagnostica*, 48(3), 130–140.
- Roth, G. (1994). *Das Gehirn und seine Wirklichkeit: Kognitive Neurobiologie und ihre philosophischen Konsequenzen* (1. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Rüsen, J. (1983). *Historische Vernunft: Grundzüge einer Historik I*. Kleine Vandenhoeck-Reihe. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Rüsen, J. (1989a). *Grundzüge einer Historik: 3/ Jörn Rüsen*. Kleine Vandenhoeck-Reihe. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Rüsen, J. (1989b). The Development of Narrative Competence in Historical Learning: An Ontogenetic Hypothesis concerning Moral Consciousness. *History and Memory*, 1(2), 35–59.
- Rüsen, J. (1994). *Historisches Lernen: Grundlagen und Paradigmen*. Köln: Böhlau.
- Rüsen, J. (1995). Geschichtskultur. *Geschichte in Wissenschaft und Unterricht*, 9, 513–521.
- Rüsen, J. (1997). Historisches Erzählen. In K. Bergmann (Hrsg.), *Handbuch der Geschichtsdidaktik* (S. 57–63). Seelze-Velber: Kallmeyer.
- Sachs-Hombach, K. (2003). *Das Bild als kommunikatives Medium: Elemente einer allgemeinen Bildwissenschaft* (1. Aufl.). Köln: Herbert von Halem Verlag.
- Salmon, W. C. (1999). The Spirit of Logical Empiricism: Carl G. Hempel's Role in Twentieth-Century Philosophy of Science. *Philosophy of Science*, 66(3), 333.
- Sander, H. (2016). *Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung: Eine rekonstruktive Perspektive auf Bewer-*

- tungskompetenz in der Didaktik der Naturwissenschaft* (Diss., Universität Hamburg, Hamburg).
- Schanze, S. (2014). Learning by drawing: Durch eigene Zeichnungen das Verständnis chemischer Konzepte fördern. In S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht* (Bd. 34, S. 327–329). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Kiel: IPN.
- Schecker, H. (1985). *Das Schülervorverständnis zur Mechanik: Eine Untersuchung in der Sekundarstufe II unter Einbeziehung historischer und wissenschaftstheoretischer Aspekte* (Diss., Universität Bremen - Fachbereich I (Physik/Elektrotechnik), Bremen).
- Schetty, S. A. (1974). *Kinderzeichnungen - Eine entwicklungspsychologische Untersuchung: Eine Vergleichsuntersuchung*. Zürich: Juris Durck + Verlag.
- Schimank, U. (2005). *Die Entscheidungsgesellschaft: Komplexität und Rationalität der Moderne*. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwissenschaften.
- Schneider, M. (2003). *Anthropology in the flesh - Implikationen der kognitiven Metaphertheorie von George Lakoff und Mark Johnson für die Ethnologie*. München: GRIN-Verl.
- Schönemann, B. (2000). Geschichtsdidaktik und Geschichtskultur. In B. Mütter (Hrsg.), *Geschichtskultur* (Bd. 11, S. 26–58). Schriften zur Geschichtsdidaktik. Weinheim: Dt. Studienverl.
- Schönemann, B. (2012). Geschichtsbewusstsein - Theorie. In M. Barricelli & M. Lücke (Hrsg.), *Handbuch Praxis des Geschichtsunterrichts* (S. 98–111). Schwalbach: Wochenschau.
- Schörken, R. (1972). Geschichtsdidaktik und Geschichtsbewußtsein. In H. Süßmuth & O. Anweiler (Hrsg.), *Geschichtsunterricht ohne Zukunft?* (Bd. 1,1, S. 87–101). Anmerkungen und Argumente zur historischen und politischen Bildung. Stuttgart: Klett.
- Schulte, K., Hartig, J. & Pietsch, M. (2014). Der Sozialindex für Hamburger Schulen. In D. Fickermann & N. Maritzen (Hrsg.), *Grundlagen für eine daten- und theoriegestützte Schulentwicklung* (S. 67–80). Münster: Waxmann.
- Schulz-Hageleit, P. (2004). *Geschichtsbewusstsein und Zukunftssorge: Unbewusstheiten im geschichtswissenschaftlichen und geschichtsdidaktischen Diskurs : Geschichtsunterricht als "Historische Lebenskunde"*. Geschichte und Psychologie. Herbolzheim: Centaurus.

- Schütz, A. (1971). *Gesammelte Aufsätze: I Das Problem der sozialen Wirklichkeit*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Schütz, A. & Luckmann, T. (2003). *Strukturen der Lebenswelt*. UTB Sozialwissenschaften, Philosophie. Konstanz: UVK Verl.-Ges.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G. & Lederman, J. S. (2008). An Instrument to assess views of Scientific Inquiry: The VOSI Questionnaire: Paper presented at the annual meeting of the National Association of Research in Science Teaching, Baltimore, March 2008. Zugriff 15. Juli 2016, unter %5Curl%7Bhttp://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=D05A992775B9666AD7BF85FE01D6E140?doi=10.1.1.519.2693&rep=rep1&type=pdf%7D
- Schwingel, M. (2009). *Pierre Bourdieu zur Einführung* (6. Aufl.). Hamburg: Junius.
- Semar, W. (2014). Digitale Veränderungsprozesse: Konsequenzen für das Lern- und Kommunikationsverhalten. In O. Eigenbrodt & R. Stang (Hrsg.), *Formierungen von Wissensräumen* (Bd. 3, S. 11–21). Age of Access? Grundfragen der Informationsgesellschaft. Berlin: De Gruyter.
- Shamos, M. H. (2002). Durch Prozesse ein Bewußtsein für Naturwissenschaften entwickeln. In W. Gräber, P. Nentwig & T. E. R. Koballa (Hrsg.), *Scientific literacy* (S. 45–68). Leverkusen: Leske + Budrich.
- Shapin, S. (1994). *The social history of truth*. Chicago: University of Chicago Press.
- Sibum, H. O. (1990). *Physik aus ihrer Geschichte verstehen: Entstehung und Entwicklung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsstile in der Elektrizitätsforschung des 18. Jahrhunderts*. Wissenschafts- und Technikgeschichte. Wiesbaden: DUV.
- Sibum, H. O. (1994). Im Geiste entworfen - am Körper erfahren: Die historische Rekonstruktion sogenannter vorwissenschaftlicher Erfahrungen mit Elektrizität. In W. Misgeld, K. P. Ohly, H. Rühaak & H. Wiemann (Hrsg.), *Historisch-genetisches Lernen in den Naturwissenschaften* (Bd. 98). Blickpunkt Hochschuldidaktik. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Sichau, C. (2000). : Practising Helps: Thermodynamics, History, and Experiment. *Science and Education*, 9(4), 389–398.
- Solla Price, D. J. d. (1974). *Little Science, Big Science: Von der Studierstube zur Großforschung*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Solomon, J. (1991). Teaching about the nature of science in the british national curriculum. *Science Education*, 75(1), 95–103.

- Solomon, J. (1992). The classroom discussion of science-based social issues presented on television: knowledge, attitudes and values. *International Journal of Science Education*, 14(4), 431–444.
- Solomon, J. (1993). *Teaching science, technology, and society*. Developing science and technology education. Buckingham: Open University Press.
- Solomon, J., Scott, L. & Duveen, J. (1996). Large-Scale Exploration of Pupils' Understanding of the Nature of Science. *Science Education*, 80(5), 493–508.
- Someren, M. W. v., Barnard, Y. F. & Sandberg, J. (1994). *The think aloud method: A practical guide to modelling cognitive processes*. Knowledge-based systems. London: Academic Press.
- Songer, N. B. & Linn, M. C. (1991). How do students' views of science influence knowledge integration? *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 761–784.
- Steinke, I. (1999). *Kriterien qualitativer Forschung: Ansätze zur Bewertung qualitativ-empirischer Sozialforschung*. Weinheim: Juventa.
- Stern, L. & Roseman, J. E. (2004). Can middle-school science textbooks help students learn important ideas? Findings from project 2061's curriculum evaluation study: Life science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(6), 538–568.
- Stettler, P. (1997). Texte schreiben im Physikunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie*, 8(37), 31–36.
- Stichweh, R. (1984). *Zur Entstehung des modernen Systems wissenschaftlicher Disziplinen: Physik in Deutschland 1740-1890* (1. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Strahl, A. (2014). Einführung in die philosophischen Grundlagen der Natur der Naturwissenschaften. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 63(8), 5–10.
- Strub, C. (2004). Ordo troporum naturalis. Zur Systematisierung der Tropen. In J. Fohrmann (Hrsg.), *Rhetorik* (Bd. 25, S. 7–38). Germanistische Symposien, Berichtsbände. Stuttgart: Metzler.
- Sumfleth, E. (1992). Schülervorstellungen im Chemieunterricht. *Der mathematisch naturwissenschaftliche Unterricht*, 45(7), 410–414.
- tagesschau.de, S., Werner Eckert. (2016). *Glyphosat - krebserregend oder nicht?* Zugriff 18. Juli 2016, unter <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/glyphosat-133.html>

- Trautmann, T. (2010). *Interviews mit Kindern: Grundlagen, Techniken, Besonderheiten, Beispiele*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Uhlmann, S. & Priemer, B. (2011). Der BoFEx-Fragebogen - Die Erhebung von Ansichten über wissenschaftliche Experimente. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Potsdam 2010* (S. 423–425). Berlin: LIT.
- UNESCO. (2010). Science Report 2010: Ein aktuelles Bild der Wissenschaft weltweit. Zugriff 25. Juli 2016, unter %5Curl%7Bhttp://www.unesco.de/fileadmin/medien/Dokumente/Wissenschaft/USR2010d.pdf%7D
- Urhahne, D. (2006). Die Bedeutung domänenspezifischer epistemologischer Überzeugungen für Motivation, Selbstkonzept und Lernstrategien von Studierenden. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20(3), 189–198.
- Urhahne, D., Kremer, K. H. & Mayer, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? Entwicklung und erste Schritte zur Validierung eines Fragebogens. *Unterrichtswissenschaft*, 36(1), 71–94.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45–69.
- Vosniadou, S. (2013). *International handbook of research on conceptual change* (Second edition.). Educational psychology handbook series.
- Wagenschein, M. (1995). *Die pädagogische Dimension der Physik* (1. Aufl.). Grundthemen der pädagogischen Praxis. Braunschweig: Georg Westermann Verlag.
- Wagner, H.-J. (1999). *Rekonstruktive Methodologie: George Herbert Mead und die qualitative Sozialforschung*. Qualitative Sozialforschung. Opladen: Leske + Budrich.
- Weber, K., Frommeld, D., Manzeschke, A. & Fangerau, H. (Hrsg.). (2015). *Technisierung des Alltags*. Wissenschaftsforschung. Wiesbaden: Franz Steiner Verlag.
- Weingart, P. (1976). *Wissensproduktion und soziale Struktur* (1. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Welter, N. (2007). Zum Verhältnis von Bild und Sprache. Eine Annäherung in erkenntnistheoretischer Perspektive. In B. Friebertshäuser, H. v. Felden & B. Schäffer (Hrsg.), *Bild und Text* (S. 303–315). Opladen: Budrich.
- Wichelhaus, B. (1989). Die Kinderzeichnung, eine nonverbale Artikulationsform - Ursprung und Genese. In M. Schuster & B. P. Woschek (Hrsg.), *Nonverbale Kommunikation durch Bilder* (S. 197–214). Stuttgart: Verl. für Angewandte Psychologie.

- Wiesner, H., Schecker, H. & Hopf, M. (2009). *Physikdidaktik kompakt*. Köln: Aulis-Verl.
- Willems, K. (2007). *Schulische Fachkulturen und Geschlecht: Physik und Deutsch - natürliche Gegenpole*. Theorie bilden. Bielefeld: Transcript.
- Wopfner, G. (2012). *Geschlechterorientierungen zwischen Kindheit und Jugend: Dokumentarische Interpretation von Kinderzeichnungen und Gruppendiskussionen*. Leverkusen: Budrich, Barbara.
- Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A. & Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343–367.
- Ziman, J. M. (1980). *Teaching and learning about science and society*. Cambridge [England]: Cambridge University Press.
- Zülsdorf-Kersting, M. (2007). *Sechzig Jahre danach: Jugendliche und Holocaust: Eine Studie zur geschichtskulturellen Sozialisation*. Geschichtskultur und historisches Lernen. Berlin: LIT.
- Zwahr, A. (2006). *Brockhaus Enzyklopädie: In 30 Bänden* (21. Aufl.). 200 Jahre Brockhaus 1805 - 2005. Leipzig: F.A. Brockhaus.



# A. Anhang

Die vollständigen Transkripte der Interviews der Hauptstudie finden sich auf der angefügten CD. Sie wurden nach folgendem Transkriptionsmanual transkribiert.

## A.1. Transkriptionsmanual

Das Transkriptionssystem wurde in Anlehnung an (Flick, 2014, S. 381; Nohl, 2012, S. 123; Deppermann, 2008, S. 41ff) entwickelt. Es dient der Transkription von Interviews, die im Anschluss mit der dokumentarischen Methode ausgewertet werden sollen. Beispiele stehen jeweils rechts. Grundsätzliches Es wird alles transkribiert, was hörbar ist. Grammatikalische und lexikalische Fehler werden nicht bereinigt. Es wird grundsätzlich klein geschrieben. Betonungen, Pausen, die Intonation des Gesagten und nicht-lexikalische Äußerungen werden wie im Folgenden beschrieben transkribiert.

### Betonungen

Nur betonte Silben werden durch Großbuchstaben kenntlich gemacht: „er ging langSAM die treppe hinauf“

### Pausen und Abbrüche

(.) kurze Pause (1 Sekunde oder weniger)

(2) Längere Pause von 2 Sekunden. Andere Längen entsprechend.

= schleifend, ineinander übergehend gesprochene Wörter: „haben=wir gemacht“

- Wort- bzw. Satzabbruch: „viellei- (.) vielleicht haben wir“

### Intonation

? hoch steigende Betonung (v.a. am Satzende, Satz „hört sich wie eine Frage an“)

, mittel steigende Betonung

. tief fallende Betonung

: Dehnung (Anzahl der Doppelpunkte entspricht der Länge der Dehnung) „nei::n:“

°nein° sehr leise gesprochen

@ja@ lachend gesprochen

### Nicht-lexikalisierte Laute und Unverständliches

@(.)@ kurzes Auflachen. Anzahl der Punkte spiegelt die Dauer wider.

Andere Laute werden in zwei runden Klammern eingeschlossen, z.B. „((stöhnt))“

Unverständliche Redebeiträge werden in runde Klammern und Fragezeichen eingefasst, z.B. „(? one ?)“

### Gleichzeitiges Sprechen und Anschließen weiterer Aussagen

Spricht eine Person im Redefluss einer anderen Person, so werden ihre Aussagen im Fließtext mit eckigen Klammern gekennzeichnet, z.B. „ich ging [Int: mhm] nach Haus“

Schließen die Aussagen zweier Personen direkt aneinander, ohne deutliche Pause, an, so werden die Aussagen ohne Zeilenumbruch transkribiert. Der neue Sprecher wird entsprechend in eckige Klammern gesetzt (siehe Beispiel oben).

Pausen von weniger als einer Sekunde werden durch eine Leerzeile verdeutlicht. Bei längeren Pausen zwischen zwei Sprechakten wird in der Leerzeile die entsprechende Dauer der Pause in zwei runden Klammern vermerkt.

## A.2. Interviewleitfaden

Teil 1: Allgemeines, Eisbrecherfragen

- Vorstellung, Teilnahme ist freiwillig, es gibt kein richtig-falsch, sondern deine Meinung zählt.
- Du sollst viel erzählen, ich halte mich zurück, Pausen sind normal.
- Erzähl mir doch mal, was du gerne machst. Ggf. Nachfrage: Gibt es auch Dinge, die du nicht so gerne machst?

Teil 2: Vorübung

- Denk an eine Person, die du gern hast. Stelle die Eigenschaften dieser Person als Eigenschaften eines Gebirges dar. Vielleicht gibt es in den Bergen einen See oder Bäume oder sie sind mit Schneekuppen oder Wegen versehen ... oder etwas ganz anderes! **Male deine Vorstellung von diesem Gebirge. Male alles ein, was dir dazu einfällt. Du hast dafür so viel Zeit, wie du brauchst.**
- Erzähl mir mit Hilfe deines Bildes etwas über die Person. Inwiefern hat X eine Bedeutung?

Teil 3: Naturwissenschaften allgemein

- Wenn du an Naturwissenschaften denkst, was geht dir da durch den Kopf? Erzähl doch mal ...
- Gab es mal Gelegenheiten, wo du mit Naturwissenschaften zu tun hattest? Erzähl bitte davon ...

Teil 4: Zeichenauftrag und Nachfragen

- Stelle dir vor, naturwissenschaftliche Forschung von früher bis heute wäre ein Weg. Vielleicht ist der Weg gerade oder krumm, eben oder uneben, flach oder steil, verzweigt oder nicht, schmal oder breit ... oder etwas ganz Anderes! **Male deine Vorstellung von diesem Weg. Male alles ein, was dir dazu einfällt. Du hast dafür so viel Zeit, wie du brauchst.**
- Erzähl mir mit Hilfe deines Bildes etwas über die naturwissenschaftliche Forschung.
- Inwiefern hat X eine Bedeutung für den Weg?, Was unterscheidet X und Y?, Inwiefern hat es eine Bedeutung das der Weg hier X und dort Y ist?
- Wann ist früher für dich?, Wo ist heute im Bild?
- Was meinst du, wie geht der Weg in Zukunft weiter?
- Inwiefern verändert sich die naturwissenschaftliche Forschung auf dem Weg?
- Stell dir vor, du bist Wissenschaftler an Stelle X des Weges. Wie sieht denn da deine Arbeit aus?
- Du hast deine Chance dein Bild zu verändern oder ein ganz neues Bild zu zeichnen. Möchtest du das machen?

Teil 5: Allgemeines Ende

- Hast du noch einen Gedanken im Kopf, den du noch nicht äußern konntest?

### A.3. Eingesetzter Fragebogen

Folgend dargestellt ist die in der Datenerhebung eingesetzte Version des Fragebogens. Er beinhaltet Fragen zur Person des Interviewten sowie Skalen zu Interesse an Schulfächern, zum Geschichtsbewusstsein und zu Vorstellungen zur NdN. Aufbau und Quellen der Skalen werden in Kapitel 5.1.1 ausgeführt.



		<i>sehr interessant</i>	<i>interessant</i>	<i>mittel</i>	<i>weniger interessant</i>	<i>ganz uninteressant</i>	<i>nicht gehabt</i>
		1	2	3	4	5	N
4	Mathematik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Sport	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Geschichte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Kunst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Physik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Chemie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Musik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Dein Interesse**

Gib bitte an, inwiefern folgende Aussagen für dich zutreffen.

		<i>1 stimmt gar nicht</i>	<i>2 stimmt wenig</i>	<i>3 stimmt teils teils</i>	<i>4 stimmt ziemlich</i>	<i>5 stimmt völlig</i>
		1	2	3	4	5
1	Naturwissenschaften bringen mir Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Die Beschäftigung mit geschichtlichen Themen ist mir sehr wichtig, unabhängig von der Schule und anderen Personen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Auf die Beschäftigung mit Geschichte würde ich ungern verzichten, einfach weil sie mir Freude macht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Ich führe in meiner Freizeit nur ungern Gespräche über naturwissenschaftliche Themen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Ich finde es wichtig, mich mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen zu beschäftigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Für die Beschäftigung mit geschichtlichen Dingen bin ich bereit, meine Freizeit zu verwenden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

		stimmt völlig 1   2   3   4   5 stimmt ziemlich stimmt teils teils stimmt wenig stimmt gar nicht				
7	In meiner Freizeit habe ich besseres zu tun, als über naturwissenschaftliche Phänomene nachzudenken.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
8	Wenn ich mich mit geschichtlichen Dingen befasse, kann ich darin richtig versunken sein.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
9	Naturwissenschaftliche Artikel finde ich völlig uninteressant.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
10	Bei naturwissenschaftlichen Sendungen im Fernsehen schalte ich immer aus oder um.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
11	Naturwissenschaften gehören für mich persönlich zu den wichtigen Dingen.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

**Selbsteinschätzung**

Bitte schätze dich selbst ein.

		stimmt gar nicht 1   2   3   4   5 stimmt wenig stimmt teilweise stimmt ziemlich stimmt völlig				
1	Mich würden Naturwissenschaften bestimmt interessieren, wenn nicht alles so kompliziert wäre.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
2	Manchmal fühle ich mich in Geschichte anderen überlegen und glaube, dass sie noch manches von mir lernen können.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
3	Das Lernen der naturwissenschaftlichen Theorien fällt mir leicht.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
4	Kein Mensch kann alles. Für Naturwissenschaften habe ich einfach keine Begabung.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
5	Ich kann in Geschichte Sachen selbst rauskriegen.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
6	Es fällt mir in Geschichte leicht, Probleme zu lösen.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
7	Naturwissenschaften liegen mir besonders.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
8	Für das Durchführen von Experimenten habe ich kein Händchen.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

		stimmt völlig 1 2 3 4 5 stimmt ziemlich stimmt teilweise stimmt wenig stimmt gar nicht				
9	Ich gehöre in Geschichte zu den Guten.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
10	Obwohl ich mir bestimmt Mühe gebe, fallen mir Naturwissenschaften schwer.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
11	Ich habe ein gutes Gefühl, was meine Arbeit in Geschichte angeht.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
12	Bei manchen Sachen in den Naturwissenschaften, die ich nicht verstehe, weiß ich von vornherein: „Das verstehe ich nie“.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
13	Anhand anschaulicher Experimente verstehe ich auch komplizierte naturwissenschaftliche Theorien.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

**Naturwissenschaften**

Wähle für jede der Aussagen genau eine der fünf Antwortmöglichkeiten aus.

		stimmt gar nicht 1 2 3 4 5 stimmt kaum stimmt teils teils stimmt ziemlich stimmt völlig				
1	Nur Naturwissenschaftler können sich naturwissenschaftliche Forschungsfragen überlegen.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
2	Das Beste an den Naturwissenschaften ist, dass viele Probleme nur eine richtige Lösung aufweisen.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
3	Einige Vorstellungen in den Naturwissenschaften sind heute anders als das, was Naturwissenschaftler früher dachten.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
4	Nur Naturwissenschaftler können Naturphänomene beobachten.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
5	Das Wissen in den Naturwissenschaften ist für alle Zeit wahr.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
6	Naturwissenschaftliche Theorien sind oft komplizierter als sie sein müssten.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
7	Anfänger können noch keine Naturphänomene beobachten.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
8	Naturwissenschaftler stimmen immer darin überein, was in ihrem Fach wahr ist.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

		stimmt gar nicht stimmt kaum stimmt teils stimmt ziemlich stimmt völlig				
		1	2	3	4	5
9	Naturwissenschaftliche Theorien verändern und entwickeln sich mit der Zeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Alle Fragen in den Naturwissenschaften haben genau eine Lösung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Anfänger können sich noch keine naturwissenschaftlichen Forschungsfragen überlegen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Die Vorstellungen in Naturwissenschaftsbüchern verändern sich manchmal.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Ziel naturwissenschaftlicher Theorien ist es, einem Teil menschlicher Erfahrungen eine Ordnung zu geben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Naturwissenschaftliche Theorien werden verändert oder ersetzt, wenn neue Beweise vorliegen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Nur Naturwissenschaftler können naturwissenschaftliche Theorien entwickeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	Es gibt nur die eine Lösung, wenn Naturwissenschaftler einmal das Ergebnis eines Experiments gefunden haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	Bewährte naturwissenschaftliche Theorien dürfen nicht in Frage gestellt werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	Naturwissenschaftler streben danach, so viele Theorien und Gesetze wie eben möglich aufzustellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	Durch neue Entdeckungen kann sich verändern, was Naturwissenschaftler für richtig halten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	Das kreative Denken von Naturwissenschaftlern ist zu wenig vertrauenswürdig, um dadurch naturwissenschaftliche Fortschritte zu erzielen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	Manchmal ändern Naturwissenschaftler ihre Meinung darüber, was in ihrem Fach wahr ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	Naturwissenschaftler führen Experimente durch, um neue Entdeckungen zu machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	Naturwissenschaftler führen Experimente durch um zu erklären, wie bestimmte Ereignisse zustande kommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	In den Naturwissenschaften ist beinahe alles bekannt; es gibt nicht mehr viel, was man herausfinden könnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	Je komplizierter eine naturwissenschaftliche Theorie ist, desto höher ist ihr Ansehen unter Naturwissenschaftlern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

		stimmt gar nicht stimmt kaum stimmt teils teils stimmt ziemlich stimmt völlig 1 2 3 4 5				
26	Naturwissenschaftler untersuchen Naturphänomene und liefern Erklärungen, warum diese auftreten.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
27	Es gibt manche Fragen in den Naturwissenschaften, die auch Naturwissenschaftler nicht beantworten können.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
28	Wenn zwei Theorien ein Naturphänomen gleich gut erklären, ist die kompliziertere Theorie auch die bessere.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
29	Manchmal verändern sich die Vorstellungen in den Naturwissenschaften.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
30	Naturwissenschaftliche Theorien und Gesetze werden eher kompliziert als einfach formuliert.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
31	Ziel naturwissenschaftlicher Theorien ist es, Naturvorgänge zu erklären.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

**Geschichte**

Bitte gib zu jeder Aussage deine persönliche Einschätzung ab.

		stimme gar nicht zu stimme nicht zu unentschieden stimme zu stimme voll zu 1 2 3 4 5				
	1. Was bedeutet Geschichte für DICH?	1	2	3	4	5
a	Eine Quelle von Abenteuer und Aufregung, die mich fasziniert und meine Phantasie anregt.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
b	Ein Schulfach und nicht mehr.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
c	Eine Chance für mich, aus dem Scheitern und den Erfolgen anderer zu lernen.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
d	Etwas Totes und Vergangenes, das mit meinem Leben nichts zu tun hat.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
e	Eine Menge lehrreicher Beispiele dafür, was richtig oder falsch und was gut oder schlecht ist.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
f	Der Hintergrund der gegenwärtigen Lebensweise und die Erklärung heutiger Probleme.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
g	Eine Ansammlung von Grausamkeiten und Katastrophen.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
h	Ein Mittel, mein Leben als einen Teil geschichtlicher Veränderungen zu meistern.	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

2. Wie sehr haben Deiner Meinung nach diese Faktoren <u>bis heute</u> <b>das Leben der Menschen</b> verändert?		<div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <span>sehr wenig</span> <span>wenig</span> <span>etwas</span> <span>stark</span> <span>sehr stark</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%; font-size: small;"> <span>1</span> <span>2</span> <span>3</span> <span>4</span> <span>5</span> </div>				
a	Könige, Königinnen und herausragende politische Persönlichkeiten	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b	Soziale Bewegungen und soziale Konflikte	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c	Technische Erfindungen und Maschinen	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d	Politische Reformen	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e	Religionsstifter(innen) und religiöse Führer(innen)	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f	Philosophen, Denker und gelehrte Leute	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	Kriege und bewaffnete Konflikte	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h	Wirtschaftliche Interessen und Wettbewerb	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i	Die Entwicklung der Wissenschaft und des Wissens	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j	Politische Revolutionen	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k	Bevölkerungsexplosion	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l	Umweltkrisen	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m	Naturkatastrophen	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
n	Massenhafte Migrationen (Wanderungsbewegungen)	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o	Jeder Mensch	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Wie sehr werden Deiner Meinung nach diese Faktoren <u>in den nächsten 40 Jahren</u> <b>das Leben der Menschen</b> verändert?		sehr wenig wenig etwas stark sehr stark				
		1	2	3	4	5
a	Könige, Königinnen und herausragende politische Persönlichkeiten	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
b	Soziale Bewegungen und soziale Konflikte	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
c	Technische Erfindungen und Maschinen	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
d	Politische Reformen	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
e	Religionsstifter(innen) und religiöse Führer(innen)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
f	Philosophen, Denker und gelehrte Leute	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
g	Kriege und bewaffnete Konflikte	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
h	Wirtschaftliche Interessen und Wettbewerb	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
i	Die Entwicklung der Wissenschaft und des Wissens	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
j	Politische Revolutionen	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
k	Bevölkerungsexplosion	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
l	Umweltkrisen	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
m	Naturkatastrophen	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
n	Massenhafte Migrationen (Wanderungsbewegungen)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
o	Jeder Mensch	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

## **A.4. Weitere Dokumente der Auswertung zu Orientierungsschemata**

## Orientierungsschemata zu Inhalt der Forschung sowie Zeitraum und Zukunft der Entwicklung

	Inhalt			Zeitraum				Zukunft	
	natürlich	unnatürlich	irdisch kosmisch	konkrete Zahl	Epochen	Referenz	Anfangspunkt	endlich	unendlich
Paul	1	0	1	0	0	1	seit Menschengenese	0	1
Nina	0	0	1	1	0	0	ungefähr 100 Jahre, konkret	0	1
Shila	1	0	1	0	1	0	Mittelalter	0	1
Leana	1	0	1	0	0	1	Persleys Lebenszeit	0	1
Lars	1	0	1	0	1	0	Steinzeit	0	1
Jolina	1	0	1	0	1	0	Steinzeit	0	1
Dimitri	1	0	1	0	0	1	Erfindung Lupe, 200 Jahre	0	1
Tessa	1	0	1	0	0	1		0	1
Johannes	1	0	1	0	0	1	immer etwas davor	0	1
Klasse 6	8	0	9	1	3	4		0	9
Bennet	0	1	1	0	1	0	Mittelalter, unkonkret	0	1
Claas	1	0	1	1	0	0	1900	0	1
Natalia	1	1	1	1	0	1	1500, 1. Handy	0	1
Gesa	0	0	1	0	0	1	Abhängig von Produkt, Adam	0	1
Leni	1	0	1	1	0	0	vor 10 Jahren	0	1
Farid				1	0	0	vor 100 Jahren	0	1
Akua	1	0	1	0	1	0	Mittelalter	1	0
Alexander	1	0	1	1	0	0	vor 200 - 300 Jahren	0	1
Zohra	1	0	1	0	0	1	eigene Lebenszeit	0	1
Niklas	0	1	1	1	0	0	2000 v. Chr.	0	1
Nick	1	0	1	0				1	1
Torben	1	1	1	0	1	0	Steinzeit	1	1
Klasse 9	8	4	11	6	3	3		3	11

Inga	1	1	1	0	0	0	1	1	Urknall	0	1
Konstantin	1	1	1	0	1	0	0	0	vor 2500 Jahren	1	0
Clara	1	1	1	0	1	0	0	0	vor 3000 Jahren	1	0
Zeynep	1	0	1	1	0	1	0	0	Steinzeit	0	1
Arne	0	1	1	0	0	0	1	0	Galileos Lebzeiten	1	0
Justin	1	1	1	0	0	0	1	1	Anfang Menschheit	0	1
Florian	1	0	1	1	0	0	1	1	Menschenbeginn	0	1
Amar	1	0	1	0	0	0	1	1	Medel	1	0
Lisa	1	1	1	0	0	0	1	1	Vor Industrialisierung	0	1
Larissa	0	1	1	0	0	0	1	1	1. Erfindung	0	1
Sarah	1	0	1	0	0	0	1	1	Beginn menschliches Denken	0	1
Philipp	1	0	1	1	0	1	0	0	griechische Antike	0	1
Klasse 11/12	10	7	12	3	2	2	8	8		4	8

Gesamt

26

11

32

10

9

8

15

7

28

# Orientierungsschemata zu **Sujet** und **Modus** der Entwicklung

Klasse 6

<b>Paul</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1				
Quan A					
Qual B		1	1	1	
Qual S				1	
Spezi					
Etabli			1	1	
<b>Nina</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z		1			
Quan A			1		
Qual B		1			
Qual S					
Spezi					
Etabli		1			
<b>Shila</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1				
Quan A			1		
Qual B					
Qual S					
Spezi					
Etabli	1				
<b>Leana</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1		1		
Quan A					
Qual B					
Qual S					
Spezi					
Etabli		1			
<b>Lars</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1		1		
Quan A					
Qual B		1		1	
Qual S				1	
Spezi					
Etabli	1			1	

<b>Jolina</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1	1	1		
Quan A					
Qual B					
Qual S					1
Spezi					
Etabli			1		
<b>Dimitri</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z		1	1		
Quan A					
Qual B		1			
Qual S					
Spezi					
Etabli		1	1		
<b>Tessa</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1	1			
Quan A			1		
Qual B		1			
Qual S					
Spezi					
Etabli					
<b>Johannes</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1	1	1		
Quan A			1		
Qual B					
Qual S					
Spezi					
Etabli					

Klasse 9

<b>Bennet</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1	1			
Quan A					
Qual B					
Qual S					
Spezi		1	1		
Etabli	1	1			
<b>Claas</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1	1			
Quan A					
Qual B		1	1		
Qual S					
Spezi					
Etabli					
<b>Natalia</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1				
Quan A					1
Qual B	1				
Qual S					1
Spezi					
Etabli	1				
<b>Gesa</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1				
Quan A					
Qual B		1			1
Qual S					
Spezi					
Etabli		1			
<b>Leni</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1	1			
Quan A					
Qual B					
Qual S					
Spezi					
Etabli					
<b>Torben</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1	1	1		
Quan A					
Qual B		1			
Qual S					
Spezi			1		
Etabli					

<b>Farid</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z					
Quan A					
Qual B			1	1	
Qual S					
Spezi					
Etabli				1	
<b>Akua</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1	1	1		
Quan A					
Qual B				1	
Qual S				1	
Spezi					
Etabli				1	
<b>Alexander</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z					
Quan A					1
Qual B					
Qual S			1	1	1
Spezi					
Etabli					
<b>Zohra</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1				
Quan A					1
Qual B					
Qual S					1
Spezi					
Etabli	1			1	
<b>Niklas</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1	1			
Quan A					
Qual B	1	1	1	1	
Qual S					
Spezi					
Etabli			1	1	
<b>Nick</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z			1		
Quan A					
Qual B				1	1
Qual S				1	1
Spezi					
Etabli					1

<b>Inga</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z					
Quan A					
Qual B	1	1	1	1	1
Qual S			1	1	
Spezi					
Etabli	1				
<b>Konstantin</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1		1		
Quan A			1		
Qual B	1			1	
Qual S					
Spezi			1		
Etabli					
<b>Clara</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1				
Quan A	1				
Qual B	1			1	
Qual S				1	
Spezi					
Etabli					
<b>Zeynep</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1				
Quan A	1				
Qual B		1		1	
Qual S					
Spezi					
Etabli	1				
<b>Arne</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z		1	1		
Quan A					
Qual B	1	1			
Qual S			1		
Spezi					
Etabli					
<b>Justin</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1	1			
Quan A					
Qual B	1	1			
Qual S					
Spezi					
Etabli					

<b>Florian</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z		1	1		
Quan A	1		1		
Qual B		1			
Qual S			1	1	
Spezi		1			
Etabli			1		
<b>Amar</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z			1		
Quan A					
Qual B		1			1
Qual S					1
Spezi					
Etabli					
<b>Lisa</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1				
Quan A					
Qual B	1	1			
Qual S					
Spezi					
Etabli			1		
<b>Larissa</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z	1	1	1		
Quan A					
Qual B	1				
Qual S			1		
Spezi					
Etabli					
<b>Sarah</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z		1	1		
Quan A					
Qual B		1	1		
Qual S					
Spezi					
Etabli			1		
<b>Philipp</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
Quan Z		1	1		
Quan A					
Qual B	1		1	1	
Qual S					
Spezi			1		
Etabli			1	1	

Summe

<b>Klasse 6</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>	
Quan Z	7	5	5	0	0	17
Quan A	0	0	4	0	0	4
Qual B	0	5	1	2	0	8
Qual S	0	0	0	2	1	3
Spezi	0	0	0	0	0	0
Etabli	2	3	3	2	0	10
	9	13	13	6	1	42

Summe

<b>Klasse 9</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>	
Quan Z	9	6	3	0	0	18
Quan A	0	0	0	0	3	3
Qual B	2	4	3	4	2	15
Qual S	0	0	1	3	4	8
Spezi	0	1	2	0	0	3
Etabli	3	2	1	4	1	11
	14	13	10	11	10	58

Summe

<b>Klasse 11,12</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>	
Quan Z	6	6	7	0	0	19
Quan A	3	0	2	0	0	5
Qual B	8	8	3	5	2	26
Qual S	0	0	4	3	1	8
Spezi	0	1	2	0	0	3
Etabli	2	0	4	1	0	7
	19	15	22	9	3	68

Summe

<b>Klasse 11,12</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>N</b>	
Quan Z	22	17	15	0	0	54
Quan A	3	0	6	0	3	12
Qual B	10	17	7	11	4	49
Qual S	0	0	5	8	6	19
Spezi	0	2	4	0	0	6
Etabli	7	5	8	7	1	28
	42	41	45	26	14	168

Auswahl von Beispielzitaten, die die jeweilige Kopplung aus Modus der Entwicklung und Sujet-Bereich der Entwicklung verdeutlichen.

Sujet-Bereich Modi	Errungenschaften der Forschung	Möglichkeiten der Forschung	Rahmenbedingungen der Forschung	Bedeutung der Forschung	Zustand der Natur
<b>Quant. Zunahme</b>	<p>so in den letzten 100 Jahren noch so (.) die TECHNISCHE sachen die dazugekommen sind. (Clara, Z. 256 - 257)</p> <p>ja man: (.) WEIB ja viel mehr (Clara, Z. 296)</p> <p>dass damals ungefähr so 'ne ZEIT das noch alles gar nicht beKANNT wurde und dann (.) hat man LANGsam angefangen das zu (1) erFORSCHEN, und dann wusste man das später alles. (Leana, Z. 272 - 276)</p> <p>frÜher: ingendwie wussten sie GAR NICHTS über die natur und jetzt ähm gehn sie REIN, die wissen was gut für sie ist (Claas, Z. 262 - 264)</p> <p>dass man früher halt (1) nicht so auf was ähm geforscht hat also vo-also nicht viel gefÜnden hat zum beispiel wie die dinosaurier ähm knochen oder so. und mit der ZEIt jetzt wurde es halt immer mehr (Akua, Z. 196 - 199)</p> <p>die erfinder ((lachen)) [Interviewer: mhm] erfinden ja immer mehr neue sachen (Zohra, Z. 303 - 305)</p>	<p>heute a-auch von dem GRUNDwissen was man halt hat. dieses LOGISCHE denken hat sich auch ein bisschen verbessert (Bennet, Z. 485 - 487)</p> <p>aber das meiste weiß man halt schon heute was die (1) vor einigen jahrHUNDERTEN gemacht haben. dementsprechend kann man das ja auch verwenden, (.) um neue (.) sachen zu (1) zu ergründen, (Gesa, Z. 408 - 412)</p> <p>früher nicht die hatten halt (2) sagen wir (.) nahezu keine technik, haben versucht sich auch manche sachen (2) SELBST zu bauen: (Arne, Z. 504 - 506)</p> <p>frÜher hatten die halt (.) nicht so viele möglichkeiten mit der wie gesagt mit der tECHnologie und (1) all dem und mit dem compUTER und die haben jetzt heute ja ähm (2) wie nennt man das? di::ese (1) ortongstteile ips [mhm] und alles (Akua, Z. 288 - 292)</p> <p>menschen haben schon ganz viel herausgefunden dass wir darauf AUFbauen könn, (Sarah, Z. 458 - 459)</p>	<p>am anfang ((zeigt von A nach C)), (.) nur (.) auf (1) dem Elgenen land was gefunden? dann konnten sie irgendwann rEISN ((zeigt von L nach N)), [Interviewer: mhm] zu anderen. und am ende ((zeigt auf J)): noch mal in die tEfen der mERe. (Lars, Z. 286 - 290)</p> <p>damals hät-t hätte es dann kElner gegAUbt, oder wenig leute dass es (.) ähm echt schWER wäre. und mit der zeit werden das dann immer weniger steine ((zeigt auf den Bereich um F)) und mit der zeit wenn es einer geglaubt hät- hat dann glaubt es auch der nächste [Interviewer: mhm] und der nächste und der nächste (Farid, Z. 250 - 256)</p> <p>man hat mehr gefÜnden und mehr gefOrscht und mehr (1) fOrscher sind gekommen (Akua, Z. 202 - 203)</p> <p>damit wir auch halt die tiefsee erkunden kann. denn wir wissen momentan mehr über den mOnd (.) als über die tEfsee, [mhm] deshalb wird sich wahrschEINlich eher (.) die forschung konzentrieren nach unten zu komm. (Dimitri, Z. 281 - 285)</p>		

Sujet-Bereich Modi Quant. Abnahme	Errungenschaften der Forschung	Möglichkeiten der Forschung	Rahmenbedingungen der Forschung	Bedeutung der Forschung	Zustand der Natur
	<p>aber vielleicht auch irgendwann wieder (1) zurück. weiß man nich. also das es wieder ein bisschen (3) das man noch merkt das manche sachen vielleicht DOCH falsch waren (Clara, Z. 244 – 246)</p> <p>oder aber das herausgefunden wird dass es gar nich stimmt. [...] kann doch sein. dass es irgendwie DOCH nich so ist wie die forscher denken. (Zeynep, Z. 374 – 386)</p> <p>da is nochmal ein großes beispi- also ähm als beispiel dieser brAND in der bibliothek von alexandria oder so. da ist ja MASSIVES wissen vernichtet worden. (Florian, Z. 230 – 232)</p>	<p>gibt ja jetzt auch seit längerem jetzt nicht mehr so viel was (.) immer wieder neu entdeckt wird. sondern das das meiste de-denk ich ma ist schon so (1) abgegrast (Clara, Z.. 194 – 196)</p> <p>dass noch sehr sehr VIELE da sind sozusagen weil es werden am anfang sicher sehr VIELE da gewesen sein die alle gesagt haben (.) JA wir experimentieren jetzt. und IRGENDwann wurde es dann dÜNNER weil dann (.) weniger gesagt haben ich möchte jetzt experimentieren ich möchte jetzt (.) zur naturwissenschaft beitragen. (Nina, Z. 375 – 380)</p> <p>dann gibt es ne zeit wo GAR nichts erfunden wird oder so was=oder GANZ wENICH, (Larissa, Z. 349 – 351)</p>	<p>ähm die bäume werden gefäll:it [...]es wird so WEITERgehen glaub' ich, und dann haben wir irgendwann GAR NIX mehr. [Interviewer: mhm] also ich glaub' irgendwann (2) wird die welt zur wÜste. (Natalia, Z. 262)</p> <p>wenn halt weniger von der natur da ist (Alexander, Z. 179)</p> <p>das machen die glaub' ich so was irgenwie so 'ne BLUME erforschen wollen [Interviewer: mhm] die selten is. aber wenn die halt (.) immer sELTENER wird (Alexander; Z. 267 – 270)</p> <p>das VIEL mehr bÄUME w-DA waren und (.) BLUM allgemein halt so was. und (.) dass das immer (1) runter gest-also wie soll ich das nennen, (.) das es immer SCHLIMMER geworden is glaub' ich. (Zohra, Z. 212 – 215)</p> <p>also BÄUME werden abgehackt (Zohra, Z. 236 – 237)</p>		

Sujet-Bereich Modi	Errungenschaften der Forschung	Möglichkeiten der Forschung	Rahmenbedingungen der Forschung	Bedeutung der Forschung	Zustand der Natur
<b>Quali. Verbesserung</b>	jetzt gibts das iphone 5 und irgendwam gibts 's iphone 20 ((lacht)) [Interviewer: mhmm] (2) so vielleicht (3) [Interviewer: was?] die entwickeln sich ja immer wEITER. (Natalia, Z. 220 – 223)	das sie bessere sACHEN rausfinden. de-womit man wiederum ANDERE sachen (.) k-BESSEr rausfinden kann (Paul, Z. 394 – 395)	FRÜHER wurde jemand UMgebracht wenn er sagte das wir kleinerer pe-planet sind. und das weiß jeder=HEUTE auch jeder normalE (.) also nich nur WISSENSchaftler, (Paul, Z. 268 – 271)	und dann wOLlen die leute immer MEHR wissen. die normalen. und da-dann gibts auch extra WISSENSsendungen wo: (.) so was extra raus gefunden wird. (Paul, Z. 351 – 354)	dann wär das ja auch schon (.) besser für die umwelt und für die menschen (Gesa, Z. 440 – 442)
	und ich glaube dadurch dass wir heute irgendwie (1) äh MEHR wissen gehen wir (1) also MERKEN wir bestimmt schmEiler dass wir auf 'm falschen weg sind. und gehen dann wieder auf 'm richtigen. (Zeynep, Z. 321 – 325)	und ich glaube dadurch dass wir heute irgendwie (1) äh MEHR wissen gehen wir (1) also MERKEN wir bestimmt schmEiler dass wir auf 'm falschen weg sind. und gehen dann wieder auf 'm richtigen. (Zeynep, Z. 321 – 325)	ich würd' noch sagen dass man mithilfe von ANDern (.) theorien oder (1) sachen die es äh genau bestimmt sind dass es so is das anders (1) nEUE them (.) da leichter erschle-erschlossen werden könn. (Arme, Z. 522 – 525)	damals ham sie natürlich AUCh bahnbrechende entdeckungen gemacht. aber das sind alles (.) so (1) das war ja nicht (.) es WAR was besonderes aber es war jetzt n:ich so KRASS verändernd wie HEUTzutage. [Interviewer: mhmm] [...] es war nicht so BAHNbrechend wie heutzutage weil alles was in diesen letzten 200 300 jahren (.) entwickelt wurde DAS (.) beSTIMMT unser leben heutzutage (Niklas, Z. 443 – 454)	also die wElt versucht sich halt zu bEssern. die wiss ja-die wissen ja dass probleme linzukommen (1) mit dem ausstoß von diesen (.) so gA:sen und so [Interviewer: mhmm] zum beispiel europa geht darauf ein °und so°. (.) und die anderen länder nich. aber (.) ich glAUbe (1) die sind sich dieser situation beWUSST und diese straße wird breiter und irgendwam ist is wieder gut (1) °in ordnung°. (Amar, Z. 256 – 263)
	herausgefunden WIE man überleben kann in der wildnis. was ja AUCh letzten endes 'ne naturwissenschaftliche forschung is. und das haben die MENSCHEN in dieser zeit (.) immer weiter perfektioniert (Niklas, Z. 342 – 346)	und ganz am ende ((zeigt auf J)) hat-hatte halt:: (.) hatten halt die menschen wirklich sehr gute gerÄTE um alles mögliche zu scannen, (.) zu orten ((zeigt auf J)), und sehr aufwendige und teure labors (Dimitri, Z. 204 – 207)	na ja hEUTzutage hat man ja v:iele möglichkeiten. man hat laBORE um dinge (.) zu erforschen. man hat (1) RIESIGE HALLN um dinge zu bauen (Niklas, Z. 524 – 526)	wird mehr (1) sozusagen (.) mehr geFÖRDErT. (2) also wird angesehen. so ja das is WICHTIGH. (Nick, Z. 313 – 315)	jetzt bemüht sich die welt wieder sozusagen (.) bisschen auf äh auf auf klima(.) wandel und so zu Achten dann wird's hier wieder so 'u bisschen schöner. [...]ja also das sie sich mehr mühe geben das die ressourcen nicht ausgehen (Nick, Z. 184 – 193)
	diese offenheit dafür zu sagen mittlerweile ja vielleicht is auch als-ALLES was wir sagen falsch. und das sie das jetzt auch noch mehr EINräumen könn und dann Offener dafür werden. (Sarah, Z. 324 – 327)	diese offenheit dafür zu sagen mittlerweile ja vielleicht is auch als-ALLES was wir sagen falsch. und das sie das jetzt auch noch mehr EINräumen könn und dann Offener dafür werden. (Sarah, Z. 324 – 327)	dass da halt jetzt weniger gesellschaftlicher zwAng mit reinflIE:ft und irgendwelche (.) wie religION oder so war ja früher auch oft damit verbundenEN (Sarah, Z. 313 – 316)		

Sujet-Bereich	Errungenschaften der Forschung	Möglichkeiten der Forschung	Rahmenbedingungen der Forschung	Bedeutung der Forschung	Zustand der Natur
Quali.					
Verschlechterung	<p>ja also dass der weg dünner wird heißt ja das es ähm (1) eher weniger geforscht wird und dass er bergab geht heißt das ähm (1) dem ganzen halt einfach ein riegel vorgeschoben wird (Florian, Z. 374 – 376)</p> <p>wenn halt weniger von der natur da ist is-wird's auch nicht mehr so leicht für naturwissenschaftler halt (1) zu arbeiten. (Alexander; Z. 179 – 181)</p> <p>ich weiß jetzt nicht wer die GLÜHbirne erfunden hat oder irgendwie so was. [Interviewer: mhm] aber da muss man ja auch erst mal auf die idee komm und heutzutage (.) würde ich sagen (1) ähm man macht das einfach weiter. (Larissa, Z. 377 – 382)</p>	<p>nach beim grAden stürk: interessiert es KEIN ((zeigt auf G)) [Interviewer: mhm] bis es bis dann wieder einer was (1) entdeckt (Lars, Z. 256 – 258)</p> <p>ich würd' mal sagen.: (2) flAcher weil jetzt es nicht mehr so im raum steht mehr zu forschen (2) weil man-also weil ich denke dass viel schon gefUnden wurde weil die das viel denken. und die denken halt es gib's nichts mehr besONderes und deshalb (2) halt weniger. (Akua, Z. 257 – 262)</p> <p>sei es auch dass grad' dieser curiosity auf dem mars is. (.) das wISSEN einfach viele nich. das wird (.) viel zu wenig behandelt und ähm (4) na ja (.) is halt schon irgendwo die gesteuerte volls-äh volksverdummung von (1) bestimmten medien da wird BILD gelesen und dann (1) sind die schuhe von victoria beckham auf einmal interessanter als ähm (2) als als die entdeckung des higgsteilchens oder (.) nachweisung des higgsteilchens [mhm] das ist trAUrig aber na ja. (Florian, Z. 330 – 337)</p>	<p>und dann hat man gemERKT das man (.) aus bÄUM (1) blätter ma- also papier machen kann, [Interviewer: mhm] und hat dann angefangen die bäume kaputt zu machen. (Natalia, Z. 151 – 153)</p> <p>oder was passiert wenn ich diese (.) ÄTZE, (1) diese saÜre, (.) in einen fluss tue? @stErben die fische dann oder sterben sie nich@[mhm] das wär' jetzt (.) sehr dümm. (.) ähm und wenn sie dann sterben dann (.) äh dann is die umwelt nicht mehr (.) ganz (.) so (.) sauber? [mhm] und wenn sie.: (.) forschen wollen, was passiert wenn (1) wir den müLL @nicht mehr wegräumen oder so?@ dann ist die welt ja auch irgendwann se:hr schmutzig (Jolina, Z. 422 – 430)</p> <p>ja.: das es schLECHT war wurde- wi se-ja erken ich sozusagen die (2) wurd's ja immer wÄRMER. schlechtere winter. unregelmäßig.: ja. (1) (?voll?) der Klimawandel. [Interviewer: mhm] das es schlechter wurde hat man gemerkt (.) da-das ist die: UMweitbelastung (Nick, Z. 344 – 349)</p>		

Sujet-Bereich Errungenschaften der **Forschung** **Möglichkeiten der Forschung** **Rahmenbedingungen der Forschung** **Bedeutung der Forschung** **Zustand der Natur**

Modi **Forschung**

**Spezialisierung, Differenzierung**

drei bahnen, ähm (.) für die verschiedensten sachen chemie das PRAKTISCHE? [...] das was man HANDWERKLICH macht, [...] und biologie is- befasst sich halt mit der NATUR mit dem KÖRPER mit äh mit allem möglichen men-alm möglichen menschlichen und naturellen sachen? [...] die physi-physiker. die befassen sich mit DEN sachen die die chemikanten herausfinden? und ähm halt viel kopfarbeit. (Benmet , Z. 256 – 278)

damals konnte man noch universAlgenIE sein beispielsweise galileo gählei. galt ja als universalgente in allen möglichen sachen gut gelehrt. das ist heutzutage einfach nicht mehr möglich weil's so komplex ist (1) und sich in allem auskennen ist einfach nicht mehr möglich (Florian, Z. 396 – 400)

und da gibt's auf der einen seite (1) halt alles was besonders KLEIN ist [nhm] nano und isso [nhm] ähm und auf der anderen seite hat man halt alles was verdammt weit weg ist also astrophysik und (1) weite beobachtungen (.) außerhalb unseres planetens (Florian, Z. 470 – 474)

und (.) hat sich weiter verästelt ((zeigt auf Bereich um J)), zweimal kam's zu einer kleinen blockADE ((zeigt auf K und L)), (1) aber (.) nich wirklich und (.) jetzt ((zeigt von M nach N)) is es eben ganz vIELE forschungswege die sich eben immer wieder teilen. (3) äh (2) (Jolina, Z. 255 – 260)

dass es dAmals halt wirklich ähm (1) damals halt wirklich so sachen waren die man im ALLtag würd' ich sagen auch (.) wirklich erfassen konnte, und wo's heutzutage vIEle sachen sind die man im alltag als normale- wo man im alltag als normaler mensch gar nicht mehr drüber nachdenkt [nhm] so und das ist halt wirklich sehr äh (1) spezielle sachen und sehr (1) ja sehr tief in der materie drin könnte man sagen (Philipp, Z. 468 – 475)

Sujet-Bereich	Errungenschaften der Forschung	Möglichkeiten der Forschung	Rahmenbedingungen der Forschung	Bedeutung der Forschung	Zustand der Natur
<b>Überwindung, Etablierung</b>	<p>das man (.) was falsches g- ERFORSCHT hat und dann rausgestellt hat das es halt nicht stimmt und (Clara, Z. 202 – 203)</p> <p>das ((zeigt auf A)) sind (.) noch kleine fragen die man jetzt schon (.) als:: FÜNFTklässler oder sechstklässler schon lA:nge weiß. (.) das wusste man ja damals noch nicht. (Shila, Z. 218 – 221)</p> <p>wir hatten GAR kein wissen. (1) es eignet sich immer mehr an, (.) und für die NEURER generation is es dann GRUNDwissen. [...] dass die ältere generation halt was:: (1) ERFORSCHT und ERFINDET, oder (.) ein (.) was SAGT. und DIE generation sagt es weiter und irgendwann is es einfach nur noch (1) von da WEIß man es einfach. (Bennet, Z. 496 – 510)</p> <p>so dass es auch wirklich (1) ähm (1) ALLE nutzen können. irgendwie so irgendwie (1) zum beispiel mit (4) hmh ja? irgendwie @solarenergie [Interviewer: mhuh] oder irgendwie so was@ (Gesa, Z. 428 – 432)</p>	<p>und sie ham rAUgefunden wie man was rausfinden kann (Nina, 186 – 187)</p> <p>das kommt' er: (.) einfach nicht beschreiben weil er nicht wusste wie's geht. also wie das funktioniert dass die pflAnzen das machen. deswegen hab' ich den weg so gezeichnet. (Leana, Z. 256 – 260)</p> <p>und mit auch 'ner sehr schlechten ausrüstung war es: (.) eine sache der unmöglichkeit. [mhuh] vor allem wissen sie ((zeigt auf A)) ja nicht was-nach WAS sie suchen. halt er ((zeigt auf D)) wusste da schon etwas genuAUER, wollt- wollte es rausfinden ab dann: seit den ersten großen entdeck- entdeckungen, haben sich die forscher vermehrt ((zeigt auf G)), es wurden bessere sAchen gebaut (zeigt auf H)) (1) und dann (.) sind wir jetzt hier haben wir schon sehr modERNE (1) sachen (Dimitri, Z. 294 – 303)</p>	<p>am anfang wärs u bisschen schWEr gewesen? ((zeigt auf A)) von früher bis heute jetzt. so ganz früher würd es halt sehr schwEr gewesen? weil (.) keine ahnung so das zu erklären weiß das ja damals noch niemand kAnnte? e-echt steine gewesen so das sollen die steine darstellen ((zeigt auf den Bereich um A)) [Interviewer: mhuh] ähm und mit der zeit werden da-werden das dann immer wENiger steine und etwas einfacher. und später wird es dann so eher (.) flüssig so ((zeigt von B nach C)) das würde dann jeder verstehN (Farid, Z. 214 – 224)</p> <p>denken vielleicht das wäre das we- werk von gÖTTern oder so? [mhuh] ähm (.) dann wird's dICKER, sie haben vielleicht schon ein bisschen:: (.) ideEN was das sein könnte (Jolina, Z. 331 – 334)</p> <p>und hier ((zeigt auf D)) wird das dann richtig zu:: BERUFE (Paul, Z. 306 )</p> <p>und auch durch industrialisierung und so waren halt mehr kapazitäten frei zu forschen [mhuh] sonst blieb das ja immer nur der obersicht (Florian, Z. 301 – 303)</p>	<p>ich denk auch ähm sobald wieder irgendwelche wirklich bahnbrechende erfindungen gemacht werden was hoffentlich demnächst der fall is oder entdeckungen. (1) sei es irgendwie ähm (2) man landet auf dem mars oder so was wo dann halt wieder die mAssen begEistert werden. (Florian, Z. 316 – 320)</p> <p>dass dann auf einma (.) die menschen (1) eben in die naturwissenschaft-also in den naturwissenschaften sich WEITERentwickelt haben, (1) und so und sich vieles auf (.) durch die naturwissenschaften versucht haben zu erklären vielleicht nicht mehr durch gott und so was (Zeynep, Z. 453 – 458)</p> <p>naturwissenschaften sind schon (1) momentan (.) sehr groß °angesagt°. (Inga, Z. 401 – 402)</p> <p>jetzt ist es ja so das (1) fast JEDEr. (.) irgendwie gar nicht- also fast jeder sitzt zuhause und spielt mit seinem handy [Interviewer: mhuh] oder guckt fernsehen, (Zolra, Z. 263 – 266)</p>	<p>ich glaube dass (.) wir schon irgendwann merken dass wir von WEG abgekommen sind. (.) und dass wir uns auch dementsprechend wieder an die natur anpassen [..] Interviewer: was meinst du mit die kommt vom weg ab? Inga: hmh: na ja dass wir nicht mehr MIT (.) der natur oder IN der natur leben sondern (.) gegen sie. [Interviewer: mhuh] und das halte ich °für falsch°. (Inga, Z. 365 – 375)</p> <p>jetzt bemüht sich die welt wieder sozusagen (.) bisschen auf äh auf auf klima(.wandel und so zu Achten dann wird's hier wieder so 'u bisschen schöner. [Interviewer: mhuh?]</p> <p>Interviewer: kannst du das mit dem schÖner genauer erklären? Nick: ja also das sie sich mehr mÜhe geben das die ressourcen nicht ausgehen (Nick, Z. 184 – 193)</p>

## **A.5. Weitere Dokumente der Auswertung zu Orientierungsrahmen**

## Orientierungsrahmen der 4 Vergleichsdimensionen

	Wert der Forschung	Selbstbezug Naturwissenschaften	Zeitliche Entwicklung	Selbstbezug zeitliche Entwicklung
<b>Fall</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Paul	2a II, 2b	1a, 1c	2c	2
Inga	2a I, 2a III, 2c	1c, 2	2b III	3
Konstantin	2c	3b	2b II	1
Clara	2a I	3c	2a	1
Bennet	2a II, 2c	1a, 1b, 3a	1, 2b I	1
Nina	2a III	1c	2b III	1
Shila	2a I	2	2b II	2
Zeynep	2a II	3a, 3c	1, 2a	2
Leana	2a I	1b, 2	2a, 2c	2
Claas	2a I, 2a II	1b	2a, 2c	2
Natalia	2c	2	2a	1, 2
Gesa	2c	3c	1, 2a	1
Lars	2a II	2, 3c	2b III	1
Arne	1, 2a I	2	1	1
Justin	2a II, 2b , 2c	1b, 2	2c	2
Leni	2a I	3c	2a, 2c	1
Florian	1, 2a II	1b, 1c	2a, 2c	1
Farid	2b	2	2c	1
Akua	2a I	2, 3c	2b II	1
Amar	1	1b	2b II	1
Alexander	3	3c	2b III, 2c	1
Zohra	2c	2, 3a	2a	1
Jolina	2a III, 2c	3c	2b III	1
Lisa	2a I	1a	2b I	1
Larissa	2c	2, 3a	2b I	2
Dimitri	2a I	2, 3c	2b II	2
Niklas	1, 2c	1a, 1b, 2	2b II	2
Sarah	1	1b	2b II	2
Philipp	2a II	2, 3c	1	1
Nick	3	3c	2b II	1
Torben	2a III	1a, 1c	1, 2b I	1
Tessa	2a I	1a, 2	1	1
Johannes	2a I, 2a II	1b	2b II	2

## Relationale Typenbildung

	Wert der Forschung	Selbstbezug Naturwissen- schaften	Zeitliche Entwicklung	Selbstbezug zeitliche Entwicklung	Relationaler Typ
Fall	A	B	C	D	
Paul	2	1	2	2	VII
Inga	2	1, 2	1, 2	3	VIII
Konstantin	2	3	2	1	III
Clara	2	3	2	1	III
Bennet	2	1,3	1,2	1	III - VII
Nina	2	1	2	1	VII
Shila	2	2	2	2	V
Zeynep	2	3	1,2	2	II - IV
Leana	2	1,2	2	2	V - VII
Claas	2	1	2	2	VII
Natalia	2	2	2	2	V
Gesa	2	3	1,2	1	III - IV
Lars	2	2,3	2	1	III
Arne	1, 2	2	1	1	IV
Justin	2	1,2	2	2	V - VII
Leni	2	3	2	1	III
Florian	1	1	2	1	VI
Farid	2	2	2	1	V
Akua	2	2,3	2	1	III
Amar	1	1	2	1	VI
Alexander	3	3	2	1	I
Zohra	2	2,3	2	1	III
Jolina	2	3	2	1	III
Lisa	2	1	2	1	VII
Larissa	2	2,3	2	2	II
Dimitri	2	2,3	2	2	II
Niklas	1, 2	1,2	2	2	V - VII
Sarah	1	1	2	2	VI - VII
Philipp	2	2,3	1	1	IV
Nick	3	3	2	1	I
Torben	2	1	1,2	1	IV - VII
Tessa	2	1,2	1	1	IV
Johannes	2	1	2	2	VII

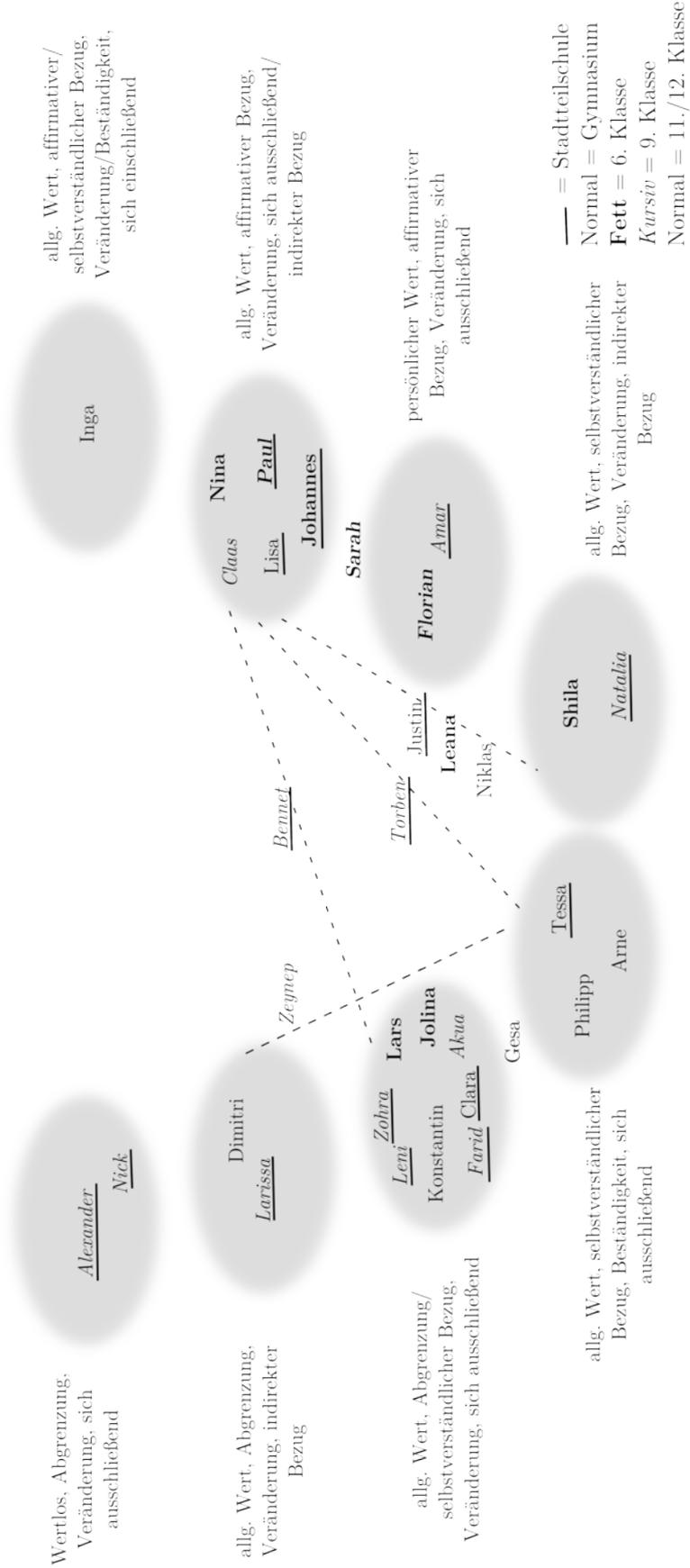


Abbildung A.1.: Verortung der Fälle im Spektrum der relationalen Typen inklusive Visualisierung der Personendaten. Es zeigt sich kein Zusammenhang mit Schulstufe oder Schulform.

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 Hucke: 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: Physiklehrvorstellungen 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 Maik 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 quasiexperimentelle 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 Physiklehrkräften  
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 Maiseyenko: 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 Sekundarstufenlehrämter*  
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
- 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

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 Hans Niedderer, Helmut Fischler und Elke Sumfleth

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 in Deutschland.

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:**

Prof. Dr. Hans Niedderer  
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften,  
Abt. Physikdidaktik, FB Physik/Elektrotechnik,  
Universität Bremen,  
Postfach 33 04 40, 28334 Bremen  
Tel. 0421-218 2484/4695, e-mail:  
niedderer@physik.uni-bremen.de

Prof. Dr. Helmut Fischler  
Didaktik der Physik, FB Physik, Freie Universität Berlin,  
Arnimallee 14, 14195 Berlin  
Tel. 030-838 56712/55966, e-mail:  
fischler@physik.fu-berlin.de

Prof. Dr. Elke Sumfleth  
Didaktik der Chemie,  
Fachbereich Chemie,  
Universität Duisburg-Essen,  
Schützenbahn 70, 45127 Essen  
Tel. 0201-183 3757/3761, e-mail:  
elke.sumfleth@uni-essen.de

Naturwissenschaftlicher Unterricht verfolgt unter anderem das Ziel einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, wozu ein Verständnis der Natur der Naturwissenschaften einschließlich ihrer historischen Entwicklung gehört. In Ansätzen historisch orientierten Naturwissenschaftsunterrichts wird deren zeitliche Entwicklung zum Inhalt des Unterrichts. Bislang fehlen jedoch Kenntnisse über die Lernausgangslagen der Schülerinnen und Schüler zu diesem Inhaltsbereich.

Mit Bezügen zur Naturwissenschafts- und Geschichtsdidaktik sowie zur Soziologie wird eine theoretische Konzeption der Schülerperspektive auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften entwickelt. Sie wird als aus einer Oberflächendimension (Kenntnisse und Vorstellungen als explizierbares Wissen) und einer Tiefendimension (implizites Wissen) bestehend konzipiert. Davon ausgehend leiten die folgenden Forschungsfragen die empirische Untersuchung: Welche Vorstellungen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften lassen sich bei Schülerinnen und Schüler verschiedener Klassenstufen rekonstruieren? Welches implizite Wissen strukturiert ihre Aussagen über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften?

Mit Hilfe metaphorischer Zeichnungen vom *Weg der Wissenschaft* und fokussierten Interviews sowie dem Einsatz der dokumentarischen Methode gelingt die Rekonstruktion dieser Schülerperspektive und macht die Formulierung fachdidaktischer Konsequenzen möglich. Die empirischen Ergebnisse legen nahe, die Schülerinnen und Schüler dabei zu unterstützen, einen individuellen Bezug zwischen ihrer Person und den Naturwissenschaften herzustellen.

Logos Verlag Berlin

ISBN 978-3-8325-4457-7