Studien zum Physik- und Chemielernen

M. Hopf und M. Ropohl [Hrsg.]

403

Frederik Bub

Zur Rolle von Technik und Verantwortung im Physikunterricht

Eine rekonstruktive Perspektive auf die Orientierungen von Lehrkräften

λογος

Studien zum Physik- und Chemielernen

Herausgegeben von Martin Hopf und Mathias Ropohl

Diese Reihe im Logos Verlag Berlin lädt Forscherinnen und Forscher ein, ihre neuen wissenschaftlichen Studien zum Physik- und Chemielernen im Kontext einer Vielzahl von bereits erschienenen Arbeiten zu quantitativen und qualitativen empirischen Untersuchungen sowie evaluativ begleiteten Konzeptionsentwicklungen zu veröffentlichen. Die in den bisherigen Studien erfassten Themen und Inhalte spiegeln das breite Spektrum der Einflussfaktoren wider, die in den Lehr- und Lernprozessen in Schule und Hochschule wirksam sind.
Die Herausgeber hoffen, mit der Förderung von Publikationen, die sich mit dem Physik- und Chemielernen befassen, einen Beitrag zur weiteren Stabilisierung der physik- und chemiedidaktischen Forschung und zur Verbesserung eines an den Ergebnissen fachdidaktischer Forschung orientierten Unterrichts in den beiden Fächern zu leisten.

Martin Hopf und Mathias Ropohl

Studien zum Physik- und Chemielernen

Band 403

Frederik Bub

Zur Rolle von Technik und Verantwortung im Physikunterricht

Eine rekonstruktive Perspektive auf die Orientierungen von Lehrkräften

Logos Verlag Berlin



Studien zum Physik- und Chemielernen
Martin Hopf und Mathias Ropohl [Hrsg.]

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Die frei zugängliche Open-Access-Publikation des vorliegenden Titels wurde mit Mitteln des Publikationsfonds der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg ermöglicht.



Dieses Werk ist lizenziert unter der Creative Commons Lizenz CC BY-NC-ND (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).
Die Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen (gekennzeichnet mit Quellenangabe) wie z. B. Schaubilder, Abbildungen, Fotos und Textauszüge erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.

Logos Verlag Berlin GmbH 2026

ISBN 978-3-8325-6151-2
ISSN 1614-8967
DOI 10.30819/6151

Logos Verlag Berlin GmbH
Georg-Knorr-Str. 4, Geb. 10
D-12681 Berlin
Tel.: +49 (0)30 / 42 85 10 90
Fax: +49 (0)30 / 42 85 10 92
https://www.logos-verlag.de

Zur Rolle von Technik und Verantwortung im Physikunterricht.

Eine rekonstruktive Perspektive auf die Orientierungen von Lehrkräften

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften

(Dr. rer. nat.)

der

Naturwissenschaftlichen Fakultät II

Chemie, Physik und Mathematik

der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Herrn Frederik Bub

geb. in Schweinfurt

Gutachter*innen:

Prof. Dr. Thorid Rabe

Prof. Dr. Susanne Heinicke

Prof. Dr. Dietmar Höttecke

Tag der Verteidigung: 22.04.2026

Für meine Eltern Helga und Klaus.
Danke euch für das Wecken meiner Neugier auf die Welt und den Willen, diese zu einem lebenswerten Ort für alle zu machen.

Und für Hanna, Merlin und Jaromir.
Danke für das gemeinsame (Neu-)Entdecken der Welt – das gemeinsame Staunen über die Kraniche am Himmel.

Förderhinweis
Die Open Access Publikation dieser Arbeit wurde gefördert durch den Publikationsfonds der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

Hinweis auf geschlechts- und diversitätssensiblen Sprachgebrauch
Um die Vielfalt unserer Gesellschaft in der Sprache abzubilden, wird in dieser Arbeit auf einen geschlechts- und diverstitätssensiblen Sprachgebrauch geachtet. Neben offenen Formulierungen (z. B. „Lernende“) wird vor allem eine Kurzschreibweise mit Asterisk * verwendet und damit der Praxis der Geschäftsstelle der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) entsprochen.

Nutzung von Open Source
Dieses Arbeit wurde mit Hilfe von LaTeX und KOMA-Script aufbauend auf der Vorlage kaobook erstellt. Es wurde der Editor VSCodium und die Literaturverwaltungssoftware Zotero mit dem Plug-In Better BibTeX verwendet. Danke an alle Entwickler*innen für ihr Engagement.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis **v**

Abbildungsverzeichnis **ix**

Tabellenverzeichnis **xi**

1 Einleitung **1**
1.1 Ein historisch-gesellschaftspolitischer Zugang 1
1.2 Ein persönlicher Zugang 5
1.3 Zur Struktur dieser Arbeit 7

Theoretische Bezugspunkte **9**

2 Perspektiven auf Physik, Technik und Verantwortung **11**
2.1 Begriffsbestimmung 11
2.1.1 Begriffsbestimmung im Feld Technik 12
2.1.2 Begriffsbestimmung im Feld Verantwortung 16
2.1.3 Zur Relevanz von Verantwortung im Kontext von Physik und Technik 18
2.2 Physik, Technik und Verantwortung in naturwissenschaftlicher Bildung 22
2.2.1 Kontextorientierter Physikunterricht 30
2.2.2 (Ethisches) Bewerten im naturwissenschaftlichen Unterricht 33
2.2.3 Natur der Naturwissenschaften und der Technik . 40
2.2.4 Science-Technology-Society & Socioscientific Issues 45
2.2.5 Bildung für nachhaltige Entwicklung im Physikunterricht 48
2.3 Zum „Wissen“ Lehrender über die Trias Physik-Technik-Verantwortung 50
2.3.1 Vielfalt der empirischen Zugänge 51
2.3.2 Verbreitete Topoi 54
2.3.3 Weitere Befunde 62

3 Grundlagen- und Gegenstandstheoretische Bezugspunkte 67
3.1 Grundlagentheoretische Fundierung in der Wissenssoziologie . . . 67
3.2 Zum Wissen der Lehrperson . . . 71
3.2.1 Lehrer*innenwissen zwischen Kompetenz und Struktur . . . 72
3.2.2 Das „Schweigen der Könner" – Neuwegs Konzeption von implizitem Lehrer*innenwissen . . . 76

4 Anliegen dieser Arbeit 81
4.1 Forschungsdesiderata . . . 81
4.1.1 Inhaltliches Desiderat . . . 81
4.1.2 Methodologisches Desiderat . . . 83
4.2 Forschungsfragen . . . 84

Methodologische Rahmung und Studiendesign 87

5 Methodologische und methodische Ausrichtung dieser Arbeit 89
5.1 Methodologie der Dokumentarischen Methode . . . 91
5.1.1 Grundbegriffe der Dokumentarischen Methode . . . 91
5.1.2 Datenerhebung im Rahmen der Dokumentarischen Methode . . . 94
5.1.3 Datenanalyse im Rahmen der Dokumentarischen Methode . . . 95
5.1.4 Typenbildung im Rahmen der Dokumentarischen Methode . . . 101
5.2 Dokumentarische Methode in der Naturwissenschaftsdidaktik . . . 104
5.3 Studiendesign . . . 112
5.3.1 Entwicklung des Interviewleitfadens . . . 112
5.3.2 Sampling-Strategie . . . 116
5.3.3 Datenaufnahme und -verarbeitung . . . 117
5.3.4 Datenanalyse . . . 118

Forschungsergebnisse **125**

6 Ergebnisse dieser Arbeit **127**
6.1 Beschreibung des Interviewsamples 128
6.2 Typiken 131
6.2.1 Grundlegende Typik: Gestaltungspotential 131
6.2.2 Grundlegende Typik: Relevante Andere 134
6.2.3 Grundlegende Typik: Entwicklungsperspektive . . 137
6.2.4 Fachbezogene Typik: Bildungsideal 139
6.3 Mehrdimensionale Typologie 144
6.4 Falldarstellung der Eckfälle 147
6.4.1 David Jäger, Typus Universalist*in 148
6.4.2 Florian Schwarz, Typus Erklärer*in 174
6.4.3 Dennis Groß, Typus Fatalist*in 201
6.4.4 Kirsten Lehmann, Typus: Praktiker*in 243
6.5 Kurzdarstellung weiterer Fälle 271
6.5.1 Fabian Mayer 271
6.5.2 Sebastian Keller 273
6.5.3 Julia Neumann 275
6.5.4 Patrick Hofmann 278
6.5.5 Heiko Winkler 280
6.5.6 Jasmin Albrecht 282
6.5.7 Stefan Schumacher 284
6.5.8 Thomas Berger 286
6.5.9 Holger Koch 289
6.5.10 Daniel Becker 292

Einordnung der Ergebnisse **295**

7 Diskussion und Ausblick **297**
7.1 Einordnung der Ergebnisse im Hinblick auf die Forschungsfragen 297
7.2 Einordnung der Ergebnisse in den Forschungsstand 303
7.3 Diskussion der Ergebnisse im Hinblick auf Güte und Limitationen 304
7.4 Diskussion der Ergebnisse im Hinblick auf gelingenden Physikunterricht 309

7.5 Implikationen der Ergebnisse für die Lehrer*innenbildung 312
7.6 Ausblick 315

Anhang **319**

A Interviewleitfaden **321**

B Transkriptionsrichtlinien **323**

C Beispieltranskript **325**

D Beispiel-Sequenzierung **347**

E Auszug formulierende Interpretation **351**

Publikationsliste **355**

Curriculum Vitae **359**

Literaturverzeichnis **361**

Glossar **381**

Abbildungsverzeichnis

1.1 Röntgenaufnahme Hand mit Ringen 2
1.2 Heißluftballon der Gebrüder Montgolfier 3

2.1 Begriffsbeziehung zwischen Physik und Technik 17

3.1 Modell professioneller Kompetenz nach Baumert & Kunter . . 73
3.2 Lehrer*innenwissen nach Neuweg 77

5.1 Sinnebenen und Analyseschritte der Dokumentarischen Methode 96
5.2 Mehrebenenmodell des Orientierungsrahmens 111
5.3 Arbeitsoberfläche von MAXQDA zur Interviewanalyse 121

6.1 Überblick Interview-Sample 130
6.2 Schematische Darstellung der Typologie 146

7.1 Interpretationsgruppen zur Analyse der Transkripte 308
7.2 Der Kranichzug 317

Tabellenverzeichnis

2.1 Begriffsbestimmung zum Bedeutungsfeld der Technik 21

6.1 Struktur der Typik Bildungsideal 143

A.1 Interviewleitfaden 321

B.1 Transkriptionsrichtlinien 323

C.1 Volltranskript Dennis Groß 325

D.1 Sequenzierung Dennis Groß 347

E.1 Formulierende Interpretationen Dennis Groß 351

1 Einleitung

Kapitelüberblick

Im Folgenden wird ein historisch-gesellschaftspolitischer und ein persönlicher Zugang zum Thema dieser Arbeit in Form kurzer Schlaglichter skizziert. Damit soll die Relevanz des Themas aus gesellschaftlicher und wissenschaftlicher Sicht, aber auch aus einer persönlichen Perspektive illustriert werden. Das Kapitel gibt einen Überblick über die aus dem Forschungsinteresse abgeleitete Struktur dieser Arbeit.

1.1 Ein historisch-gesellschaftspolitischer Zugang

Erstes Schlaglicht: Technik als Anwendung von Physik?

Im November 1895 beobachtet der gelernte Maschinenbauingenieur Wilhelm Conrad Röntgen in seinem Labor in Würzburg „lebhafte Fluorescenz [sic]“, wo er sie nicht erwarten würde. Eine „neue Art von Strahlen“, die er in einer Vakuumröhre erzeugt, durchdringt ein gebundenes Buch von 1000 Seiten und lässt den verdeckten Leuchtschirm dahinter aufflackern (Röntgen, 1895). Nur Tage bis Wochen später entsteht die Aufnahme in Abbildung 1.1 mit der Hand von Röntgens Ehefrau Anna Bertha Röntgen und schon im Januar des folgenden Jahres berichtet die Deutsche Medizinische Wochenschrift. Das Blatt informiert über die „Roentgen'schen Experimente mit Kathodenstrahlen und ihre diagnostische Verwerthung [sic]“ (Busch, 2020, S. 84). Die Meldung geht um die Welt und in Zeitungen werden schon kurz darauf „moderne tomographische Verfahren“ durch eine schichtweise Aufnahme von Bildern ersonnen. Die Diagnostik und Therapie verbreiten sich schnell und unbedarft. Keine zehn Jahre nach dem Flackern in Röntgens Labor sterben Clarence Madison Dally und Elisabeth

Fleischman, die beide beruflich unzählige Röntgenaufnahmen ungeschützt anfertigen, an den Folgen der Strahlenbelastung (Brown, 1995a, 1995b).



Abbildung 1.1: Eine der ersten Röntgenaufnahmen aus dem Jahr 1895. Public Domain, via Wikimedia Commons.

Zweites Schlaglicht: Technik ohne Kenntnis der Physik?

Im Dezember 1782 steigen dichte Rauchschwaden über dem südfranzösischen Städtchen Annonay auf. Die Brüder Joseph und Jacques verbrennen dort große Mengen Wolle und Heu. Den aufsteigenden Rauch sammeln sie in einem Ballon, der sich bald in die Luft erhebt und die Brüder mit Familiennamen Montgolfier als Erfinder des Heißluftballons in die Geschichtsbücher eingehen lässt. Wolle und Heu, die beim Verbrennen besonders stark qualmen, verwenden die beiden deshalb, weil sie fälschlicherweise davon ausgehen, dass es der Rauch ist, der den Aufstieg ermöglicht. Eine Theorie zur Temperaturabhängigkeit der Dichte von Gasen ist den beiden nicht bekannt (Gardner, 1994a). Wenige Monate später wird der Physiker Jean-François Pilâtre de Rozier in einer „Montgolfière“ die erste

dokumentierte bemannte Luftfahrt bestreiten (Abbildung 1.2). Daraufhin entwickelt Rozier selbst einen Ballon, gefüllt u. a. mit Wasserstoff. Bei einer Fahrt mit diesem kommt es zur Explosion und Rozier, der erste Luftfahrer der Geschichte, wird auch zum ersten Todesopfer der Luftfahrt.



Abbildung 1.2: Gefesselter Aufstieg des Heißluftballons der Gebrüder Montgolfier am 19.10.1783. An Bord der ersten bemannten Luftfahrt: Jean-François Pilâtre de Rozier. Public Domain, via Wikimedia Commons.

Diese beiden historischen Beispiele sollen nur illustrativ verdeutlichen, auf welch unterschiedliche Art und Weise physikalische Erkenntnis und technische Entwicklung verbunden sein können – oder eben auch nicht. Während die Geschichte der Röntgenstrahlen die Lesart nahelegt, Technik sei einfach die Anwendung von Physik („Technology as applied Science"), zeigt das Beispiel der Montgolfiers die Grenzen dieses verbreiteten Topos. Nicht nur ist die Beziehung zwischen Naturwissenschaft und Technik komplex und vielseitig (Gardner, 1994a, 1995), auch ist Technik mehr als ein materialisiertes physikalisches Prinzip. Technik hat eine spezifische Ontogenese und trägt u. a. eine kulturelle, psychologische, ökonomische, ethische Bedeutung, welche nur mit den Instrumenten der Wissenschaft Physik nicht erschlossen werden kann.

Die ethische Dimension von Technik wird in den beiden historischen Beispielen auf recht drastische Art und Weise dargestellt in Form von Risiken abseits des geplanten Nutzens von Technik. Prominenter als die

Röntgenstrahlen und die Anfänge der Luftfahrt ist das Beispiel der Kernspaltung. Zwischen der physikalischen Beschreibung dieser und dem Abwurf der Atombomben auf die Städte Hiroshima und Nagasaki liegen nur wenige Jahre. Die zerstörerischen Kräfte verdeutlichen das Potential einer gegenseitig beschleunigenden Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Im 20. Jahrhundert wird der Mensch durch den technischen „Fortschritt" auch im zivilen Bereich zu einem geologischen Faktor. Im sogenannten Anthropozän umfasst der zunehmende menschliche Einfluss die gesamte geophysikalische und ökologische Sphäre der Erde und dadurch die Lebensgrundlagen der Menschheit als Ganzes, womit Planet und Menschheit potentiell auch durch menschliches Handeln bedroht werden (Steffen et al., 2015). Die existentiellen Risiken betreffen nicht mehr nur einzelne Individuen (wie bei Röntgen und den Montgolfiers), sondern werden kollektiv getragen (Beck, 1986). Der Philosoph Jonas zieht vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen die Konsequenz:

> *Der endgültig entfesselte Prometheus, dem die Wissenschaft nie gekannte Kräfte und die Wirtschaft den rastlosen Antrieb gibt, ruft nach einer Ethik, die durch freiwillige Zügel seine Macht davor zurückhält, dem Menschen zum Unheil zu werden.*
> (Jonas, 1984, S. 7)

Auch vierzig Jahre später ist ein sicherer und gerechter Rahmen für menschliche Prosperität immer noch ein Wunschbild (Raworth, 2017). Mit Verweis auf die Technisierung von Gesellschaft, die Ambivalenz der Technik und die Rolle der Physik in der technischen Entwicklung betonen die Bildungsstandards und die Fachlehrpläne Physik den Bildungswert der Physik (KMK, 2024). Physikunterricht soll zur Mitbestimmung befähigen, Schüler*innen einen mündigen Umgang mit Technik im privaten und im gesellschaftlichen Kontext ermöglichen und so einen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung leisten. Die „für eine verantwortungsvolle gesellschaftliche Teilhabe" notwendigen naturwissenschaftlichen Kompetenzen sollen gefördert werden (KMK, 2024, S. 5). Hierzu gehört unter anderem, „zu erkennen und zu reflektieren, wie Naturwissenschaften und Technik unsere Umwelt in materieller, intellektueller und kultureller Hinsicht stetig verändern" (KMK, 2020, S. 9). Hierauf aufbauend sollen Schüler*innen „Entscheidungen unter Berücksichtigung der nachhaltigen Entwicklung unter fachlichen, ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten [reflektieren] und [. . .] Handlungsoptionen [formulieren]" können (KMK, 2024, S. 12).

Häufig bleibt diese Relevanz, wie sie sich in den zitierten Zielvorstellungen der Bildungsstandards niederschlägt, aber nur eine Legitimationsfigur für Physik- und Naturwissenschaftsunterricht. Eine inhaltliche Verhältnisbestimmung und Integration in die Bildungspraxis finden nicht umfassend statt (Lederman et al., 1998). Und obwohl dem Wissen von Lehrpersonen bei der Förderung dieser Perspektiven im Unterricht eine Schlüsselrolle zugeschrieben wird, bleibt es häufig unzureichend (Billion-Kramer et al., 2020). Ein Desiderat fachdidaktischer Forschung in diesem Kontext ist die Klärung des (häufig empirisch nicht nachweisbaren) Zusammenhangs zwischen dem Wissen der Lehrpersonen und der unterrichtlichen Praxis zu wissenschaftstheoretischen und -ethischen Aspekten (Bartos & Lederman, 2014). Eine vielversprechende methodologische Erweiterung der Forschungsperspektive auf das Wissen der Lehrpersonen bildet die Annahme, dass implizite, sozial geprägte und habituell verinnerlichte Wissensformen u. a. zu den theoretischen Grundlagen des Faches die Handlungspraxis der Lehrpersonen strukturieren und sich damit in der Planung und Durchführung von Unterricht niederschlagen (Neuweg, 2011).

Diese Arbeit soll daher einen grundlagenorientierten Beitrag zum Verständnis der Rolle von Technik und Verantwortung im Physikunterricht leisten. Dazu nimmt sie die impliziten Wissensbestände von Physiklehrkräften in den Blick. Die Rekonstruktion von grundlegenden und fachbezogenen Orientierungen und die Bildung einer mehrdimensionalen Typologie verbinden fachliche mit nichtfachlichen Sinnebenen unterrichtlichen Handelns und geben Aufschluss darüber, welche Bedeutung Lehrkräfte Technik und Verantwortung im Kontext physikalischer Bildung zuschreiben.

1.2 Ein persönlicher Zugang

Die Genese dieser Arbeit ist auch stark biographisch geprägt. Eine nachhaltige Entwicklung ist für mich Antrieb beruflicher und privater Tätigkeit. Das Ende meines Studiums und der Wechsel in die Fachdidaktik Physik markiert auch meine individuelle Technikenttäuschung, einen persönlichen Bruch mit der Vorstellung, durch die Mitarbeit an technischer Innovation zu einer nachhaltigen Entwicklung – zu einer guten Welt für alle für immer – beizutragen:

In meinem Physik-Studium beschäftige ich mich vor allem mit materialwissenschaftlichen Fragen der Photovoltaik. In meiner Masterarbeit geht es um künstliche Opale, die ich für das Photonenmanagement in Solarzellen entwickle und untersuche. Ich sitze viel im hochtechnisierten Reinraum und warte wie die Opale Atomschicht um Atomschicht wachsen, untersuche die optischen Eigenschaften im abgedunkelten Optiklabor, und analysiere die mechanische Stabilität der bunt schimmernden Schichten. Diese Schichten sollen am Ende den Wirkungsgrad von Solarzellen (ein bisschen) erhöhen. Ich bin also mittendrin zwischen Physik und Technik und Verantwortung.

Parallel zu dieser Tätigkeit organisiere ich mit Freunden eine interdisziplinäre Ringvorlesung zu nachhaltiger Entwicklung. Und bei der Organisation und dem Hören der Vorträge wird mir persönlich immer deutlicher, dass die Probleme unserer Zeit nicht (nur) technisch, sondern (vor allem) gesellschaftlich, ökonomisch, psychologisch, machtpolitisch sind – und entsprechend nur so zu lösen sind. Die Vorlesungen führen mir die Rebound-Effekte vor Augen, durch die alle technischen Effizienzgewinne zunichte gemacht werden. Jeder Gewinn an Ressourcenschonung durch Innovation wird einfach durch ein Mehr an Technik, ein Mehr an Konsum wieder wettgemacht. Sie zeigen mir die Möglichkeiten einer Postwachstumsökonomie auf, in der die Erwerbsarbeit massiv zurückgefahren wird, um Zeit und Raum zu schaffen für Subsistenz, für Care-Arbeit, für die Pflege und Reparatur von Dingen – ein Ansatz der so einleuchtend und in Anbrecht der politischen Wachstumsfixierung so unmöglich erscheint. Und ich höre auch die Vorschläge zu Climate-Engineering in der Vorlesungsreihe. Dieser Ansatz, in dem die Natur wie eine verfügbare Maschine verstanden wird, an der Hebel nach Belieben betätigt werden können, und so die Umwelt den eigenen Vorstellungen entsprechend umgeformt werden kann, ist das genaue Gegenteil der freiwilligen Zügel zur Begrenzung von Macht, die Jonas in den 80er-Jahren fordert. Climate-Engineering ist, ganz im Gegenteil, ein eindrückliches Beispiel für die nie gekannten Kräfte und den rastlosen Antrieb menschlicher Unternehmung.

Also treibt es mich weg von den technischen Innovationen der Materialwissenschaften in die Arme der Physikdidaktik und damit zu dem Versuch, zu verstehen, wie naturwissenschaftliche Bildung und eine mögliche Änderung unseres Verhältnisses zur Welt von statten geht. Ich richte meine Aufmerksamkeit nach dem Studium also auf Menschen, auf deren

grundlegende Überzeugungen. Ich möchte nicht wie im Studium, neue Technik entwickeln, sondern unseren Umgang mit der Welt und auch mit Technik verstehen. Deshalb habe ich diese Arbeit zur Rolle von Technik und Verantwortung im Physikunterricht geschrieben. Ich hoffe, aufbauend auf meinen Befunden zu einer reflexiven Lehrer*innenbildung beitragen zu können und damit auch zu einem gelingenden Physikunterricht, der einen kleinen, aber bedeutenden Baustein für ein *gutes Leben für alle, für immer* bildet.

1.3 Zur Struktur dieser Arbeit

Zunächst sollen die zentralen Begriffe dieser Arbeit, *Technik* und *Verantwortung*, eingeordnet werden. Anschließend werden Ansätze diskutiert, die Technik und Verantwortung als Teil naturwissenschaftlichen Unterrichts konzipieren, und der empirische Forschungsstand zum Wissen der Lehrkräfte in diesem Kontext dargestellt (Kapitel 2). Der empirische Zugang dieser Arbeit wird grundlagen- und gegenstandstheoretisch fundiert und insbesondere die Rolle *impliziter* Wissensstrukturen herausgearbeitet (Kapitel 3). Hierauf aufbauend werden die Forschungsdesiderata und Forschungsfragen abgeleitet (Kapitel 4).

Die zentralen Annahmen und Schritte der Dokumentarischen Methode als methodologisches Dach der Arbeit werden dargestellt und dabei die Spezifika einer fachdidaktischen Fassung der Methode erörtert. Hieraus wird das Studiendesign dieser Arbeit abgeleitet und die forschungspraktische Durchführung und Auswertung von Interviews mit Lehrkräften detailliert dargelegt (Kapitel 5).

Die rekonstruierten Typiken, als fallübergreifende Vergleichsdimensionen, und die mehrdimensionale Typologie, als vom Einzelfall abstrahierte Wissensstruktur, werden vorgestellt und dann anhand von vier Eckfällen die identifizierten Typen charakterisiert. Die übrigen zehn Fälle des Interviewsamples werden überblicksartig präsentiert (Kapitel 6).

Die Ergebnisse werden im Hinblick auf die Forschungsfragen und den Forschungsstand eingeordnet und deren Reichweite und Güte diskutiert. Den Schluss bildet eine Darstellung der möglichen Implikationen der

Befunde für Physikunterricht, die Lehrer*innenbildung und die weitere physikdidaktische Forschung (Kapitel 7).

Theoretische Bezugspunkte

2

Perspektiven auf Physik, Technik und Verantwortung

Kapitelüberblick

Im folgenden Kapitel werden nach einer kurzen Begriffsbestimmung zu den inhaltlichen Bezugspunkten dieser Arbeit die zentralen naturwissenschafts- und physikdidaktischen Perspektiven auf Technik und Verantwortung dargestellt. Zunächst wird auf konzeptionelle Ansätze eingegangen, die wissenschaftstheoretische und ethische Aspekte in naturwissenschaftliche und physikalische Bildung integrieren. Danach wird der empirische Forschungsstand zum Wissen von Lehrkräften zu der Trias Physik-Technik-Verantwortung dargelegt.

2.1 Begriffsbestimmung

Im Fokus dieser Arbeit steht die Frage, welches (implizite) Wissen Physiklehrkräfte zu der Rolle von *Technik* und *Verantwortung* im *Physikunterricht* (im Folgenden häufig verkürzt als Trias Physik-Technik-Verantwortung bezeichnet) haben und wie dieses strukturiert ist. Bevor die Rolle von Technik und Verantwortung ausführlich aus einer konzeptionell-normativen Perspektive beschrieben (Kapitel 2.2) und der empirische Forschungsstand zu dem Wissen Lehrender dargestellt wird (Kapitel 2.3), soll eine Annäherung an die Begrifflichkeiten Technik und Verantwortung vollzogen werden. Dabei sollen die Begriffe vor allem durch ihre Beziehung zur Physik geklärt werden.

2.1.1 Begriffsbestimmung im Feld Technik

Der Technikphilosoph Ropohl schreibt in seinem Hauptwerk „Systemtheorie der Technik“ zum Technikbegriff:

> *Bislang habe ich den Technikbegriff undefiniert verwendet, und ich will auch weiterhin nicht versuchen, in einer Realdefinition sozusagen das „Wesen der Technik“ festzulegen. Überdies ist die Sprachgeschichte dieses Ausdrucks zu facettenreich, als dass man annehmen dürfte, jede Verwendung des Wortes „Technik“ betreffe ein und denselben Gegenstandstyp.*
> (Ropohl, 1999, S. 29)

Dem schließt sich auch der Philosoph Poser an. Er hält fest, dass die „Komplexität der Technik und ihre[r] Eindringtiefe in menschliches Leben und Zusammenleben und in die menschliche Kultur“ eine Bedeutungsvielfalt bedingt und immer nur Teilaspekte aus unterschiedlichen Perspektiven abgebildet werden können (Poser, 2016, S. 30).

Dementsprechend soll Technik auch hier hier nicht durch eine knappe Wortdefinition charakterisiert werden, sondern verschiedene Merkmale in Abgrenzung und Beziehung zur Physik herausgearbeitet werden. Bezugnehmend auf technikdidaktische (Cajas, 2001; Erlebach & Frank, 2021; Graube, 2014), naturwissenschaftsdidaktische (Gardner, 1994b; Hadjilouca et al., 2011; Quinn et al., 2012; Spiegel, 1999; Tesch, 2010) und technikphilosophische (Hubig et al., 2001; Poser, 2016) Arbeiten können Technik und Physik über diverse Unterscheidungskategorien voneinander abgegrenzt und aufeinander bezogen werden. Dabei wird keine strikte Trennung, sondern eine graduelle Ausprägung zwischen zwei Polen skizziert (Bub & Rabe, 2023b). Neben Gegenstandsbereich (Natur vs. Artefakt), Methoden (Experiment vs. Design und Konstruktion) u. a. wird insbesondere das Ziel von Naturwissenschaft und Technik unterschieden (Bub et al., 2017, 2018a, 2018b):

> *While academicians of science and technology are not settled on how to precisely characterize all aspects of these two different fields, we maintain that there is uniform agreement that science (pure and applied) and technology pursue different end goals and exist for fundamentally different purposes, [. . .] the primary goal of science is*

> *to examine evidence in the natural world in order to generate scientific models (and theories) [. . .] the end goal of technology is to produce products or solutions aimed at generating a desired outcome. The outcomes or products developed are typically targeted towards societal problems, needs and desires or for scientific purposes*
> (Jadrich & Bruxvoort, 2013, S. 411–412)

Constantinou et al. fassen dies knapp zusammen: „In short, science is the enterprise that seeks to generate reliable knowledge; technology is the enterprise that seeks to respond to human needs by developing solutions to problems“ (Constantinou et al., 2010, S. 145).

Es sei angemerkt, dass, der Definition folgend, Technik stelle den Versuch dar, menschliche Bedürfnisse zu befriedigen, Wissenschaft als eine Form von Technik verstanden werden kann – gerichtet insbesondere auf die Befriedigung des Bedürfnisses nach Erkenntnissen: „Technology predates science by millennia and in this view, science can be considered as a specialized form of technology“ (Bouras & Albe, 2008, S. 288). Dennoch bildet die Unterscheidung nach den jeweiligen Zielen – Erkenntnisse vs. Innovationen – eine praktikable und etablierte Kategorisierung und damit einen Teil der ersten Annäherung an den Begriff Technik in Abgrenzung zur Physik.

Eine zweite Annäherung kann über die Art der Wechselwirkungen zwischen beiden Feldern erfolgen. Die bereits angeführten historischen Beispiele illustrieren, dass die Beziehungen zwischen Physik und Technik vielfältig und eng sind – bis zur Verschmelzung beider zu einer „technoscience“ (Tala, 2009). Gardner (1994a) folgend können vier unterschiedliche Positionen systematisiert werden:

- Technik als Anwendung von Physik: Ein technisches Artefakt wird als die Umsetzung eines physikalischen Prinzips dargestellt, ergibt sich also in linearer Art und Weise aus der Physik.
- Technik als Bedingung für Physik: Messtechnik, Computer und andere Geräte werden als notwendig für den Erkenntnisgewinnungsprozess gesehen. „The reality that physics opens up to us is accessed through the window of technology“ (Tala, 2009, S. 281).
- Physik und Technik als unabhängige Unternehmungen. Die Position hat vor allem Relevanz bei historischen Entwicklungen vor dem 20. Jahrhundert (Poser, 2016).

- Physik und Technik als wechselseitig in vielfältiger und komplexer Beziehung zueinander stehend.

Die Grenzen des weit verbreiteten Topos von Technik als der Anwendung von Naturwissenschaft (Technology as applied Science), insbesondere der Physik (vgl. Kapitel 2.3) sind schon im Beispiel der Montgolfiers in der Einleitung deutlich geworden. So beschreibt auch Ropohl (1999) die naturwissenschaftliche Erkenntnis (dort als Kognition bezeichnet) als einen möglichen, aber nicht notwendigen ersten Schritt in der Ontogenese von Technik:

> *Einerseits führt längst nicht jede Kognition zwangsläufig zu einer Erfindung, und andererseits gibt es eine Fülle von Erfindungen, die nicht unmittelbar aus einer Kognition abgeleitet wurden. Darin bestätigt sich die grundlegende Einsicht der neueren Technikphilosophie, dass es abwegig wäre, die Technik auf angewandte Naturwissenschaft zu reduzieren. So erweist sich die Kognition als zwar mögliche, aber keineswegs notwendige Phase der Ontogenese.*
> (Ropohl, 1999, S. 259)

Diese Topoi werden mit Blick auf naturwissenschaftliche Bildung in Kapitel 2.2 und Kapitel 2.3 weiter vertieft.

Für eine begriffliche Verortung ist auch eine Verhältnisbestimmung zwischen den Begriffen Technik und Technologie sinnvoll (Brooks, 1994). Durch die alltagssprachlich verbreitete Gleichsetzung von Technologie mit modernen, komplexen, v. a. elektronischen Artefakten und Wirtschaftszweigen (z. B. Quantenkryptographie, Social Media oder Smartphones), wird diese abgegrenzt von Technik, verstanden als eher historische oder simple, alltägliche, v. a. mechanische Artefakte (wie z. B. Faustkeil, Nussknacker, Flaschenzug oder Fernrohr). Hier soll jedoch der Definition von Ropohl gefolgt werden. Dieser versteht Technologie mit Bezug auf den Ökonomen Johann Beckmann, der den Begriff im 18. Jahrhundert prägte, als eine Wissenschaft über die Technik:

> *Die kameralistischen Technologen arbeiteten vorwiegend erzählend und beschreibend, indem sie eigene Beobachtungen und fremde Berichte über handwerkstechnische Produktionsverfahren und Produkte sammelten [. . . , um] „die Gesamtheit der in den verschiedenen Gewerben vorkommenden einzelnen Verfahrensarten nach der Gleichheit*

> *oder Ähnlichkeit ihres Zweckes in Rubriken [zu ordnen.]“*
> (Ropohl, 1999, S. 21–22)

Technologie ist demnach die Meta-Wissenschaft zur theoretischen, systemischen Beschreibung der Technik und wird so von spezifischen Techniken und Technikwissenschaften wie der Elektrotechnik oder dem Bauingenieurswesen abgegrenzt. Diese Begriffsbestimmung, an welcher sich auch diese Arbeit orientiert, ist in Tabelle 2.1 zusammengefasst.

Im Rahmen der begrifflichen Verortung in Tabelle 2.1 wurde der Begriff Sachsysteme eingeführt. Darunter werden „nutzenorientierte, künstliche, gegenständliche Gebilde“ verstanden, wobei auch Software als ein spezifischer Umgang mit Computern als Sachsystem verstanden werden kann (Ropohl, 1999). In Sachsystemen werden nach einer bestimmten Zweck-Mittel-Beziehung der Transport, die Umwandlung und Speicherung von Energie, Material und Information verstanden. Ropohl bezeichnet die Sachsysteme als zentrales Element der Technik, vertritt jedoch einen erweiterten Technikbegriff, der „sowohl die nutzenorientierten, künstlich gemachten, gegenständlichen Sachen umfasst als auch die soziokulturellen Handlungszusammenhänge, in denen die Sachen entstehen und verwendet werden“ (Ropohl, 1999, S. 305).

Die schematische Abbildung 2.1 bildet einen eigenen Ordnungsversuch zu den grundlegenden Beziehungen und zentralen Bestandteilen von Technik für diese Arbeit. Es bestehen selbstverständlich zahlreiche weitere Beziehungen und Elemente darüber hinaus, die in dem Schema der Übersichtlichkeit halber nicht abgebildet werden (können). Dabei sind bewusst zahlreiche Elemente überlappend dargestellt, um die Unschärfe in der Abgrenzung und die Vernetzung miteinander und mit weiteren soziokulturellen Feldern anzudeuten. So reichen z. B. Handwerk und Industrie über die Sphäre Technik hinaus und berühren weitere Bereiche, die nicht dargestellt sind (u. a. Ökonomie). Die Beziehung zwischen der Physik als Teil der Naturwissenschaften und der Technik ist bidirektional dargestellt und symbolisiert die gegenseitige Wechselwirkung. So beeinflussen beide Sphären den jeweiligen Fortschritt und die Entwicklung der anderen Sphäre. Die Bereiche Naturwissenschaften und Technik haben insb. im Bereich der Ingenieurswissenschaften deutliche Schnittmengen, in deren Zentrum Technoscience als Verschmelzung der beiden steht. Die

naturwissenschaftliche und die technische Sphäre haben jeweils unterschiedliche Perspektiven auf Natur, einen eher analytischen und einen eher instrumentellen Blick, verbunden mit einem Erklärungsanspruch bzw. einem Gestaltungsanspruch.

Im Zentrum der Technik stehen die Sachsysteme nach Ropohl, welche eine Brücke zwischen einem Bedürfnis und einer Nutzung von Technik schlagen. Dabei soll durch die Wirkrichtung der Sachsysteme auch auf die Bedürfnisse hin die Tendenz der Sachsysteme angedeutet sein, Bedürfnisse nicht nur zu befriedigen, sondern auch neue Bedürfnisse zu schaffen (Poser, 2016). Neben der Nutzung sind auch die Entstehungszusammenhänge der Sachsysteme als Teil der Technik dargestellt – einerseits die wissenschaftlich-konzeptionelle Seite der Ingenieurswissenschaften und andererseits die Seite des Handwerks und der Industrie als Technik realisierend.

2.1.2 Begriffsbestimmung im Feld Verantwortung

Den zweiten großen Bezugspunkt der Arbeit bildet der Begriff Verantwortung, der ebenso wie der Begriff Technik umgangssprachlich in zahlreichen Kontexten und Bedeutungen verwendet wird – wodurch er selbst an einer klaren Bedeutung verliert. Diese inhaltliche Offenheit ist aber auch konzeptionell im Begriff angelegt, wie Heidbrink drastisch formuliert:

> *Der Verantwortungsbegriff ist ein Parasit, der davon lebt, daß er sich an existierende Wert- und Normengefüge anklammert [. . .]. Er neigt dazu, soziale Komplexität nicht zu bewältigen, sondern zu eliminieren.*
> (Heidbrink, 2003, S. 24)

Vor dem Hintergrund der Klärung insbesondere bei Nida-Rümelin (2011) und Heidbrink et al. (2017) wird Verantwortung als eine Form der Beziehungskonstruktion zwischen einem Verantwortungssubjekt, einem Verantwortungsobjekt und einer Verantwortungsinstanz vor einem bestimmten Normhintergrund verstanden. Diese Grundstruktur ist vielen Verantwortungsdefinitionen gemein (Düwell et al., 2006). Zusammenfassen lässt sich dies folgendermaßen: Jemand (Subjekt) ist für jemanden oder etwas (Objekt) gegenüber einer Instanz aufgrund bestimmter normativer Standards

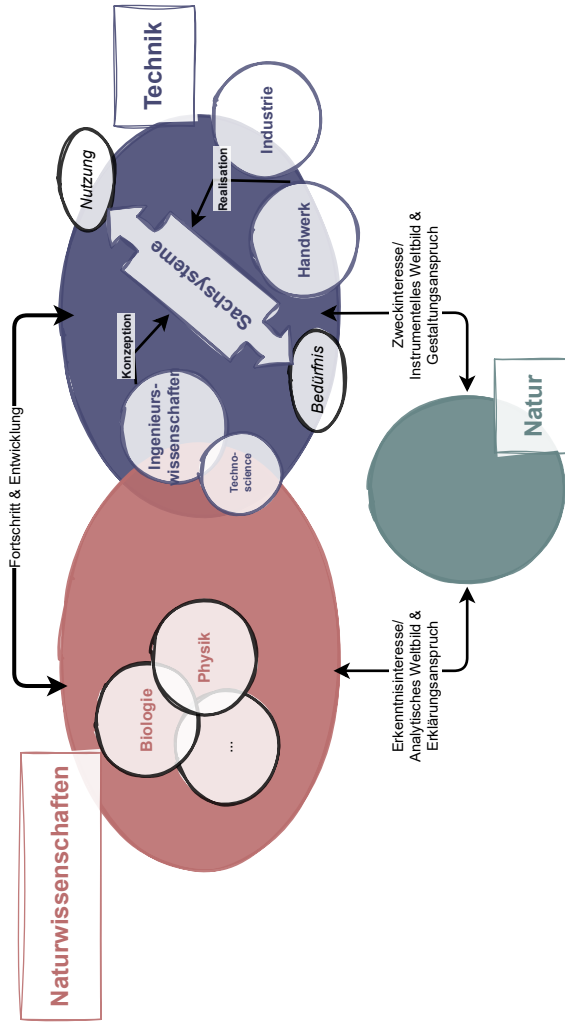


Abbildung 2.1: Beziehungen zwischen Physik und Technik zur Begriffsbestimmung

(Normhintergrund) verantwortlich. Dieses allgemeine Verständnis ermöglicht eine Vielzahl von Verantwortungs-Konstellationen – und hat damit eine große Offenheit bei der Beforschung individueller Relevanzsysteme, wie sie Teil dieser Arbeit ist: Verantwortungssubjekte sowie -instanzen können Individuen, Kollektive oder Institutionen sein. Verantwortungsobjekte können Handlungsmotive (bei einer deontologischen Ethik als Normhintergrund) und Handlungsfolgen (bei einer konsequentialistischen Ethik) sein und sich auf Personen, Sachen oder Natur beziehen. Verantwortung kann retrospektiv und prospektiv verstanden werden. Neben ethischen Normen können auch Gesetze, (berufliche) Pflichten, politische Repräsentation, Fähigkeiten, Wissen, Eigentum, Kausalität u. v. m. Verantwortung begründen.

2.1.3 Zur Relevanz von Verantwortung im Kontext von Physik und Technik

Verantwortung im Kontext von Wissenschaft kann im engeren Sinne als Verantwortung zu guter wissenschaftlicher Praxis konzipiert werden. Der Verantwortungsbereich umfasst dabei die eigenen Erkenntnisse, für deren Belastbarkeit Wissenschaftler*innen vor der Wissenschaftsgemeinschaft als Verantwortungsinstanz verpflichtet sind (Nida-Rümelin, 2011). Ein erweiterter Verantwortungsbegriff erstreckt sich auch auf die Folgen von Erkenntnissen und damit in z. B. gesellschaftliche, ökonomische, kulturelle oder ökologische Verantwortungsbereiche außerhalb der Wissenschaft (Hubig, 1993). Da diese Verantwortungskonzeption nicht rein innerwissenschaftlich ausgerichtet ist, findet nicht nur eine Ausweitung auf Objekt-Ebene, sondern auch auf Subjekt-Ebene statt: Neben den Wissenschaftler*innen werden Akteur*innen aus Technik, Politik, Ökonomie und Gesellschaft relevant. Anstelle klassischer, objektiver Pflicht- und Rechenschaftsverhältnisse, wie sie für den innerwissenschaftlichen Teil von Verantwortung (z. B. durch Verträge und etablierte wissenschaftliche Standards wie Peer-Review) gelten, treten diffuse Verantwortungszuschreibungen. Es wird der Versuch unternommen, Zurechenbarkeit zu schaffen in normativ bisher nicht geregelten Räumen (Heidbrink, 2003). Die Grundlagen der Zuschreibung von Verantwortung, also die normativen Standards, sind dabei vielfältig, teilweise widersprüchlich oder bleiben gänzlich implizit.

Durch die steigende Dynamik wissenschaftlich-technischer Entwicklungen werden Grundannahmen der bisher gültigen Ethik berührt: Eine konstante Natur des Menschen und der Dinge, eine leichte Einsichtigkeit in das menschlich Gute und die Begrenztheit der Reichweite menschlichen Handelns – „All dies hat sich entscheidend geändert. Die moderne Technik hat Handlungen von so neuer Größenordnung, mit neuartigen Objekten und so neuartigen Folgen eingeführt, daß der Rahmen früherer Ethik sie nicht mehr fassen kann“ (Jonas, 1984, S. 26). Jonas konstatiert zwar eine weiterhin gültige „‚Nächsten'-Ethik“ für das soziale Miteinander, aber eine Überschattung dieser alltäglichen Sphäre von „einem wachsenden Bereich kollektiven Tuns, in dem Täter, Tat und Wirkung nicht mehr dieselben sind wie in der Nahsphäre“ (Jonas, 1984, S. 26).

Diese grundlegende Änderung durch Technik und Wissenschaft bezieht sich zunächst auf die Ebene der Verantwortungsobjekte: „Noch nie zuvor in der Geschichte hatte der Mensch so viel Verantwortung zu tragen wie heute, denn noch nie hatte er so viel Macht – technisch multiplizierte Macht über andere Menschen, aber auch über andere Naturwesen und -arten, über seine Umwelt, ja, über die Lebenswelt auf der Erde insgesamt“ (Lenk, 1988, S. 58). Die Reichweite menschlichen Handelns wird durch den beschleunigten Fortschritt in Wissenschaft und Technik enorm gesteigert und damit auch die potentiell zu verantwortenden Handlungsfolgen.

Eine zweite Änderung betrifft die Ebene der Verantwortungssubjekte: „Im Zuge der Entwicklung von Werkzeugen über die Maschinen zu den Systemen scheint das Subjekt zunächst als Handlungssubjekt verloren zu gehen“, da in den systemischen Zusammenhängen Folgen für das Individuum nicht überschaubar sind und sich nicht direkt aus der eigenen Handlung ergeben, sondern erst über Synergien, Kumulation und komplexe Wechselwirkungen (Hubig, 1993). Einzelne, im Hinblick auf die ethischen Folgen irrelevante Handlungen erhalten in der Summe kollektiver Tätigkeit dann große ethische Relevanz (Heidbrink, 2003; Lenk, 1993; Maring, 2011). Durch die stark differenzierten, arbeitsteiligen Handlungszusammenhänge der technisierten Gesellschaft findet eine Verantwortungsdiffusion statt, bei der keine eindeutige Zuordnung von Verantwortung zu Individuen gelingt. Dies ist einerseits in der Kollektivität der Handlungen in komplexen, stark vernetzten Systemen begründet, aber auch in der hierbei charakteristischen räumlichen und zeitlichen Distanz von Handlungen und Handlungsfolgen.

Hinzu kommt, dass dem technisch-wissenschaftlichen Fortschritt eine Eigendynamik zugeschrieben werden kann und der individuelle, selbst der kollektive Handlungsspielraum, diese Dynamik zu beeinflussen, begrenzt ist:

> *Der faustische Pakt mit dem technisch-wissenschaftlichen Fortschritt ist also zweifellos existent und folgenreich [. . .]. Wir können ihn nicht einfach einseitig aufkündigen; wir können nicht einseitig den Fortschritt stillstellen, [. . .] ohne daß wir einen Rückfall in Versorgung, Lebensstandard, Konkurrenzfähigkeit der Wirtschaft u. ä. in Kauf nehmen würden*
> (Lenk, 1988, S. 64–65).

Die Selbstläufigkeit von wissenschaftlich-technischer Entwicklung und den pessimistischen Blick auf ein mögliche, ethisch begründete Kontrolle betont auch Beck sehr eindrücklich: „Die Ethik spielt im Modell der verselbstständigten Wissenschaften die Rolle einer Fahrradbremse am Interkontinentalflugzeug“ (Beck, 1988, S. 194).

Die Forderung nach einer „gesamtmenschheitlich global-ethisch orgientierte[n] Humanisierung des Umgangs mit den technischen Möglichkeiten“ (Lenk, 1988, S. 65) findet auch Eingang in die naturwissenschaftliche Bildung, die sich dieser veränderten Realität stellt und Schüler*innen Orientierung darin geben soll.

Tabelle 2.1: Begriffsbestimmung zum Bedeutungsfeld der Technik

	Technologie	**Technik**
Verwandte Begriffe im deutschsprachigen Raum	Allgemeine Technologie, Technikwissenschaften, Techniksoziologie, Technikphilosophie	Sachsysteme, spezielle Technologien, Ingenieurswissenschaften
Verwandte Begriffe im englischsprachigen Raum	technology	engineering
Zentrale Merkmale	► Orientierung an der Erkenntnis von Prinzipien ► Wissenschaft mit dem Forschungsgegenstand Technik, ihrer Entstehung und Nutzung ► Metawissenschaft bzw. Transdisziplin, die sich für die Analyse von Technik v. a. der Soziologie, der Kybernetik, der Systemtheorie, Philosophie und der Geschichte bedient	► Orientierung an Entwicklung und Nutzen ► Umfasst die Nutzung, die wissenschaftlich gestützte (Weiter-)Entwicklung von Technik und die materielle Basis der Technik, also Sachsysteme nach Ropohl, 1999 ► Transdisziplin mit den Bezugswissenschaften v. a. Naturwissenschaften und Mathematik
Illustrierende Beispiele zur Abgrenzung	Techniksoziologie, Systemtheorie, Kybernetik, Technikfolgenabschätzung	Handwerker*innen, Elektrotechnik, Maschinenbau, Baukonstruktion, Geräte und deren Entstehungs- und Nutzungszusammenhänge

2.2 Physik, Technik und Verantwortung als konzeptioneller Bestandteil naturwissenschaftlicher Bildung

Kapitelüberblick

Nachfolgend soll dargelegt werden, warum die Betrachtung der Rolle von Technik und Verantwortung von physikdidaktischer Relevanz für Forschung und Unterrichtspraxis ist.

Ausgehend von einer allgemein-bildungstheoretischen Perspektive auf die Trias Physik-Technik-Verantwortung und von den Diskussionen der frühen deutschsprachigen Physikdidaktik hierzu sollen die aktuellen bildungspolitischen Anknüpfungspunkte aufgezeigt werden. Nach diesem Überblick über Argumentationslinien für einen Technik- und Verantwortungsbezug im Physikunterricht werden zentrale Formen der Integration in den Naturwissenschafts- und Physikunterricht dargelegt, ausgehend von eher oberflächlicher und nur begrifflicher Integration von Teilaspekten bis zu sehr umfassenden Formen der Integration.

Fachunspezifisch soll nun zunächst eine bildungstheoretische Begründung für die Trias Physik-Technik-Verantwortung im Physikunterricht angeführt werden: Die kritisch-konstruktive Didaktik rückt die Ausbildung von Fähigkeiten zur Selbstbestimmung, Mitbestimmungsfähigkeit und Solidaritätsfähigkeit ins Zentrum ihrer Bildungstheorie (Klafki, 1996). Dieser als Allgemeinbildung für alle formulierte Anspruch zielt auf eine Bildung in allen Grunddimensionen menschlicher Interessen und Fähigkeiten ab, wobei u. a. kognitive Möglichkeiten, handwerklich-technische Produktivität und ethische und politische Entscheidungs- und Handlungsfähigkeit genannt sind und damit deutliche Parallelen zur Trias Physik-Technik-Verantwortung aufzeigen (Klafki, 1996, S. 52–54). Diese Fähigkeiten sollen in der Beschäftigung mit dem Medium des Allgemeinen erlernt werden, wobei Klafki dieses mit den epochaltypischen Schlüsselproblemen beschreibt. Hierbei verbindet er Allgemeinbildung direkt mit Fragen der Verantwortung: „Allgemeinbildung bedeutet [. . .] Einsicht in die Mitverantwortlichkeit aller angesichts solcher Probleme und Bereitschaft, an ihrer Bewältigung mitzuwirken“ (Klafki, 1996, S. 56–69). Bildung wird als

Einsicht in Mitverantwortung und Bereitschaft zur Mitwirkung an den Problemen der Gegenwart und der antizipierten Zukunft konzipiert. Einer instrumentellen Rationalität, welche Wissen (z. B. physikalisches) und Technik hervorbringt und zur Lösung der Gegenwarts- und Zukunftsprobleme dienen kann, stellt Klafki eine reflexive Vernunft zur Seite, welche die expansiven Wirkungsmechanismen einer Hochtechnisierung hinterfragt und so vor den mit den Chancen von Technik untrennbar verbundenen Gefahren bewahren soll (Klafki, 1996, S. 32). Damit ist Klafki sehr nah an der Argumentation von Jonas (1984), der in ähnlicher Argumentationsstruktur der technischen Wirkmächtigkeit eine Heuristik der Furcht gegenüberstellt.

Epochaltypischen Schlüsselprobleme nach Klafki (1996) und die Trias Physik-Technik-Verantwortung

Die Trias Physik-Technik-Verantwortung ist in vielfältiger Weise mit den epochaltypischen Schlüsselproblemen nach Klafki (1996) verbunden. So knüpft z. B. die *Friedensfrage* an die Dual-Use-Problematik der Kernenergienutzung und die Rolle von Wissenschaftler*innen und Techniker*innen bei der Entwicklung der Atombombe an. Die *Umweltfrage* ist über die Nutzung fossiler Energien und den damit zusammenhängenden anthropogenen Klimawandel verbunden damit auch mit *Ungleichheit* durch eine intra- und intergenerationelle (Un-)Gerechtigkeit. Auch *Steuerungs-, Informations- und Kommunikationsmedien* sind im Kontext von Klimawandel von Bedeutung (z. B. Leugnung des menschengemachten Klimawandels insb. in sozialen Medien) und wird vor allem in modernen Konzepten von Nature of Science in Society berücksichtigt (vgl. Kapitel 2.2.3). *Subjektivität und Ich-Du-Beziehungen* werden bei der Betrachtung von Verantwortung für individuelle Handlungsfolgen relevant.

Auch in der frühen deutschsprachigen Physikdidaktik der 70er und 80er Jahre des 20. Jahrhunderts spielen die Beziehungen zwischen Physik und Technik und die Fragen des ethischen Umgangs damit eine große Rolle. Prototypisch für den Diskurs damals kann vor allem die Frage nach der Verantwortung von Physiker*innen bei der Entwicklung von Atomwaffen gesehen werden. Aber auch die Durchdringung des Alltags (von Schüler*innen) mit technischen Innovationen und die Fragen, wie der

Physikunterricht zu einem mündigen Umgang mit dieser Technik beitragen kann und worin auch klare Grenzen liegen, werden damals reflektiert.

Der Kran und der Kranich: Zur Abgrenzung von Technik und Physik in der Physikdidaktik der 70er und 80er Jahre

Sowohl Wagenschein (1976) als auch Jung (1983) beschäftigen sich mit der konzeptionellen Abgrenzung der Physik von der Technik. Als zentrale Unterscheidungskategorie arbeiten beide den Zweck bzw. das Ziel der jeweiligen Unternehmung heraus: „1. Entdeckung und Erfindung ist zweierlei. 2. Physik ist ein Aspekt der Natur, Technik die Art der praktischen Bewältigung, die aus ihm entwickelbar ist“ (Wagenschein, 1976, S. 45). Ziel der Physik sei es, möglichst allgemeingültige Aussagen über noch unbekannte, grundlegende Prinzipien der Natur zu entdecken. Wohingegen in der Technik konkrete Mittel, meist Geräte, entwickelt werden, welche einen praktischen (Alltags-)Nutzen haben. Die hierbei vorgenommenen Idealisierungen werden damals bereits diskutiert. So werden z. B. die Grenzen einer dichotomen Betrachtung zwischen Physik und Technik reflektiert und eher technische Vorgehensweisen in der Physik identifiziert (z. B. das Entwickeln und Optimieren von Messgeräten und anderen Apparaturen) und ein analytisch-wissenschaftliches Vorgehen beim Entdecken von allgemeinen Gesetzmäßigkeiten in den Technikwissenschaften (wie z. B. in der Kybernetik). Auch können Begriffe und Gesetze sowohl grundlegend-physikalisch als auch anwendungsbezogen-technisch interpretiert werden: Das Induktionsgesetz z. B. kann als reine Beschreibung eines physikalischen Zusammenhangs verstanden werden, kann aber auch im Sinne einer technischen Anleitung interpretiert werden, die aufzeigt, wie eine technische Nutzbarmachung von Spannungstransformation realisiert werden kann. Die in der Physik gefundenen Sätze folgen häufig der Form: „*Wenn* ich dies tue, *dann* geschieht auch jenes. Es kommt also zu einer geistig-handwerklichen Beherrschung“ (Wagenschein, 1976, S. 22). Bei aller Verschiedenheit wird die Nähe und Verwandtschaft von Physik und Technik also nicht negiert. Jung (1983) kommt zu dem Schluss, dass sich in der begrifflichen Trennung zwischen Technik und Physik „keine deutlichen und überzeugenden Merkmale [finden lassen und eine] scharfe Abgrenzung [den] eher fließenden [Grenzen]“ nicht angemessen ist (Jung, 1983, S. 99). Doch auch er unterscheidet zwischen den Zielen der

Disziplinen und damit auch der Unterrichtsfächer: „Der Physikunterricht behandelt das 'Prinzip', der Technikunterricht die Probleme des wirklichen Produkts, seiner Herstellung, seiner Verwendung etc." (Jung, 1983, S. 99). Sehr deutlich grenzt er auch handwerkliche Fähigkeiten sowohl vom Physik- als auch vom Technikunterricht ab: Zu lernen, wie man ein Fahrrad repariert, gehöre „weder in den einen noch den anderen Unterricht, sondern in eine Handwerkslehre" (Jung, 1983, S. 99).

Die Diskussion um die Rolle von Technik im Physikunterricht wird damals auch schon vor dem Hintergrund des (mangelnden) Interesses am Unterrichtsfach Physik geführt. Technischen Geräten (des Alltags) als Kontext für den Physikunterricht (vgl. 2.2.1) wird eine motivationsförderliche Wirkung zugesprochen. Lehrkräfte dürften „das technische Interesse der Kinder nicht ignorieren" (Wagenschein, 1976, S. 45). Dabei werden aber auch die Grenzen einer physikalischen Betrachtung technischer Geräte diskutiert: Einerseits werden organisatorische Gründe wie der begrenzte Zeitumfang des Physikunterrichts, andererseits aber auch inhaltliche Gründe angeführt: „Die Motivationsprobleme des Physikunterrichts sollten nicht dadurch gelöst werden, daß man keine Physik mehr unterrichtet" (Jung, 1983, S. 99). Jung kritisiert, dass nicht das bestehende Interesse an Technik für den Physikunterricht instrumentalisiert, sondern vielmehr die Physik selbst interessenförderlich gestaltet werden solle. Wenn der analytisch-physikalische Zugang zugunsten eines konstruierend-technischen ersetzt würde, wäre der wesentliche Kern und auch der Bildungswert des *Physik*unterrichts verfehlt. Andererseits könnte eine nur oberflächliche Integration der technischen Inhalte Schüler*innen auch enttäuschen und letztlich demotivieren, wenn Technik nur als illustrativer, motivierender Einstieg genutzt wird, aber nicht tatsächlich erklärt und durchdrangen wird. Wagenschein fasst die normative Setzung, nicht nur das Interesse an Technik zu bedienen, sondern auch für einen physikalischen Weltzugang zur umgebenden Natur zu begeistern, anschaulich zusammen: Es sei Aufgabe der Schule, den Schüler*innen den Unterschied beizubringen zwischen der „Ehrfurcht vor der Natur" oder dem „Respekt vor unserem findigen Verstand", denn „sonst verkommen sie und verehren am Ende den Kran mehr als den Kranichzug" (Wagenschein, 1976, S. 38).

Atombomben und Farbfernsehen: Das Ende des Fortschrittsoptimismus in der Physikdidaktik

Neben der Abgrenzung und der Wechselwirkung von Physik und Technik wird auch damals die ethische Dimension der Technik und der Physik diskutiert. Dabei wird ein technikkritischer, bisweilen ein technikpessimistischer Standpunkt deutlich. Das Ideal von Technik als nutzenstiftender Unternehmung wird teilweise aufgegeben: Jung (1983) spricht einigen Erfindungen ihren tatsächlichen Nutzen ab und bezeichnet ihren Zweck als häufig erst post-hoc konstruiert. Einige Erfindungen seien nicht nur unnütz, sondern eher schädlich. Wagenschein wird hier noch deutlicher und konstatiert, dass der „fortschrittsfreudige Optimismus, mit dem man noch vor nicht langer Zeit dem ‚Zeitalter der Technik' entgegensah, [...] geschwunden [ist]" (Wagenschein, 1976, S. 43). Durch technische Entwicklungen seien Wirkungen örtlich sowie zeitlich getrennt worden von den auslösenden Handlungen und den tätigen Subjekten. Die einst auf ein enges soziales Umfeld beschränkten Handlungsabläufe und einfach konstruierten Geräte werden durch industrielle Arbeitsteilung komplexer, vernetzter und gleichzeitig undurchsichtig und entfremdet, was es erleichtert, „sich auch von der Verantwortung abzusetzen". Wagenschein spitzt dies drastisch zu: „Es fällt leichter, mittels eines Druckknopfes eine Stadt auszulöschen, als einen Menschen mit den Händen umzubringen" (Wagenschein, 1976, S. 44). Die Anspielung auf die Entwicklung und den Einsatz von Atomwaffen expliziert Wagenschein mit Bezug auf ein Zitat von J. R. Oppenheimer, „die Physiker haben die Sünde entdeckt".

Bei aller Bedeutung der Physik für den Fortschritt der Technik werden die Grenzen des Beitrags der physikalischen Bildung für einen verantwortungsvollen Umgang mit und eine Mitgestaltung der technischen Umwelt betont, wie es Wagenschein (1976) plakativ am Fernsehkonsum festmacht:

> *Die genaue Kenntnis des Fernsehapparates, ja sogar das Vertrautsein mit seinen physikalischen Grundlagen, schützt nicht im mindesten davor, einen kulturzerstörerischen Gebrauch von ihm zu machen.*
> (Wagenschein, 1976, S. 44)

Hier wird deutlich, dass physikalische Bildung nur einen Teil-Weltzugang ermöglicht. Für die Bewertung, Mitgestaltung und Mitverantwortung können physikalische Zugänge hilfreich und notwendig sein — hinreichend

sind sie nicht. Entsprechend multidimensional sind aktuelle Konzeptionen von Bewertungskompetenz angelegt (vgl. 2.2.2). Ethische Reflexionen werden dabei explizit zum Bestandteil des Physikunterrichts erklärt.

Bedeutung der Trias in Lehrwerken der Physikdidaktik im 21. Jahrhundert

Auch in aktuellen Lehrwerken der Physikdidaktik finden die dargestellten historischen Diskurse Eingang. In der Darstellung der gesellschaftlichen Dimension des Physikunterrichts betonen Kircher et al. (2015) die Prägung der Gesellschaft durch Technik und die ambivalente Rolle der Technik. Dort wird konstatiert, dass „Gesellschaft und Physik [...] vor allem über die Technik [zusammenhängen]" (Kircher et al., 2015, S. 39). Auch die Rolle von Verantwortung im Physikunterricht wird mit Bezug auf das Werk von Jonas (1984) diskutiert. Jonas' Analysen zu einer veränderten Rolle von Verantwortung und Wissen in einer technisierten Welt folgend wird die große Bedeutung einer physikalischen Bildung abgeleitet, die eine Reflexion über die ethische Dimension von Naturwissenschaften und Technik integriert. Mit Referenz auf Wagenschein wird auch bei Gebhard et al. (2017) der Bildungswert der Physik diskutiert. Dabei wird der Natur der Naturwissenschaften (vgl. 2.2.3) eine besondere Bedeutung zugesprochen und die moralisch-ethische Dimension von physikalischer Bildung betont. Das erzieherische Potential des Physikunterrichts könne „‚Verantwortlichkeit' [...] im Denken, also insgesamt ein ‚naturwissenschaftliches Ethos' stärken" (Gebhard et al., 2017, S. 2).

Physik-Technik-Verantwortung in aktuellen Bildungsstandards für Physik

Ein emanzipatorischer Allgemeinbildungsanspruch, bezogen auf die Selbstbestimmungs-, Mitbestimmungs- und Solidaritätsfähigkeit von Schüler*innen, findet seinen Niederschlag auch heute noch in den bildungspolitischen Zieldokumenten für den Physikunterricht in Deutschland: In den Bildungsstandards im Fach Physik (und in ähnlicher Form in den landesspezifischen Lehrplänen) wird der Beitrag des Faches Physik zur Bildung skizziert und

dabei die Beziehung zwischen Naturwissenschaft und Technik ins Zentrum des Bildungswertes von Physik gerückt:

> *Die Naturwissenschaft Physik leistet einen Beitrag für ein umfassendes Verständnis der Welt. Dazu gehört auch, die Grundlagen von Technologien zu verstehen und deren Nutzung im Hinblick auf das eigene Leben und die Gesellschaft zu bewerten, sowie Informationen, insbesondere in der digitalen Welt, selbstbestimmt zu nutzen [...] Als eine der ältesten Wissenschaften ist die Physik seit jeher in ein Wechselspiel mit Technik und Gesellschaft eingebunden. Sowohl historische als auch aktuelle Entwicklungen verdeutlichen die Notwendigkeit der Betrachtung gesellschaftlich relevanter Problemstellungen wie der Energieversorgung oder des Klimawandels aus physikalischer und technischer Sicht. Lernende werden dazu angeregt, sich rational reflektiert eine eigene Meinung zu bilden und sowohl in ihrem unmittelbaren Umfeld als auch in der Gesellschaft Verantwortung zu übernehmen.*
> (KMK, 2020, S. 11)

Die Autor*innen betonen hier die Bedeutung des Wechselspiels zwischen Naturwissenschaften, Technik und Gesellschaft. Physikunterricht soll in diesem Feld Orientierung bieten und dazu befähigen, Verantwortung auf verschiedenen Ebenen des sozialen Miteinanders zu übernehmen. Dies arbeiten die Autor*innen als einen Kern naturwissenschaftlicher Kompetenz heraus:

> *Das Wechselspiel zwischen naturwissenschaftlicher Erkenntnis und deren Anwendung in Gebieten wie Gesundheit, Ernährung, Klima und Technik hat Einfluss auf ökologische, ökonomische und soziale Systeme. Das Erkennen, Einordnen, Bewerten und Berücksichtigen möglicher Folgen für ökologische, ökonomische und soziale Systeme ist für eine verantwortungsvolle gesellschaftliche Teilhabe notwendig und erfordert naturwissenschaftliche Kompetenz*
> (KMK, 2020, S. 9)

Die herausgearbeitete hohe (ethische) Relevanz von Technik für die Gesellschaft spiegelt sich häufig nicht in den Stundentafeln der Bundesländer sowie der Anzahl der technikdidaktischen Lehrstühle in Deutschland wider.

So arbeitet Pfenning (2013) heraus, dass es erstens keine durchgängige, systematische Technikbildung in Form z. B. eines eigenen (Wahl-)Faches, eines integrierten Technikunterrichts oder eines eigenen Lernbereichs an Schulen in Deutschland gibt. Zweitens, so Pfenning, werden Bemühungen zur Technikbildung häufig ökonomisch mit einem Fachkräftemangel in technischen Berufen begründet (vgl. VDI, 2012). Ansätze zur Technikintegration zielen dann vor allem auf Nachwuchsgewinnung und weniger auf eine allgemeine Technikmündigkeit und Technikemanzipation ab (Pfenning, 2013). In Ermangelung eines eigenen Faches wird Technikbildung, wie aus den oben zitierten Bildungsstandards ersichtlich, auch als Aufgabe des Physikunterrichts verstanden und so auf vielfältige Art und Weise integriert (Spiegel, 1999). Im Folgenden sollen nun zentrale didaktische Ansätze und Strömungen dargestellt werden, die diese Trias Physik-Technik-Verantwortung konzeptionell integrieren:

Bildungskonzepte in der Physikdidaktik mit unterschiedlichen Formen der Integration von Technik- und Verantwortungsfragen

- Ausgangspunkt bildet die *Kontextorientierung von Physikunterricht*, wobei vor allem aus lernpsychologischen Gründen insbesondere Technik als ein geeigneter Kontext für das Lernen von Physik ins Zentrum gerückt wurde.
- Die in den Bildungsstandards verankerte *Bewertungskompetenz* integriert explizit überfachliche und auch ethische Dimensionen auf physikalische Gegenstände und ermöglicht damit auch ethische Perspektiven auf Verantwortung im Physikunterricht.
- Metatheoretische Betrachtungen der Beziehung von Physik und Technik sind Gegenstand von *Nature of Science (NoS)*.
- Ein noch umfassenderer Zugang zu Physik in einem Geflecht mit Technik und Gesellschaft, verbunden mit ethischen Fragestellungen, ist in den Konzepten *Science-Technology-Society (STS) und Socioscientific Issues (SSI)* angelegt.
- Das Konzept *Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)* nimmt komplexe, vor allem globale Wirkzusammenhänge und Fragen der Mit-Verantwortung und Mit-Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung in den Blick, wobei fachspezifische Ausdifferenzierungen des Ansatzes insbesondere Technik(-folgen) diskutieren.

2.2.1 Kontextorientierter Physikunterricht

Ausgehend von Befunden zum Interesse an Physik und am Physikunterricht (Häußler et al., 1996) nimmt das Forschungs- und Entwicklungsprojekt Physik im Kontext (PIKO) Anfang der 2000er-Jahre das Thema Kontexte für den Physikunterricht in den Blick. Fundiert in einer konstruktivistischen Sicht auf Lernen betont das Projekt die Rolle von Schüler*innenvorstellungen und affektiven Aspekten des Lernens, wie z. B. Interesse, Motivation und Selbstkonzept, und leitet hieraus Merkmale für eine Unterrichtsgestaltung ab (Duit, 2010). Lernen von Physik findet demnach einerseits in einem Kontext (im Sinne einer Lernumgebung) statt. Andererseits können fachliche Inhalte der Physik in einen Kontext, also in ein mit dem Fachinhalt verknüpftes Themengebiet, eingebettet sein.

Technik als Kontext für den Physikunterricht

Mit Verweis auf Muckenfuß (1995) werden für Lernende sinnstiftende Kontexte des Physikunterrichts gefordert, welche „Alltags- oder Naturphänomene oder technische Anwendungen, aber auch Aspekte der Bedeutung der Physik für Technik und Gesellschaft“ umfassen können (Duit & Mikelskis-Seifert, 2010, S. 1). Die Kontextorientierung wird mit einer lernförderlichen, da motivierenden und Interesse weckenden Funktion der Kontexte begründet. Außerdem soll Gelerntes flexibler angewendet werden können als dekontextualisiert erworbenes Wissen (Duit & Mikelskis-Seifert, 2010). Technik wird hier in einer zweifachen Rolle als relevant identifiziert: Einerseits kann der Kontext Technik im Physikunterricht an die technisch geprägte Alltagswelt der Schüler*innen anknüpfen und hierdurch die *individuelle Bedeutung* von Physik fördern. Unterricht kann dabei einen analytischen Blick durch das Nachvollziehen der physikalischen Prinzipien, die der Funktionsweise bestehender technischer Geräte zugrunde liegen, fördern. Andererseits wird auf die Rolle der Physik in der Entwicklung von Technik Bezug genommen und damit die *gesellschaftliche Bedeutung* in den Fokus gerückt. Unterricht kann dabei eher historische Perspektiven auf Fortschritt und Entwicklung sowie ethische Betrachtungen ermöglichen.

Auch Girwidz und Ziegelbauer greifen im Forschungsprojekt PIKO diese zwei Dimensionen bei der Darstellung des Sinns und Zwecks von moder-

ner Technik im Physikunterricht auf: Einerseits nennen sie die Prägung der Lebenswelt der Schüler*innen durch Technik (und hier in besonderer Weise durch Geräte, die einem physiologischen Messverfahren wie der Messung von Körpertemperatur, Blutdruck etc. dienen) und andererseits die gesellschaftliche Ebene, wobei die Autoren nicht nur die Bedeutung der Physik für die Technik, sondern auch die Rolle der „moderne[n] Technologien [...] in Forschung und Industrie" betonen (Girwidz & Ziegelbauer, 2010, S. 1). Girwidz und Ziegelbauer folgern aus der auch medialen Omnipräsenz von modernen Technik für den an einer naturwissenschaftlichen Grundbildung orientierten Physikunterricht zugespitzt: „Dem darf sich Physikunterricht nicht verschließen, wenn Physik nicht ein Fach aus dem letzten Jahrhundert bleiben soll" (Girwidz & Ziegelbauer, 2010, S. 1). Wie bei Duit und Mikelskis-Seifert (2010) werden hier neben dem Aspekt der Motivation für das Fach Physik vor allem die Vorteile eines kontextorientierten Lernens für eine flexiblere Anwendung von Erlerntem in diversen Kontexten hervorgehoben. Girwidz und Ziegelbauer schlagen dabei über die reine Anreicherung des Physikunterrichts mit technischen Kontexten hinaus auch die Integration technischer Konstruktionsprozesse in den Lernprozess vor. Sie betonen aber auch die Grenzen einer Kontextorientierung an „modernen Technologien". Für die Behandlung komplexer technischer Systeme seien eine Zerlegung in geschlossene „Funktionsmodule" und ein kompetenter Umgang mit Modellierungen nötig.

Technik als Kontext für den Physikunterricht ist heute in der Praxis weit verbreitet, was sich unter anderem in Schulbüchern und Curricula widerspiegelt (Gardner, 1999). In vielfältiger Weise ist der Kontext Technik auch Gegenstand der physikdidaktischen Forschung und Entwicklung. Insbesondere die affektiven Wirkungen, wie z. B. auf das Interesse der Schüler*innen, stehen hier im Zentrum (Bennett et al., 2007). Von besonderer Relevanz ist dabei auch die Frage nach Genderunterschieden. So zeigen Mädchen ein deutlich geringer ausgeprägtes Interessenprofil an den Kontextbereichen Technik und technische Berufe sowie Bauen von Geräten (Häußler et al., 1996). Berger (2002) konnte jedoch nachweisen, dass ein in den Kontext Medizintechnik eingebetteter Unterricht zu Wellen und Röntgenstrahlung deutlich interessanter wahrgenommen wird als ein „traditioneller" Unterricht bei gleichen Leistungen der Schüler*innen. Insbesondere weibliche Schülerinnen profitieren von dem medizin-technischen Kontext. Auch Schmid (2023) konnte nachweisen, dass an Technik orientierte Mathematik,

Informatik, Naturwissenschaften, Technik (MINT)-Lernumgebungen bei entsprechend gendersensibler Gestaltung „positive Auswirkungen auf die technikbezogenen Einstellungen und damit verbundenen Interessen von Kindern und Jugendlichen haben“ (Schmid, 2023, S. 293).

Die Perspektive von Lehrkräften auf Technik als Kontext ist weit weniger untersucht als dessen Wirkung auf Schüler*innen (Nawrath & Komorek, 2013). Nawrath und Komorek konnten zeigen, dass Physiklehrkräfte ein überwiegend positives Bild von Kontexten für den Physikunterricht haben und diese als motivierend für Schüler*innen und lernförderlich vor allem im Hinblick auf ein vernetztes Denken wahrnehmen. Lehrkräfte sehen in Kontextorientierung eine Möglichkeit, „die Bedeutung der Physik in einer naturwissenschaftlich-technisch ausgerichteten Welt zu erfassen“ und damit das Schulfach Physik aufzuwerten (Nawrath & Komorek, 2013, S. 248). Lehrkräfte setzen Kontextorientierung im Physikunterricht weitgehend gleich „mit der Integration von Anwendungsbeispielen und Alltagsbezügen, die illustrierenden oder erklärenden Charakter haben [...] Da bestimmtes physikalisches Wissen in technischen Objekten Anwendung findet, könne im Physikunterricht die Nützlichkeit von Wissen demonstriert werden“ (Nawrath & Komorek, 2013, S. 243–244). Im Hinblick auf die Praxis sehen Lehrkräfte v. a. einen erhöhten Planungsaufwand, die Schwierigkeit, geeignete Kontexte zu finden und aufzubereiten, sowie enge curriculare Vorgaben, welche einem kontextstrukturierten Physikunterricht im Wege stehen. Den Mangel an Zeit im Unterricht für eine Kontextorientierung geben nur wenige der befragten Physiklehrkräfte an (Nawrath & Komorek, 2013). Die Ergebnisse von Nawrath und Komorek bestätigen die internationalen Forschungsergebnisse von Wilkinson (1999), dass „insbesondere eine methodische Anreicherung des Physikunterrichts mit Anwendungen und Alltags- und Technikbezügen als Kontextorientierung angesehen wird“ (Nawrath & Komorek, 2013, S. 250). Neu ist bei Nawrath und Komorek die eher positive Einstellung gegenüber Kontexten und die durch Lehrkräfte gesehene Chance, dass Schüler*innen „komplexe und vernetzte physikalische Fragestellungen durch eine Kontextorientierung besser“ durchdringen können (Nawrath & Komorek, 2013, S. 251).

Bennett et al. (2007) diskutieren in ihrem systematischen Review zu Effekten von kontextorientiertem bzw. an STS ausgerichtetem Unterricht, dass die Validität der in Interventionsstudien gefundenen positiven Effekte kritisch zu betrachten seid, da einerseits die Entwicklung und Evaluation

von Interventionen von den gleichen Personen durchgeführt wird und andererseits Lehrkräfte, die an einer Intervention teilnehmen, meist positive Einstellungen gegenüber der Kontextorientierung aufweisen und entsprechend motiviert und überzeugt Lernumgebungen gestalten (Bennett et al., 2007, S. 368). Die verschiedenen Durchdringungsformen und Tiefen der Integration (vgl. Fachsystematik vs. Kontextstrukturierung bei Nawrath, 2010) von Technik als Kontext in den Physikunterricht können jedoch auch nachteilige Effekte aufweisen. So kritisiert Gardner (1994b) die Praxis, mit Technik nur oberflächlich Aufmerksamkeit zu generieren, die dabei aber geweckten Erwartungen nach einem tatsächlichen Verständnis nicht zu erfüllen und damit letztlich Frustration hervorzurufen. Gardner verwendet in diesem Zuge das Bild des „Magicians Rabbit" - Technische Geräte werden kurz gezeigt, um Motivation und Interesse zu wecken, verschwinden dann jedoch und der naturwissenschaftliche Unterricht bleibt fachlich orientiert, ohne Technik wieder aufzugreifen oder gar zu durchdringen (Gardner, 1994b, S. 21).

2.2.2 (Ethisches) Bewerten im naturwissenschaftlichen Unterricht

Bewertungskompetenz ist ein etablierter Bestandteil von und Anspruch an naturwissenschaftliche Bildung im Fach Physik. Diese wird von der Kultusministerkonferenz (KMK) wie folgt beschrieben:

> *Die Bewertungskompetenz der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von fachlichen und überfachlichen Perspektiven und Bewertungsverfahren und in der Fähigkeit, diese zu nutzen, um Aussagen bzw. Daten anhand verschiedener Kriterien zu beurteilen, sich dazu begründet Meinungen zu bilden, Entscheidungen auch auf ethischer Grundlage zu treffen und Entscheidungsprozesse und deren Folgen zu reflektieren.*
> (KMK, 2020, S. 10)

Bezüge zwischen Bewertungskompetenz, Technik & Verantwortung in den Bildungsstandards

Die Integration in die Bildungsstandards geht dabei über ein reines Bekenntnis in der Präambel bei der Darstellung des Bildungsbeitrags des Fachs Physik hinaus. Bewertungskompetenz wird als eine von vier ineinandergreifenden Facetten der naturwissenschaftlichen Kompetenz konzipiert und durch konkrete Lernziele ausdifferenziert und operationalisiert. Diese werden in den landesspezifischen Fachlehrplänen dann auch auf alle fachlichen Inhaltsbereiche bezogen (z. B. Ministerium für Bildung Sachsen-Anhalt, 2016). Die Bewertungskompetenz wird dabei explizit überfachlich angelegt und die ethische Dimension und damit Bezüge zu Verantwortungsfragen hervorgehoben. Rein innerfachliche Bewertungen z. B. zur Güte von Modellen oder der Zuverlässigkeit von Messwerten gehören somit nicht zum Kompetenzbereich Bewertung, sondern zum Bereich Erkenntnisgewinnung oder Sachkompetenz (KMK, 2020, S. 17). So wird z. B. im Kompetenzschwerpunkt *Aufbaukurs Mechanik* im Fachlehrplan Physik für Sachsen-Anhalt im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung die Bewertung der Abgeschlossenheit von mechanischen Systemen im Kontext der Erhaltungssätze genannt. Teil der Bewertungskompetenz in diesem Inhaltsbereich ist die Begründung von Vorsichtsmaßnahmen im Straßenverkehr. Im Kompetenzschwerpunkt *Wärme und Aggregatzustände* wird das Erkennen zufälliger und systematischer Messabweichungen und deren Ursachen als Teil der Erkenntnisgewinnungskompetenz und eine Bewertung des Nutzens von Sonnenenergie als Maßnahme zur Bekämpfung des Klimawandels aufgeführt (Ministerium für Bildung Sachsen-Anhalt, 2022a).

Die Bewertungskompetenz der Bildungsstandards ist eng mit Fragen von Verantwortung und Technik verbunden. Sowohl Subjekt- als auch Objektebene, sowie Handlungsfolgen und der normative Hintergrund im Sinne des Verantwortungsbegriffs (vgl. Kapitel 2.1) werden adressiert: So sollen kurz- und langfristige sowie lokale und globale Handlungsfolgen eigener und kollektiver Entscheidungen reflektiert und Risiken eingeschätzt werden (KMK, 2020, S. 18). Entscheidungs- und Bewertungsprozesse sollen reflektiert, Argumente auf ihren Gehalt und auf die zugrundeliegenden normativen Annahmen hin überprüft werden können. Technik spielt dabei eine zentrale Rolle und wird im Sinne einer Bewertung von Technikfolgenab-

schätzungen (vgl. Grunwald, 1999; Grunwald und Simonidis-Puschmann, 2013) explizit als ein Ziel für den Physikunterricht genannt: Es sollen „Bewertungen von Technologien und Sicherheitsmaßnahmen oder Risikoeinschätzungen hinsichtlich der Güte des durchgeführten Bewertungsprozesses [reflektiert werden]“ und „Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung und Konsequenzen [beurteilt werden]“ (KMK, 2020, S. 18). Damit ist Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung nicht nur Teil eines Technikunterrichts (Dutz et al., 2010; Scheffczik, 2003), sondern auch des Physikunterrichts.

Schüler*innen sollen so befähigt werden, „sowohl in ihrem unmittelbaren Umfeld als auch in der Gesellschaft *Verantwortung* zu übernehmen“ (KMK, 2020, S. 11, Hervorhebung F.B.). Bewertungskompetenz gerade im technischen Bereich wird hierbei also als eine Voraussetzung für verantwortliches Handeln (im Sinne von: Folgen für sich und andere berücksichtigend) gesehen.

Physikdidaktische Perspektive auf Bewertungskompetenz

Fachdidaktisch wird Bewertungskompetenz unterschiedlich fundiert und konzipiert. Bildungstheoretische Bezüge werden dabei unter anderem zum Konzept der Allgemeinbildung und dem damit verbundenen Anspruch der kritisch-konstruktiven Didaktik, Partizipation zu ermöglichen, indem Kritikbereitschaft, Argumentationsbereitschaft, Empathiefähigkeit und vernetztes Denken gefördert werden, hergestellt (Klafki, 1996). Neben einer instrumentellen Rationalität soll so eine vernunftgemäße Reflexionsfähigkeit ausgebildet werden. Damit ist gemeint, dass Natur nicht nur analytisch erschlossen und beherrscht, sondern die eigene Form des Weltzugangs und der Ermächtigung reflektiert werden soll (Klafki, 1996, S. 32). Auch mit Blick auf Nature of Science wird Bewertungskompetenz begründet. Dabei soll vor allem eine Unterscheidungsfähigkeit zwischen deskriptiven (z. B. der Physik) und normativen Aussagen (v. a. der Ethik) gefördert werden und damit grundlegend konzeptionelles Wissen über die Natur der Naturwissenschaften und naturwissenschaftlichen Wissens gefördert werden (Dittmer et al., 2016; Eggert & Bögeholz, 2006).

Dies soll einem naturalistischen Fehlschluss vorbeugen, nach welchem eine deskriptive, naturwissenschaftliche Erkenntnis hinreichend sei für

normative Entscheidungen, obwohl „naturwissenschaftliches und ethisches Wissen [. . .] verschieden [sind]“ (Dittmer et al., 2016, S. 102–103). Gebhard et al. konstatieren:

> *Um Problemlagen der persönlichen Lebensführung und gesellschaftspolitischen Entscheidungen zu beurteilen [...], bedarf es oft mehr als naturwissenschaftlichen Wissens, selbst wenn die Probleme auf den ersten Blick naturwissenschaftlicher oder technischer Art sein sollten. Vielmehr benötigt man die Kompetenz, solche Probleme einschließlich ihrer ethischen, politischen und gesellschaftlichen Implikationen zu reflektieren.*
> (Gebhard et al., 2017, S. 65)

Wenn beispielsweise die normative Entscheidung getroffen worden ist, dass Energiesparen ein anzustrebendes Ziel ist, so kann physikalisches Wissen dabei helfen, alltägliche Entscheidungen oder auch die Entwicklung von Technologie an diesem Ziel auszurichten z. B. durch die Betrachtung von Energiebilanzen. Aus den Bilanzen allein ergibt sich jedoch kein gesellschaftlich oder individuell anzustrebendes Verhalten. Diese Reflexion der Unterschiedlichkeit von physikalischem Wissen und normativen Urteilen ist damit nicht nur Bestandteil des Kompetenzbereichs Bewertung, sondern weist deutliche Bezüge zu Nature of Science auf.

Drei Modelle des Bewertens können nach Dittmer et al. (2016) unterschieden werden, die sich dann wiederum in verschiedenen Operationalisierungen und empirischen Zugängen niederschlagen:

- **Moralpsychologische Modelle:** Betont wird ein bewusster, analytisch-rationaler Bewertungsprozess, welcher im Sinne Kohlbergs verschiedene moralische Entwicklungsstufen (von egozentrisch bis universell) einnehmen kann und im Hinblick auf die höheren Entwicklungsstufen gefördert werden soll, sodass in Entscheidungssituationen elaborierte(re) Bewertungskategorien herangezogen werden.
- **Soziologische Modelle:** Betont werden unbewusste, sozial-geprägte Werturteile. Diese machen vor allem in Alltagssituationen schnell handlungsfähig und ermöglichen Handlungsroutinen. Ziel einer Förderung von Bewertungskompetenz ist dabei vordergründig nicht das Ersetzen bestehender Wertmaßstäbe durch elaboriertere, sondern vor allem das Bewusstmachen der impliziten Werturteile und die Reflexion der eigenen Normen.

- **Zwei-Prozess-Modelle:** Diese berücksichtigen beide Formen der Bewertung: schnelle, unreflektierte Urteile und aufwendige, analytische Bewertungen, welche je nach Urteilssituation unterschiedlich stark aktiviert werden.

Bewertungskompetenz und implizites Wissen

Zahlreiche naturwissenschaftsdidaktische Arbeiten zur Bewertungskompetenz, vor allem empirisch angelegte Studien wie von Reitscher und Hössle (2007) oder Eggert und Bögeholz (2006), konzentrieren sich vor allem auf bewusste, eher systematisch-rational ablaufende Bewertungsvorgänge (Überblick über Modellierungen von Bewertungskompetenz z. B. bei Hostenbach et al., 2011). Implizite Werturteilen, welche intuitiv und vor allem sozial geprägt sind, spielen in den Modellen eine meist untergeordnete Rolle, sind aber anschlussfähig (Dittmer et al., 2016, S. 104, Sander und Höttecke, 2018, S. 241). Konzeptionell wird die soziologische Perspektive auf die Rolle von Intuition bei Bewertungskompetenz in biologischen Kontexten von Dittmer und Gebhard (2012) betont. Dort wird herausgestellt, dass bei einer (unbewussten) Informationsverarbeitung und Entscheidungsfindung „immer auch grundlegende Vorstellungen“ wirken, welche als „Alltagsphantasien als kulturell verankerte und sozial geteilte Figuren des Welt- und Menschenbildes“ gelten können (Dittmer & Gebhard, 2012, S. 91). Dittmer et al. stellen in diesem Zusammenhang eine Analogie zur fachdidaktischen Forschung im Bereich der Schüler*innenvorstellungen her. Dort wird argumentiert, dass „die Umstrukturierung von Schülervorstellungen hin zu fachlichen Vorstellungen voraussetzt, dass sich Lernende ihrer eigenen vorunterrichtlichen Vorstellungen bewusst werden“ (Dittmer et al., 2016, S. 101). Analog schlagen sie als Kern einer Bewertungskompetenz ein Bewusstmachen der den eigenen Werturteilen zugrunde liegenden, impliziten Normen vor. Empirisch wurde diesem Ansatz zum Beispiel bei Sander (2017) Rechnung getragen. Dieser zeigt rekonstruktiv mit Hilfe der Dokumentarischen Methode, welche impliziten Orientierungen beim Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung bei Schüler*innen wirksam sind. Dabei wurden Wertorientierung, Zeitorientierung und Orientierungen in Bezug auf das Selbst und die Anderen als relevante Dimensionen identifiziert (Sander & Höttecke, 2018).

Die fächerübergreifende Anlage der Bewertungskompetenz stellt Lehrkräfte vor große Herausforderungen, da die als Ziel gesetzten Kompetenzen in der Regel nicht Teil der fachwissenschaftlichen Bildung von Physiklehrkräften sind oder dabei nur eine untergeordnete Rolle spielen. Die fachkulturell in den Naturwissenschaften geprägten Physiklehrkräfte fühlen sich zur philosophisch-ethischen Reflexion nicht angemessen ausgebildet (Dittmer & Gebhard, 2012, S. 82–83). Der Umgang mit der eigenen Meinung und auch einer Meinungsvielfalt im Unterricht gerade bei komplexen, ethisch aufgeladenen, dilemmatisch angelegten Themen ohne eineindeutige Lösung ist schwierig (vgl. Kapitel 2.2.4 zu Socioscientific Issues).

Im Hinblick auf den rekonstruktiven Zugang dieser Arbeit zur Trias Physik-Technik-Verantwortung sind folgende hier herausgearbeitete Aspekte der Bewertungskompetenz als Teil naturwissenschaftlicher Bildung zentral:

Technik als zentraler Gegenstand der Bewertungskompetenz

Eine kompetente Bewertung von Technik, sei es im persönlichen Umgang, oder auch in einem gesellschaftlich-politischen Sinne, steht im Fokus von Bewertungskompetenz. Begründet wird dies meist mit der umfassenden Prägung des Alltags und gesellschaftlicher Entwicklungen durch Technik. Die bereits als Wissenschaftsdisziplin und als Teil von Politikberatung etablierte Technikfolgenabschätzung findet damit ihren Niederschlag in naturwissenschaftlicher, insbesondere physikalischer Bildung und soll zur Teilhabe an dem Diskurs befähigen. Die besondere Herausforderung von (moderner) Technik zeigt sich in der Komplexität und Widersprüchlichkeit der Entwicklung und Wirkung, von Arndt et al. (2019) als „Antinomien" bezeichnet: Einerseits erleichtert und vereinfacht der materielle Fortschritt viele Tätigkeiten, Natur wird analysierbar, voraussagbar und „entzaubert". Gleichzeitig wird die Technik (und auch die Naturwissenschaften) durch Spezialisierung und Ausdifferenzierung der Forschungs- und Wertschöpfungsprozesse komplizierter und selbst für informierte Laien letztlich nicht durchdringbar. Die epistemische sowie die materielle Abhängigkeit von Naturwissenschaft(ler*innen) und Technik(er*innen) steigt, womit Wissenschaft und Technik selbst mystifiziert werden (Arndt et al., 2019). Eine weitere Widersprüchlichkeit zeigt sich in der Bewertung der Folgen von Technik. Technik kann sowohl Ursache als auch Lösung eines Problems sein und im Sinne von Dual-Use, sowohl für einen zivilen Nutzen als auch

für militärische Zwecke eingesetzt werden. Die Verflechtung von Naturwissenschaften und Technik hat darüber hinaus zu einer Beschleunigung von Entwicklungen in beiden Feldern geführt und Handlungsoptionen sowie Wirkmächtigkeit massiv erweitert. Vor allem kollektive Handlungsfolgen sind relevant geworden und räumlich und zeitlich von den Handlungen selbst teilweise entkoppelt (vgl. Kapitel 2.1). Die Bewertung von unübersichtlichen und komplexen Technikfolgen wird dadurch erschwert und erfordert unter anderem einen hohen Grad an vernetztem Denken und einen kompetenten Umgang mit Unsicherheit, um trotzdem handlungsfähig zu bleiben.

Implizite Dimension von Bewertungskompetenz

Bewertung ist zu großen Teilen kein rational-analytisch ablaufender Prozess. Implizite, sozial vermittelte und habitualisierte Wissensbestände beeinflussen die intuitiven Werturteile, welche dann post-hoc rationalisiert werden. In einem soziologisch gelagerten Verständnis von Bewertungskompetenz sollen diese Intuitionen nicht überwunden, sondern bewusst gemacht und reflektiert werden. Naturwissenschaftlicher Unterricht soll dazu befähigen, zu verstehen, „wie und auf welche Weise Intuition einsetzt und an ihnen [den Schüler*innen] wirkt, um diese Vorstellungen im Sinne selbstreflexiven Erfahrungslernens fruchtbar werden zu lassen“ (Ergänzung F.B. Dittmer et al., 2016, S. 102). Die Rolle des impliziten Wissens bei Bewertungen kann als hoch relevant gelten, ist bisher aber nicht im Fokus fachdidaktischer Forschung und Praxis (Dittmer & Gebhard, 2012; Sander & Höttecke, 2018).

Die ethische Dimension des Bewertens von Verantwortung im Kontext Physik und Technik

Mit dem Kompetenzbereich Bewerten erhält der Physikunterricht eine explizit überfachliche Dimension. Insbesondere ethische Reflexion wird als zentrale Komponente angeführt, also die Reflexion von Normen, Handlungsmotiven und -folgen auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen, sowohl subjektiv als auch kollektiv. Damit ist Verantwortung, wie sie in dieser Arbeit verstanden wird, ein wesentlicher Gegenstand von

Bewertungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gerade der normative Hintergrund einer Verantwortungszuschreibung, welcher häufig implizit bleibt, soll im Sinne der Bewertungskompetenz durch ethische Reflexion zugänglich gemacht werden. Dabei sind die Verantwortungszusammenhänge in einer hochtechnisierten Sphäre der Gesellschaft geprägt von Verantwortungsdiffusion, also einer dysfunktionalen Beziehung zwischen meist kollektiven Handlungssubjekten und den Handlungsfolgen (Dittmer et al., 2016, S. 105). Eine Reflexion dieser diffusen Beziehungen ist entscheidend, um die Wirksamkeit von Normen von einem sozialen Nahbereich zwischenmenschlicher Beziehungen auch auf örtlich und zeitlich erweiterte Verantwortungsbereiche (z. B. global und auf die Zukunft gerichtet) auszudehnen.

Auf Basis der Analyse der impliziten Wissensbestände von Lehrkräften zur Rolle von Technik und Verantwortung im Physikunterricht können die Bedingungen einer Förderung von Bewertungskompetenz bei Schüler*innen im Physikunterricht weiter erschlossen werden. Die als handlungsleitend geltenden impliziten Wissensstrukturen der Lehrkräfte können im Rahmen einer Professionalisierung der Reflexion zugänglich gemacht werden, was als Gelingensbedingung einer an Bewertungskompetenz ausgerichteten Unterrichtsgestaltung gelten kann.

2.2.3 Natur der Naturwissenschaften und der Technik

Das aus dem internationalen Science-Education Diskurs stammende Konzept Nature of Science (im deutschsprachigen Raum als Natur der Naturwissenschaften, oder auch Philosophie der Naturwissenschaften übersetzt) bezeichnet ein Metawissen bzw. eine Metakompetenz als Ziel naturwissenschaftlicher (Grund- oder auch Allgemein-)Bildung und international als Teil einer Scientific Literacy (Laugksch, 2000; McComas, 2020). Den Kern von Nature of Science bildet – bei aller Vielfalt der Konzeptionen und Zugänge – ein Verständnis des Wesens der Naturwissenschaften an sich, z. B. Charakteristika der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen, die Einbettung in und Verknüpfung mit anderen Bereichen menschlicher Kultur wie Politik, Ethik und Technik oder auch epistemische Aspekte wie die Genese und die Reichweite von naturwissenschaftlichen Aussagen sowie deren historische Entwicklung.

Sputnik- und PISA-Schock und die (neue) Relevanz der naturwissenschaftlichen Bildung

In den USA wird Nature of Science bereits in den 1960er Jahren als Bildungsziel diskutiert. Als Reaktion auf den Sputnik-Schock wird die Bildungsreform vor allem im Hinblick auf eine berufliche Qualifikation von Ingenieur*innen und Wissenschaftler*innen vorangetrieben, später dann auch unter dem Anspruch der naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung (Gräber et al., 2002). In Deutschland ist es ein halbes Jahrhundert später dann ein weiteres als Schock bezeichnetes gesellschaftspolitisches Ereignis: der sogenannte PISA-Schock bei Veröffentlichung der im internationalen Vergleich eher schlechten Leistung von Schüler*innen in Deutschland. Dieser stößt eine Reform des deutschen Bildungssystems an. Nach dem Jahr 2000 findet u. a. eine Schwerpunktverschiebung in den Lehrplänen von einer Input-Orientierung an einem Fachwissen-Korpus hin zu einer Output-Orientierung an naturwissenschaftlichen (Grund-)Kompetenzen statt. Damit zusammenhängend rückt auch das Verständnis der „Funktionsweise" von Wissenschaft im Sinne von Nature of Science in den Fokus (Arndt, 2024).

Die deutschen Bildungsstandards für das Fach Physik (KMK, 2020, 2024) greifen das Bildungsziel Nature of Science in verschiedener Form auf: Einerseits werden konkrete Kompetenzziele gesetzt, insbesondere in den Kompetenzbereichen Erkenntnisgewinnung und Bewerten, welche die Natur der Naturwissenschaften betreffen. Genannt seien hier zum Beispiel als Teil der Erkenntnisgewinnungskompetenz die Fähigkeit, „die Relevanz von Modellen, Theorien, Hypothesen und Experimenten für die physikalische Erkenntnisgewinnung" sowie „Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse [zu reflektieren]" (KMK, 2024, S. 15–16) und als Teil der Bewertungskompetenz die „Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtung sowie die Bedeutung physikalischer Kompetenzen in historischen, gesellschaftlichen und alltäglichen Zusammenhängen [zu reflektieren]" (KMK, 2020, S. 18).

Andererseits ist Nature of Science auch Teil der Bildungsstandards in Form eines allgemeinen, übergeordnete Zieles: So wird für den mittleren Schulabschluss ein „Wissenschaftsverständnis im Sinne von Nature of Science [als] [...] ein wichtiger Teil der Allgemeinbildung" (KMK, 2024, S. 6)

als Ziel genannt. In den Standards für die allgemeine Hochschulreife wird neben dem Verständnis der Historie der Naturwissenschaften „eine Metaperspektive auf die Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften" (KMK, 2020, S. 9) angeführt und damit ein Beitrag des Physikunterrichts auch zur kulturellen Bildung der Schüler*innen gefordert.

Nature of Science als Teil der Lehrer*innenbildung und der fachdidaktischen Forschung

Nature of Science ist entsprechend auch Teil der Lehrer*innenbildung. Deutschsprachige Lehrbücher für die Physikdidaktik stellen Nature of Science und seine Bedeutung für das Physiklernen dar, wobei der erkenntnistheoretischen, wissenschaftstheoretischen, wissenschaftsethischen Perspektive auf die Wissenschaft Physik im zugehörigen Unterricht nicht nur ein Bildungswert an sich, sondern auch eine Förderlichkeit beim Verstehen von Fachinhalten zugesprochen wird (Gebhard et al., 2017; Kircher et al., 2015). Auch Lehrer*innenzeitschriften greifen das Thema in den 2000er Jahren auf (Höttecke, 2008). Das Primat nationaler ökonomischer Prosperität, welcher im Sinne einer Fachkräfteoffensive für die Reform der Lehrpläne und damit auch die Orientierung an Scientific Literacy und Nature of Science maßgeblich gewesen sein dürfte, wird dabei auch kritisch eingeordnet (Gebhard et al., 2017, S. 40).

Nature of Science wurde international und national parallel zu der jeweiligen Verankerung als Bildungsziel für Schule auch Gegenstand der Science-Education-Research bzw. der physikdidaktischen Forschung. Schon 1967 untersucht Kimball in den USA die Vorstellungen von Naturwissenschaftler*innen, Studierenden der Naturwissenschaften, der Philosophie sowie die von Naturwissenschafts-Lehrkräften. Die höchsten Übereinstimmungen mit dem vom Autor vorgeschlagenen Modell von Nature of Science findet er bei den Studierenden der Philosophie und keine Unterschiede zwischen Lehrkräften und Wissenschaftler*innen (Kimball, 1967). Dabei werden bereits zwei Forschungslinien deutlich: Einerseits konzeptionelle Arbeiten dazu, was eigentlich Nature of Science ist, und andererseits empirische Arbeiten dazu, welche Vorstellungen Lehrende und Lernende dazu haben und wie diese sich entwickeln. Außerdem deutet sich bereits an, dass die Vorstellungen von Lehrenden, Lernenden und Naturwissenschaftler*innen selbst von den Bildungsforscher*innen als fachlich eher

unangemessen identifiziert werden. Auch in der deutschsprachigen physikdidaktischen Forschung hat Nature of Science seit Jahrzehnten einen zentralen Platz: Zahlreiche Arbeiten in der Buchreihe für physik- und chemiedidaktische Dissertationen „Studien zum Physiklernen“ widmen sich Nature of Science (erste Arbeiten z. B. von Höttecke, 2001). Ebenso ist Nature of Science Teil der Handbücher für naturwissenschaftsdidaktische Forschung (z. B. Heering und Kremer, 2018).

Konzeptionen von Nature of Science

Konzeptionelle Arbeiten versuchen eine Modellierung des Konstrukts Nature of Science, bemühen sich also zu klären, was Naturwissenschaften (und im Speziellen Physik) eigentlich sind und wie sie funktionieren, was Lehrende und Schüler*innen der Naturwissenschaften darüber wissen sollten. Die Ansätze können unterschieden werden in eher dekontextualisierte Charakterisierungen über deduktiv hergeleitete Merkmal-Listen und eher kontextualisierte Zugänge über komplexe Fallbeispiele (Arndt, 2024; Heering & Kremer, 2018):

- **Charakterisierung über Merkmal-Listen:** Der international prominenteste Ansatz ist der Minimalkonsens-Ansatz von *Nature of Scientific Knowledge/ Inquiry*. Hierbei werden deduktiv Merkmale der Naturwissenschaften identifiziert, z. B. über Delphi-Studien oder Dokumentanalysen. Diese bilden gewissermaßen den Konsens darüber ab, was Naturwissenschaft ist und können in Form von deklarativem Wissen leicht in quantitative Testinstrumente überführt werden (vgl. z. B. Lederman, 2007; McComas und Olson, 1998). Der ebenfalls auf die Charakterisierung über Merkmals-Listen ausgerichtete *Familiy Resemblance-Ansatz* betrachtet die naturwissenschaftlichen Disziplinen aufgrund ihrer Ähnlichkeiten als Gruppe (Familie). Über die Identifikation von Gemeinsamkeiten wird der Kern der Naturwissenschaften konstruiert, während einzelne fachkulturelle Eigenschaften nicht aus dem Blick geraten (Cheung & Erduran, 2022).
- **Charakterisierung über holistisch-narrative Zugänge:** Das meistdiskutierte Konzept dieser Kategorie ist *Nature of Whole Science* nach Allchin (2017). Dieses geht von konkreten Beispielen aus und bildet

so fallbasiert ein Konzept der Natur der Naturwissenschaften. Dieser Ansatz ist weniger operationalisiert, soll dafür aber der Vielfalt, Komplexität und Verbundenheit von Naturwissenschaft (insbesondere mit anderen gesellschaftlichen Gebieten) Rechnung tragen. Die Beispiele, von denen ausgehend die Natur der Naturwissenschaften erschlossen wird, sind meist Socioscientific Issues, also naturwissenschaftliche, ethisch relevante Themen (vgl. Allchin, 2011). Die Verknüpfung von Wissenschaft mit Gesellschaft, insbesondere unter der Berücksichtigung einer wandelnden Kommunikations- und Medienlandschaft, wird im verwandten Konzept *Nature of Science in Society (NoSiS)* betont (Höttecke & Allchin, 2020). Der *Narrative Ansatz* konzipiert den Zugang dazu, was die Naturwissenschaften charakterisiert, konkret über Geschichten, also Narrationen, und ist damit ähnlich dem Whole-Science-Ansatz eher kasuistisch angelegt (Aduríz-Bravo, 2013).

Verhältnis von Naturwissenschaft und Technik als Teil von Nature of Science

Das Verhältnis von Naturwissenschaft und Technik spielt zwar eine eher untergeordnete Rolle im Nature of Science-Diskurs (prominenter ist hier z. B. die Beständigkeit und Vorläufigkeit von Wissen), aber es wurde und wird unter dem Dach dieses Konzepts diskutiert. Schon in sehr frühen Arbeiten zu Scientific Literacy aus den 60er Jahren wird auf Technik eingegangen. Im Literaturreview von Pella et al. (1966) wird unter dem identifizierten Themenfeld „Science and Society" die Rolle von „Science and technology" auf gesellschaftlichen Wandel bis hin zur „fundamental revolution to occur in the structure of our society" dargestellt (Pella et al., 1966, S. 200). Literacy soll dazu befähigen, diese Veränderungen zu verstehen sowie die Chancen, Risiken und Grenzen von Naturwissenschaft und Technik einschätzen zu können. Science und technology werden dabei immer gemeinsam genannt, ohne zwischen beiden zu differenzieren, obwohl unter dem Themenfeld „Science and Technology" bei Pella et al. genau diese Fähigkeit, zwischen Science und Technology zu unterscheiden, als zentrales Element von Literacy beschrieben wird: „The educated layman must understand that science is not technology, it is not gadgetry, it is not some mysterious cult, it is not a great mechanical monster. Science is an adventure of the human spirit"

(Pella et al., 1966, S. 205). Das Zitat macht deutlich, dass die Autor*innen hier den Wert der Naturwissenschaft an sich herausstellen wollen. Das Review skizziert nur sehr knapp die identifizierten unterschiedlichen Standpunkte dazu, wie diese Abgrenzung zwischen Science und Technology gestaltet ist und damit Teil der naturwissenschaftlichen Bildung sein sollte: von starker Abhängigkeit der Technik von den Naturwissenschaften über eine eigene Struktur und Geschichte der Technik bis zur Unterscheidung anhand verschiedener Werte und Ziele (Pella et al., 1966, S. 205). Die Reduktion auf Technik auf die Anwendung von Naturwissenschaft wird dabei kritisiert und ein komplexeres Verständnis als Teil von Scientific Literacy gefordert (Fleming, 1989). Auch McComas nennt die Beziehung zwischen Science und Technology als wichtigen Aspekt von Nature of Science und führt historische Beispiele für die gegenseitige Beeinflussung an (McComas, 2008, S. 260). Konkrete Interventionen mit dem Ziel ein Verständnis der Beziehung zwischen Science und Technology zu fördern, sind z. B. bei Hadjilouca et al. (2023) und ausführlich bei Hadjilouca (2018) beschrieben. Ein Verständnis darüber, wie sich Naturwissenschaften und Technik unterscheiden, ist in einigen weiteren konzeptionellen Arbeiten zu Nature of Science zu finden, wobei häufig einschränkend angeführt wird, dass eine eindeutige Unterscheidung gerade in aktueller Forschung und Entwicklung kaum zu treffen ist. So kommt die Delphi-Studie von Osborne et al. zu Nature of Science zum Ergebnis, dass Schüler*innen lernen sollen, dass zwischen Science und Technology ein Unterschied besteht, auch wenn beide zunehmend miteinander verflochten sind (Osborne et al., 2003, S. 703). Während der Literatur zahlreiche Unterscheidungskriterien zu entnehmen sind (vgl. Williams, 2002 und als konkrete Zieldefinition für Science Education bei Quinn et al., 2012), werden im Zusammenhang mit Nature of Science vor allem auf die kategoriale Unterscheidung anhand der verfolgten Ziele und der Arbeitsweisen (z. B. Tesch, 2010) verwiesen.

2.2.4 Science-Technology-Society & Socioscientific Issues

Vor dem Hintergrund des Kalten Krieges mit einem drohenden Nuklearkrieg zwischen den Weltmächten in den 50er Jahren und der aufkommenden Umweltbewegung der 60er Jahre wird der Nutzen des technologischen Fortschritts zunehmend infrage gestellt (Ankiewicz et al., 2006; Carson, 1962). Als Antwort auf den zunehmend kritischen Blick auf technische

Entwicklungen und ihre (Neben-)Wirkungen auf Gesellschaft und Umwelt werden erste Kurse zu Science-Technology-Society (STS) an Universitäten in Ingenieursstudiengänge integriert. Diese sollen die zukünftigen Ingenieur*innen für die sozialen und ökologischen Folgen von Technik sensibilisieren (Vesterinen et al., 2014) und einen analytisch-reflexiven Blick auf Naturwissenschaft und Technik als komplexe soziale Konstrukte schärfen (Aikenhead, 2002).

Mit vielfältigen Ausprägungen und verschiedenen Zielen und Schwerpunkten prägt STS im Folgenden Science Education nicht nur im Hochschulbereich, sondern auch im sekundären Bildungsbereich. Dabei berücksichtigen manche Ansätze nur unidirektionale Wirkungen von Naturwissenschaften auf Gesellschaft (also z. B. ökologische oder soziale Folgen von Forschung und Entwicklung). Andere, umfassendere Ansätze nehmen auch bidirektionale Wirkungen und damit auch soziale Mechanismen (wie Technologie, Macht, Kultur, Werte und Politik), die auf und innerhalb der Wissenschaft wirken, in den Blick. Damit rücken derart gelagerte Ansätze von dem im Bildungsbereich bis dahin dominanten positivistischen Bild von Wissen und Wissenschaft ab (Aikenhead, 2002). Zum ersten Mal werden so die Geschichte, die Philosophie und die Soziologie der Naturwissenschaften zu einem in unterschiedlichem Maße prägenden Bestandteil von Science Education (Vesterinen et al., 2014).

Die diffuse Entwicklung der STS-Ansätze von einzelnen Kontext-Einschüben in Lehrbüchern bis zu isolierten STS-Kursen, die zwar Verbindungen zwischen Science, Technology und Society zum Gegenstand haben, aber keine explizit ethisch-moralische Perspektive eröffnen und auch häufig eine mangelnde Schüler*innenorientierung aufweisen, führte zu einer Weiterentwicklung im Ansatz der Socioscientific Issues (SSI) (Zeidler et al., 2005). Dieser Ansatz stellt kontroverse, häufig dilemmatische, für Schüler*innen bedeutsame Themen ins Zentrum, die eine explizit moralisch-ethische Argumentation bzw. Bewertung bei der Bearbeitung benötigen. Sadler und Zeidler definieren SSI entsprechend als „based on science concepts or problems, controversial in nature, discussed in public outlets, and frequently subject to political and ethical influences“ (Sadler & Zeidler, 2005, S. 113). Die aktive Beteiligung von Schüler*innen in Dialog und Diskussion ist dabei elementarer Bestandteil, wobei die Behandlung der Themen neben der moralisch-ethischen Perspektive auch ein evidenzbasiertes, auf naturwissenschaftlichen Informationen beruhendes Argumentieren erfordert

(Zeidler & Nichols, 2009). Mögliche Themen sind z. B. Stammzellenforschung, Gentechnik, Klonen und Umweltprobleme (Sadler et al., 2006). Von eher klassischen Fachinhalten im naturwissenschaftlichen Unterricht unterscheiden sich SSI durch die Anlage als offene, unstrukturierte, diskutable Probleme, die mehrere Perspektiven und Lösungen erlauben (Sadler & Zeidler, 2005, S. 113). Im deutschsprachigen Raum werden die Strömungen aufgenommen und bilden sich in verschiedenen Ansätzen ab: Der STS-Ansatz hat deutliche Ähnlichkeiten zur in Deutschland verfolgten Kontextorientierung des Physikunterrichts (vgl. Kapitel 2.2.1). Nawrath und Komorek (2013, S. 235) konstatieren, dass sowohl STS als auch Kontextorientierung darauf abzielen, „naturwissenschaftliche Inhalte und Kompetenzen (Science) mit technischen (Technology) und gesellschaftlichen Aspekten (Society) zu verknüpfen." Mit Verweis u. a. auf Bennett et al. (2007) kommen sie zum Schluss, dass eine „klare begriffliche Trennung zwischen STS und Kontextorientierung [...] daher kaum möglich [ist]" (Nawrath & Komorek, 2013, S. 235).

Die Ausrichtung von STS und in noch stärkerem Maße von SSI auf die Analyse und Bewertung der Verbindung von Naturwissenschaft mit u. a. Politik, Ethik, Gesellschaft und Umwelt weist Parallelen zur Bewertungskompetenz auf (vgl. Kapitel 2.2.2). Hier sehen Gebhard et al. (2017) Bewertungskompetenz in der Tradition eines politisch-orientierten Naturwissenschaftsunterricht (Freise, 1994).

STS und SSI machen Technik und die Beziehung zu Naturwissenschaften explizit zum Gegenstand naturwissenschaftlicher Bildung. Damit soll nicht nur die Relevanz von Naturwissenschaft für Schüler*innen hervorgehoben werden und somit positive Effekte auf Einstellungen und Motivation erreicht werden (Bennett et al., 2007). Der Ansatz ist auch emanzipatorisch zu verstehen und soll Schüler*innen befähigen, am Diskurs über technische Entwicklungen teilzuhaben. Dafür soll ein Verständnis der gegenseitigen Wechselwirkung von Technik und Naturwissenschaften gefördert werden (Ankiewicz et al., 2006). Ethik und damit Fragen nach Verantwortung in diesem Kontext betont insbesondere der SSI-Ansatz. Darin wird moralisch-ethische Argumentation in technischen Kontexten gefordert. Für die Realisierung dieser Perspektive im naturwissenschaftlichen Unterricht wurde die Perspektive von Lehrenden (vgl. Kapitel 2.3) als besonders relevant identifiziert (Sadler et al., 2006).

2.2.5 Bildung für nachhaltige Entwicklung im Physikunterricht

Nachhaltige Entwicklung beschreibt dem Brundtland-Bericht von 1987 folgend eine Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart erfüllt, ohne zukünftigen Generationen die Grundlage zur Erfüllung ihrer eigenen Bedürfnisse zu nehmen. Operationalisiert ist diese Definition u. a. in den Sustainable Development Goals (SDG), welche ökologische, soziale sowie ökonomische Entwicklungsziele für die Weltgemeinschaft definieren und 2015 von den Vereinten Nationen beschlossen wurden. Damit ist die Vision verbunden, soziale Entwicklung innerhalb ökologischer Grenzen zu ermöglichen und so intra- und intergenerationelle Gerechtigkeit zu schaffen. Unter dem Leitbild BNE werden vielfältige Ansätze der Bildungspolitik verstanden, zu dieser Entwicklung beizutragen:

> *BNE befähigt Lernende, informierte Entscheidungen zu treffen und verantwortungsbewusst zum Schutz der Umwelt, für eine bestandsfähige Wirtschaft und einer gerechten Gesellschaft für aktuelle und zukünftige Generationen zu handeln und dabei die kulturelle Vielfalt zu respektieren. Es geht um einen lebenslangen Lernprozess, der wesentlicher Bestandteil einer hochwertigen Bildung ist. BNE ist eine ganzheitliche und transformative Bildung, die die Lerninhalte und -ergebnisse, Pädagogik und die Lernumgebung berücksichtigt. Ihr Ziel / Zweck ist eine Transformation der Gesellschaft.*
> (DUK, 2014, S. 12)

Insbesondere seit 2005 mit Beginn der UN-Dekade BNE wird versucht, BNE in allen Bildungsbereichen strukturell aufzubauen (de Haan et al., 2008; DUK, 2014; KMK & DUK, 2007; Netzwerk LeNa, 2014). Dabei wird teilweise auf Ansätze der Umweltbildung zurückgegriffen, diese jedoch weiterentwickelt, z. B. im Hinblick auf eine globale Perspektive, eine Vernetzung und Komplexität sozialer und ökologischer Probleme, eine häufig dilemmatischen Wertekonkurrenz in Entscheidungssituationen und eine Reflexionsfähigkeit Lernender (Rost, 2002).

BNE weist in seiner Zielausrichtung deutliche Bezüge zu STS, SSI sowie zur Bewertungskompetenz auf (Dittmer et al., 2016; Vesterinen et al., 2014). In der konkreten Operationalisierung ist BNE vielfältig und reicht von eher instrumentellen Ansätzen, die auf einfache Handlungskompetenzen

ähnlich der Umweltbildung setzen, bis zu umfassenderen Ansätzen, die vor allem auf Reflexionsfähigkeit abzielen (Getzin & Singer-Brodowski, 2016).

Sowohl in der überfachlichen Konzeption, als auch in besonderem Maße in der fachspezifischen Ausdifferenzierung für das Fach Physik wird die Bedeutung von Technik und dem technischen Wandel betont. Die Organisation der Vereinten Nationen für Bildung, Wissenschaft und Kultur (UNESCO) präzisiert die Bedeutung von Technik in ihrem Entwurf zum Programm Education for Sustainable Development (ESD) 2030:

> *[By] 2025, or within less than just ten years, the world will witness major technological shifts that will change every aspect of our societies. The tipping points will eventually change not only our lives and environments, but also our discourse on sustainability. Some „old" problems will be resolved, but new challenges and risks will arise. ESD for the future cannot afford not to address the implications of the technological era*
> (UNESCO, 2020, S. 59)

Weiter wird eine mögliche Verschärfung sozialer Ungleichheit durch einen ungerechten Zugang zu technischer Entwicklung diskutiert sowie Kritik an einem technischen Solutionismus und der Illusion einer technischen Beherrschbarkeit insbesondere ökologischer Krisen geübt (UNESCO, 2020).

So wie in den 90er-Jahren der Beitrag des Physikunterrichts zur Umweltbildung diskutiert wurde (MNU, 1993), wird ab den 2010er Jahren eine physikspezifische Ausgestaltung von BNE vorangetrieben (Engagement Global, 2016). So lassen sich Fachkonzepte und -kompetenzbereiche der Physik „auf Klimaveränderungen, Meeresströme oder auch Aspekte der Energieversorgung anwenden. Die Kompetenzbereiche bieten ebenfalls Anschlussmöglichkeiten, wenn Schülerinnen und Schüler ihre Kenntnisse für Problemlösungen nutzen [...] oder auf der Basis physikalischen Wissens Risiken bei modernen Technologien bewerten (B3) sollen" (Engagement Global, 2016, S. 333).

Es existieren zahlreiche Kompetenzmodelle im Bereich BNE (siehe z. B. Eggert und Bögeholz, 2006 und Bormann und de Haan, 2008, für Lehrkräfte im Hinblick auf die Gestaltung von BNE-Lernumgebungen z. B. bei Rauch

et al., 2008 und Hellberg-Rode und Schrüfer, 2016). Ein empirischer Zugang zu BNE dagegen, ist insbesondere der Physikdidaktik bisher nicht stark verbreitet. Einen rekonstruktiver Blick auf Orientierungen von Schüler*innen im Kontext BNE nehmen insbesondere Asbrand (2008) und Sander (2017) ein. Bei Sander (2017) wird im Kontext von BNE auch eine Technikorientierung diskutiert. Die interviewten Schüler*innen sehen die Rolle von Technik in einer nachhaltigen Entwicklung sehr unterschiedlich: „Wird der Mensch als Ursache der Umweltprobleme angesehen, so ist Technik das Problem. Wird der Mensch hingegen als Problemlöser konzipiert, so kann Technik sinnvoll zum Schutz der Natur beitragen“ (Sander, 2017, S. 354). Teilweise wird Technik auch ambivalent, sowohl als Ursache als auch als Lösung, konzipiert. Die Beurteilung ist stark kontextabhängig. So werden großtechnische Eingriffe in das Klima als negativ bewertet, Solarzellen oder Fernverkehr positiv.

2.3 Zum empirischen Forschungsstand: „Wissen“ Lehrender über die Trias Physik-Technik-Verantwortung

Kapitelüberblick

Im Folgenden werden empirische Ergebnisse zum Wissen zur Trias Physik-Technik-Verantwortung insbesondere von Physik- und (international) Science-Lehrkräften, aber auch von (Lehramts-)Studierenden oder Schüler*innen, wenn diese besonders relevant für das Feld sind, dargestellt. Die Darstellung erfolgt hier nicht entlang der in den vorherigen Kapiteln skizzierten konzeptionellen Strömungen, da die empirischen Zugänge sich nur teilweise spezifischen Ansätzen zuordnen lassen.

Zunächst wird ein Überblick über die Erhebungsmethoden gegeben und anschließend werden vor allem problematische, da häufig reduktionistisch und der Komplexität unangemessene Wissensbestände in Form verschiedener Topoi vorgestellt. Diese Topoi sind teilweise metatheoretischer Art, beziehen sich also auf das Wesen von Physik, Technik und Verantwortung im Allgemeinen. Andere Wissensbestände beziehen

sich aber auch konkret auf Lehr-Lern-Zusammenhänge zum Beispiel auf Wissen über konkrete Merkmale eines (typischen) Physik- oder Technikunterrichts. Ausgehend von diesem Forschungsstand sollen die in dieser Arbeit adressierten Forschungslücken herausgearbeitet werden.

Die gegenstandstheoretische und methodologische Konzeption dessen, was Lehrer*innenwissen ist und wie es methodisch zugänglich gemacht werden kann, ist keineswegs einheitlich (Fives & Gill, 2015; Terhart et al., 2011). Verschiedene methodische Zugänge nehmen verschiedene Facetten des unscharfen Konstrukts *Wissen* in den Blick. Die Begriffsvielfalt im internationalen Raum (knowledge, conceptions, beliefs und andere Begriffe mehr) und in der deutschsprachigen physikdidaktischen Forschungslandschaft (Professionswissen, Vorstellungen, Überzeugungen, Orientierungen) spiegelt dies wider, wobei eine gegenstandstheoretische Klärung und Abgrenzung der Konstrukte häufig unterbleibt (Pajares, 1992). Die Legitimation eines physikdidaktischen Forschungsfokus auf das Wissen von Physiklehrpersonen sowie eine Verortung dieser Arbeit innerhalb der Vielfalt dieser theoretischen und empirischen Zugänge erfolgt ausführlicher im Kapitel 3 zu den grundlagen- und gegenstandstheoretischen Bezugspunkten.

2.3.1 Vielfalt der empirischen Zugänge

Der Zugang zum Wissen Lehrender (und Lernender) erfolgt je nach Konzeption des Forschungsgegenstandes und je nach Verortung in einem Forschungsparadigma sehr unterschiedlich. Die eingesetzten Erhebungsmethoden umfassen ein breites Spektrum an Instrumenten und Zugängen (D. Krüger et al., 2014), die in diversen Studien auch in Kombination genutzt werden und verschiedene Analysetiefen aufweisen:

- **Quantitativ ausgerichtete, geschlossene Fragebogenerhebungen**
  Hierbei werden entweder Likert-skalierte Items zur Untersuchung von Konstrukten (vgl. z. B. Blom und Abrie, 2021) eingesetzt oder andere geschlossene Fragen zum Verhältnis von Physik und Technik und der Rolle von Verantwortung gestellt, bei denen Proband*innen z. B. aus mehreren vorgegebenen Antwortmöglichkeiten die aus ihrer

Sicht passendste auswählen. Blom und Abrie (2021) haben z. B. Schüler*innen nach der Zustimmung (von *strongly disagree* bis *strongly agree*) zu der Art der Beziehung zwischen Science und Technology gefragt (z. B. not related). Ein Beispiel für die zweite Form der geschlossenen Erhebung ist der Fragebogen *Views on Science-Technology-Society (VOSTS)* (Aikenhead & Ryan, 1992). Empirische, zuvor in offenen Antwortformaten gefundene Standpunkte von Schüler*innen zu STS werden in dem Fragebogen zur Auswahl gestellt. Die Antworten sind kategorisiert nach der fachlichen Angemessenheit z. B. in *naiv*, *has merit* und *realistic*. Ein Beispiel aus dem über 100 Items umfassenden Fragenkatalog ist die Definition von *Technology*: „Technology is Complex, but Mainly Technology is . . . A) very similar to science. B) the application of science to enhance life [. . .] G) the hardware, technique, processes, people, social institutions, etc. associated with items, such as appliances, tools, machinery, scientific instrument, weapons." (Rubba & Harkness, 1993, S. 419). Die Antworten A und B werden dabei als naiv, Antwort G als realistic bewertet.

- **Offene schriftliche Erhebungs-Formate**
  Um die begrenzte Tiefe des Zugangs über geschlossene Items zu erweitern, werden in einigen Erhebungen offene, schriftliche Fragen in Ergänzung eingesetzt. Hierbei können z. B. Begründungen für eine Auswahl gegeben werden oder alternative, in der geschlossenen Auswahl nicht vorkommende Optionen ergänzt werden. In der Studie von Constantinou et al. (2010) ordneten Schüler*innen und angehende Lehrkräfte fiktive Forschungsprojekte, deren Ziele im Fragebogen grob umrissen wurden, entweder Science oder Technology zu. Für ihre Entscheidung konnten die Teilnehmer*innen anschließend eine schriftliche Begründung liefern, wodurch verschiedene Begründungsstrukturen für die Zuordnung eines Forschungsvorhabens zu Science oder Technology identifiziert werden konnten: nach dem verfolgten Ziel, nach dem Untersuchungsgegenstand, den Untersuchungsmethoden sowie unzureichende oder mehrdeutige Unterscheidungskritierien (Constantinou et al., 2010, S. 155–157).
- **Qualitativ ausgerichtete Interview- und Diskussionsformate**
  Interview- und Diskussionsformate sollen durch eine meist durch Leitfaden gestützte Strukturierung eine Balance aus forschungslogischer Fokussierung auf ein Thema einerseits und inhaltlicher sowie methodischer Offenheit gegenüber den Relevanzsystemen der

Beforschten herstellen. Durch die nicht-standardisierte Erhebungssituation kann fallbasiert eine hohe Analysetiefe erreicht werden. Außerdem bilden Interviews häufig die Ausgangslage für empirisch fundierte Fragebögen oder werden ergänzend zu schriftlichen Erhebungen mit einer Teilgruppe des Gesamtsamples durchgeführt. So konnten Rubba und Harkness (1993) den Antwortraum des Erhebungsinstruments VOSTS durch Interviews mit Lehrkräften auf diese Zielgruppe anpassen. Jones und Carr (1992) konnten in Interviews mit Lehrkräften fachkulturell unterschiedliche Positionen zu technischer Bildung identifizieren.

- **Unterrichtsbeobachtungen**
  Die Beobachtung oder Videographie realer Unterrichtspraxis kann eine hohe Validität aufweisen, da der Untersuchungsgegenstand nur wenig beeinflusst wird (wie es z. B. bei Interviews durch die Fragen der Forschenden geschieht). Gegenstand ist hierbei dann die tatsächliche Unterrichtspraxis, aus der über Analysen und Rekonstruktionen das (geteilte) Wissen der Lehrenden und Lernenden erschlossen werden kann. Da diese Form der Erhebung und auch die Auswertung sehr aufwendig sind, gibt es hierzu nur wenige Studien. Brickhouse (1989) führte bei einem Sample von drei Lehrkräften, welche durch ein Vor-Interview als besonders unterschiedlich im Hinblick auf Vorstellungen zu Nature of Science charakterisiert wurden, Unterrichtsbeobachtungen über mehrere Monate durch, welche audiographiert und anschließend induktiv ausgewertet wurden. Hierbei konnte insbesondere herausgestellt werden, wie Vorstellungen zu Nature of Science und Science-Technology-Society und die tatsächliche Unterrichtspraxis zusammenhängen.

Eine Sonderform der schriftlichen Erhebung bildet der *Draw-a-Scientist-Test*, bei dem die Testpersonen ein Bild eines Wissenschaftlers bzw. einer Wissenschaftlerin zeichnen. Diese Form des Zugangs wird z. B. bei Solomon (1993) vor dem Hintergrund diskutiert, dass diese Art der Erhebung vor allem für junge Studienteilnehmer*innen im Kindesalter geeignet sei wegen der geringeren Anforderung an die sprachlichen Ausdrucksfähigkeiten im Vergleich zu Interviewsituationen.

Einordnung der Erhebungsmethoden

Jede Form der Erhebung weist im Hinblick auf den Zugang zum Erhebungsgegenstand Grenzen auf. Aikenhead und Ryan (1992) kritisieren z. B. die damals gängigen, standardisierten Instrumente aufgrund der geringen Validität. Sie setzen bei der Entwicklung ihres Testinstruments stattdessen auf authentische Antworten von Schüler*innen statt auf von Forschenden konstruierte Positionen. Schüler*innen wählen im Fragebogen dann die ihrer Position naheliegendste Option aus. Constantinou et al. (2010, S. 148) fassen im Hinblick auf die bisherigen Instrumente zur Erhebung von Wissen zu Science und Technology zusammen: „Most of the assessment techniques that have been developed largely rely on forced-choice instruments such as multiple-choice or Likert scale tests“ (vgl. auch Lederman (2007) und Lederman et al. (2014)). Außerdem betonen Constantinou et al., dass die meisten Erhebungen auf Technology *oder* Science für sich fokussieren und nicht auf die Schnittpunkte und Beziehungen zueinander. Die Forschung zu Vorstellungen zur Beziehung zwischen Science und Technology ist sehr begrenzt und beschränkt sich meist auf Schüler*innen und Studierende, wobei bisherige Forschung darauf hinweist, dass ungültige oder unpräzise Ansichten hierzu bestehen (Constantinou et al., 2010, S. 147). Auch sind nur einzelne Arbeiten im weiten Kontext von Nature of Science und Technology einem qualitativ-*rekonstruktiven* Paradigma zuzuordnen, wobei sich diese Arbeiten meist auf andere Aspekte als die Beziehung Naturwissenschaft, Technik und Verantwortung beziehen (z. B. J. Krüger, 2016 zu Vorstellungen von Schüler*innen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften). Im Folgenden soll dennoch ein Überblick über die bereits in der Literatur beschriebenen, auf Basis verschiedener, meist jedoch quantitativer empirischer Zugänge gefundenen Vorstellungen Lehrender sowie Lernender gegeben werden.

2.3.2 Verbreitete Topoi

Zwischen Elfenbeinturm und Fabrikgelände: Idealisierte Vorstellungen zur Trennung von Physik(-unterricht) und Technik(-unterricht)

Eine verbreitete Vorstellung bei Lehrenden und Lernenden ist die von Physik und Technik als zwei voneinander sehr unterschiedlichen und

getrennten Unternehmungen. Diese Position wird bei Gardner (1994b) als „demarcationist view" (zu dt. Abgrenzungs-Position) bezeichnet. Dabei finden viele verschiedene Unterscheidungskategorien Anwendung, wobei die Anwendung der Kriterien häufig nicht konsistent ist. Constantinou et al. (2010) finden bei Lehramtsstudierenden sogar höhere Grade von Inkonsistenz als bei Grundschüler*innen. Die verschiedenen angeführten Kriterien sollen im Überblick dargestellt werden:

Im Hinblick auf die *Motivation* findet sich in der Fallstudie von Brickhouse (1989) die Vorstellung bei Naturwissenschaftslehrkräften von Naturwissenschaft als einem uneigennützigen Unterfangen zur Vermehrung von Wissen für die Allgemeinheit. Technik dagegen wird immer mit einem kommerziellen Eigeninteresse verbunden. Konkrete Anwendungen und Kommerzialisierung werden als unvereinbar mit Science gesehen und eine sehr scharfe Grenze entlang der Zielrichtung von Technik und Naturwissenschaft gezogen mit einer klaren Abwertung der Technik gegenüber der Naturwissenschaft: „technology is science with a price tag on it" (Brickhouse, 1989, S. 444). Eine idealisierte Vorstellung von Naturwissenschaft als rein vom Interesse der Forschenden getrieben findet sich teilweise auch bei Schüler*innen (Höttecke, 2001). Bei Solomon (1993) findet sich ein bei Grundschüler*innen idetifizierter Typus von Wissenschaflter*innen als „weird scientist", welche aus eigenem Antrieb heraus gefährliche Experimente durchführen, die keinen gesellschaftlichen Nutzen haben.

Neben der Rolle von Motiven und Kommerzialisierung wird eine Trennung zwischen Naturwissenschaft und Technik auch anhand des *Gegenstandsbereiches* vorgenommen. Naturwissenschaft beschäftigt sich demnach z. B. mit der Natur, Technik mit künstlichen Objekten. Die Form der Abgrenzung weisen Constantinou et al. (2010) und Hadjilouca und Constantinou (2019) bei Schüler*innen und Lehramtsstudierenden nach. In der Studie von Blom und Abrie (2021) wird berichtet, dass fast ein Drittel der Schüler*innen keine Beziehung zwischen Physik und Technik sieht - begründet vor allem durch die getrennten Gegenstandsbereiche. Dabei werden häufig naive Vorstellungen von Naturwissenschaften sichtbar, z. B. wenn Schüler*innen nur Experimente mit Chemikalien als naturwissenschaftlich kategorisieren. Versuche aus dem Bereich Elektronik oder Mechanik werden als technisch klassifiziert (Blom & Abrie, 2021). Die Vorstellung von Technik als etwas Mechanischem oder Elektronischem erklärt auch, weshalb Schüler*innen und Lehramtsstudierende die Entwicklung von Impfstoffen nicht als Technik,

sondern aufgrund des eher biologischen Kontextes als naturwissenschaftlich klassifizieren, was die Autor*innen als unangemessene Vorstellung herausarbeiten (Constantinou et al., 2010). Mit dieser Vorstellung inhaltlich verwandt ist die Zuordnung nach verwendeten Geräten und Methoden. Die Benutzung eines Computers wird dabei häufig mit Technik und nicht mit Naturwissenschaft verbunden (Constantinou et al., 2010).

Auch von einer Unterscheidung nach den verfolgten *Zielen* wird in der Literatur berichtet. Hadjilouca und Constantinou (2019) konnten mit einer Intervention bei Grundschüler*innen zeigen, dass diese realistische Vorstellungen zur Unterscheidung zwischen Science und Technology u. a. nach dem verfolgten Ziel entwickeln.

Verschiedene Perspektiven auf die Rolle von ethischen Werten und Verantwortung konnten bei Lehrkräften identifiziert werden: Von einem strikt positivistischen Bild von Naturwissenschaften als wertefreiem Unterfangen wird zwar nur selten berichtet. In der Untersuchung von Lehrkräften von Sadler et al. (2006) lehnt nur ein Typus von insgesamt fünf identifizierten Typen die Rolle von Werten und Ethik in den Naturwissenschaften kategorisch ab. Im Hinblick auf die Rolle von Ethik im naturwissenschaftlichen *Unterricht* dagegen sind die Abgrenzungstendenzen deutlich stärker ausgeprägt.

Ein weiterer bei Sadler et al. (2006) gefundener Typus erkennt zwar die ethische Relevanz in SSI an, sieht dies aber nicht als Thema des naturwissenschaftlichen Unterrichts, sondern der sozialwissenschaftlichen Fächer (vgl. ähnliche Argumentationsstrukturen bei Bub und Rabe, 2023a). Mansour (2009) stellt fest, dass die Ansätze von STS (vgl. Kapitel 2.2.4) nicht so weit in den Naturwissenschaftsunterricht integriert sind, wie politisch gefordert. Auch Brickhouse (1989) findet in den durchgeführten Unterrichtsbeobachtungen kaum STS-Ansätze realisiert. Science-Lehrkräfte fühlen sich nicht vorbereitet dafür, gesellschaftliche Dimensionen von Naturwissenschaft und Technik angemessen in den Unterricht zu implementieren (Zeidler et al., 2005). „Teachers in this study indicated that they believe their preservice education did not prepare them for teaching social issues. In addition, teachers believe that their schools' in-service programs do not provide adequate information or skills necessary to teach social issues" (Pedersen & Totten, 2001, S. 388).

Auch ein mangelnder Rückhalt durch Schulstrukturen wird als Hindernis angeführt: „The majority of the teachers believe that they have either low support or no support for the study of controversial social/technological issues from their community" (Pedersen & Totten, 2001, S. 387). Diese Sorge geht so weit, dass Lehrkräfte die Befürchtung äußern, durch kontroverse Themen im Unterricht ihren Arbeitsplatz zu verlieren. Lehrkräfte in Amerika führen hierbei zum Beispiel das Thema Evolution an:

> *Participants felt a sense of insecurity in not having an approved mandate for addressing issues that could be politically and ethically divisive. Participants referred to problems experienced around the country by teachers covering material deemed controversial such as evolution. Participants avoided value-laden issues because they were concerned about job security and the legal ramifications of dealing with controversial topics.*
> (Sadler et al., 2006, S. 364)

Ebenso werden mangelnde Materialien, z. B. nur oberflächliche oder keine Behandlung in verwendeten Schulbüchern (Brickhouse, 1989), und die als höher angenommene Relevanz klassischer Fachinhalte (Pedersen & Totten, 2001) als Gründe gegen ethische Themen im Naturwissenschaftsunterricht von Lehrkräften genannt. Mansour (2009) führt vor allem stabile, durch eigene Erfahrungen geprägte fachkulturelle Vorstellungen als Gründe an und halten etablierte Routinen des naturwissenschaftlichen Unterrichts für nur schwer veränderbar.

Vom idealen Gas zur Dampfmaschine: Reduzierung von Technik auf die Anwendung von Physik

Die gängigste Auffassung der Beziehung zwischen Physik und Technik ist die einfache Reduktion von Technik auf die Anwendung von Physik (im Englischen: Technology as applied Science (TAS) vgl. Gardner, 1994b). Dabei wird ein technisches Artefakt (z. B. eine Dampfmaschine) als (logische) Folge eines physikalischen, naturwissenschaftlichen Prinzips (z. B. der idealen Gasgleichung) aufgefasst, als wäre die Anwendung dem Prinzip eingeschrieben. Diese Position wird in einigen der gängigen Erhebungsinstrumente (z. B. Erhebungsinstrument Views on Science-Technology-Society (VOSTS) nach Aikenhead und Ryan, 1992) mit „has merit" kategorisiert,

also in Ansätzen richtig. Dennoch wird die TAS-Position in der Literatur häufig kritisch diskutiert (Gardner, 1999). Technik wird einerseits reduziert auf technische Artefakte und auf die ihnen zugrundeliegenden physikalischen Wirkprinzipien. Damit werden die der Technik(genese) eigenen Prinzipien von Design, Abwägung, Optimierung, Konstruktion, Ästhetik, Wirtschaftlichkeit sowie weitere gesellschaftliche Dimensionen (wie eine Orientierung an Bedürfnissen) ausgeblendet. Auch führt die Position zu einer wertenden Rangfolge zwischen Naturwissenschaft und Technik, wobei ohne die als höherwertig empfundene Naturwissenschaft keine Technik entstehen kann (Hadjilouca & Constantinou, 2019).

Die TAS-Position als dominantes Bild bei Schüler*innen belegen zahlreiche Studien weltweit, so z. B. bei 9. und 10. Klässler*innen in Südafrika (Blom & Abrie, 2021), bei 10-11 Jährigen in Zypern (Hadjilouca & Constantinou, 2019), bei 11. und 12. Klässler*innen und bei College-Student*innen in Nordamerika (Ryan & Aikenhead, 1992; Schoneweg Bradford et al., 1995) oder bei internationalen Schüler*innen in außerschulischen Lernsettings (Rocha Fernandes et al., 2018). Bei Schoneweg Bradford et al. (1995) konnte gezeigt werden, dass ein Physikkurs für College-Studierende die TAS-Position sogar noch verstärkt (wohingegen sie in einem an STS orientierten Kurs leicht zurückging).

Auch bei Naturwissenschafts-Lehrkräften konnte die TAS-Position vielfach als dominantes Verständnis der Beziehung zwischen Naturwissenschaft und Technik nachgewiesen werden (vgl. Yalvac et al. (2007), Tairab (2001), Rubba und Harkness (1993) und Jones und Carr (1992)) sowie bei Lehramtsstudierenden (Constantinou et al., 2010) und Hochschullehrkräften (Bouras & Albe, 2008). Im Sample bei Rubba und Schoneweg (1993) ist die TAS-Position bei praktizierenden Lehrkräften sogar doppelt so häufig vertreten als bei Lehramtsstudierenden – und das, obwohl beide Subgruppen mindestens einen Kurs im Kontext STS belegt haben. Tairab (2001) stellen neben der hohen Zustimmung zur TAS-Position von über 75% auch eine hohe Sicherheit der Lehrkräfte bzgl. dieser Aussage fest und erklären die Antworten auch als kulturell geprägt. In der Untersuchung von Constantinou et al. (2010) zeigt ein höherer Anteil der Lehramtsstudierenden im Vergleich zu den untersuchten Grundschüler*innen Zustimmung zur TAS-Position. Jones und Carr (1992) belegen, dass die TAS-Position vor allem bei Naturwissenschafts-Lehrkräften dominant ist, während Fachlehrkräfte anderer Fächer abweichende Aspekte von Technik ins Zentrum rücken

(z. B. soziale Aspekte, Journalismus & Medien), was auf eine fachkulturelle Prägung der Position hindeutet.

Naturwissenschaft als Werkzeugkasten: Instrumentelle Konzeptionen von Physik

Eine weitere verbreitete Vorstellung ist die Verwechslung von Naturwissenschaften mit Technik, die auch als instrumentelle Konzeption von Naturwissenschaften bezeichnet wird: Das Ziel der Wissenschaft ist es dieser Vorstellung entsprechend zum Wohle der Menschheit nützliche Entwicklungen hervorzubringen. Der reinen Wissenschaft im Sinne des Strebens nach Erkenntnissen über Zusammenhänge der Natur wird ein eigenständiger Wert abgesprochen. Diese muss in einem utilitaristischen Sinne Nutzen für die Allgemeinheit bringen. Wissenschaftler*innen werden dabei als findige Tüftler verstanden (Höttecke, 2001).

Diese Vorstellung zeigen Grundschüler*innen u. a. bei Solomon (1993). Dort wurden vier verschiedene, sich auch überlappende Vorstellungen von Wissenschaftler*innen und dem Ziel ihrer Tätigkeit für die Gesellschaft identifiziert. Die Schüler*innen haben u. a. die Vorstellung von Wissenschaftler*innen als „Technologist[s]“, die „für uns“ Geräte herstellen, testen und verbessern (Solomon, 1993, S. 25). Ein ähnlich instrumentelles Bild von Naturwissenschaften ergibt sich bei High-School Schüler*innen in der Studie von Ryan und Aikenhead, 1992: „Chances are great that when students talk about science, they are probably talking about technology, specifically medical and environmental technological investigations“ (Ryan & Aikenhead, 1992, S. 546). Auch hier betonen Schüler*innen als Ziel von Naturwissenschaften, gesellschaftlich nützliche Erfindungen vor allem im medizinischen und umwelttechnischen Bereich hervorzubringen. Die Verwechselung von Science mit Technology durch Schüler*innen finden auch Rocha Fernandes et al. (2018) und Fleming (1987). Die befragten Schüler*innen sehen Naturwissenschaft im Dienste gesellschaftlicher Interessen und halten die Aufgabe, die Lebensqualität der Menschheit zu verbessern, für ein zentrales Ziel von Naturwissenschaft. Auch Lehramtsstudierende und Lehrkräfte zeigen diese Verwechslung von Science mit Technology (Tairab, 2001) und sprechen einer „reinen“ Wissenschaft ohne gesellschaftliche Verwertbarkeit die Legitimität ab (Constantinou et al., 2010).

Eine die Verwechslung von Science mit Technology befördernde Unterrichtspraxis identifizieren Jadrich und Bruxvoort (2013). Sie zeigen, dass gängige Schulexperimenten bei Schüler*innen unangemessene Vorstellungen von Nature of Science fördern, indem sie Naturwissenschaften eher als technische denn als wissenschaftliche Praxis erscheinen lassen. Schüler*innen tendieren in den beobachteten Experimentiersettings dazu, auf ein gewünschtes Ergebnis hinzuarbeiten und entsprechend den Experimentieraufbau zu optimieren. Sie handeln also eigentlich in einem technischen Sinne. Z. B. werden, statt (systematisch) den Einfluss von Design auf die Geschwindigkeit von Booten und Autos zu untersuchen, Autos und Boote so optimiert, möglichst schnell zu sein. Ähnliches lässt sich beobachten bei der Untersuchung des Einflusses von Temperatur und Licht auf Keimung von Pflanzensamen, bei der Schüler*innen in einen Modus gelangen, bei dem sie eine maximale Keimung der Samen anstreben. „All together, the tendency to assess the integrity and merit of a procedure based on the result or success in achieving a particular outcome – likely the outcome that is expected or desired – is the essence of ‚engineering' as it has been described in the literature" (Jadrich & Bruxvoort, 2013, S. 415). Damit wird eine eigentlich der technischen Sphäre zugehörige Praxis auf die Wissenschaft übertragen und Experimentieren verstanden als ein Optimierungsprozess im Hinblick auf ein gewünschtes, bereits vorgegebenes Ziel. Jadrich und Bruxvoort (2013) kritisieren diese Praxis der Schulexperimente als eine Quelle von unangemessenen Schüler*innenvorstellungen, wenn die identifizierte Praxis von Schulexperimenten als eine Quasi-Wissenschaftspraxis eingeführt wird und nicht die unterschiedlichen Funktionen von Experimenten im Unterricht und in der Wissenschaft reflektiert werden:

> *The goal of too many school science laboratory experiences is to achieve a desired result (e.g., build a bridge that holds the most weight) or to get the correct answer to within a certain percentage (e.g., determine the experimental value for the acceleration of gravity or determine the density of various metal objects). These sorts of activities are more in keeping with the goals of engineering rather than science*
> (Jadrich & Bruxvoort, 2013, S. 420)

Die hierbei verfestigten Vorstellungen, bei denen Wissenschaft mit Technik verwechselt wird, können vor allem dahingehend problematisch sein, dass der Wert von Wissenschaft an sich nicht gesehen wird und auch unangemessene Wertmaßstäbe an Wissenschaft angelegt werden, z. B.

dass Wissenschaft dann als gut bewertet wird, wenn sie gewünschte Forschungsergebnisse liefert (Jadrich & Bruxvoort, 2013).

Das Amalgam Technoscience: Ununterscheidbarkeit von Physik und Technik

Unter dem Begriff *Technoscience* wird ein integrativer, ganzheitlicher Blick auf moderne Wissenschaft, insbesondere Physik, verstanden, der die engen Interdependenzen zwischen naturwissenschaftlichen und technischen Tätigkeiten ins Zentrum rückt, die letztlich dazu führen, dass Physik und Technik nicht mehr als getrennte Unternehmungen gelten können, sondern verschmelzen. Im Hinblick auf Forschungstätigkeiten in der Physik beschreibt Tala (2009):

> *In modern laboratories we do not see scientists „observing“ nature; [. . .] Instead we see them actively and intentionally creating and designing experimental settings, instruments and machines, which produce or isolate interesting phenomena, which do not exist outside the instruments and machines as such.Moreover, the experimental data are not collected by passive observations but detected by theoryladen instruments [. . .] technoscience [. . .] acknowledges most physics as an amalgamation of science and technology*
> (Tala, 2009, S. 281–282)

Technik spielt im Wissenschaftsprozess demnach eine so zentrale Rolle, dass sie nicht nur als Teil der Forschungsmethoden (z. B. Messungen mit technischen Geräten) gelten kann, sondern die Naturwissenschaften epistemologisch, kognitiv und ontologisch so grundlegend prägt und damit auch ein zentraler Bestandteil physikalischer Bildung sein sollte.

Die Vorstellung einer Ununterscheidbarkeit von Physik und Technik ist auch bei Schüler*innen, Lehramtsstudierenden und Lehrkräften identifiziert worden. Kritisch zu betrachten ist dabei, dass mit einigen Erhebungsformaten nicht unterschieden werden kann, ob Probanden keine Unterscheidung vornehmen können, weil ihnen keine Unterschiede zwischen Physik und Technik bewusst sind, oder ob Probanden genau die Vorstellung vertreten, dass die Prozesse so eng verwoben sind, dass eine Trennung nicht mehr möglich ist.

In der Studie von Blom und Abrie (2021) gibt ein Viertel der Schüler*innen (9. und 10. Klasse) an, dass sie unsicher sind, ob es Unterschiede zwischen Science und Technology gibt. Bei einem Drittel der Schüler*innen herrscht die Position vor, dass Naturwissenschaften und Technik nicht unterschieden werden können und als identisch gesehen werden. Den Befunden von Zoller und Ben-Chaim (1994) zufolge können viele Lehramtsstudierende und praktizierende Lehrkräfte nicht unterscheiden zwischen Science und Technology: „All respondents are not clear about the difference between science and technology and the interactions/relationships among science, technology and society" (Zoller & Ben-Chaim, 1994, S. 84). Auch Constantinou et al. (2010) weisen nach, dass Lehramtsstudierende häufig nicht zwischen Zielen von Science und Technology unterscheiden können. In den Interviews explizieren die Lehramtsstudierenden dann die eigene Unsicherheit im Hinblick auf eine Analyse der Unterschiede: „The borderline between science and technology is too thin and I can't really tell the difference. (Pre-service teacher)" (Constantinou et al., 2010, S. 163).

2.3.3 Weitere Befunde

Technik als Voraussetzung für Naturwissenschaft

Im Hinblick auf die Beziehung zwischen Naturwissenschaft und Technik wurde auch die Vorstellung bei Lernenden gefunden, dass Technik als notwendige Voraussetzung für Wissenschaft und wissenschaftlichen Fortschritt angesehen wird (bei Gardner, 1994b als *materialist view* bezeichnet). So wählten v. a. jüngere Schüler*innen bei Solomon et al. (1995) als Begründung für die Entwicklung von Theorien in den Naturwissenschaften, dass diese Entwicklung auf bessere Technologie zurückzuführen ist. Die technische Prägung der Physik wird auch in einzelnen Zeichnungen von Schüler*innen bei Rocha Fernandes et al. (2018) deutlich.

Symbiose zwischen Naturwissenschaft und Technik

Auch von der Vorstellung einer bidirektionalen Beziehung zwischen Naturwissenschaft und Technik wird in einigen Studien berichtet. Die von Gardner (1994b) als *interactionist view* bezeichnete Position berücksichtigt

sowohl Wirkungen der Naturwissenschaft auf die Technik als auch der Technik auf die Naturwissenschaft. Blom und Abrie (2021) zeigen eine hohe Zustimmung bei Schüler*innen dazu, dass Science und Technology unterschiedlich sind, sich aber gegenseitig unterstützen. So zeigen einige Schüler*innen diese Vorstellung bei Rocha Fernandes et al. (2018). Bei Rubba und Harkness (1993) werden auch teilweise angemessene Vorstellungen von Lehrkräften zur gegenseitigen Beeinflussung von Science, Technology und Society berichtet. In den Studien von Tairab (2001) und Yalvac et al. (2007) erkennen sogar die meisten der befragten Lehramtsstudierenden und Lehrkräfte, dass Science, Technology und Society wechselseitig voneinander abhängig sind: „Most of the pre-service science teachers stated that science and technology are seen as closely related because scientific research leads to practical applications in technology, and technological developments increase the ability to do scientific research“ (Dikmentepe & Yakar, 2015, S. 186).

Technokratische Position

In einigen der Erhebungsformate ist auch die Frage nach der Entscheidung über den Einsatz von Technik relevant. Mehrere Studien konnten *technokratische Positionen* nachweisen, also die Vorstellung, dass über technische Belange vor allem oder exklusiv Expert*innen (z. B. Ingenieur*innen) entscheiden sollen (statt z. B. Politiker*innen oder Bürger*innen). Bei Fleming (1987) bevorzugen über die Hälfte der Schüler*innen ein solches Modell. Und auch bei Yalvac et al. (2007) zeigte ein ähnlich großer Anteil der befragten Lehramtsstudierenden eine technokratische Position - wenn auch mit Einschränkungen („Public should be consulted“).

Bei Sadler und Zeidler (2005) wird von einer Kontextabhängigkeit der Bewertung von Technik berichtet. Lehrkräfte legen dabei sowohl emotionale als auch rationale oder intuitive Werturteile an den Tag:

> *Rationalistic informal reasoning described reason-based considerations; emotive informal reasoning described care-based considerations; and intuitive reasoning described considerations based on immediate reactions to the context of a scenario. Participants frequently relied on combinations of these reasoning patterns as they worked to resolve*

> *individual socioscientific scenarios*
> (Sadler & Zeidler, 2005, S. 112)

Rolle von Werten in Naturwissenschaft und Technik

Dikmentepe und Yakar (2015) berichten, dass Lehrkräfte eine Beeinflussung der Wissenschaft durch *ethische Werte* anerkennen. Zum Beispiel erkennen diese an, dass Entscheidungen darüber, was erforscht wird, durch (implizite) kulturelle Rahmenbedingungen geprägt sind:

> *Most of the pre-service science teachers thought that religious or ethical views do influence scientific research because scientists may unconsciously choose research that will support their cultural views. Another reason is that everyone is different in the way they react to their culture and these individual differences in scientists influence the type of research*
> (Dikmentepe & Yakar, 2015, S. 187)

Nicht nur Rahmenbedingungen von Forschung, sondern auch die Folgen sind für einige Lehrkräfte ethisch relevant. Es werden zwei eingeschränkt gültige Vorstellungen (*has merit*) identifiziert: die Vorstellung, dass Wissenschaftler*innen sich über potentiell negative Folgen ihrer Experimente Sorgen machen und die Vorstellung, dass Wisenschaftler diese Sorgen zwar teilen, aber aufgrund von Reputation und Neugier die Experimente dennoch durchführen (Dikmentepe & Yakar, 2015, S. 187). Des Weiteren werden zwei angemessene Begründungsmuster (*realistic*) identifiziert, die jedoch nur bei einem kleinen Teil der Probanden gefunden wurden: „One of the reasons was that scientists are concerned about the undesired impact of their practices but they cannot know all the possibilities. Another reason is that scientists are concerned but they have little control over how their discoveries are misused“ (Dikmentepe & Yakar, 2015, S. 187).

Im Hinblick auf die Integration von Ethik in den Naturwissenschaftsunterricht konnten Sadler et al. (2006) drei Typen identifizieren, die eine positive Einstellung hierzu aufweisen: Vertreter*innen des Typs A betonen die Bedeutung von SSI und Ethik im naturwissenschaftlichen Unterricht und integrieren das auch in die eigene Lehrpraxis. Diese Personen weisen eine

hohe Motivation auf und führen den Anspruch zur Demokratiebildung, Befähigung zum kritischen Denken und zur Mitbestimmung an:

> *Time limitations, parental concerns, lack of administrative support, and pressures of standardized testing were all mentioned as potential constraints. However, Profile A participants approached these issues as minor inconveniences rather than serious impediments. They considered the potential problems and had found ways to avoid or mitigate the difficulties*
> (Sadler et al., 2006, S. 363).

Vertreter*innen des Typs B argumentieren inhaltlich wie Typ A, sehen jedoch die genannten Hürden als tatsächliche Hindernisse in der eigenen Praxis. Typ E betont die Bedeutung von Ethik und Werteerziehung in allen Fächern.

Ambivalenz von Naturwissenschaft und Technik

Auch konnte eine *positive oder negative Sicht* auf Technik und Wissenschaft identifiziert werden. Lehramtsstudierende und Lehrkräfte zeigen bei Tairab (2001) ein eher negatives Bild von Science und Technology und betonen vor allem Umweltprobleme. Auch sind sie wenig optimistisch in Bezug auf eine wohlstandsfördernde Wirkung der Technik (wobei Lehramtsstudierende in der Studie noch kritischer sind als praktizierende Lehrkräfte). Yenilmez Turkoglu et al. (2022) konnten bei Lehrkräften drei verschiedene Typen im Hinblick auf die Technikbewertung identifizieren: Gruppe 1 ist ambivalent und sieht die Vor- und Nachteile von Technik gleichermaßen. Gruppe 2 ist optimistisch und sieht Technik vor allem als die Lösung von Problemen. Gruppe 3 ist auch optimistisch, aber mit Einschränkungen: Personen der Gruppe 3 sind sich der Dilemmata von Technikentwicklung bewusst und führen z. B. die Dual-Use-Problematik oder Umweltprobleme durch Technik an. Von einem kritischen Blick von Lehrkräften auf die Verteilung von Forschungsressourcen wird bei Brickhouse (1989) berichtet. Dabei wird die Konkurrenz um beschränkte Ressourcen betont und kritisiert, dass z. B. militärische Forschung stärker unterstützt wird als medizinische.

3

Grundlagen- und Gegenstands-theoretische Bezugspunkte

Kapitelüberblick

In diesem Kapitel sollen die grundlagen- und gegenstandstheoretischen Bezugspunkte der Arbeit geklärt werden, mit deren Hilfe die soziale Realität des Physiklehrens und -lernens beschrieben werden kann. Hiermit soll auch das Forschungsinteresse konkretisiert werden und ein methodologisches Fundament für das abgeleitete Forschungsdesign (Kapitel 5) entwickelt werden. Dieses soll die empirische Erschließung der Wissensbestände zur Rolle von Technik und Verantwortung im Physikunterricht theoretisch stützen.

3.1 Grundlagentheoretische Fundierung in der Wissenssoziologie

Nach Dörner und Schäffer sind Grundlagentheorien „disziplin-, fach- und damit domänenübergreifende Theorien des Sozialen bzw. sozialer Wirklichkeit“ (Dörner & Schäffer, 2012, S. 12). Für diese Arbeit ist vor allem die praxeologische Wissenssoziologie in Anlehnung an Karl Mannheim und Pierre Bourdieu leitend. Vier für diese Arbeit zentrale Annahmen dieser Grundlagentheorien sollen hier daher dargestellt werden:

- Annahme 1: Wissen ist ein soziales Phänomen.
- Annahme 2: Das Individuum und die soziale Praxis stehen in einem wechselseitigen Verhältnis zueinander.
- Annahme 3: Wissen ist handlungsleitend.

- Annahme 4: Die soziale Welt trägt einen impliziten, aber rekonstruierbaren Sinn.

Annahme 1: Wissen ist ein soziales Phänomen Als gemeinsame Grundorientierung der verschiedenen Strömungen der Wissenssoziologie kann die Beschäftigung mit der „sozialen Genese, Zirkulation und den Effekten von Wissen" (Keller, 2011b) gesehen werden. Die eingenommene soziologische Perspektive auf Wissen, welches „nicht nur sach- oder faktizitätsbezogene, durch Erfahrungen gewonnene und revidierbare Kognitionen, sondern auch Glaubensvorstellungen, Körperpraktiken, Routinen alltäglicher Lebensführung usw." umfasst, richtet sich vor allem auf die Entstehung von Wissen (Keller, 2011b, S. 21). Hierbei werden die sozialen Entstehungszusammenhänge und die damit verbundene Standortgebundenheit des Wissens betont: Mannheim sieht Wissen als „kooperativen Gruppenprozess" (Keller, 2011b, S. 31). Der konjunktive, also geteilte Erfahrungsraum wird zum entscheidenden Faktor für die Entstehung von Wissen. Was und vor allem wie jemand denkt, wird demnach von sozialen Erfahrungen geprägt. Die konjunktiven Erfahrungsräume können hierbei analytisch in verschiedene Dimensionen getrennt werden: Neben geographischen, nationalstaatlichen Erfahrungsräumen sind Erfahrungsräume wie Generationszugehörigkeit, Geschlecht, politische Weltanschauung, Beruf, familiäre Situation u. v. m. denkbar. Auch Bourdieus Konzept des Habitus ist zu verstehen als „subjektives, aber nicht individuelles System verinnerlichter Strukturen gemeinsamer Wahrnehmungs-, Denk- und Handlungsmuster" (Bourdieu, 1993). Bourdieu folgend kann die eigene individuelle Disposition als „eine strukturale Variante" des kollektiven Habitus verstanden werden, welche die individuelle Biographie und die eigene individuelle Stellung innerhalb eines konjunktiven Erfahrungsraumes abbildet (Kramer, 2011, S. 52) – im Zentrum steht damit auch bei Bourdieu der Entstehungszusammenhang von Wissen im Sozialen.

Annahme 2: Individuum und soziale Praxis stehen in einem wechselseitigen Verhältnis Das bereits angedeutete Spannungsverhältnis zwischen individueller Disposition und kollektivem Habitus (Bourdieu) bzw. konjunktivem Wissen (Mannheim) spiegelt sich auch in dem dialektischen Verhältnis von Disposition und sozialer Praxis wider: „Jedes Deuten und Handeln greift auf typisierte Wissenselemente zurück. Diese werden im Deutungs- und Handlungsprozess aktualisiert, transformiert, angesichts neuartiger Problemsituationen modifiziert oder erweitert" (Keller, 2011b,

S. 44). Bourdieu fasst das Verhältnis von Praxis und Disposition mit dem Konzept der doppelten Strukturiertheit des Habitus zusammen: Einerseits strukturieren die spezifischen Lebensbedingungen einen bestimmten Habitus. Anderseits reproduziert der Habitus bestimmte Lebenspraktiken (Lenger et al., 2013, S. 25). Dieser konservativen, reproduzierenden Konstruktion ist eine prinzipielle Veränderbarkeit eingeschrieben: Insbesondere unbekannte, krisenhafte Momente, in denen etablierte Wahrnehmungs- und Handlungsschemata an ihre Grenzen stoßen, können eine transformative Wirkung auf den Habitus haben, so dass dieser zwar als robust, aber nicht als statisch gesehen werden kann (Kramer, 2013).

Annahme 3: Implizites Wissen ist handlungsleitend Diese Strukturierung der eigenen Wahrnehmungs- und Handlungsmuster ist dabei kein bewusster, reflexiver Prozess, sondern geschieht „in der gelebten Praxis fraglos und selbstverständlich [...]. Das Wissen, das in der Praxis angeeignet wird und das diese Praxis zugleich orientiert, ist damit ein präreflexives, ‚atheoretisches Wissen'" (Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014, S. 285). Dass das eigene „routinehaft bzw. habituell verfügbare Rezeptwissen für Alltagspraktiken" (Keller, 2011b, S. 44) nicht in der Praxis reflektiert wird, führt zu einer enormen kognitiven Entlastung und macht in vielen Situationen überhaupt erst handlungsfähig: „Die Vortypisierung bietet zugleich Entlastung, Ermöglichung und Einengung von Deuten und Handeln" (Keller, 2011b, S. 44). Dementsprechend gibt es Wissensbereiche, über die Personen nur implizit verfügen, die sie nicht explizit benennen und reflektieren (können), die aber dennoch Alltagshandeln und damit auch Sprechakte strukturieren. Dieses Wissen ist demnach nur rekonstruktiv zu erschließen. Die Unterscheidung dieser impliziten, konjunktiven, handlungsleitenden Wissensebene von einer expliziten, kommunikativen Wissensebene ist dabei vor allem eine forschungspraktische: „Letztlich sind die beiden Wissensebenen nur analytisch zu trennen und finden sich in allen Typen von Wissen: dem alltagspraktischen ebenso wie dem wissenschaftlichen oder wirtschaftlichen Expertenwissen" (Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014, S. 282).

Annahme 4: Die soziale Welt trägt einen impliziten, aber rekonstruierbaren Sinn Die zuvor genannten Punkte zum sozialen Entstehungszusammenhang von Wissen, zum Verhältnis zwischen Individuum und sozialer Praxis sowie zur Annahme handlungsleitender impliziter Wissensbestände führen schließlich zu der eher methodologisch ausgerichteten Annahme,

dass die soziale Welt und damit vor allem auch alle sprachlichen Akte einen impliziten Sinn tragen, der analytisch rekonstruierbar ist. Eine sprachliche Äußerung kann man demnach „als Fragment umfassender Totalitäten auffassen, die man ‚Weltanschauung' nennt" (Mannheim, 1980 zitiert nach Kruse, 2015, S. 36). Bei der Analyse sozialer Realitäten ist demnach davon auszugehen, „dass nichts zufällig, irrelevant oder bedeutungslos ist, sondern dass jede Äußerung, auch wenn sie chaotisch, nur minimal (wie ein Räuspern oder ein kurzes Lachen) oder ungrammatisch ist, eine *Lösung für eine Aufgabe, ein Problem oder eine Zielsetzung* ist, welche sich die Interaktionsteilnehmer stellen" (Lucius-Hoene & Deppermann, 2002, S. 99). Diese mit Mannheim als dokumentarische Sinnebene bezeichnete Bedeutungsebene sozialer Wirklichkeit bedingt einen Paradigmenwechsel sozialtheoretischer Forschung vom *Was* zum *Wie*: Nicht das soziale Phänomen an sich wird betrachtet, sondern die Frage, wie dieses hergestellt wird, welche homologen Muster auf einen tieferliegenden, konjunktiven Sinn bzw. Habitus verweisen (Bohnsack et al., 2013, S. 75–76). Diese Annahme und die daraus abgeleiteten methodologischen Prämissen werden ausführlicher in Kapitel 5 dargelegt.

Zusammenfassend lässt sich zur wissenssoziologischen Grundorientierung dieser Arbeit festhalten:

- Wissen wird als ein soziales Phänomen verstanden. Große Bedeutung bei der Entstehung und Entwicklung von Wissen hat der konjunktive Erfahrungsraum. Dieser prägt einen kollektiven Weltzugang (Habitus). Die individuelle Disposition wird als eine Spielart des Kollektiven verstanden.
- Die soziale Praxis strukturiert die eigene Position durch die konjunktiven Erfahrungszusammenhänge. Gleichzeitig prägt die individuelle Disposition die soziale Praxis. Abseits dieser Reproduktion von sozialer Realität bilden z.B. krisenhafte Momente Möglichkeiten zur Transformation des Habitus.
- Der Habitus bzw. das konjunktive Wissen sind nicht-reflexive und damit implizite Wissensbestände. Sie lassen sich damit abgrenzen von explizitem, kommunikativem Wissen. Das implizite Wissen ist dennoch handlungsleitend.
- Durch das konjunktive Wissen bzw. den Habitus wird die soziale Realität strukturiert. Diese trägt einen Sinn, in dem sich die jeweili-

gen Wahrnehmungs- und Handlungsmuster dokumentieren. Dieser dokumentarische Sinn ist prinzipiell rekonstruierbar.

Diese theoretische Konzeption von Wissen im Allgemeinen soll nun im Folgenden konkreter auf das Wissen von Lehrer*innen bezogen werden.

3.2 Zum Wissen der Lehrperson

Die zentrale Rolle von Lehrpersonen für Unterricht ist vielfach diskutiert und belegt (Kunter et al., 2011; Terhart et al., 2011). Damit war und ist das Wissen von Lehrpersonen auch ein zentraler Gegenstand naturwissenschafts- und physikdidaktischer Forschung (Fives & Gill, 2015; Harms & Riese, 2018). Dabei ist auch belegt, dass ein einfaches kausales Modell von Lehrer*innenwissen über Lehrer*innenhandeln bis zum Wissen und Handeln von Schüler*innen nicht angemessen ist, um unterrichtliches Lehren und Lernen (von Physik) zu beschreiben. Zahlreiche Studien weisen auf den empirisch schwachen bis nicht nachweisbaren Zusammenhang zwischen dem Wissen von Lehrkräften und deren unterrichtlichem Handeln hin, wobei darauf verwiesen wird, dass nicht die Menge des abprüfbaren Wissens, sondern insbesondere die Strukturen des Wissens handlungsleitend sind und mit gängigen Instrumenten nur bestimmte Facetten des Lehrer*innenwissens zugänglich gemacht werden (Bartos & Lederman, 2014; Vogelsang, 2014). Außerdem stehen das unterrichtliche Handeln und explizite Wissensbestände häufig in einem Spannungsverhältnis. So können Lehrkräfte zwar einerseits ein explizites Faktenwissen über Aspekte von Nature of Science angeben und dies auch im Unterricht explizieren, aber andererseits in einer fachunterrichtlichen Praxis abseits dieser expliziten Instruktionen ein gänzlich anderes Bild von Naturwissenschaften transportieren (Bartos & Lederman, 2014).

Diese Arbeit orientiert sich an einer soziologischen Perspektive auf Lehrer*innenwissen, welche insbesondere nicht-reflexive, implizite Wissensbestände in den Blick nimmt. Hierfür wird auf das Konzept des schweigenden Wissens von Neuweg zurückgegriffen (Neuweg, 2015). Bevor die gegenstandstheoretische Fassung in Anlehnung an Neuweg skizziert wird, soll diese Theorie zunächst in der vielfältigen und stark ausdifferenzierten

Forschungslandschaft zum Wissen von Lehrer*innen verortet und abgegrenzt werden. Mit Rückgriff auf die grundlagentheoretischen Annahmen soll plausibel gemacht werden, warum die gewählte Gegenstandstheorie dem Forschungsinteresse an impliziten Wissensstrukturen von Lehrkräften angemessen ist.

3.2.1 Lehrer*innenwissen zwischen Kompetenz und Struktur

Die Gegenstandskonzeption von Lehrer*innenwissen in der Forschungslandschaft ist sehr heterogen und variiert je nach grundlagentheoretischen Annahmen bzw. Forschungsfokus. Eine Übersicht über die internationale Forschung findet sich bei Fives und Gill (2015). Das „Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf" bietet einen Einblick in die deutschsprachige Forschungslandschaft (Terhart et al., 2011). Hier können wie auch in anderen Zweigen der sozialwissenschaftlichen Forschung, zwei Strömungen unterschieden werden:

- „Ansätze (Persönlichkeitsforschung, Experten-Paradigma) [. . .] [mit] theoretischen Wurzeln in der Psychologie und ihre methodische Verankerung in der quantitativ-statistischen Empirie" und
- qualitative Forschungsansätze mit soziologischer Grundlagentheorie, wie beispielsweise der strukturtheoretische Professionsansatz nach Helsper und kulturtheoretische Zugänge nach Bennewitz, welche qualitativ-rekonstruktiv ausgerichtet sind und „ihre theoretischen Wurzeln in soziologischen, kulturtheoretischen, z.T. auch psychoanalytischen Ansätzen [haben]" (Tillmann, 2011, S. 232–233).

Die eher psychologisch und quantitativ ausgerichteten Gegenstandstheorien zielen darauf ab, „bestimmte Aspekte der Lehrer-Subjekte (Eigenschaften, Kompetenzen) zu definieren, zu operationalisieren und mit standardisierten Fragebögen und Tests zu erforschen. Von dort werden dann Bezüge zu den (ebenfalls quantitativ erhobenen) Merkmalen des Unterrichts und der Lehrertätigkeit hergestellt" (Tillmann, 2011, S. 232). Ein prominentes Beispiel für diesen Ansatz ist das Modell professioneller Handlungskompetenz nach Baumert und Kunter, welches in der COACTIV-Studie zur Messung der Kompetenz von Mathematiklehrkräften entwickelt

wurde (Baumert & Kunter, 2006; Kunter et al., 2011). Darin wird professionelle Kompetenz wie in Abbildung 3.1 dargestellt konzeptualisiert. Die vorgenommene Unterteilung des Professionswissens in Fachwissen, fachdidaktisches Wissen, pädagogisch-psychologisches Wissen, Organisationswissen und Beratungswissen geht auf die Taxonomie nach Shulman zurück (Krauss, 2011, S. 181) und spiegelt auch Teilgebiete der Lehrer*innenbildung wider. Der Fokus in dem Modell ist auf das in der Ausbildung angeeignete, in Tests und Fragebögen explizierbare Professionswissen gelegt, aber auch Überzeugungen und Werthaltungen, motivationale Orientierungen und Selbstregulation sind im Modell verankert.

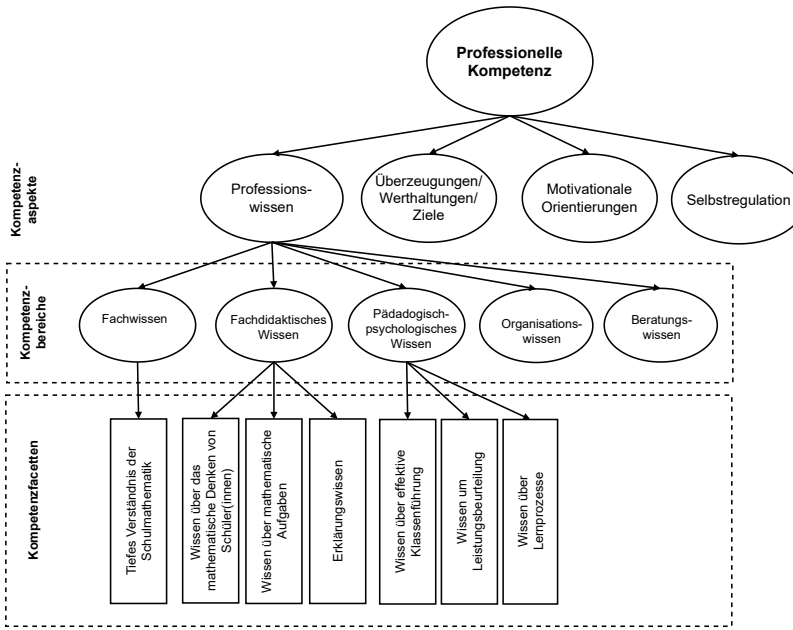


Abbildung 3.1: Modell professioneller Handlungskompetenz nach Baumert & Kunter mit Fokus auf das Professionswissen aus Krauss, 2011, S. 183.

In Abgrenzung zu diesem quantitativen, psychologischen Paradigma sind qualitativ-rekonstruktive Ansätze zu sehen. Diese sind soziologisch, kulturtheoretisch oder auch psychoanalytisch fundiert und rücken „nicht die beteiligten Personen (ihre Merkmale, ihre Absichten) in den Mittelpunkt

[. . .] sondern die sozialen Praktiken, die in einer Institution eingelagert sind – und die durch die Handlungen der Akteure immer wieder neu belebt werden“ (Tillmann, 2011, S. 233–234). Diese Praktiken bzw. sozialen Strukturen sind nach Helsper maßgeblich durch nicht auflösbare, widersprüchliche Anforderungen geprägt. Die „strukturellen Antinomien als Kernstruktur des professionellen Lehrerhandelns“ (Helsper, 2011, S. 156) führen zu einer Betonung einer anderen Wissensart als der im Expertenparadigma: An die Stelle der „ingenieurale[n] [. . .] subsumtionslogischen Anwendung kodifizierten Wissens“ tritt eine „professionelle [. . .] nicht-standardisierbare [. . .] Wissensverwendung“ (Helsper, 2011, S. 150). Ziel von Lehrer*innenbildung ist in diesem Modell nicht die Anhäufung von explizierbarem, theoretischem Wissen, sondern die Entwicklung eines reflexiven Habitus, der routinierte, intuitive Entscheidungen in von Antinomien geprägten Entscheidungen fallrekonstruktiv analysieren kann. Das Wissen und Können von Lehrer*innen wird in diesem Modell als strukturell unterschiedlich von anderen, nicht-professionellen Berufen konzipiert, wobei sich Helsper hier an der Professionstheorie Ulrich Oevermanns orientiert. Lipkowsky fasst die Besonderheit des Lehrer*innenberufs wie folgt zusammen:

> *Lehrer sind in der Regel mit komplexeren Situationen konfrontiert, unterliegen einem permanenten Entscheidungs- und Handlungsdruck und haben sich mit einer Vielzahl von „ill-defined problems“, also mit einer Reihe ungeklärter Probleme und unvermeidlicher Zielkonflikte, auseinanderzusetzen, für deren Bewältigung eine adaptive Expertise und kein rezeptologisch anwendbares Wissen wie in anderen Berufen erforderlich ist (Stern, 2009). Diese adaptive Expertise speist sich aus impliziten Könnensanteilen und expliziten Wissenskomponenten, über deren wechselseitige Beeinflussung und Genese noch wenig bekannt ist.*
> (Lipkowsky, 2011, S. 398–399)

Die Betonung des impliziten, habituellen, sozial verankerten Wissens von Lehrkräften hat weitreichende methodologische Folgen: An die Stelle von Tests und Fragebögen rücken rekonstruktive Verfahren, welche eine implizite Regelhaftigkeit in Handlungen und Sprache rekonstruieren (Nohl, 2017). Die implizite Wissensebene der Lehrkräfte steht demnach mit einer impliziten Sinnebene des Sozialen im wechselseitigen Verhältnis.

Einem psychologisch ausgerichteten, auf explizites, theoretisches und formal erlerntes Wissen abzielenden Paradigma steht ein eher soziologisch orientiertes, auf implizites, praxeologisches und sozial angeeignetes Wissen zielendes Paradigma gegenüber. Die Forschung zur professionellen Kompetenz von Lehrer*innen „verläuft in Deutschland in sehr unterschiedlichen, sich praktisch nicht berührenden Bahnen" (Baumert & Kunter, 2006, S. 469) und ist geprägt von „harte[n] Kontroverse[n] über die ‚Richtigkeit' der grundlagentheoretischen Prämissen [. . .]. Ein Arbeitsbündnis, das trotz unterschiedlicher Herangehensweisen an einer gemeinsamen wissenschaftlichen Aufklärung interessiert ist, ist hingegen (noch) nicht zu erkennen" (Tillmann, 2011, S. 239–240). Dabei betonen Baumert und Kunter als Vertreter*innen des kompetenzorientierten Ansatzes die Bedeutung praktischen Wissens und Könnens, welches erfahrungsbasiert und „im schnellen Handlungsvollzug i.d.R. implizit" ist (Baumert & Kunter, 2006, S. 483). Dieses Wissen ist, so Baumert und Kunter, „an Fälle, Episoden und Skripts gebunden [. . .], [und integriert] Routinen" (Baumert & Kunter, 2006, S. 483–484). Auf der anderen Seite findet Helsper, als Vertreter des strukturtheoretischen Professionsansatzes, in den eher psychologisch- und kompetenz-orientierten Experten-Ansätzen Anknüpfungspunkte an den strukturtheoretischen Ansatz dahingehend, dass auch in diesen handlungsleitendes, implizites Wissen betont wird (Helsper, 2011, S. 158). Beiden gemein ist, so Baumert und Kunter, ein erheblicher „Mangel an empirischer Evidenz hinsichtlich der Bedeutung professioneller Kompetenzen für die Qualität von Unterricht sowie den Lernfortschritt und die Persönlichkeitsentwicklung von Schülerinnen und Schülern" (Baumert & Kunter, 2006, S. 469). Gerade deshalb könnte eine integrative Betrachtung des Wissens von Lehrpersonen in all seinen Facetten und des Entstehungszusammenhangs mehr Aufschluss über unterrichtliches Handeln ermöglichen.

Im Folgenden soll nun die Konzeption des Lehrer*innenwissens nach Neuweg diskutiert und begründet werden, warum diese integrative Konzeption gewinnbringend für die empirische Forschung und angemessen für die Ausrichtung dieser Arbeit ist.

3.2.2 Das „Schweigen der Könner“ – Neuwegs Konzeption von implizitem Lehrer*innenwissen

Das Interesse am Lehrer*innenwissen wird häufig mit der Annahme begründet, dass dieses erstens das unterrichtliche Handeln der Physiklehrperson leitet und hierüber zweitens einen maßgeblichen Einfluss auf das Lernen der Schüler*innen hat.

Der oben bereits genannte allgemeine „Mangel an Evidenz“ (Baumert & Kunter, 2006, S. 469) hierfür wird auch speziell für die Physiklehrkräfteforschung z. B. von Vogelsang (2014) bestätigt. In seiner Analyse des Zusammenhangs von Lehrer*innenkompetenz und Lehrer*innenperformanz kommt er zu dem Schluss, „dass kein direkter Zusammenhang zwischen erfasstem Professionswissen und der Performanz im Physikunterricht besteht“ (Vogelsang, 2014, S. 502). Vogelsang zieht hieraus den Schluss, dass die „Tests zur Erfassung professioneller Handlungskompetenz oder dessen Aspekte (z. B. Professionswissen) [. . .] daher keine ‚wirkliche‘ Kompetenz [messen]“ (Vogelsang, 2014, S. 502). Die Verengung des psychologischen Expertenparadigmas auf abfragbares, explizites Wissen aus der Lehrkräftebildung liefert demnach unbefriedigende Ergebnisse, so dass Vogelsang für einen erweiterten Wissens- bzw. Kompetenzbegriff plädiert: „Die Modellierung und Analyse der tatsächlichen Handlungsressourcen im Sinne des Wissens II (Neuweg, 2011) würde dann einen neuen Ansatzpunkt für die fachdidaktische Forschung bilden“ (Vogelsang, 2014, S. 503). Dieser Ansatzpunkt soll hier verfolgt werden, indem sich insbesondere dem Wissen 2 nach Neuweg gewidmet wird(vgl. auch Bub und Rabe, 2020). Was Neuweg unter diesem Wissen versteht, wie es mit dem expliziten, theoretischen Professionswissen und der tatsächlichen Performanz in Beziehung steht und wie sich dieses aus der dargestellten Grundlagentheorie ableiten lässt, soll nun dargestellt werden. Einen Überblick über die verschiedenen Wissensformen nach Neuweg bietet Abbildung 3.2.

Neuweg stellt an den Beginn seines Konzeptes die unterschiedlichen Arten des Lernens, welche er als Lernen durch Aneignung und Lernen durch Erfahrung bezeichnet. Im Modus der Aneignung spielt das Wissen 1 eine zentrale Rolle. Hierunter versteht Neuweg „das kodifizierte, mehr oder weniger systematische und insbesondere in der Ausbildung anzueignende Professionswissens von Lehrern. [. . .] [Dieses Wissen wird] über Ausbildungsbereiche (v. a.: Fach, Fachdidaktik, Pädagogik) modelliert

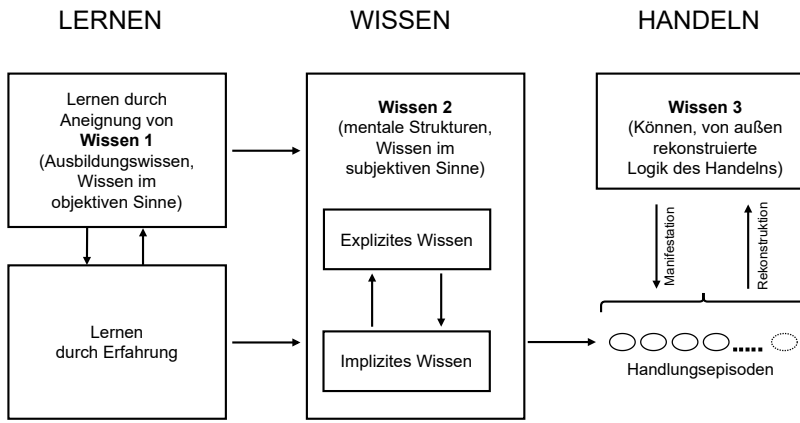


Abbildung 3.2: Konzept des Lehrer*innenwissens nach Neuweg, 2011, S. 453.

[. . .], für die es in Studienplänen, nicht notwendig aber auch im Kopf des erfahrenen Unterrichtspraktikers unmittelbare Entsprechungen gibt“ (Neuweg, 2011, S. 452). Zwischen diesem theoretischen Expertenwissen und dem tatsächlichen Handeln stehen bei Neuweg noch einige „Filter“ und Wechselwirkungen. Als erste zusätzliche Komplexität setzt Neuweg dem aneignenden Lernen einen zweiten Modus des Lernens durch Erfahrung an die Seite. Diese informellen Prozesse des Wissenserwerbs beschreiben einerseits eine Lehrling-Meister-Beziehung. In dieser sieht „der Lehrling dem Meister zu [. . .] [wobei] er unbewusst die Regeln der Kunst, jene eingeschlossen, die der Meister selbst nicht explizit kennt“, erwirbt (Neuweg, 2015, S. 37). Andererseits werden hiermit auch weniger gerichtete Lernprozesse erfasst, wie die eigene (schulische) Sozialisation sowie andere konjunktive Erfahrungen, bei welchen Deutungsprozesse stattfinden und Praktiken angeeignet werden, ohne dass diese benannt oder reflektiert werden müssen oder gar können.

Die Aneignungs- und Erfahrungsprozesse führen nach Neuweg zum Aufbau von Wissen 2, welches die eigentlichen „kognitiven Strukturen von Lehrern“ beschreibt (Neuweg, 2011, S. 452). Dieses Wissen kann gänzlich anders strukturiert sein, als es das „Lehrbuchwissen“ oder die Studiengangstruktur eines Lehramtsstudiums ist:

> *Lehrerwissen im subjektiven Sinne ist ein Begriff mit sehr unscharfen Rändern. Zum Ersten erweitert sich der Wissensbegriff, weil die an Wissen 1 anzulegenden Standards (z. B. Wahrheit, Wahrheitsfähigkeit, Begründbarkeit, Systematik) keine relevanten Einschlusskriterien für Mentales sind. [. . .]*
> *[Zweitens] interessiert die Lehrerforschung vor allem das Wissen in Aktion, wodurch die Grenze zum Konzept des Denkens und zur handlungstheoretischen Forschung unscharf wird [. . .].*
> *Zum Dritten: Zuschreibungsbedingung für Wissen im alltagssprachlichen Sinne wäre, dass ein Lehrer Antworten auf einschlägige direkte Fragen geben kann. Das kann er in der Regel freilich nur im Bereich des Fachwissens.*
> (Neuweg, 2011, S. 452)

In dieser Konzeption werden große Teile des Lehrer*innenwissens nicht einfach test- und abfragbar, da sie der Lehrkraft selbst nicht reflexiv zugänglich sind. Hierbei handelt es sich um Wissen, welches „eher sozialisations- als instruktionsähnlich erworben" (Neuweg, 2002, S. 19) wurde, „durch Teilhabe an den einschlägigen Praxen und Lebensformen" (Neuweg, 2015, S. 107). Damit ist der implizite Wissensbegriff nach Neuweg gut anschlussfähig an den Habitusbegriff nach Bourdieu. Das habitualisierte Lehrer*innenhandeln ist demnach nicht nur durch das in der Ausbildung angeeignete, explizite Professionswissen zu erklären, sondern dadurch, dass Lehrer*innen „tausende von Sozialisationssituationen erlebt und auf sie in je bestimmter Weise reagiert [haben]" (Neuweg, 2015, S. 124). Die hierbei angeeigneten Wahrnehmungs- und Verhaltensmuster sind nicht Ergebnis einer „Prozeduralisierung vormals bewussten Wissens" (Neuweg, 2015, S. 124).

Um sich diesem Wissen 2 forschungspraktisch nähern zu können, müssen demnach andere methodologische Instrumente herangezogen werden als z. B. unter einem Expertenparadigma, welches v. a. Wissen 1 im Sinne Neuwegs abprüft. Unter der Annahme, dass dieses Wissen 2 zwar nicht in der Handlung reflektiert wird, aber dennoch verbalisier- und explizierbar ist (vgl. schwacher und starker Begriff impliziten Wissens Neuweg, 2015, S. 153–154), kann dieses implizite Wissen über eine Rekonstruktion der Logik des Handelns erschlossen werden. Das der Handlungspraxis eingelagerte Wissen bezeichnet Neuweg als Wissen 3, wobei es sich hierbei „nicht um das Wissen des Lehrers [handelt], sondern um das Wissen des Forschers, der die Logik des Handelns (!) von außen rekonstruiert" (Neuweg, 2011, S. 452–

453). Die Rekonstruktion richtet sich also eher auf eine soziologisch gefasste Praxis als auf ein psychologisch gefasstes Wissen. Die Regelhaftigkeit der sozialen Praxis, welche mit einem Wissen 3 beschrieben werden kann, ergibt sich demnach nicht, weil in den Subjekten implizite Regeln repräsentiert sind, „sondern – bestenfalls – als ob diese repräsentiert wären" (Neuweg, 2015, S. 60).

Ein theoretisches, prüfbares Professionswissen ist nicht hinreichend, um das unterrichtliche Handeln von Physik-Lehrpersonen zu erklären. Diese von Neuweg als intellektualistische Legende bezeichnete Annahme, „dass der eine dem anderen einfach sagt, wie es geht, und dieser andere das dann kann" (Neuweg, 2015, S. 24), kann als durch die Lehrer*innenforschung widerlegt angesehen werden. Die subjektiven mentalen Strukturen und das tatsächliche Können sind strukturell unterschiedlich zum Professionswissen, welches nicht unmittelbar handlungsleitend ist (Neuweg, 2011, S. 465). Neuweg betont die impliziten Wissensanteile, welche einer Reflexion im Alltagshandeln nicht zugänglich sind und vor allem durch Erfahrungen und nicht durch Instruktionen angeeignet werden. Diese können nur durch die Rekonstruktion aus einer Handlungspraxis abgeleitet werden. Im Folgenden sollen nun ausgehend von der umrissenen Gegenstandstheorie die Forschungslücke und die Forschungsfragen dieser Arbeit dargelegt werden. Daran anschließend wird ein aus dem Forschungsinteresse und den gegenstands- und grundlagentheoretischen Annahmen abgeleiteter methodologischer Rahmen zur Beantwortung der Forschungsfragen entwickelt.

4

Anliegen dieser Arbeit

Kapitelüberblick

Im folgenden Kapitel werden inhaltliche und methodologische Forschungsdesiderata herausgearbeitet. Aufbauend hierauf werden die Forschungsfragen formuliert, die in dieser Arbeit adressiert werden.

4.1 Forschungsdesiderata

4.1.1 Inhaltliches Desiderat

Bildungspolitisch wird dem Physikunterricht eine zentrale Rolle bei der Ermöglichung von verantwortungsvoller Teilhabe und Gestaltungskompetenz in einer zunehmend technisierten und vernetzten Welt zugesprochen. Eine explizite Reflexion der Beziehung zwischen Physik und Technik bleibt dabei jedoch meist aus. Entsprechend dünn ist auch die empirische Forschungslage hierzu:

Constantinou et al. (2010) betonen, dass die Beziehung zwischen *Science* und *Technology* eigentlich ein zentraler Aspekt von Nature of Science ist, was sich jedoch kaum in empirischen Arbeiten niederschlägt:

> *While students' epistemological beliefs about both the role of science and technology in society have been amply investigated [. . .] it is important to note that, for the most part, they have been studied separately. Thus, while research has led to important insights into students' understanding of the nature of either science or technology, their understanding of the distinction and relation between these two*

> *domains is far from being adequately investigated*
> (Constantinou et al., 2010, S. 146)

Auch Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften zeigen naive Vorstellungen zur Unterscheidung und Beziehung von Science und Technology (Constantinou et al., 2010): Der schon in frühen Arbeiten der 80er Jahre identifizierte Topos der „Technik als angewandter Naturwissenschaft" (im engl. Technology as applied Science) ist nach wie vor dominant (vgl. Kapitel 2.3).

Die Stabilität und starke Verbreitung dieser Vorstellung sprechen für eine tiefe Verankerung nicht nur in kommunikativen, sondern in impliziten, konjunktiven Wissensstrukturen. Da das Wissen im Bereich Nature of Science als relevant für die gesamte Unterrichtspraxis angesehen wird (Brickhouse, 1990), kann eine rekonstruktive Analyse dieser Wissensstrukturen zu einem tieferen Verständnis von Lehrer*innenhandeln wesentlich beitragen.

Verantwortung im Kontext Technik ist zwar in frühen Arbeiten der Physikdidaktik vielfach diskutiert worden, in empirischen, insbesondere rekonstruktiv ausgerichteten Arbeiten spielt diese jedoch eine untergeordnete Rolle. Die ethische Dimension naturwissenschaftlicher Themen ist im Naturwissenschaftsunterricht nach wie vor ein Nischenthema und wird, wenn es behandelt wird, häufig im Sinne einer dualistischen Pro-Kontra-Diskussion übersimplifiziert (Sadler et al., 2006, S. 371).

Zahlreiche internationale Befunde im Kontext Nature of Science, Science-Technology-Society, Socioscientific Issues sind zudem fachunspezifisch, da erstens Naturwissenschafts- und nicht Physiklehrkräfte beforscht werden und zweitens auf inhaltlicher Ebene v. a. Vorstellungen zu *Science* im Allgemeinen und nicht zur Physik im Speziellen erhoben werden.

Hieraus ergibt sich das das inhaltliche Forschungsdesiderat:

Forschungsdesiderat 1: Inhaltlicher Fokus auf die Rolle von Technik und Verantwortung im Physikunterricht

Vor allem im deutschsprachigen Raum ist die Forschungslage zum Wissen von Physiklehrkräften zur Rolle von Technik und Verantwortung im

Physikunterricht dünn. Internationale Befunde weisen darauf hin, dass Technik nur illustrierend als Anwendung von Naturwissenschaft integriert wird und die ethische Dimension kaum oder verkürzt dargestellt wird. Diese Praktiken scheinen stabil und damit habituell verinnerlicht – die impliziten Wissensstrukturen hierzu sind weitgehend unerforscht. Auch ist das strukturelle Verhältnis der fachspezifischen und der grundlegenden Ausprägungen der (impliziten) Wissensstrukturen ungeklärt.

4.1.2 Methodologisches Desiderat

Der empirische Zugang zum Wissen über die Beziehung zwischen Physik und Technik und die Rolle von Verantwortung in diesem Gefüge ist geprägt durch quantitative Fragebogenerhebungen (Aikenhead, 1988; Aikenhead et al., 1987). Fleming (1987) stellt die Grenzen dieses methodischen Zugriffs heraus und diskutiert eine möglicherweise durch die Erhebungsinstrumente nicht abgebildete Verwechselung von Naturwissenschaft und Technik bei Proband*innen:

> *One may suspect that „science" was replaced by „technoscience" when students responded. Only interviews would allow one to determine the definition(s) used by students when reporting.*
> (Fleming, 1987, S. 171)

Auch Aikenhead (1988) kommt beim Vergleich verschiedener Erhebungsmethoden im Kontext Science-Technology-Society zu dem Schluss, dass Interviews die Vorstellungen von Lernenden hierzu mit dem höchsten Maß an analytischer Tiefe und Validität erfassen können. Analog dazu konstatieren Bartos und Lederman (2014, S. 1152), dass Fragebögen keinen nuancierten Einblick in das Wissen und die Perspektiven von Lehrkräften im Bereich Nature of Science liefern und entsprechend auch aus den Ergebnissen wenig über eine tatsächliche Unterrichtspraxis abgeleitet werden kann.

In Kapitel 2.3 konnte darüber hinaus gezeigt werden, dass rekonstruktive Zugänge zum Wissen Lehrender im Kontext Physik-Technik-Verantwortung kaum verbreitet sind und entsprechend wenig über implizite Wissensstrukturen Lehrender in diesem Feld bekannt ist. Dies wird als mögliche Erklärung dafür angeführt, warum bestehende Erhebungsinstrumente die

tatsächliche Performanz von Lehrkräften oft nicht hinreichend erklären (Vogelsang, 2014). Im Bereich der Naturwissenschaftsdidaktik ist das Feld der Arbeiten, welche die Dokumentarische Methode als rekonstruktiven Zugang wählen, trotz des großen Potentials überschaubar, wenn auch wachsend (Rabe et al., 2023). Mit Hilfe der Dokumentarische Methode kann dabei gerade durch den Fokus auf handlungsleitende Wissens-*Strukturen* und die Möglichkeit einer Typenbildung (Kapitel 5.1.4) auch vom Einzelfall abstrahiert werden, was wesentliche Beiträge zur Aufklärung des Forschungsfeldes ermöglicht.

Hieraus ergibt sich folgendes, eher methodologisches Forschungsdesiderat:

Forschungsdesiderat 2: Methodologischer Zugang zu implizitem Wissen von Physiklehrkräften

Naturwissenschaftsdidaktische Forschung zum Wissen Lehrender über Technik und Verantwortung im Physikunterricht konzentriert sich in besonderem Maße auf deklaratives Wissen über (häufig dekontextualisierte) Merkmale der Naturwissenschaften und ihre Beziehung zur Gesellschaft.

Damit werden grundlegende, habitualisierte Wissensbestände, welche als stabil und handlungsleitend gelten können, außer Acht gelassen. Qualitativ-rekonstruktive Forschungszugänge, wie durch die Dokumentarische Methode und Interviews ermöglicht, können diese Forschungslücke schließen, indem sie implizite Wissensstrukturen zur Trias Physik-Technik-Verantwortung analytisch zugänglich machen und so zu einem tieferen Verständnis des Wissens Lehrender beitragen. Eine Ausschärfung rekonstruktiver Zugänge für explizit fachdidaktische Fragestellungen

4.2 Forschungsfragen

Aufbauend auf der theoretischen Verortung (Kapitel 2), der Gegenstandsklärung (Kapitel 3), dem empirischen Forschungsstand (Kapitel 2.3) und

den herausgearbeiteten Forschungsdesiderata (Kapitel 4.1) widmet sich diese Arbeit der Beantwortung der folgenden Forschungsfragen:

Forschungsfragen

1. Welche Orientierungen von Physiklehrkräften zur Rolle von Technik und Verantwortung im Physikunterricht lassen sich rekonstruieren?
2. Wie sind die Orientierungen von Physiklehrkräften zur Rolle von Technik und Verantwortung im Physikunterricht strukturiert?
   - 2.1. Welche fachbezogenen und grundlegenden Typiken strukturieren die rekonstruierten Orientierungsrahmen und welche Relationen bestehen zwischen diesen?
   - 2.2. Welche Typen lassen sich im Hinblick auf die Bearbeitung von Technik und Verantwortung im Physikunterricht bilden?

In der Formulierung der Forschungsfragen wird bereits die Begrifflichkeit der Dokumentarischen Methode verwendet. Diese werden im folgenden Kapitel geklärt.

Methodologische Rahmung und Studiendesign

5

Methodologische und methodische Ausrichtung dieser Arbeit

Es wurde in den vorangegangenen Kapiteln dargelegt, inwiefern Perspektiven auf das Verhältnis von Physik und Technik und auf die Rolle von Verantwortung in diesem Feld von physikdidaktischer Relevanz sind. Daran anknüpfend wurde eine grundlagentheoretisch fundierte Konzeption von implizitem Lehrer*innenwissen hierzu und aus Forschungsdesiderata konkrete Forschungsfragen für diese Arbeit abgeleitet.

Kapitelüberblick

Im Folgenden wird der methodologische Rahmen zur Beantwortung der Forschungsfragen und schließlich das resultierende Studiendesign dargestellt. Dabei werden der methodologische Rahmen und die Forschungspraxis der Dokumentarischen Methode dargestellt und Spezifika für physikdidaktische Forschung diskutiert.

Qualitative Forschungszugänge sind besonders geeignete Zugriffsmöglichkeiten, um Wissensstrukturen von Lehrkräften zu untersuchen:

> *Qualitative research is perhaps ideally suited to the „messy" construct of teachers' beliefs (Pajares, 1992), as the development of a complex, detailed understanding of teachers' beliefs can be established by talking directly with teachers, going to their schools, and allowing them to tell their stories (Creswell, 2013).*
> (Fives & Gill, 2015, S. 128)

Qualitativ-inhaltsanalytische Ansätze sind für einen Zugang zu implizitem Wissen jedoch nicht ausreichend, da sie beim verbreiteten Kategorisieren

einzelner Aussagen der Struktur der sozialen Daten kaum Rechnung tragen:

> *Oftmals lassen sich Sinnmuster in einem Dokument jedoch nur durch eine hermeneutische Textinterpretation, z. B. mittels der Sequenzanalyse, rekonstruieren. Besonders zu beachten sind dabei implizite oder explizite Verweise auf Außertextliches, wie metaphorische Anspielungen und charakteristische sprachliche Floskeln. Auch die Bedeutung intendierter oder unintendierter Auslassungen und Verkürzungen kann zentral für ein soziologisches Textverstehen [. . .] sein.*
> (Baur & Blasius, 2014, S. 815–816)

Dem Forschungsgegenstand, implizites Wissen von Lehrpersonen, entsprechend ist diese Arbeit deshalb qualitativ-*rekonstruktiv* ausgerichtet.

Zentral für rekonstruktive Methoden ist eine Sinnhaftigkeitsunterstellung sozialer Daten, insbesondere in ihrer sequenziellen Struktur. Dabei wird versucht, „den Sinn jeder Art menschlichen Handelns Sequenz für Sequenz, also Sinneinheit für Sinneinheit, in der Linie des ursprünglichen Geschehens zu rekonstruieren [. . .]. Geleitet wird die Sequenzanalyse von der Annahme, dass sich im Nacheinander des Handelns – also auch des Sprechens, Schreibens und Filmens – Sinnzusammenhänge realisieren" (Baur & Blasius, 2014, S. 499). Die Rekonstruktion von Sinnhaftigkeit orientiert sich dabei stets an den Relevanzsystemen der Beforschten. Es wird demnach angestrebt, als Forschende im Rekonstruktionsprozess theoretische Vorannahmen zu suspendieren und die subjektiven Deutungsmuster wertfrei zu erschließen – wenngleich in verschiedenen Erhebungsformaten (wie z. B. problemzentrierten Interviews) durchaus subjektive Deutungsmuster und „objektiv geltende Vorannahmen gegenübergestellt werden" (Kruse, 2015, S. 206). Die Rekonstruktion ist dabei ein interpretativer, hermeneutischer Prozess, welcher regelbasiert, aber gleichzeitig offen und flexibel sowie reflexiv, bewusst gesteuert und verlangsamt statt reflexhaft gestaltet wird (Baur & Blasius, 2014, S. 499).

Die Dokumentarische Methode, welche als rekonstruktiver Zugang für die Beantwortung der Forschungsfragen dieser Arbeit gewählt wurde, ist in besonderem Maße für fachdidaktisch relevante Forschungsgegenstände geeignet (Asbrand & Martens, 2018; Rabe et al., 2023).

5.1 Methodologie der Dokumentarischen Methode

Die Dokumentarische Methode begründet ein methodisch kontrolliertes Sinnverstehen sozialer Daten, wie Interviews, Videos, Gruppendiskussionen, Bilder und auch Diskurse (Bohnsack et al., 2013; Nohl, 2017). Sie ist fundiert in der Wissenssoziologie Mannheims (vgl. Kapitel 3), aus der vor allem die Konstrukte des konjunktiven Erfahrungsraumes und des Dokumentsinns die Dokumentarische Methode prägen. Diese Begriffe und ihre Bedeutung für die Methodologie werden zunächst erklärt, bevor die daraus abgeleiteten methodischen Schritte der Dokumentarischen Methode dargestellt werden. Hierbei soll forschungspraktisch unterschieden werden zwischen der Phase der Datenerhebung und der Datenanalyse, wobei ein Schwerpunkt auf die Typenbildung gelegt wird.

5.1.1 Grundbegriffe der Dokumentarischen Methode

Betonung der sozialen Gefasstheit von Wissen: Der konjunktive Erfahrungsraum

Die Dokumentarische Methode dient der Rekonstruktion geteilter, habitueller Wissensbestände durch die Analyse einer milieuspezifischen sozialen Praxis. „Das Wissen, das in Handlungs- und Wahrnehmungspraxen eingelassen ist, wird in dieser Perspektive als strukturbildend betrachtet" (Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014, S. 281). Diese Struktur der Handlungs- und Wahrnehmungspraxen braucht in den konjunktiven, also geteilten Erfahrungsräumen nicht expliziert oder reflektiert zu werden: „Das Wissen, das in der Praxis angeeignet wird und das diese Praxis zugleich orientiert, ist damit ein präreflexives ‚atheoretisches Wissen' [. . .]. Eine Geste erhält ihre Bedeutung im atheoretischen, praktischen Vollzug, und zwar durch die Reaktionen anderer auf diese Geste" (Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014, S. 285). In der Praxis wird das konjunktive Wissen, welches den Handlungen eingeschrieben ist, also verstanden, ohne dass es von den Subjekten explizit interpretiert werden muss. Dieses „unmittelbare [. . .] Verstehen, das von einem reflexiven Deuten und Interpretieren zu unterscheiden ist [. . .] [findet statt], ohne dass eine explizite Bedeutungsaushandlung

und Definition der jeweiligen Situation geleistet werden muss“ (Geimer, 2012, S. 236). Die geteilten Erfahrungsräume verbinden die zugehörigen Subjekte so zu einer Handlungs- und Deutungsgemeinschaft (Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014, S. 288).

Das Verhältnis zwischen sozialem Feld und subjektiver Deutungsstrukturen (Orientierungsrahmen) ist wie bei der Konstruktion des Habitus bei Bourdieu dialektisch: Die sozialen Praktiken prägen die subjektiven Deutungsmuster. Gleichzeitig strukturieren die im Subjekt verorteten Deutungsmuster den Möglichkeitsraum der Praxis vor. Auf eine bestimmte Handlung (z. B. auch eine sprachliche Äußerung) ergeben im konjunktiven Erfahrungsraum nur bestimmte Anschlusshandlungen Sinn (vgl. im folgenden Abschnitt: Dokumentsinn). Dieses dialektische Verhältnis wird auch als doppelte Strukturiertheit bezeichnet (Keller, 2011a, S. 61) (Lenger et al., 2013, S. 25). Sowohl Habitus im Sinne Bourdieus als auch die Deutungsstrukturen im Sinne der Dokumentarischen Methode (Orientierungsrahmen, siehe unten) sind durch diese wechselseitige Verankerung eher stabil und in der Tendenz auf die Reproduktion gesellschaftlicher Praktiken und Strukturen ausgelegt, jedoch nicht determiniert (Lenger et al., 2013, S. 25) und insbesondere durch krisenhafte (Bildungs-) Erfahrungen veränderbar (Kramer, 2013).

Betonung der impliziten Struktur von Wissen und sozialer Praxis: der Dokumentsinn & Orientierungsrahmen

Der oben bereits beschriebene atheoretische, praktische Vollzug durch die konjunktiven impliziten Wissens- und Deutungsstrukturen steht im Mittelpunkt der Methodologie der Dokumentarischen Methode. Diese Strukturen werden in der Dokumentarischen Methode als Orientierungsrahmen bezeichnet, welcher von Bohnsack strukturanalog zum Habitus konzipiert wird (Bohnsack et al., 2013, S. 24–25). Bohnsack betont zwar an anderer Stelle graduelle Differenzen zwischen Orientierungsrahmen (Fokus auf implizites Wissen in Form mentaler Bilder) und Habitus (Fokus auf atheoretisches, inkorporiertes Wissen), hier sollen die Begriffe jedoch synonym verwendet werden (Bohnsack, 2012, S. 126–127). Auch Asbrand setzt mit Bezug auf Bohnsack Habitus und konjunktives Wissen gleich (Asbrand, 2014, S. 187).

Orientierungen stellen einzelne Facetten des Orientierungsrahmens dar. Diese impliziten Wissensanteile werden abgegrenzt vom kommunikativen Wissen, welches in der Lehrer*innenforschung zum Professionswissen im Expertenparadigma das prüfbare, theoretische, explizit verfügbare Wissen beschreibt. Diesen beiden Wissensebenen entsprechen zwei Sinnebenen sozialer Praxis, wozu auch die Sprechhandlungen gehören. Das Sprechen über eigene Erfahrungen, also die eigene Praxis, trägt zum einen einen immanenten Sinn, welcher die wörtliche, explizite Bedeutung des Gesagten umfasst. Dieser wird noch einmal unterteilt in den intentionalen Ausdruckssinn (welche Motive Erzählende haben) und den eigentlichen Objektsinn (die Bedeutung des Erzählten; das, *Was* gesagt wird) (Nohl, 2017, S. 4). Hiervon wird zum anderen der Dokumentsinn unterschieden. Das Erzählte wird hierbei als ein Dokument einer Orientierung gesehen und „verweist auf die Herstellungsweise, auf den ‚modus operandi' (Bohnsack, 2014) der Schilderung. Es geht hier darum, *wie* der Text und die in ihm berichtete Handlung konstruiert sind, in welchem *Rahmen* das Thema (etwa eines Interviewtextes) abgehandelt wird" (Nohl, 2017, S. 4–5). Das *Wie* und damit der Orientierungsrahmen sind durch die Rekonstruktion der impliziten Regelhaftigkeit der Sequenzen einer Sprachhandlung zu rekonstruieren.

Für die weitere Arbeit mit dem begrifflichen Inventar der Dokumentarischen Methode sollen folgende Definitionen gelten:

Definitionen

- **Orientierungen**: Orientierungen sind implizite Wissensstrukturen. Durch die Rekonstruktion der impliziten Regelhaftigkeit sozialer Daten können Orientierungen, die die kleinste Analyse-Einheit der Dokumentarischen Methode darstellen, rekonstruiert werden.
- **Orientierungsrahmen**: Der Orientierungsrahmen bezeichnet die Gesamtheit der Orientierungen eines Individuums. Er beschreibt die komplexen verinnerlichten Denk-, Wahrnehmungs- und Handlungsmuster. Orientierungsrahmen und Habitus werden in dieser Arbeit als synonym aufgefasst.

5.1.2 Datenerhebung im Rahmen der Dokumentarischen Methode

Eine Datenerhebung, welche das Ziel verfolgt, implizite Wissensbestände zu rekonstruieren, bewegt sich im Spannungsfeld zwischen dem inhaltlich fokussierten Interesse der Forschenden (hier die Trias Physik-Technik-Verantwortung) und den viel umfassenderen Relevanzsystemen der Beforschten. Dieses Spannungsverhältnis lässt sich nicht auflösen, jedoch kann ihm durch eine reflexive Haltung und die Wahl geeigneter Erhebungsmethoden Rechnung getragen werden. Insbesondere müssen die Forschenden „sich selbst zurück[nehmen], um den Befragten Raum für die Entfaltung ihrer subjektiven Relevanzsysteme zu lassen. Das wiederum macht es notwendig, eigenes Vorwissen reflexiv zu kontrollieren, damit dieses nicht zu einem ‚Störfeuer' für jene freie Entfaltung im Interview wird" (Kruse, 2015, S. 208).

Als ein geeigneten Feldzugang, der gleichzeitig die Offenheit gegenüber den Relevanzsystemen der Beforschten und das thematisches Forschungsinteresse berücksichtigt, identifizieren Meuser und Nagel das leitfadenorientierte (Expert*innen-)Interview. Dieses zielt nicht darauf ab, im Sinne einer „teilstandardisierten Befragung [. . .] Daten und Fakten [. . .] in Erfahrung zu bringen, [...] [sondern] handlungsleitende Regeln jenseits von Verordnungen [zu erfassen]" (Meuser & Nagel, 2002, S. 77–78). Im Gegensatz zur Gruppendiskussion können in Interviews vor allem Erzählungen der individuellen, alltäglichen Handlungspraxis angeregt werden (Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014, S. 278–279).

Der Leitfaden bildet dabei ein dynamisches Gerüst, welches einen thematischen Verlauf des Gesprächs vorzeichnet, aber gleichzeitig offen ist für die Relevanzsetzungen der Interviewten. Dies wird erreicht durch die offene Formulierung von Gesprächsimpulsen, durch erzählgenerierende Stimuli, welche auf die Alltagspraxis der Beforschten zielen, und immanente, narrative Nachfragen (Nohl, 2017, S. 19). Die Aspekte des Forschungsgegenstandes bilden Themenblöcke, welche den Leitfaden strukturieren:

> *Jeder Themenblock wird begonnen mit einem sehr offenen Grundreiz, um so eben das jeweilige Themenfeld zu eröffnen und damit den Interviewten maximal die Möglichkeit zu geben, das Themenfeld aus den eigenen Perspektiven und Relevanzsetzungen heraus zu*

> *explizieren*
> (Kruse, 2015, S. 213)

Diesen Impulsen nachgeordnet sind immanente Nachfragen und zuletzt auch konkrete exmanente Nachfragen.

> *Mit diesem Aufbau folgt der Leitfaden dem Prinzip „vom Offenen zum Strukturierenden", um so das Kontinuum von Offenheit und Strukturierung kommunikationsdynamisch auszubalancieren*
> (Kruse, 2015, S. 214)

Neben dem Erhebungsinstrument des leitfadengestützten Interviews ist die Auswahl der Interviewpartner*innen methodologisch begründet. Als erste Sampling-Strategie kann eine „qualitative Repräsentation" anstelle einer statistischen Repräsentativität gelten (Kruse, 2015, S. 241). Diese qualitative Repräsentation, welche die Heterogenität eines zu erkundendes Feldes widerspiegeln soll, wird angestrebt durch ein „kontrastierendes Samplingverfahren" (Kruse, 2015, S. 242). Die Kontrastierung wird einerseits erreicht durch Variation theoretisch begründeter, aber im Hinblick auf konjunktive Wissensbestände letztlich heuristischer Merkmale wie „Lebenssituation, Alter, Einkommen, Erwerbstätigkeit, soziale Situation, Familienstand u.v.m." (Kruse, 2015, S. 242).

Bei der zweiten Strategie der Kontrastierung, dem *theoretical sampling*, werden im Laufe der Erhebung und erster Analyseschritte iterativ-zyklisch weitere Fälle hinzugezogen, bis eine Sättigung der Kontrastierung erreicht ist (Kruse, 2015, S. 242). Das Sampling und die damit verbundene komparative Analyse gelten als konstitutiv für die Dokumentarische Methode. Erst durch den Vergleich der Fälle wird das Spezifische des Einzelfalls sichtbar und die subjektive Perspektive der Forschenden tritt in den Hintergrund. Sie wird nur noch zu einem „Dreh- und Angelpunkt unter anderen" (Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014, S. 282).

5.1.3 Datenanalyse im Rahmen der Dokumentarischen Methode

Das Analysevorgehen im Rahmen der Dokumentarischen Methode gliedert sich grundlegend in folgende Arbeitsschritte:

- Sequenzierung der Daten,
- formulierende Interpretation,
- reflektierende Interpretation,
- Typenbildung.

Die hier dargestellten Analyseschritte beziehen sich der Anlage der vorliegenden Studie entsprechend vor allem auf die Analyse sprachlicher Daten, insbesondere von Interviews, während auf die Analyse von z. B. Gruppendiskussionen oder Bildern hier nicht näher eingegangen wird. Ein ausführlicher und systematischer Überblick über die methodischen Schritte der Dokumentarischen Methode und die methodologischen Zusammenhänge mit dem theoretischen Rahmen ist bei Rabe et al. (2023, S. 165) gegeben. Die Abbildung 5.1 gibt einen knappen, schematischen Überblick über die analytische Trennung von objektivem und dokumentarischem Sinngehalt eines Sprechaktes und die zugehörigen methodischen Schritte der Dokumentarischen Methode. Der erste Interpretationsschritt, die formulierende Interpretation, soll den objektiven Sinngehalt erschließen, indem ein Interview in Sequenzen eingeteilt und durch eine Reformulierung eine thematisch-inhaltliche Struktur des Interviews erfasst wird. Beim zweiten Interpretationsschritt, der reflektierenden Interpretation, werden die Texte einer sprachlichen Feinanalyse unterzogen und sequenzanalytisch die homologen Muster und damit der dokumentarische Sinn rekonstruiert. Diese Analyseschritte werden im Folgenden ausführlich dargestellt.

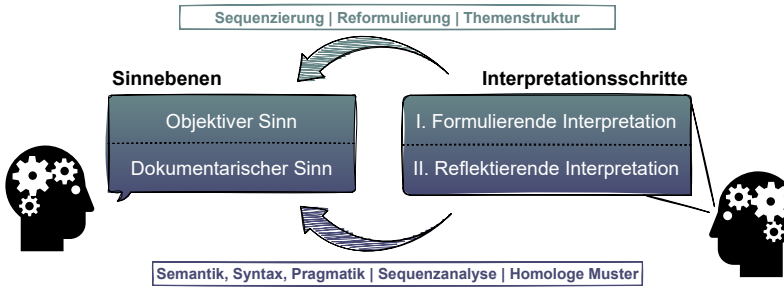


Abbildung 5.1: Sinnebenen von Kommunikation und damit zusammenhängende Analyseschritte der Dokumentarischen Methode

Sequenzierung von Daten

Die erhobenen sprachlichen Daten werden zunächst in Sequenzen gegliedert. Diese Sinneinheiten werden durch inhaltliche Kriterien wie Sprecher*innen- oder Themenwechsel, aber auch durch strukturelle Kriterien wie einen Wechsel der Textsorte (z. B. von erzählend zu argumentierend) oder des Erzählmodus (z. B. ausführlich strukturiert zu bruchstückhaft unstrukturiert) gebildet (Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014, S. 292–293). Dies kann entweder direkt an den Rohdaten oder anhand erstellter Transkripte erfolgen. Diese Strukturierung dient einerseits dazu, für die Analyse des Einzelfalls relevante Passagen (z. B. besondere Erzählungen) und auch für die komparative Analyse zwischen verschiedenen Fällen thematisch gleich gelagerte Passagen zu identifizieren.

Außerdem bilden die identifizierten Sinneinheiten die Basis für die sequenzanalytische Rekonstruktion des dokumentarischen Sinns (Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014, S. 291). Grundannahme einer sequenziellen Analyselogik, wie sie der Dokumentarischen Methode zugrunde liegt, ist, „dass sich im Nacheinander des Handelns – also auch des Sprechens, Schreibens und Filmens – Sinnzusammenhänge realisieren“ (Baur & Blasius, 2014, S. 499). In der Folge einer bestimmten Sprachhandlung auf eine andere dokumentiert sich also eine spezifische Sinnstruktur. Die Wahl einer spezifischen Sprachhandlung basiert auf (teilweise unbewussten) „Selektionen auf *pragmatischer bzw. interaktioneller, syntaktischer* und *semantischer Ebene* [. . .]. Diese Selektionen sind weder zufällig, beliebig bzw. willkürlich, noch selbstverständlich [. . .]. Sie verweisen stets in ihrer Regelhaftigkeit auf einen *dokumentarischen*, d.h. *symbolischen Sinn*“ (Kruse, 2015, 469, Herv. im Orig.).

Der dokumentarische Sinngehalt einer Äußerung kann demnach nicht aus der herausgelösten, für sich stehenden Äußerung, sondern nur kontextsensibel rekonstruiert werden. Eine Äußerung in einem Interview geht demnach immer „von den bereits aufgebauten Wissens- und Beziehungsstrukturen, den vorangegangenen Fragen und den schon mitgeteilten Sachverhalten aus und baut auf diesen auf“ (Lucius-Hoene & Deppermann, 2002, S. 103–104). Hier nimmt die Dokumentarische Methode also einen anderen Analysefokus ein als inhaltsanalytische, kategorisierende Analyseverfahren (Baur & Blasius, 2014, S. 815–816).

Eine interpretativ-rekonstruktive Analyse umfangreicher Daten wie z. B. gesamter Interview-Transkripte ist aus zeit-ökonomischen Gründen häufig nicht möglich. Daher werden zu untersuchende Passagen nach formalen und inhaltlichen Kriterien ausgewählt (Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014, S. 292). Inhaltlich orientiert sich die Auswahl an den Themen, welche im Forschungsinteresse der Forschenden stehen, und auch daran, welche Themen sich im Verlauf verschiedener Interview-Fälle wiederfinden (Nohl, 2017, S. 30). An formalen Kriterien für die Auswahl in die interpretative Analyse ist auch die metaphorische Dichte wichtig. Von besonderem Interesse sind sogenannte Fokussierungsmetaphern, worunter Passagen verstanden werden, in denen sich „die befragten Personen besonders ausführlich, engagiert und metaphorisch geäußert haben" (Nohl, 2017, S. 30).

Bei der Auswahl der zu interpretierenden Passagen ist bei der Dokumentarischen Methode auch die Textsorte relevant. Klassischerweise (gemeint sind frühe Forschungsprojekte unter dem methodologischen Dach der Dokumentarischen Methode) fokussieren sich Analysen hierbei auf Erzählungen, also die Schilderung von konkreten, singulären „Handlungs- und Geschehensabläufen [. . .], die ein [sic] Anfang und ein Ende haben" (Nohl, 2017, S. 23). Auch Beschreibungen werden häufig in den Analysefokus gerückt, seltener Argumentationen und Bewertungen (vgl. zur Besonderheit bei einer fachdidaktisch gelagerten Forschung zu Lehrer*innenwissen Kapitel 5.2). Dies wird methodologisch mit der Annahme begründet, dass die narrativen Passagen über eine konkrete Praxis stark durch das ebendiese Praxis strukturierende, also handlungsleitende Wissen geprägt sind. Das handlungsleitende und implizite, konjunktive Wissen ist in solchen Passagen demnach auf direkterem Wege zu rekonstruieren (Bohnsack et al., 2013, S. 15, Przyborski und Wohlrab-Sahr, 2014, S. 290).

Da die Textsorten häufig nicht klar zu trennen sind und teilweise ineinander verschachtelt, ergeben sich Mischformen aus Vorder- und Hintergrundkonstruktionen verschiedener Textsorten, wobei durch die Forschenden abzuwägen ist, „bei welchem Detaillierungsgrad die Textsortentrennung nicht mehr durch ihren interpretativen Ertrag gerechtfertigt erscheint" (Nohl, 2017, S. 70). Unabdingbar ist es nach Nohl aber, „festzustellen, ob die Schilderung im Vordergrund durch eine Erzählung oder aber durch andere Textsorten strukturiert wird" (Nohl, 2017, S. 70). Als weiteres formales Kriterium für die Auswahl der zu interpretierenden Passagen

gilt neben der Textsorte insbesondere die Offenheit des Frageimpulses, da diese eine möglichst freie Relevanzsetzung der Befragten ermöglicht. Hierfür eignen sich insbesondere die Eingangspassgen von Interviews, welche den ersten Stimulus und die Reaktion auf diesen enthalten. Hier ist die geringste Strukturierung durch die Forschenden gegeben, womit sich subjektive Sinnstrukturen möglichst losgelöst von den das Forschungshandeln strukturierenden, theoretischen Grundannahmen entwickeln können (Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014, S. 292).

Formulierende Interpretation

Die ausgewählten Passagen werden anschließend formulierend interpretiert, was einer Identifikation des immanenten Sinngehalts entspricht. Dabei werden die Themen (auch gegliedert in Ober- und Unterthemen) der Sequenzen als Titel festgehalten und der Inhalt der Sequenzen zusammengefasst. Ziel der formulierenden Interpretation ist eine Verlangsamung des interpretativen Verstehensprozesses. Damit sollen „bewährte Deutungsroutinen", welche im „alltäglichen Verstehensprozess [...] [ein] rasch[es], intuitiv[es] und impulsartig[es]" Interpretieren ermöglichen, ersetzt werden durch ein methodisch kontrolliertes Fremdverstehen (Kruse, 2015, S. 478). Dabei wird deutlich, dass „der thematische Gehalt nicht selbstverständlich, sondern interpretationsbedürftig ist" (Nohl, 2017, S. 31), was insbesondere bei der intersubjektiven Absicherung einer formulierenden Interpretation in Interpretationswerkstätten zum Tragen kommt. Die Forschenden werden hierbei dazu bewegt, sich selbst und ihr eigenes theoretisches Vorwissen zurückzunehmen und somit den „Sinn aus den – meistens in Interviewsituationen entstandenen – Textdokumenten zu rekonstruieren, nicht hineinzuprojizieren" (Kruse, 2015, S. 208).

Reflektierende Interpretation

Mit der reflektierenden Interpretation, dem zentralen Element der Dokumentarischen Methode, wird ein Wechsel des Analysefokus vollzogen vom immanenten Sinn (dem thematischen Teil, dem *Was* einer Äußerung) hin zum dokumentarischen Sinngehalt (dem *Wie* einer Äußerung) und dem dahinterliegenden Entstehungsprinzip. Przyborski und Wohlrab-Sahr

umschreiben diese Analysehaltung mit folgenden Fragen, die mit Hilfe der reflektierenden Interpretation beantwortet werden sollen:

> *Was zeigt sich hier über den Fall? Welche Bestrebungen und/oder welche Abgrenzungen sind in den Redezügen impliziert? Welches Prinzip, welcher Sinngehalt kann die Grundlage der konkreten Äußerung sein? Welches Prinzip kann mir verschiedene (thematisch) unterschiedliche Äußerungen als Ausdruck desselben ihnen zugrunde liegenden Sinnes verständlich machen?*
> (Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014, S. 295)

Mit Hilfe der reflektierenden Interpretation soll das, was die inhaltlich-thematische Ebene strukturiert, rekonstruiert werden. Dies geschieht über die Suche nach homologen Mustern, also der Analyse von thematisch unterschiedlichen, aber im dokumentarischen Sinne strukturidentischen Textstellen (Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014, S. 290). Diese Muster sind nur rekonstruktiv zu erschließen, da sie „in die Handlungen eingelassen [sind] und [. . .] nicht explizit in Form von Themen angesprochen [werden]. Diejenigen, denen Orientierungen auf der Grundlage eines gemeinsamen Erfahrungsraumes gemeinsam sind [. . .], beziehen sich unmittelbar und selbstverständlich darauf, sie verstehen einander, ohne einander explizit zu interpretieren“ (Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014, S. 295). Die Rekonstruktion dieser Sinnstrukturen bedient sich zweier methodischer Instrumente: der komparativen Sequenzanalyse und der mikrosprachlichen (semantisch, syntaktisch, pragmatischen) Feinanalyse.

Die Grundannahmen der *Sequenzanalyse* wurden bereits oben ausführlich dargestellt. Ziel ist es, eine implizite Regelhaftigkeit zwischen (Sprach-)-Handlungen zu rekonstruieren. „Diese Regelhaftigkeit wird rekonstruiert, indem man nach der Klasse von zweiten Äußerungen sucht, die nicht nur thematisch sinnvoll erscheinen, sondern die auch homolog oder funktional äquivalent zu der empirisch gegebenen zweiten Äußerung sind“ (Nohl, 2017, S. 37). Im Sinne einer minimalen Kontrastierung werden hier fallintern und fallübergreifend Stellen vergleichend hinzugezogen, die sich thematisch unterscheiden, aber strukturlogisch gleich sind. Um das Typische herauszuarbeiten, werden im Sinne einer maximalen Kontrastierung Fälle vergleichend betrachtet, welche eine gegebene Thematik einer anderen Strukturlogik entsprechend bearbeiten (Nohl, 2017, S. 37–38).

Das *Wie* einer Äußerung wird durch die Deskription und die anschließende Interpretation der „sprachlich-kommunikativen Phänomene“ (Kruse, 2015, S. 477) auf drei Aufmerksamkeitsebenen analysiert: Auf semantischer Ebene werden „Besonderheiten der Wortwahl, der Metaphorik, berührte oder ausgelassene semantische Felder in den Blick genommen“ (Kruse, 2015, S. 471). Die Aufmerksamkeitsebene der Syntaktik beinhaltet „sprachlich-grammatikalische Besonderheiten“ (z. B. Pronomina, Negationen, Aktiv- und Passivkonstruktionen, direkte und indirekte Rede, Abbrüche, Einschübe etc.; vgl. Kruse, 2015, S. 471). Die Ebene der Pragmatik fokussiert auf die Herstellung von Beziehungen innerhalb der Interviewsituation. Das schließt Beziehungen zwischen interviewender und interviewter Person ebenso mit ein wie Beziehungen zwischen den interviewten und narrativen Personen, also Personen, von denen erzählt wird und zu denen sich die interviewte Person in ein Verhältnis setzt. Dieser Ebene ist besonders Rechnung zu tragen, da die analysierte soziale Wirklichkeit nicht für sich steht, sondern in der spezifischen Interviewsituation konstruiert wird (Kruse, 2015, S. 271–272).

5.1.4 Typenbildung im Rahmen der Dokumentarischen Methode

Ziel einer Typenbildung im Rahmen der Dokumentarischen Methode (und allgemein in diversen Formen der qualitativen Sozialforschung) ist es, sich vom „Besonderen zum Allgemeinen“ hinzuwenden und damit „sich im Einzelfall dokumentierende [. . .] Verweise auf allgemeine Regeln und Strukturen – auf ‚Typisches‘ [zu suchen]“ (Nentwig-Gesemann, 2013, S. 295). Typenbildung kann als ein Gruppierungsprozess verstanden werden, in dem Fälle anhand eines Merkmalraums in Typen eingeteilt werden, so dass sich Fälle eines Typs möglichst ähnlich sind (interne Homogenität) und Fälle verschiedenen Typs sich möglichst stark unterscheiden (externe Heterogenität, vgl. Kluge, 2000, S. 2).

Die Typenbildung ist dabei sowohl empirisch, indem sie die in einem Untersuchungs-Sample rekonstruierten fallbezogenen Orientierungen in einer fallübergreifenden Typik systematisiert. Aber sie ist auch heuristisch und geprägt durch die theoretische und thematische Verortung des rahmenden Forschungsprojekts. Insbesondere bei der Auswahl der Merkmale

einer Typik und der Bildung von Typen können theoretische Vorannahmen des Forschungsprojektes kaum ausgeschlossen werden (Kluge, 1999, S. 71). Um beides – Forschungsinteresse und Relevanzsysteme der Beforschten – angemessen zu berücksichtigen, werden in dieser Arbeit grundlegende und fachbezogene Typiken unterschieden, welche Orientierungen auf unterschiedlichen Generalisierungsebenen des Erfahrungsraumes strukturieren (vgl. ausführlich Kapitel 5.2). Außerdem wird der Typenbildungsprozess zyklisch angelegt: Relevante Typiken und damit auch Aufmerksamkeitsebenen bei der Rekonstruktion von Orientierungen ergeben sich bei der Analyse des empirischen Materials und dienen dann als Aufmerksamkeitsebenen für eine Re-Analyse bereits analysierter Fälle.

Für diese Arbeit sollen folgende Arbeitsdefinitionen im Kontext Typenbildung zugrunde gelegt werden:

Definitionen

- **Typik**: Als Typik wird hier eine Vergleichsdimension bezeichnet, in der die rekonstruierten impliziten Orientierungen systematisiert werden. Sie dient demnach als ein Ordnungsversuch für den rekonstruierten Merkmalsraum (Kelle & Kluge, 2010, S. 91). Es werden grundlegende und fachbezogene Typiken unterschieden je nach Verortung der Orientierungen in unterschiedlich generalisierten Erfahrungsräumen. In einer Typik können verschiedene Merkmalsausprägungen von Orientierungen bestehen, welche rein kategorial, also inhaltlich voneinander abgegrenzt werden, oder ähnlich der Konzeption von Extremtypen eine Ordnung mit verschiedenen qualitativen Abstufungen aufweisen (Kluge, 1999, S. 80).
- **Typ(us)**: Die spezifische Kombination verschiedener Merkmalsausprägungen über die Typiken hinweg wird als Typ(us) bezeichnet.
- **(Eck-)Fall**: Als Fälle werden hier die Einzelinterviews mit Lehrkräften bezeichnet. Die Fälle können über die Ausprägungen innerhalb der Typiken charakterisiert werden und somit bestimmten Typen zugeordnet werden. Als Eckfall wird ein Fall bezeichnet, der fast ausschließlich und besonders stark ausgeprägt die Eigenschaften

eines einzelnen Typs aufweist und bei dem diese Ausprägungen besonders charakteristisch sind. Eckfälle und weitere Fälle, die deutlich einem einzigen Typ zuzuordnen sind, werden hier wie bei Kluge als *Prototypen* bezeichnet (Kluge, 1999, S. 84).

- **Polytypus**: Für Fälle, die anders als die Prototypen deutliche Merkmalsausprägungen *verschiedener* Typen aufweisen, wird die Bezeichnung Polytyp(us) eingeführt.
- **Typologie**: Als Typologie wird das durch die Typiken aufgespannte Merkmalsnetz bezeichnet, inklusive der über die Typiken hinweg gebildeten Typen und der Einordnung der Fälle. Damit charakterisiert die Typologie das untersuchte Sample im Hinblick auf die durchgeführte Typenbildung.

Kluge (1999) folgend soll hier keine strikte Trennung zwischen Realtypen und Idealtypen erfolgen, wie sie häufig in sozialwissenschaftlicher Typenbildung vorgenommen wird. Eine zielführende und realistische Arbeitsdefinition hierfür ist durch die Identifikation von Eckfällen als Prototypen gegeben, die in ihrer Tendenz Idealtypen darstellen, aber in geringem Umfang auch Merkmale anderer Typen aufweisen können, und der Polytypen, welche in deutlichem Umfang Merkmale verschiedener Typen aufweisen. Die Typenbildung ist demnach kein starres, mechanistisches Verfahren, in dem Fälle mit einem Typus in allen Aspekten identisch sind, sondern die Fälle *ähneln* einem Typus. Bei Eckfällen ist diese Entsprechung besonders stark ausgeprägt (vgl. Kelle und Kluge, 2010).

Zwei etablierte Modi der Typenbildung im Rahmen der Dokumentarischen Methode sind die sinngenetische und soziogenetische Typenbildung (Bohnsack et al., 2013, S. 24). Erstere arbeitet „zentrale Orientierungsfiguren oder (Sinn-)Muster heraus [. . .] und [abstrahiert bzw. spezifiziert diese] im fallübergreifenden wie fallinternen Vergleich“ (Nentwig-Gesemann, 2013, S. 297). Im Rahmen des darauf aufbauenden Schrittes der soziogenetischen Typenbildung wird analysiert, für welchen existenziellen Erfahrungszusammenhang bestimmte Orientierungsmuster typisch sind. Während die sinngenetische Typenbildung also textimmanent bleibt, geht die soziogenetische darüber hinaus und bezieht explizit konjunktive Erfahrungsräume wie Generation, Geschlecht, Biographie mit ein und bringt diese mit den rekonstruierten Orientierungen in Zusammenhang (Nentwig-Gesemann, 2013, S. 297).

Nohl (2013) schlägt als eine Sonderform der sinngenetischen Typenbildung eine *relationale Typenbildung* vor, an welcher sich in dieser Arbeit orientiert wird. Zentral für diese Form der Typenbildung ist die Anlage einer mehrdimensionalen Typologie und die Rekonstruktion der Sinnzusammenhänge innerhalb der Dimensionen (vgl. ausführlicher im folgenden Kapitel 5.2).

5.2 Dokumentarische Methode in der (Naturwissenschafts-)Didaktik – spezifische Herausforderungen und method(olog)ische Anpassungen

Die „klassischen" Anwendungsfelder der Dokumentarischen Methode sind „die Kindheits- und Jugendforschung sowie die Kultur- und Migrationsforschung" (Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014, S. 280). In der fachdidaktischen und so auch in der physikdidaktischen Forschung gehört die Dokumentarische Methode nicht zu den gängigsten Methodologien. Bonnet (2009) betont jedoch, dass die methodische Flexibilität und die Offenheit gegenüber den Relevanzsystemen der Beforschten sie besonders interessant für qualitative Zugänge zu fachdidaktischen Fragestellungen machen. Begründet wird dies u. a. mit Bezug auf Parallelen zwischen dem in der Fachdidaktik etablierten und breit beforschten Kompetenzbegriff und dem zentralen Konstrukt der Dokumentarischen Methode, dem Orientierungsrahmen. Diese beiden seien in zweierlei Hinsicht theoretisch anschlussfähig:

> *Sowohl Kompetenz als auch Orientierungsrahmen [beschreiben] komplexe Tiefenstrukturen mit kognitiven und emotionalen Anteilen, die aus dem Erleben konjunktiver Erfahrungsräume gespeist werden. Beide haben mehr oder minder große Schnittmengen mit dem Bildungsbegriff der Biographieforschung, der Bildung als Veränderung oder bewusste Aufrechterhaltung eines Selbst- und Weltverhältnisses fasst (Marotzki, 1990).*
> (Bonnet, 2009, S. 226)

Auch Asbrand und Martens (2018) sehen „in der qualitativ-empirisch orientierten fachdidaktischen und erziehungswissenschaftlichen Lehr-/Lern- und Unterrichtsforschung unlängst eine Konjunktur der Dokumentarischen Methode [. . .], die eine Nachfrage nach entsprechenden Anpassung [sic] der methodischen Vorgehensweisen an das Forschungsfeld erzeugt" (Asbrand & Martens, 2018, S. 2). Die Fokussierung der Dokumentarischen Methode auf Wissen und dessen Erwerbs- und Veränderungsbedingungen macht sie besonders anschlussfähig an fachdidaktische Fragestellungen (Martens et al., 2022, S. 8). Für die Naturwissenschaftsdidaktik ist das theoretische Begriffsinventar der Dokumentarischen Methode durch Rabe et al. (2023) ausgeschärft und es sind empirische Umsetzungen in der physik- und chemiedidaktischen Forschung diskutiert worden. [1]

Im Folgenden sollen die Spezifika des fachdidaktischen Zugangs dieser Arbeit erläutert und der Einsatz und die Anpassungsfähigkeit der Dokumentarischen Methode diesbezüglich diskutiert werden (vgl. auch Bub und Rabe, 2023b).

Interviewte in professioneller Rolle

Das Forschungsinteresse an den in dieser Studie interviewten Physiklehrkräften ist nicht auf die Gesamtperson gerichtet mit ihrer vollumfänglichen Biographie, sondern bezieht sich in besonderem Maße auf ihre Berufsbiographie und -praxis (Meuser & Nagel, 2002, S. 72–73). Dieser Lebensausschnitt der Personen ist, wie in Kapitel 3.2 dargelegt, geprägt von Antinomien, von professionell und nicht rezeptartig zu lösenden Problemen (Helsper, 2011). Das spezifische Interesse und die prinzipielle Offenheit gegenüber den Relevanzsystemen der Beforschten stehen in einem (unauflöslichen) Spannungsverhältnis.

Dieser Herausforderung wird im Erhebungsprozess durch eine Orientierung am bereits genannten Prinzip „vom Offenen zum Strukturierenden" begegnet (Kruse, 2015, S. 214). Die Interviews beginnen entsprechend mit einem thematisch und strukturell sehr offenen Block. Diesen Interviewabschnitten wird auch in der Auswertung besondere Aufmerksamkeit

[1] Vgl. Topical Collection „Naturwissenschaftsdidaktik und Dokumentarische Methode", Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften: https://link.springer.com/collections/ddchicfgag, zuletzt abgerufen am 16.06.2025

geschenkt: Im komparativen Vergleich mit thematisch engeren Passagen dienen sie der Überprüfung, ob es sich bei Rekonstruktionen um themenübergreifende Orientierungen oder um kontextgebundene, eventuell kommunikative Wissensbestände handelt. Auch die einzelnen Interviewabschnitte selbst folgen dem Prinzip „Vom Offenen zum Strukturierenden", so dass die Themenblöcke relativ offen beginnen und eine Schwerpunktsetzung durch die Interviewten ermöglichen.

Bei der leitfadengestützten Interviewführung dient der Leitfaden als „Aufmerksamkeitsfolie in den Gesprächssituationen für jene Inhalte und Ausführungen, die gewünscht werden, um so seine Forschungsfragestellung ergiebig aufarbeiten zu können" (Kruse, 2015, S. 213–214). Nohl (2017) betont, dass der Gebrauch eines Leitfadens „nicht mit einer Standardisierung der Erhebungssituation zu verwechseln" sei: Die Erhebungssituation bleibt flexibel gegenüber Schwerpunktsetzungen, Themensetzungen und -entfaltungen durch die Beforschten. „Der Leitfaden steht hier der Erzählgenerierung nicht entgegen, sondern scheint geradezu als das Instrument für die narrative Ausgestaltung von Interviews" (Nohl, 2017, S. 17–18). Das Spannungsverhältnis zwischen Offenheit gegenüber den Relevanzen der Beforschten und dem thematischen Interesse der Forschenden wird also durch die Orientierung am Gestaltungsprinzip „vom Offenen zum Strukturierenden" nicht rezeptartig aufgelöst, sondern reflexiv in die Erhebungssituation sowie die Auswertung einbezogen.

Interviewte in institutionellem Rahmen

Im Vergleich zu Milieustudien zum Beispiel im Kontext von Familie, Kindheit und Jugend oder Migration ist der zentrale konjunktive Erfahrungsraum der Lehrkräfte hier der Physik-Fachunterricht (sowohl der selbst als Schüler*in erlebte, als auch der als Lehrkraft gestaltete), sowie das Lehramtsstudium. Dieser Erfahrungsraum ist – in Abgrenzung zu den genannten Zusammenhängen wie Familie oder Jugend – stark geprägt von institutionellen Vorgaben und objektiven Sinngehalten, wie beispielsweise Rahmenlehrplänen (Bonnet, 2009, S. 224). Maxelon et al. sehen Lehrkräfte daher unter einer „ständigen Begründungsverpflichtung hinsichtlich ihres pädagogischen Handelns, ihres Unterrichts sowie der didaktischen Implikationen" (Maxelon et al., 2018, S. 177). Diese könne Ausdruck finden in einer Dominanz der Textsorte Argumentationen in Interviews,

wobei Maxelon et al. die Begründungsverpflichtung als „umfassend internalisiert" annehmen und sie deshalb nicht nur „Erzählungen über die Berufsbiographie, sondern auch in thematisch differenten Interviewteilen" die Ausführungen strukturiert (Maxelon et al., 2018, S. 177). Aufgrund dieses Strukturmerkmals von Interviews mit Lehrkräften und dem bereits beschriebenen Fokus der Dokumentarischen Methode auf Erzählungen ist eine Reflexion des Umgangs mit verschiedenen Textsorten nötig.

Zunächst ist zu beachten, dass die Trennung der Textsorten eine analytische ist und im realen Sprachgebrauch zahlreiche Textsorten ineinander verwoben sind, was sich in der Textsortentrennung in der Angabe von Vorder- und Hintergrundkonstruktionen widerspiegelt (Nohl, 2017, S. 34–35). Eine reine Erzählung ist demnach eher die Ausnahme und die frühe Forderung Schützes, als ersten Analyseschritt alle nicht narrativen Textpassagen zu entfernen und das, was vom Text übrig bleibt, zu segmentieren und dann zu analysieren, mutet sehr absolut und radikal an und löste daher vielfach Diskussionen zum Umgang mit verschiedenen Textsorten aus (Maxelon et al., 2018, S. 173). Auch wird die Übernahme der Textsortentrennung, die auf die narrationsstrukturelle Analyse nach Schütze zurückgeht, von Kramer et al. (2009) als „halbherzig" kritisiert, da nicht Schützes „Annahme einer Prozessfolgelogik der Erfahrungsaufschichtung" entsprochen werde, sondern einfach methodische Elemente übernommen wurden ohne die unterschiedlichen „Aggregierungsebenen des Gegenstandes" zu reflektieren, also die individuelle Lebensgeschichte bei Schütze und der kollektive Orientierungsrahmen bei der Dokumentarischen Methode (Kramer et al., 2009, S. 65–66).

Hier soll der Argumentation von Maxelon et al. (2018) und Nohl (2017) gefolgt werden, welche auch andere Textsorten, wie das Argumentieren, als Teil sozialer Praxis und mit einem impliziten, dokumentarischen Sinn behaftet sehen:

> *Anstatt ihrem wörtlichen Sinngehalt zu folgen, kann man auch die Herstellungs- bzw. Konstruktionsweise der Argumentationen rekonstruieren und auf diese Weise herausarbeiten, wie jemand seine Handlungsweisen rechtfertigt bzw. bewertet. Auch dieser modus operandi des Theoretisierens kann Aufschluss über die Orientierungsrahmen geben, innerhalb derer eine Person ihre Themen und*

> *Problemstellungen bearbeitet.*
> (Nohl, 2017, S. 34–35)

So plädieren auch Maxelon et al. (2018) dafür, das Datenmaterial und damit auch die enthaltenen Argumentationen als einen spezifischen Ausdruck einer sozialen Praxis zu verstehen und sich nicht aufgrund methodologischer Annahmen blind für diese Praxis zu machen. Gerade im Kontext einer naturwissenschaftsdidaktischen Lehrer*innenforschung würde das Ausklammern theoretisierender Textsorten wie Argumentationen einen zentralen Teil der professionellen Praxis Lehrender ausklammern. Die fachlichen Gegenstände der Naturwissenschaften und damit auch der entsprechenden unterrichtlichen Praxis sind vor allem durch fachliche Argumentationen und Beschreibungen geprägt und weniger durch narrative Elemente. Analog wird auch für die politikdidaktische Forschung argumentiert, in welcher sich „eine schulische Handlungspraxis dokumentiert, in der die Argumentationsfähigkeit als eine gegenstandsbezogene didaktische Sollanforderung hervorgebracht wird" (Maxelon et al., 2018, S. 184–185). Dieser Hang dazu, argumentative Textsorten hervorzubringen, wird als „generelles Problem der fachdidaktischen Unterrichtsforschung für die rekonstruktive Sozialforschung" gesehen (Maxelon et al., 2018, S. 184–185).

Auch Sander (2017) argumentiert für den Einbezug argumentativer Passagen, welche als „Handlungspraxis eigener Qualität" aufgefasst werden. Ziel der Analyse ist die Rekonstruktion der Orientierungsrahmen, welche „eine bestimmte Form der Rationalität zu[lassen], die ihren Ausdruck in auf bestimmte Art und Weise konstruierten argumentativen Passagen findet" (Sander, 2017, S. 116). Argumentationen sind also nicht vordergründig in ihrem objektiven, expliziten Sinne zu verstehen, sondern im Kontext der Interviewsituation, in der sozialen Genese des Gesagten. Zu rekonstruieren ist demnach, welches immanente Muster, welche konjunktiven Wissensbestände gerade diese Konstruktion von Argumentationen ermöglichen.

Dieser methodologischen Argumentation folgend wird in dieser Arbeit der Fokus auf Erzählungen in der Dokumentarischen Methode als der direktere Zugang zu konjunktiven Wissensbeständen, so wie ihn Schütze formuliert, relativiert. In der Sequenzierung der Transkripte werden Erzählungen – gerade weil sie vom ausgeprägten Modus des Beschreibens und

Argumentierens abweichen und somit für die Beforschten von besonderer Relevanz sein könnten – markiert und in die formulierende und reflektierende Interpretation und vor allem die komparative Analyse einbezogen. Im Vergleich von narrativen Passagen mit vordergründig theoretisierenden, beschreibenden oder argumentierenden Interviewabschnitten soll die Strukturtiefe der rekonstruierten Orientierungen identifiziert werden und diese abgegrenzt werden von rein kommunikativem Wissen (Geimer, 2012, S. 238). Dieses Vorgehen, welches Geimer gerade an der „Schnittstelle, an der diskursive Regeln zur Führung des Selbst mit impliziten Rahmungen des Alltagshandelns zusammentreffen", vorschlägt (Geimer, 2012, S. 234), soll dem Spannungsverhältnis unterrichtlichen Handelns zwischen „institutionellem Rahmen und individueller Freiheit" (Bonnet, 2009, S. 224) Rechnung tragen.

Mehrdimensionalität von Erfahrungsräumen

Martens und Asbrand betonen im Zusammenhang mit Unterrichtsforschung die Überlagerung von Erfahrungsräumen und damit einhergehend eine Mehrdimensionalität der Orientierungsrahmen:

> *Eine Komplexitätssteigerung erfolgt dadurch, dass nicht nur eine Vielzahl von Erfahrungsräumen rekonstruierbar ist, die die Unterrichtsinteraktion strukturieren, sondern dass sich die unterschiedlichen Erfahrungsräume zudem noch mehrdimensional in den Orientierungsrahmen überlagern.*
> (Martens & Asbrand, 2018, S. 18–19)

Eine physikdidaktische Forschungsperspektive erkennt an, dass das soziale Feld maßgeblich mitgeprägt wird durch den fachlichen Gegenstand Physik. Dieser Gegenstand bestimmt Methoden und Ziele des unterrichtlichen Handelns: Physikalische Denk- und Arbeitsweisen werden eingeübt; die Wissenschaft Physik wird selbst zum Lerngegenstand (im Sinne eines Lernens über die Natur der Naturwissenschaften) und zum Lernmedium (z. B. beim Experimentieren), Modellvorstellungen zum Aufbau des Mikrokosmos werden geprägt, mit unseren Sinnen wahrnehmbare Phänomene werden erklär- und berechenbar – um nur eine Auswahl physikbezogener Spezifika des Forschungsfeldes zu nennen. Diese und weitere *fachspezifische* Aspekte des Physikunterrichts strukturieren das unterrichtliche

Miteinander von Physiklehrenden und -lernenden, also deren konjunktiven Erfahrungsraum.

In dieser Arbeit wird also davon ausgegangen, dass der fachlich geprägte Weltzugang nicht nur auf kommunikativer Ebene zu verorten ist, sondern implizite Orientierungen auch fachbezogene Ausprägungen haben. Dementsprechend wird dem Physikunterricht neben der Vermittlung fachlichen, kommunikativen Wissens auch eine Prägung fachlicher, aber impliziter und konjunktiver Wissensstrukturen zuerkannt. Rekonstruierte fachbezogene Orientierungen beziehen sich in ihrer Genese und ihrem Wirkungsfeld zwar primär auf einen (fach-)spezifischen Weltzugang – sie werden aber dennoch als homologe Strukturmuster themenübergreifend konzipiert. Dieser methodologischen Annahme wird Rechnung getragen in einem Mehrebenenmodell des Orientierungsrahmens (siehe Abbildung 5.2) in Anlehnung an Asbrand (2008) und Nohl (2019).

Konjunktive Erfahrungsräume liegen auf unterschiedlichen Abstraktionsniveaus vor – von gesamtgesellschaftlich gelagerten Niveaus, wie Geschlecht oder Alter hin zu spezifischeren Niveaus wie einer bestimmten Peergruppe (z. B. Punks, Hooligans oder Physiklehrer*innen) oder Lebenssituation (z. B. gleichgeschlechtliche Ehe, Trauer oder Schulabschluss). Im Rahmen dieser Arbeit wird, um dem fachdidaktischen Fokus Rechnung zu tragen, dieser unterschiedlichen Lagerung der Erfahrungsräume folgend eine Unterscheidung zwischen grundlegenden und fachbezogenen Typiken vorgeschlagen:

Grundlegende Typiken strukturieren Orientierungen, welche sich auf für das Untersuchungssetting unspezifische Kontexte beziehen, z. B. die Orientierung an einem bestimmten Gestaltungswillen oder die Positionierung zu relevanten Anderen oder auch die Bearbeitung des Themas Geschlecht.

Fachbezogene Typiken strukturieren eher kontextspezifische Orientierungen (vgl. „Handlungsorientierungen“ bei Asbrand, 2008), welche in dem konkreten Erhebungssetting aktualisiert werden und sich auf Teilausschnitte der sozialen Wirklichkeit (wie das Lehren und Lernen von Physik) beziehen (vgl. Nohl, 2019, S. 54). So wird sich im Rahmen dieser Arbeit als fachbezogene Typik die Orientierung an verschiedenen Zieldimensionen technischer und physikalischer Bildung (Tpyik *Bildungsideal*) rekonstruieren lassen (Bub & Rabe, 2021).

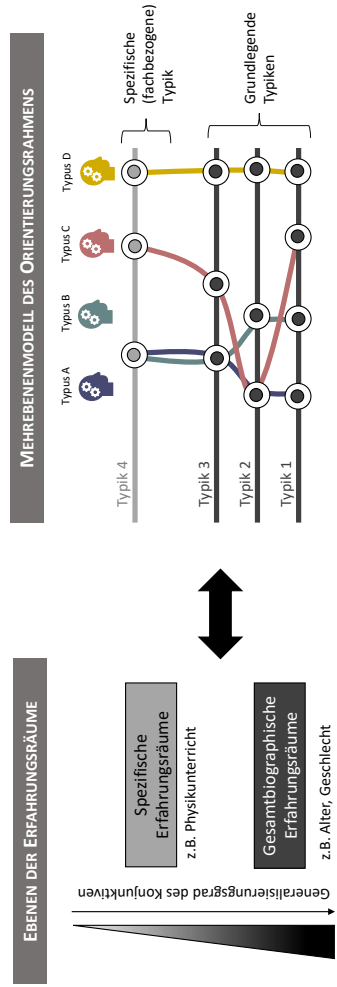


Abbildung 5.2: Mehrebenenmodell des Orientierungsrahmens mit entsprechenden Ebenen der Erfahrungsräume; es wird unterschieden zwischen spezifischen Erfahrungsräumen/ Typiken und gesamtbiographischen Erfahrungsräumen/ Grundlegenden Typiken. Nach Bub und Rabe, 2023b

Die Identifikation von fallübergreifenden Mustern in der Ausprägung verschiedener Typiken ist Gegenstand der *relationalen Typenbildung*: In Abgrenzung zur sinngenetischen Typenbildung, welche lediglich das Nebeneinander heterogener Orientierungen in den Blick nimmt, ohne nach strukturellen Zusammenhängen zu suchen, und zur soziogenetischen Typenbildung, welche exmanente Kategorien (spezifische konjunktive Erfahrungsräume, wie z. B. Alter und Geschlecht) zur Erklärung der Typologien heranzieht, kann die relationale Typenbildung „zeigen, in welchem systematischen Zusammenhang unterschiedliche Dimensionen von typischen Orientierungen stehen" (Nohl, 2013, S. 61). Dabei soll nicht „die Verbindung unterschiedlicher Orientierungsrahmen als eine sinnfreie Parallelität der Orientierungen [nachgewiesen werden]; es gilt vielmehr, die Sinnhaftigkeit der typisierten Relation zu rekonstruieren" (Nohl, 2013, S. 59). Gerade die Zusammenhänge zwischen den rekonstruierten grundlegenden Orientierungen und den fachspezifischen stellen eine Besonderheit fachdidaktischer Forschung mit der Dokumentarischen Methode dar und können ein integrierendes Element bilden zwischen fallbezogener Offenheit und fachbezogenem Forschungsinteresse.

5.3 Studiendesign

Diese methodologischen und methodischen Überlegungen zur Dokumentarischen Methode als geeignetem Instrument, um Orientierungen von Physiklehrkräften zur Trias Physik-Technik-Verantwortung zu rekonstruieren, wurden in folgendes Studiendesign überführt.

5.3.1 Entwicklung des Interviewleitfadens

Bei der Konstruktion des Interviewleitfadens wurde sich an dem *SPSS-Prinzip* (wahrscheinlich als ironische Anspielung auf das Statistik-Programm so genannt) von Helfferich orientiert (Helfferich, 2009, S. 182–185). Dieses Vorgehen sieht vor, Fragen zu **s**ammeln, zu **p**rüfen, zu **s**ortieren und zu **s**ubsumieren. Zunächst wurden in einem offenen Brainstorming innerhalb der Fachgruppe Physikdidaktik an der Universität Halle „Fragen gesammelt, die im Zusammenhang mit dem Forschungsgegenstand von

Interesse sind“ (Helfferich, 2009, S. 182). Zu den drei Bereichen „Physik-Technik-Beziehung“, „Verantwortung im Kontext Physik und Technik“ und „Physik-Technik-Verantwortung im Physikunterricht“ wurden jeweils 30-40 Fragen auf Moderationskarten gesammelt. Diese Fragen wurden anschließend hinsichtlich ihrer Eignung für ein rekonstruktives Vorgehen im Rahmen der Dokumentarischen Methode geprüft. Hierbei wurden reine Faktenfragen und Ja-Nein-Fragen (z. B. „Kann man vor Physik oder Technik Angst haben?“ oder „Gibt es so etwas wie physik-/ technikfreie Zonen im Leben?“) bzw. sehr geschlossene Fragen und Fragen, welche auf eine Bewertung abzielen, entfernt.

Im nächsten Schritt wurden die Fragen einerseits inhaltlich und darüber hinaus auch formal sortiert hinsichtlich ihrer Offenheit, vom offenen Stimulus hin zu konkreteren Nachfragen. Um eine große Offenheit für die Relevanzsetzung der Interviewten und einen natürlichen Gesprächseinstieg in das Interview zu ermöglichen, wurde darüber hinaus noch ein berufsbiographischer Block an den Anfang des Interviews gestellt. Der erste Entwurf dieses Eingangs-Stimulus lautete:

> *Ich würde zunächst einmal mehr über Sie erfahren. Erzählen Sie mir doch mal Ihre Berufsbiographie und welche Rolle Ihr Bezug zu Physik und Technik darin gespielt hat.*

Beim Prüfen dieser Frage wurde diese als relativ abstrakt eingestuft. Außerdem wird hier eine enorme Selbstreflexion der Biographie und eine Einordnung vor einem theoretischen Hintergrund von den Interviewten verlangt, was nicht durch die in der subjektiven Lebenswirklichkeit verankerten Interviewten geleistet werden kann (Helfferich, 2009, S. 183–184). Entsprechend wurde der abstrakte Begriff „Berufsbiographie“ gestrichen und auch die Frage nach der „Rolle des Bezugs zu Physik und Technik“ abgewandelt und nachgeordnet (so dass dem Prinzip vom Offenen zum Strukturierten entsprochen wird). Der überarbeitete Einstiegs-Impuls im finalen Leitfaden ist dann zweigeteilt. Der erste Impuls mit der größten Offenheit lautet:

> *Ich würde zunächst einmal gern mehr über Sie erfahren. Erzählen Sie doch mal, wie es dazu gekommen ist, dass Sie Physiklehrer geworden sind.*

Dieser Stimulus zielt direkt auf die Lebenspraxis der Interviewten ab und ist dabei inhaltlich sehr offen. Lediglich der Beruf Physiklehrer (bzw. bei weiblichen Studienteilnehmerinnen Physiklehrerin) mit den beiden Komponenten (dem Fach *Physik* und dem Beruf *Lehrer*in*) fokussiert einen spezifischen Aspekt der Interviewten. Darüber hinaus zielt der Stimulus nicht auf Begründungen oder Bewertungen (z. B. „Warum sind Sie Physiklehrer*in geworden?"), sondern auf die Art und Weise des Lehrkraftwerdens und damit auf die tatsächliche Lebenspraxis. Der zweite, nachgeordnete und inhaltlich dann enger gefasste Stimulus lautet in der finalen Version des Leitfadens:

> *Fallen Ihnen konkrete Erlebnisse ein, die Sie mit Physik oder Technik verbinden und die vielleicht prägend waren für Ihre Berufswahl?*

Dieser zielt auf konkrete „Erlebnisse" und zieht eine erste Verbindung zum eigentlichen Forschungsinteresse („mit Physik oder Technik"). Der Stimulus stellt zwar explizit eine Ja-Nein-Frage dar, wurde in den Interviewsituationen jedoch stets als Erzählaufforderung verstanden.

Zu allen Stimuli wurden Aufrechterhaltungsfragen gesammelt, welche „nicht inhaltlich steuern, sondern nur zum Weitererzählen auffordern" (Kruse, 2015, S. 214). Darüber hinaus wurde an zwei Stellen des Interviews den Interviewten explizit Raum gegeben, abseits der Stimuli eigene Gedanken, welche diese im Verlauf des Interviews kommen, zu äußern. Am Ende des ersten thematischen Blocks zur Beziehung zwischen Physik und Technik wurde der Stimulus „Gibt es noch etwas, was Ihnen sonst noch wichtig ist zu dem Feld Physik und Technik?" gesetzt. Ähnlich aufgebaut ist der Stimulus am Ende des gesamten Interviews: „Gibt es noch etwas, das Ihnen wichtig ist, was aber noch nicht zur Sprache gekommen ist?"

Alle Stimuli wurden mit Abtönungspartikeln wie „eigentlich, mal vielleicht eventuell" abgeschwächt, um so an „Direktheit oder Schärfe" zu verlieren und eine möglichst offene und natürliche Gesprächssituation zu schaffen (Kruse, 2015, S. 217).

Pilotierung und Erprobung des Leitfadens

Um die Wirkung der Stimuli zu erproben, den Leitfaden zu verinnerlichen und mit der Interviewsituation insgesamt vertraut zu werden, wurde eine

erste Version des so gestalteten Leitfadens mit drei studentischen Hilfskräften, welche Physik auf Lehramt studierten, als Interviewteilnehmer*innen pilotiert. Die Rahmenbedingungen des Interviews wurden so gestaltet, dass eine angenehme Gesprächssituation begünstigt wird. Es wurde auf eine störungsfreie Atmosphäre geachtet. Interviewer (der Autor) und Interviewte saßen zusammen an einem Tisch und hatten beide Getränke sowie Kekse zur Verfügung. Diese Interviews, welche zwischen 49 und 59 Minuten dauerten, wurden audio- und zwei auch videographiert. Für die Interviews der Hauptstudie wurde auf eine Videographie verzichtet, da die reine Audioaufzeichnung in der Pilotierung als wesentlich weniger invasiv wahrgenommen wurde und so eine natürlichere Gesprächssituation ermöglichte. Nach den Interviews der Pilotierung wurde von den Interviewten zurückgemeldet, dass die Interviewsituation insgesamt als angenehm wahrgenommen, der Gesprächsverlauf nicht als künstlich empfunden wurde und die Impulse verständlich waren. In einem Interview gab es längere Pausen, in denen die interviewte Person länger überlegte, und kleinere Irritationen, was eher auf Phasen der Reflexion hindeutet und weniger praxisnahe Erzählungen hervorgerufen hat. Es wurden in diesem Interview insgesamt mehr Aufrechterhaltungsfragen und Paraphrasierungen eingesetzt, welche dann teilweise Dinge vorwegnahmen. In diesem Interview waren die Antworten auch eher vage und unkonkret, wohingegen in den beiden anderen Interviews sehr konkrete, plastische, beispielhafte Erzählungen gegeben wurden.

Im Interviewleitfaden wurde nach der Pilotierung ein Impuls zur Nutzung von Stift und Zettel, um Gedanken zu visualisieren, gestrichen, da dieser auf abstrakte, theoretisierende Wissensbestände abzielt und sich auch in der Pilotierung nicht aus der Gesprächssituation heraus als sinnvoll ergeben hatte. Außerdem wurde im organisatorischen Block, der dem Leitfaden und dem Starten der Aufzeichnung des Gesprächs vorausgeht, neben dem Hinweis auf die Aufzeichnung, die Transkription, die Möglichkeit zum Widerspruch, die Anonymisierung und die Veröffentlichung noch ergänzt, dass im Interview vor allem die subjektive Einschätzung, die eigene Sicht und Erfahrung als Physiklehrperson von Interesse ist.

Zu Beginn der Hauptstudie wurden nach den ersten vier durchgeführten Interviews mit Physiklehrkräften im Rahmen eines Forschungskolloquiums Interviewausschnitte angehört und noch einmal die Eignung des Interviewleitfadens diskutiert. Nach dieser Beratung wurde nur die An-

gabe zur perspektivischen Veröffentlichung des Interviewmaterials im organisatorischen Block vor dem eigentlichen Interview präzisiert, der Leitfaden ansonsten als geeignet befunden.

Der finale Interviewleitfaden ist im Anhang A zu finden.

5.3.2 Sampling-Strategie

Die Sampling-Strategie folgt einerseits den in der Grundlagen- und Gegenstandstheorie gelegten Annahmen und dem damit verbundenen Forschungsinteresse. Andererseits unterliegt sie auch forschungspraktischen Limitationen durch den eingeschränkten Zugang zum Forschungsfeld. Hier sollen zunächst die theoretisch gesetzten Anforderungen an das Sampling umrissen und dann der tatsächliche Feldzugang mit dem finalen Sample beschrieben werden.

Rekonstruktive Sozialforschung verfolgt nicht den Anspruch einer statistischen Repräsentativität und möchte keine quantitativen Verteilungen bestimmter Merkmale in einer Grundgesamtheit beschreiben. Vielmehr ist das Ziel eine „qualitative Repräsentation: entweder a) auf Subjektebene, oder b) auf der Ebene sozialer Sinnstrukturen“ (Kruse, 2015, S. 241). Die in der vergleichenden Analyse der Fälle gefundenen typologischen Muster sollen „relativ“ verallgemeinerbar sein, also vom Einzelfall abstrahiert werden können, wenngleich auch keine Aussage darüber getroffen werden soll, ob der gefundene Falltypus „auch in einem statistischen Sinne relevant ist“ (Kruse, 2015, S. 241). Um eine relative Verallgemeinerbarkeit der gefundenen Typologien zu ermöglichen, sollte das Sample die Heterogenität des Untersuchungsfeldes widerspiegeln, also möglichst kontrastreiche Fälle enthalten. Die Kontrastierung geschieht dabei heuristisch über die Variation von Merkmalen wie „Lebenssituation, Alter, Einkommen, Erwerbstätigkeit, soziale Situation, Familienstand u.v.m.“ (Kruse, 2015, S. 241). Für diese Studie wurden noch als möglicherweise relevante Merkmalen das unterrichtete Zweit- und Drittfach, das Geschlecht und der Bildungsweg (z. B. Quereinstieg aus anderem Berufsfeld) erfasst und versucht, bei diese bei der Samplingauswahl zu berücksichtigen.

Neben der Strategie der maximalen Kontrastierung wurden durch die „minimale Variation von Fällen“ (Kruse, 2015, S. 248), Fälle ins Sample

aufgenommen, welche nach den heuristischen Variationsmerkmalen (z. B. Alter und Geschlecht) ähnlich gelagert sind, um an diesen minimal kontrastierten Fällen Unterschiede oder Gemeinsamkeiten in der rekonstruierten Fallstruktur herauszuarbeiten.

Die Rekrutierung der 14 Interviewteilnehmer*innen bestand aus einem kombinierten Verfahren aus der Kommunikation mit Gatekeepern und einem Schneeballsystem. Zunächst wurden direkte persönliche Kontakte zu Physiklehrer*innen genutzt, welche vor Kurzem an der Universität Halle ihren Abschluss gemacht haben. Über Gatekeeper, zu welchen direkter Kontakt bestand und welche als Lehrkräfte für andere Fächer an Schulen in Mitteldeutschland tätig waren, wurden weitere Interviewpartner*innen gewonnen. Ein Interviewteilnehmer wurde durch ein Informationsschreiben gewonnen, das sich an Lehrkräfte richtete, welche in einer schulpraktischen Lehrveranstaltung der Universität Halle involviert waren. Die übrigen Proband*innen wurden durch Interviewteilnehmer*innen selbst vermittelt (Schneeballsystem). Die Kontaktaufnahmen mit Schulleitungen mit der Bitte um Weiterleitung an Physiklehrkräfte waren nicht erfolgreich.

5.3.3 Datenaufnahme und -verarbeitung

Die 14 Interviews wurden zwischen Oktober 2017 und Juni 2018 vom Autor durchgeführt. Die Interviews fanden, bis auf die ersten drei, welche im Institut für Physik in einem Besprechungsraum durchgeführt wurden, alle an den Schulen der Interviewten statt, meist in leeren Klassenzimmern, teilweise in den Physik-Vorbereitungsräumen. Alle Interviews wurden mit einem Aufnahmegerät audiographiert. Die Aufnahme wurde durch den Interviewer gestartet, nachdem der organisatorische Rahmen besprochen und die mündliche Zustimmung zur Aufnahme, Transkription und anonymisierten Veröffentlichung gegeben wurde. Nach dem Stoppen der Audioaufnahme wurde die zuvor mündlich gegebene Zustimmung zur Aufzeichnung, Transkription und Weiterverwendung noch schriftlich gegeben. Außerdem wurden folgende biographische Daten schriftlich erfragt:

- Geburtsjahr und -ort
- Aktuelle Schule (Name, Form, Ort)
- Fächer
- Dienstjahre (ohne Referendariat)

- Stationen des Berufsweges

An Kontextinformationen zum Interview wurden die Art der Kontaktaufnahme verschriftlicht sowie im Anschluss an die Interviews eine kurze Beschreibung der Interviewsituation aus Sicht des Interviewers angefertigt. Darin wurden insbesondere „Stichworte zur Interviewatmosphäre und zur besonderen personalen Beziehung zwischen interviewender Person und Erzählperson [. . .] [und] schwierige Passagen, Irritationen etc." notiert (Helfferich, 2009, S. 190).

Zu allen Interviews wurden Volltranskripte durch einheitlich geschulte studentische Hilfskräfte erstellt. Die hierbei angewandten Transkriptionsrichtlinien sind im Anhang B gegeben. Bei der Erstellung der Transkriptionsrichtlinien wurde sich an Bohnsack et al. (2013, S. 400–401), Kruse (2015, S. 354) und Nohl (2017, S. 123) orientiert und neben den rein sprachlichen Äußerungen auch verschiedene Betonungen, Pausen, Lachen und vereinzelt nicht-verbale oder gesprächsexterne Ereignisse (wie z. B. Pausenklingeln) transkribiert. Im Transkript sind Zeilenumbrüche nach 75 Zeichen (etwa 10 Worte), um insbesondere in Interpretationswerkstätten auf kleinere Sinneinheiten verweisen zu können und Sequenzen einfacher zu identifizieren, als wenn Umbrüche nur durch Sprecher*innenwechsel angezeigt werden. Ein etwa einstündiges Interview besteht so aus rund 900 Zeilen.

Die Fälle werden mit Pseudonymen bezeichnet. Verweise auf Personen, Ortschaften, Einrichtungen, Firmen etc. im Interviewverlauf wurden den Transkriptionsrichtlinien entsprechend nicht wörtlich transkribiert, sondern als anonymisierte Daten mit „% . . . %" gekennzeichnet, mit der jeweiligen Kategorie bezeichnet und ggf. durchnummeriert (z. B. „% Stadt 1%").

Im Anhang C ist das Volltranskript exemplarisch für den Eckfall Dennis Groß gegeben.

5.3.4 Datenanalyse

Für die Analyse der Interviews wurde die Software MAXQDA genutzt, da hiermit die entsprechend aufbereiteten Daten und Analysen an einem Ort dokumentiert, sortiert und strukturiert werden konnten. In MAXQDA

sind die Transkripte und die Audioaufnahmen der Interviews verknüpft, so dass für die Interpretation der Daten nicht nur die Transkripte, sondern über Zeitmarken im Transkript auch die Audioaufnahmen herangezogen werden können. Außerdem dienen angelegte Dokumentvariablen für alle Interviewfälle dazu, Fälle filtern zu können (insbesondere Geschlecht, Unterrichtsfächer, Berufserfahrung, Länge des Interviews)

Kodierung der Transkripte zur Textstrukturierung

Für eine fallübergreifende, komparative Analyse wurden die Interviews entsprechend der jeweiligen Impulse des Interviewleitfadens kodiert:

- **Berufsbiographie**
  - Offener Impuls zur Berufsbiographie
  - Konkrete Erlebnisse mit Physik und Technik
- **Physik und Technik**
  - Unterscheidung Physik und Technik
  - Verbindung Physik und Technik
  - Freie Äußerung zu Physik und Technik
- **Verantwortung**
  - Assoziation zu Verantwortung
  - Verantwortung im Kontext Physik und Technik
- **Physikunterricht**
  - Physik und Technik im Unterricht
  - Verantwortung im Unterricht
- **Freie Ergänzungen**

Hierdurch wird ein komparativer Fallvergleich vorbereitet, indem Passagen, die auf den gleichen Impuls folgen, verglichen werden.

Für die Auswahl der tiefer zu analysierenden Interviewpassagen dienen ebenfalls Kodierungen. Kodiert sind ausführliche (autobiographische, unterrichtliche und allgemeine) Erzählungen und Fokussierungsmetaphern, also Interviewpassagen, in denen sich die Interviewten „ausführlich, engagiert und metaphorisch geäußert haben“ (Nohl, 2017, S. 30). Außerdem sind explizite Äußerungen zu Unterrichtsthemen, welche mit Technik und

Verantwortung eng verbunden sind und von den Interviewten angeführt werden (Socioscientific Issues), kodiert, um übergreifende Sinnstrukturen bei der Bearbeitung dieser Themen im Interview zu identifizieren. Kodiert sind Passagen zu „Mobilität“, „Energieversorgung“,„Kernenergie, Kernwaffen und Strahlung“ und „Klimawandel“.

Über einen entsprechenden Code ist im Analyseprozess auch markiert worden, welche Abschnitte in welcher Interpretationsgruppe interpretiert wurden.

Memos zur Sequenzierung und zur formulierenden und reflektierenden Interpretation

Die Sequenzierung der Interviewtranskripte erfolgte durch die Verknüpfung der identifizierten Sinneinheiten (v. a. durch Sprecher*innenwechsel, Themenwechsel und -abbrüche, Änderungen der Textsorte oder der Art der Darstellung) mit einem Memo. Dies sind Textelemente mit einem Titel und Inhalt. In MAXQDA können unterschiedliche Memo-Typen angelegt werden. Für die formulierende und die reflektierende Interpretation dient jeweils ein unterschiedlicher Memo-Typ. Der Titel beider Memos entspricht dem identifizierten Thema, die Inhalte der Memos stellen die verschriftlichten Interpretationen dar. Alle Memos sind durchsuchbar, filterbar und durch die Verknüpfung mit der jeweiligen Textstelle kann der Bezug zwischen Interpretation und den Originaldaten leicht hergestellt werden. In Abbildung 5.3 ist ein Screenshot der Arbeitsumgebung gegeben. Dort ist rechts neben dem Text ein Memo mit einer reflektierenden Interpretation zu sehen, links vom Text erscheinen die vergebenen Codes sowie die Verknüpfungen zu den jeweiligen Memos.

Die Sequenzierung und Auszüge aus der formulierenden Interpretation sind exemplarisch für den Eckfall Dennis Groß im Anhang D und Anhang E gegeben. Die reflektierenden Interpretationen sind Teil der ausführlichen Falldarstellungen aller Eckfälle in Kapitel 6.4. Diese Falldarstellungen sind sequenziell strukturiert und die dargestellten Interviewpassagen jeweils reflektierend interpretiert.

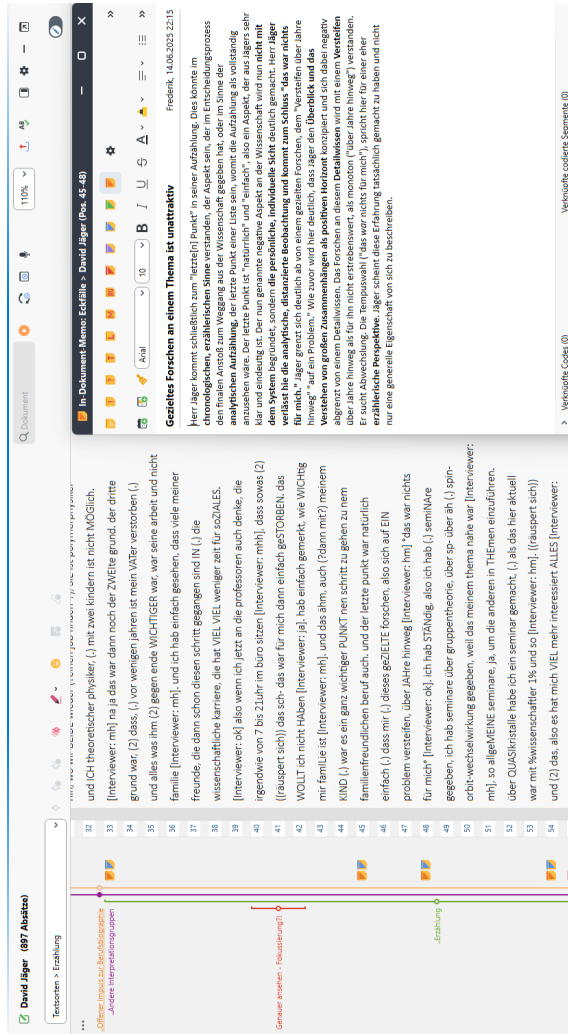


Abbildung 5.3: Screenshot eines Interviews in MAXQDA mit Memos für formulierende und reflektierende Interpretationen. Codes sind vergeben für den Interviewabschnitt, die Textsorte und die Interpretationsgruppe, in der der Abschnitt analysiert wurde.

Typenbildung und Fallbeschreibungen

Entsprechend der in Kapitel 5.1.4 beschriebenen Form einer relationalen Typenbildung sind die rekonstruierten Orientierungen in grundlegende und fachbezogene Typiken systematisiert. Die identifizierten relevanten Typiken sind an weiteren Textstellen und Fällen überprüft worden. Zur Zuordnung eines Falls zu einer Typik und schließlich einem Typus wurden die (reflektierenden) Interpretationen abschnittsweise (z. B. die Ausführungen zur Berufsbiographie oder zu Verantwortung im Physikunterricht) im Hinblick auf die Passung zu einer Typik analysiert und die reflektierenden Interpretationen ggf. um diese Analyseperspektive ergänzt. Die Fälle sind hierbei verschiedenen Dokumentgruppen zugeordnet worden: Eckfälle, weitere Prototypen und Polytypen. Schließlich wurden für die Eckfälle ausführliche Fallbeschreibungen basierend auf den reflektierenden Interpretationen inkl. illustrierender Textbelege und der Typenzuordnung angefertigt. Für die übrigen Fälle wurden überblicksartige, zusammenfassende Fallbeschreibungen erstellt.

Arbeit in Interpretationsgruppen

Zur Qualitätssicherung und der intersubjektiven Absicherung wurde Interviewmaterial in unterschiedlichen Interpretationsgruppen gemeinsam interpretiert. Dies ist gängige Praxis in qualitativ-rekonstruktiven Verfahren, um die eigene Standortgebundenheit zu kontrollieren (Kruse, 2015, S. 479). In Interpretationsgruppen (häufig auch Interpretationswerkstätten genannt) bringt jedes Gruppenmitglied unterschiedliche Perspektiven auf den Text ein und aufgrund der unterschiedlichen Erfahrungen verschiedene Lesarten ein, die im gemeinsamen Diskurs immer wieder am Text begründet und präzisiert werden müssen. Beim sequenziellen Interpretieren werden verschiedene Hypothesen entwickelt und dann am Text überprüft (Lucius-Hoene & Deppermann, 2002, S. 322–323).

Um einen möglichst vielseitigen Blick auf die Fälle zu gewinnen, wurden verschiedene Interpretationsgruppen genutzt, welche einerseits unterschiedliche Nähe zum fachlichen Gegenstand der Physikdidaktik haben und andererseits auch methodisch unterschiedlich nah an der Arbeit der

Dokumentarischen Methode verortet sind. Der Umfang der Arbeit am Material dieser Arbeit variierte:

- Singuläre Einzelveranstaltungen: Qualitative Daten Workshop der Universität Halle, Interpretationswerkstatt des Zentrums für Schul- und Bildungsforschung an der Universität Halle
- Mehrtägige Einzelveranstaltung mit umfangreicher Textarbeit am Material: Magdeburger Methodentreffen, Workshop & Werkstatt „Dokumentarische Methode in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung“
- Regelmäßige Werkstätten mit intensiver Arbeit am Material: MINT-Didaktik Kolloquium und Interpretationswerkstatt Physikdidaktik an der Universität Halle

Forschungsergebnisse

6

Ergebnisse dieser Arbeit

Bei der Darstellung von Ergebnissen aus einer rekonstruktiven (Fall-) Analyse im Rahmen der Dokumentarischen Methode stellen sich zwei Herausforderungen:

Bei rekonstruktiven Analyseverfahren stehen *Analyseprozess und Analyseergebnis* in einem wechselseitigen Verhältnis: So bildet jedes Ergebnis den Ausgangspunkt für weitere Analysen, worin der zyklisch-iterative Charakter des Vorgehens begründet ist. Erste Lesarten und Interpretationen eines Textabschnittes werden durch die Interpretation weiterer Abschnitte des gleichen Falles und im Vergleich mit anderen Fällen weiterentwickelt. Während der Zugang zu Texten zu Beginn der Analysen sehr offen ist, wird dieser durch im Interpretationsprozess entwickelte Aufmerksamkeitsfolien konkretisiert und eingeengt. Einzelne Analysen bilden also sowohl ein Ergebnis als auch einen Ausgangspunkt für weitere (Re-)Analysen – sodass sich eine zyklische Verschränkung der Ergebnisse ergibt. Diese Arbeit steht also vor der Herausforderung, eine Balance zu finden, einerseits die Ergebnisse selbst und andererseits auch deren Genese im nichtlinearen Analyseprozess darzustellen.

Darüber hinaus stehen auch der *Einzelfall und die fallübergreifenden Erkenntnisse* in einem wechselseitigen Verhältnis. Die an einem Fall herausgearbeiteten Orientierungen bilden die Grundlage für Vergleichsdimensionen und machen so häufig erst das Typische eines anderen Falles sichtbar. Die Herausforderung besteht demnach darin, in der Darstellung eine Balance zu finden zwischen dem Fokus auf die Spezifik des Einzelfalls und die übergreifenden Erkenntnisse in Form einer Typologie.

Durch folgenden Kapitelaufbau soll diesen Herausforderungen Rechnung getragen werden:

Kapitelüberblick

Zunächst wird ein Überblick über Merkmale des Interviewsamples gegeben. Anschließend werden die fallübergreifenden Erkenntnisse in Form der rekonstruierten Typiken beschrieben und die Ausprägung an den Fällen belegt. Die Typiken werden zu einer mehrdimensionalen, relationalen Typologie zusammengefasst. Anhand von ausführlichen Falldarstellungen werden diese fallübergreifenden Erkenntnisse an vier Eckfällen belegt. Die Analyse folgt dabei sequentiell dem Verlauf der geführten Interviews und neben den reflektierenden Interpretationen wird die Zuordnung der Fälle zu den Typiken dargestellt. Die weiteren Fälle werden überblicksartig entlang der Typologie beschrieben und in diese eingeordnet.

6.1 Beschreibung des Interviewsamples

Insgesamt wurden 14 Interviews mit Physiklehrkräften geführt. Die Interviews dauern zwischen 22 und 58 min. Die durchschnittliche Interviewlänge beträgt 37 min, mit einer Standardabweichung von SD=11 min. Alle bis auf eine Lehrkraft unterrichten an Gymnasien. Die häufigste Fächerkombination ist Physik und Mathematik, welche elf der Teilnehmer*innen unterrichten. Drei Studienteilnehmer unterrichten sowohl Physik als auch Technik, zwei davon an Gymnasien, einer an einer Gemeinschaftsschule. Weitere Unterrichtsfächer der interviewten Physiklehrkräfte sind Astronomie (4), Geographie (1) und Sport (1). Die Alters- und Genderverteilung des Samples ist zusammen mit den Fächerkombinationen in Abbildung 6.1 dargestellt. Vermutlich durch den direkten Kontakt zu Alumni der Universität Halle sind Berufsanfänger im Alter von 21-30 Jahren besonders stark repräsentiert und bilden fast 50 % des Samples. Der Altersdurchschnitt beträgt 36 Jahre. Drei der 14 interviewten Physiklehrkräfte sind weiblich.

Bis auf einen Teilnehmer unterrichten alle Interviewpartner*innen an Schulen in Mitteldeutschland (in Sachsen-Anhalt und in Sachsen). Ein Teilnehmer unterrichtet an einer Schule in Bayern. Die Teilnehmer*innen sind größtenteils in der Region geboren, in der sie heute unterrichten. Von den Physiklehrkräften unterrichten alle bis auf eine Lehrkraft an Gymnasien.

Bezüglich der Bildungswege sind acht der Interviewteilnehmer*innen ohne andere berufliche Tätigkeiten direkt über ein Lehramtsstudium und das Referendariat Lehrkraft geworden. Eine Person hat einen Seiteneinstieg vollzogen, also weder ein Lehramtsstudium noch ein Referendariat absolviert. Eine Person ist nach einem Fachstudium und anschließender Promotion durch einen Quereinstieg ins Referendariat gestartet – hat also kein klassisches Lehramtsstudium durchlaufen. Vier Interviewteilnehmer*innen haben vor dem Lehramtsstudium ein anderes Studium oder eine Ausbildung absolviert, zwei davon haben dies abgeschlossen, zwei nicht. Diese Qualifikationen waren im Bereich Maschinenbau, Wirtschaftsingenieurwesen, Mathematik und Elektrotechnik. Zwei der Interviewteilnehmer*innen haben eine abgeschlossene Promotion in Physik bzw. in Physikdidaktik. Insgesamt bildet das Sample eine ausgeprägte Heterogenität in Bezug auf die heuristischen Merkmale Alter und Bildungswege ab.

Keine hohe Heterogenität weist das Sample in Bezug auf die Herkunft der Physiklehrkräfte auf. Lediglich ein Studienteilnehmer kommt nicht aus dem mitteldeutschen Raum. Entsprechend muss dies als ein gemeinsamer Erfahrungshintergrund mitgedacht werden. Im Hinblick auf die Geschlechterverteilung ist festzustellen, dass mit nur rund 20% Anteil am Gesamtsample weibliche Lehrkräfte deutlich unterrepräsentiert sind. Dies ist jedoch in Relation zum Anteil weiblicher Physiklehrkräfte in Deutschland insgesamt zu sehen. Der Arbeitskreis Chancengleichheit der Deutschen Physikalischen Gesellschaft berichtet von einem Frauenanteil bei Abschlüssen in Physik- und Astronomie-Lehramt von 20 % in den 80er Jahren und zwischen 30 % und 40 % in den 2000er und 2010er Jahren. [1] Im Hinblick auf die Fächerkombination gibt es einen deutlichen Schwerpunkt auf Mathematik. Außerdem sind keine geisteswissenschaftlichen Fächer vertreten. Auch dies entspricht eher einem Abbild des Feldes als einer Verzerrung.

Die erfassten Merkmalskategorien sind lediglich als ein heuristisches Raster zu verstehen. Wie in Kapitel 5.1.2 beschrieben, wird für das Erhebungs-Sample keine statistische Repräsentativität angestrebt. Vielmehr wurde im Laufe der Erhebung eine Sättigung zumindest auf einer oberflächlich

[1] Physikerinnen: Zahlen und Fakten. Vortrag von Dr. Christine Meyer zur Deutschen Physikerinnentagung 2015 in Göttingen. Vortragsfolien unter: https://www.dpg-physik.de/vereinigungen/fachuebergreifend/ak/akc/publikationen/pdf/meyer_statistiken_dpt_2015.pdf, zuletzt abgerufen am 09.07.2025

thematischen Ebene festgestellt. Die tatsächliche Heterogenität in Bezug auf habituelle Wissensbestände lässt sich erst während der Analyse feststellen, indem Vergleichsdimensionen und Eckfälle aufgrund der gefundenen strukturellen Muster rekonstruiert werden.

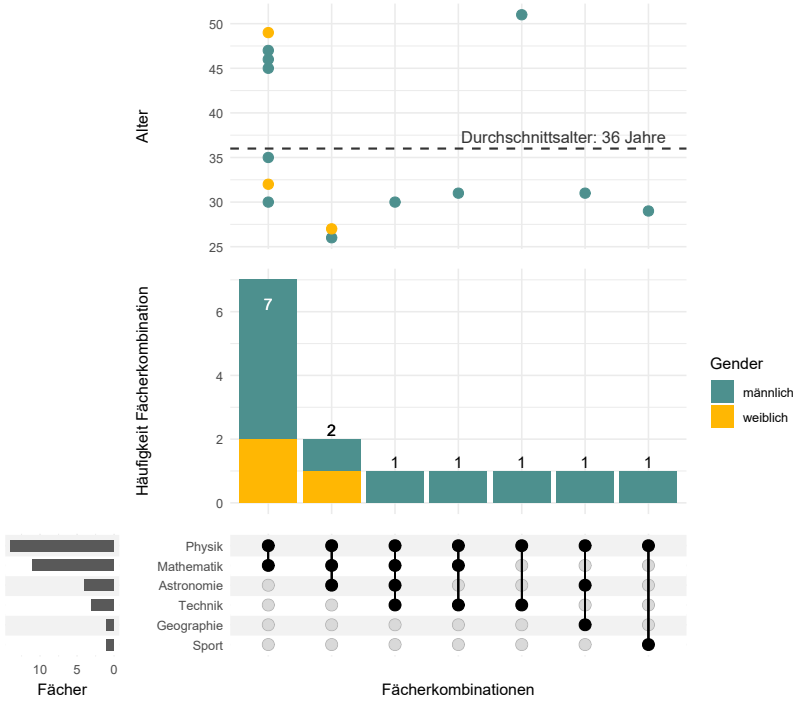


Abbildung 6.1: Fächerkombinationen und Verteilung von Gender und Alter der 14 interviewten Physiklehrkräfte.

6.2 Typiken

Die in dieser Studie rekonstruierten Orientierungen lassen sich wie in Kapitel 5.1.4 dargestellt in grundlegende und fachbezogene Typiken systematisieren. In diesen Typiken bestehen jeweils kategorial bzw. ordinal abgegrenzte Merkmals-Ausprägungen. Mit diesem Mehrebenenmodell wird einerseits der fallbezogenen Offenheit und andererseits dem fachbezogenen Forschungsinteresse Rechnung getragen. Die folgenden vier Typiken wurden rekonstruiert:

- Grundlegende Typiken
  - **Gestaltungspotential**: Die Konstruktion der eigenen Wirksamkeit.
  - **Relevante Andere**: Die Orientierung des eigenen Handelns an anderen.
  - **Entwicklungsperspektive**: Die Grundhaltung zur (eigenen) Zukunft.
- Fachbezogene Typik
  - **Bildungsideal**: Das (fachbezogene) Weltverhältnis und die damit verbundene Konstruktion von Bildungszielen.

Zur besseren Lesbarkeit und Übersichtlichkeit tragen die Typiken und die jeweiligen Ausprägungen anschauliche und teilweise stark pointierte Bezeichnungen. Die Bezeichnungen verkürzen stark und dienen nicht als inhaltliche Zusammenfassung der Analysen. Stattdessen sollen sie einen inhaltlichen Anker beim Erschließen der Analyseergebnisse bilden. Die Ausprägungen der Typiken werden in diesem Kapitel überblicksartig dargestellt und an Textbeispielen illustriert. Im Kapitel Kapitel 6.3 wird dann die relationale Typenbildung auf Basis dieser Typiken dargestellt. In den später folgenden Falldarstellungen (Kapitel Kapitel 6.4) werden die Typisierungen der Fälle jeweils nach der Analyse des berufsbiographischen Intervieweinstiegs und am Ende der Falldarstellung vorgenommen.

6.2.1 Grundlegende Typik: Gestaltungspotential

Die Interviewten konstruieren verschiedene Gestaltungspotentiale ihrer selbst. Die wahrgenommene (Selbst-)Wirksamkeit wird von den inter-

viewten Lehrkräften dabei auf verschiedene Handlungszusammenhänge bezogen, zum Beispiel auf die eigene Biographie, auf die professionelle Praxis als Lehrperson, auf enge soziale Kontexte oder aber auch auf gesamtgesellschaftliche Zusammenhänge. Im Sample der interviewten Lehrkräfte wurden vier verschiedene Ausprägungen dieser Typik gefunden, welche verschiedene Qualitäten der konstruierten Wirksamkeit widerspiegeln:

Gestaltungspotential: Fatalistisch

In der Merkmalsausprägung *Fatalistisch* werden die individuellen Handlungen als mehr oder weniger unbedeutend konstruiert. Betont werden fixierte, selbstläufige Entwicklungen, die sich dem Einfluss von Individuen entziehen. Häufig wird in dieser Ausprägung entpersonalisiert, z. B. im Passiv formuliert und es werden keine handelnden Akteur*innen sichtbar. Die Schilderungen werden häufig in einem größeren (selbstläufigen, schicksalhaften) Zusammenhang gesetzt.

Zum Beispiel werden technische Entwicklungen als unaufhaltsam dargestellt: „ja aber ick mein wir haben KLON babys und wir ham KEne AHnung (.) klOn schaf DOLLy (.) mh (.) also irgendwie kommt DOCH irgendwie allet und JA es jibt REGeln aber die regeln werden ja dann- (.) jibt och immer BEIspiele wo se halt verLETZT werden“ (Julia Neumann, Pos. 460-463).

Die Möglichkeit des Einzelnen, Entwicklungen mitzugestalten (vor allem im positiven Sinne) oder überhaupt vorauszusehen, wird abgelehnt: „so ähm letztendlich marie curie hätte sich das beSTIMMT nicht vorstellen können, dass dann mal geZIELT radioaktivität eingesetzt wird um leute zu vernichten“ (Dennis Groß, Pos. 331-333).

Es wird vor allem die eine fixe persönliche Veranlagung betont und nicht die Möglichkeit der individuellen Entwicklung und selbstbestimmten biographischen Entscheidung: „wenn de vor ner klasse stehst (.) meiner erfahrung, manche könns, manche könns nich“ (Dennis Groß, Pos. 19-20).

Gestaltungspotential: Pflichtbewusst

Die Merkmalsausprägung *Pflichtbewusst* richtet sich vor allem auf extern festgelegte Normen und Vorgaben. Der positive Horizont ist dann deren Erfüllung. Die eigene Person wird dabei nicht als gestaltend konstruiert und Entscheidungen, Interessen, Wünsche von Individuen ins Zentrum gestellt, sondern Handlungen meist in den Rahmen der Vorgaben gesetzt.

Diese Orientierung zeigt sich z. B. durch das Rekurrieren auf die formalen Vorgaben der Rahmenlehrpläne (vgl. auch Typik Relevante Andere: Institution) zum Physikunterricht: „also physik [Interviewer: mhm.] ist jetzt laut lehrplan oder rahmenrichtlinien bisher immer eher das theoretischere“ (Kirsten Lehmann, Pos. 70-71).

Gestaltungspotential: Gestaltend

Bei der Merkmalsausprägung *Gestaltend* werden die eigenen Handlungsspielräume innerhalb eines gegebenen Rahmens betont. Die Rolle des Individuums wird in den Darstellungen hervorgehoben. Eine aktive Mitgestaltung und auch die (graduelle) Veränderung von Gegebenem werden positiv konstruiert.

Zum Beispiel wird die schlechte Ausstattung von Schulen hervorgehoben, aber dabei nicht resigniert, sondern es werden die eigenen Gestaltungsmöglichkeiten betont: „alle andern geräte sind hier (2) ja (2) wahrscheinlich älter als wir beide ZUSAMM [. . .] JA,(.) also, (.) wir machen das beste draus“ (Sebastian Keller, Pos. 428-431).

Auch im Hinblick auf die eigene Berufsbiographie werden vor allem die eigenen Interessen als relevant konstruiert und eigene Entscheidungen, statt institutionelle Rahmenbedingungen in den Fokus gerückt. Jasmin Albrecht betont z. B. ihre Freiheit und interessen-bestimmte Berufswahl: „ähm zwischendrin konnt ich mir zwar auch vorstellen irgendwie REINE physik zu studieren oder (2) LUFT- und RAUMfahrttechnik“ (Jasmin Albrecht, Pos. 13-15).

Gestaltungspotential: Systemkritisch

In der Merkmalsausprägung *Systemkritisch* werden die bestehenden Normen und Verhältnisse an sich in Frage gestellt. Das Individuum wird als eine Art „Game-Changer" konstruiert, das die Verhältnisse selbst grundlegend umgestalten sollte.

Zum Beispiel werden die Rahmenvorgaben des Physikunterrichts abgelehnt und diesem eigene Ziele entgegengesetzt. Dies wird vor allem beim Eckfall David Jäger deutlich: „und dass ihr mir sagen könnt ähm, wie n beta minus zerfall stattfindet. das is- das ist mir eGAL, ja? das ist einfach nicht WICHTIG. ihr sollt einfach DENKEN LERNEN" (David Jäger, Pos. 302-304). Analog ist diese Ausprägung auch bei Thomas Berger zu finden: „meine mission ist immer die schüler sollen alles verSTEHN- die sollen nichts sinnlos auswendig lernen" (Thomas Berger, Pos. 716-717).

6.2.2 Grundlegende Typik: Relevante Andere

Die Interviewten orientieren sich in ihren Handlungen an anderen Personen, Personengruppen oder auch abstrakten Entitäten. Sie gleichen sich ab und setzen ihre eigenen Handlungen und Normen in einen Zusammenhang mit denen anderer. Dabei geht es vor allem um einen positiven Abgleich und nicht um eine Abgrenzung, wobei die als relevant identifizierten Anderen eine anzustrebende Norm bilden und nicht im Sinne eines Negativbeispiels stark abgelehnt werden. Im Sample wurden drei unterschiedliche Ausprägungen identifiziert:

Relevante Andere: Institution

In der Merkmalsausprägung *Institution* werden nicht Personen oder Personengruppen als Bezugspunkt konstruiert. Stattdessen wird das eigene Handeln vor allem an systemisch-institutionellen, eher abstrakten Entitäten wie Vorgaben, Anweisungen oder Regeln orientiert. In den Darstellungen fehlen häufig aktiv handelnde Akteure. Stattdessen dominieren Passivkonstruktionen, unpersönliche Formulierungen mit „man" und institutionelle Referenzen.

Diese Ausprägung wird zum Beispiel in berufsbiographischen Erzählungen sichtbar, in denen die politischen Rahmenbedingungen als besonders relevant konstruiert werden. Insbesondere Erzählungen, die in der DDR und in der Wende-Zeit zu verorten sind, zeigen dieses Merkmal: „und dann eben wo die wende kam dann- gabs eben bloß noch TECHnik, (.) oder ARbeitslehre- je nachdEm wie mans nennt-“ (Thomas Berger, Pos. 25-26).

In der Merkmalsausprägung *Institution* wird auf unterschiedlichste Frage-Impulse mit Referenz auf institutionelle Vorgaben geantwortet. Zum Beispiel wird dies deutlich bei häufigen Verweisen auf Fachlehrpläne, wie bei Kirsten Lehmann auf die Frage nach Unterschieden zwischen Physik und Technik: „äh ich kenn jetzt den lehrplan äh, das was in der technik insgesamt gemacht werden soll nicht GANZ genau“ (Kirsten Lehmann, Pos. 117-118).

Relevante Andere: Mitwelt

Bei der Merkmalsausprägung *Mitwelt* dominiert die Relevanz des direkten, persönlichen Umfelds der Interviewten. Familie, Freunde, Kolleg*innen sind entscheidende Akteur*innen, mit welchen sich das Individuum in Beziehung setzt. Diese beeinflussen die wahrgenommenen präskriptiven Normen durch ihr Handeln, haben also eine Art Vorbildfunktion. Die Personen des nahen sozialen Umfeldes können aber auch die Motivation und das Ziel der eigenen Tätigkeiten sein, in dem Sinne, dass man etwas *für* diese tut. Auch werden Erzählungen häufig in einen alltagsnahen Kontext gesetzt, also meist konkrete Gegebenheiten des direkten Umfeldes behandelt, statt z. B. abstrakte oder weltpolitische Zusammenhänge.

Zum Beispiel wird der berufsbiographische Weg durch Erfahrungen in der eigenen Schulzeit und die gemeinsamen Erfahrungen mit Mitschüler*innen gerahmt: „wie bei (.) den MEIsten, man interessiert sich dann halt in der SCHULzeit für ein fach, entwickelt da inteRESSE dran, macht dann schon so erste erfahrungen beim WEITERgeben, NACHhilfe bei seinen MITschülern“ (Fabian Mayer, Pos. 4-7). Auch familiäre Zusammenhänge werden dabei genannt: „ähm::::: ich denke mal das is (.) n bisschen familIÄR bedingt, (.) meine eltern sind auch (2) beides PHYSIKLEHRER“ (Sebastian Keller, Pos. 4-6).

In Bezug auf technische Kontexte im Physikunterricht werden in dieser Merkmalsausprägung statt großtechnischer Anlagen und gesellschaftspolitischer Zusammenhänge insbesondere Alltagsgegenstände der Jugendlichen als Bezugspunkte genannt: „und dann halt (.) so ein bisschen erklärende alltagsfragen, wie funktioniert ne brille (.) [Interviewer: mhm] wie äh (.) geh- läuft eigentlich so ein elektromotor oder wie funktioniert ein FAHrraddynamo?“ (Fabian Mayer, Pos. 23-26).

Bei Verantwortungskonstruktionen im Interview werden vor allem Zusammenhänge des direkten Umgangs miteinander angeführt, z. B. die „verantwortung SELber (.) gegenüber meinen schülern, dass ich natürlich auch ähm (3) dass ich sie alle gerecht beHANdle“ (Florian Schwarz, Pos. 258-260) oder auch Verantwortung „zum beispiel ich sach mal bei ner klassenFAHRT“ (Patrick Hofmann, Pos. 306-307).

Relevante Andere: Weltgesellschaft

In der Merkmalsausprägung *Weltgesellschaft* wird ein großes, gesamtgesellschaftliches Kollektiv als relevanter Bezugspunkt konstruiert. Das Individuum sieht sich selbst als Teil dieses Kollektivs, das nicht durch persönliche Kontakte, sondern über komplexe Wechselwirkungen (z. B. politischer, wirtschaftlicher oder auch existentieller Natur) miteinander verbunden ist. Die eigenen Handlungen werden damit in einen größeren Kontext gesetzt, indem große Zeit- und Orts-Skalen oder die Vernetztheit von Handlungsfolgen betrachtet werden.

Die Ziele des Physikunterrichts werden zum Beispiel in politische und ökonomische Zusammenhänge gesetzt: „wenn man also- wenn man also über WOHLstand nachdenkt und erFOLG eines staates, is das schon sehr sehr wichtig, (.) und es geht ja auch immernoch um das thema MÜNdigkeit also ist ein [Interviewer: hm] bÜrger wirklich MÜNdig zum beiSPIE:L, bei der nächsten WAHL drüber zu entscheiden ob ebend windkraftwerke ZUgeschalten oder ABgeschalten werden“ (Thomas Berger, Pos. 770-775).

Auch individuelle Handlungen werden in gesellschaftliche Kontexte eingebettet: „DER (.) verantwortungsvolle umgang mit ROHstoffen. ja dieses overengineering wie es heutzutage unglaublich viel stattfindet. dass, was weiß ich, dass man nen elektrischen raDIERER hat oder sowas“ (David Jäger, Pos. 370-373).

6.2.3 Grundlegende Typik: Entwicklungsperspektive

In der Typik *Entwicklungsperspektive* drückt sich eine Grundhaltung zur (eigenen) Zukunft aus, die positiv, negativ oder offen konzipiert wird. Die Typik beschreibt eine grundlegende Orientierung, also ein themenübergreifendes Bearbeitungsmuster – darunter ist jedoch kein starres Bewertungsschema der Interviewten zu verstehen, das jeden (persönlichen, sozialen sowie gesellschaftlichen oder existentiellen) Zusammenhang gleich einordnet. Die Interviewten positionieren sich und ihre Handlungen in unterschiedlichen (zeitlichen) Entwicklungen, wobei die Bezugsrahmen dieser Entwicklung je nach Ausprägung der Typik *Relevante Andere* unterschiedliche Reichweite haben (z. B. das soziale Umfeld und den Alltag umfassen, oder sich auf gesellschaftspolitische Rahmen beziehen). Im Sample konnten drei Ausprägungen dieser Typik rekonstruiert werden:

Entwicklungsperspektive: Optimistisch

In der Merkmalsausprägung *Optimistisch* ist der individuelle Blick auf die als relevant konstruierten Entwicklungen positiv. Es werden in unterschiedlichen Handlungszusammenhängen eher Chancen und Möglichkeiten statt Hindernisse betont. Die Zukunftsentwürfe oder die dargestellten (z. B. biographischen) Entwicklungen tragen somit eine optimistische Prägung.

Zum Beispiel betont Julia Neumann die Vielfalt an Möglichkeiten in ihrer Berufslaufbahn im positiven Sinne (statt z. B. in einem Modus der Orientierungslosigkeit): „jAnz FREI und düdüdü so von mein NOten her hätt ick halt jetz ALLET machen könn ja?“ (Julia Neumann, Pos. 36-37). Florian Schwarz betont, dass ihn die wahrgenommene Schwierigkeit des Fachs Physik nicht abgeschreckt hat, sondern ein zentraler Grund für die Wahl des Faches war: „ich wollte lieber was machen, was ich (.) was SCHWER ist“ (Florian Schwarz, Pos. 13) – Herausforderungen werden der Merkmalsausprägung entsprechend positiv gerahmt.

Entwicklungsperspektive: Pessimistisch

In der Ausprägung *Pessimistisch* drückt sich eine negative Grundhaltung zur (eigenen) Zukunft aus. In den Darstellungen werden Probleme und

Scheitern besonders betont und so eine eher pessimistische Prägung sichtbar. Mit Blick auf gesamtgesellschaftliche Entwicklungen werden teilweise düstere Zukunftsszenarien entworfen.

Am deutlichsten wird diese Merkmalsausprägung bei Dennis Groß, der die pessimistische Sicht mit einer stark fatalistischen Position verknüpft, in welcher der Untergang der Zivilisation eine unausweichliche Entwicklung darstellt:

> *vielleicht ist das schicksal JEDER (.) intelligenten zivilisation, dass se irgendwann mal MÄCHtig genug wird (.) sich selber hochzujagen und dann brauchste nur genug spinner an=er richtigen position (.) dass das realisiert wird, aber ähm (.) dass is=ne sache, (2) de- die die pasSIERT. also die passiert einfach mit zunehmenden FORTschritt. das des lässt sich gar nicht (.) verHINdern. also es ist einfach nur (2) logisch zu ende gedacht*
> (Dennis Groß, Pos. 315-321)

Auch Heiko Winkler zeigt eine pessimistische Orientierung im Hinblick auf die Entwicklung von Technik, wobei er diese als intentional und weniger fatalistisch konzipiert:

> *IMMER wachstum wachstum wachstum. das geht nicht. (2) und sämtliche technischen errungenschaften (.) DIENEN NUR diesem einen ZWECK, wachstum wachstum wachstum, schneller höher weiter [Interviewer: hmm.] (.) all das ist nur darauf gerichtet und NICHTS davon ist darauf gerichtet auf erhalt. (2) Immer nur besser und weiter*
> (Heiko Winkler, Pos. 308-312).

Entwicklungsperspektive: Offen

In der Ausprägung *Offen* ist der individuelle Blick auf die (eigenen) Zukünfte weder stark negativ noch stark positiv. Entwicklungen werden häufig neutral und distanziert dargestellt und so wahrgenommen und akzeptiert, wie sie sind.

Bei Fabian Mayer ist diese Ausprägung zum Beispiel bei der Darstellung von Technikfolgen deutlich. Dabei werden Vor- und Nachteile der Kohleverstromung in gleichwertiger Weise und sehr nüchtern dargestellt – Chancen und Risiken als zwei Seiten einer Medaille: „dass wir damit halt zum einen die UMwelt versch- (.) halt verschmutzen und halt auch äh die resSOURCEN abbauen, die irgendwann halt zuENde sind. [Interviewer: hmm] das muss ich so (.) im BLICKfeld nehmen, muss aber auf der anderen seite halt auch sehen, dass (.) ich vielleicht halt bestimmte (.) energieformen nicht für ne GRUNDlasterzeugung nutzen kann“ (Fabian Mayer, Pos. 151-156).

6.2.4 Fachbezogene Typik: Bildungsideal

Neben den drei grundlegenden Typiken konnte die fachbezogene Typik *Bildungsideal* rekonstruiert werden, die mehrere Facetten rekonstruierter Orientierungen integriert:

Der Typik liegt ein spezifisches *Weltverhältnis* zugrunde, d. h. die Art, wie die Interviewten ihre Umwelt wahrnehmen, z. B. als etwas Gestaltbares, als etwas Durchschaubares oder als ein Faszinosum. Diesem Weltverhältnis entsprechend wird ein positiver Horizont in Bezug auf das eigene *Bildungsideal* konstruiert. Zum Beispiel werden das praktische Tätigsein bzw. die aktive Gestaltung angestrebt oder aber ein Verständnis der umgebenden (technisierten) Umwelt oder die Beschäftigung mit existentiellen, epistemologischen Fragen. Diese positiven Horizonte des Weltverhältnisses und des angestrebten Bildungsideals werden mit der *Praxis des Physikunterrichts* in Beziehung gesetzt. In zwei der Ausprägungen der Typik Bildungsideal scheitert die unterrichtliche Praxis am konstruierten Ideal (Physikunterricht wird z. B. als theorielastig und alltagsfern empfunden). In der Merkmalsausprägung *Weltverstehen* erfüllt Physikunterricht das eigene Ideal.

Die Typik ist in ihrer Struktur damit komplexer als die rekonstruierten grundlegenden Typiken. Sie integriert verschiedene Aspekte, welche interdependent fachunterrichtliches Handeln strukturieren und daher hier als *eine* fachbezogene Typik zusammengefasst werden. Im Sample wurden drei Ausprägungen dieser Typik rekonstruiert. Ein Überblick über die Facetten der fachbezogenen Typik *Bildungsideal* und der jeweiligen Merkmalsausprägungen ist in Tabelle 6.1 auf Seite 143 gegeben.

Bildungsideal: Handwerk

In der Merkmalsausprägung *Handwerk* wird die Umwelt als etwas Gestaltbares gesehen. Die selbständige, praktische Gestaltung der direkten Umwelt u. a. mit Materialien und Werkzeugen bildet einen positiven Horizont. Physikunterricht wird in dieser Merkmalsausprägung als theoretisch und lebensfremd empfunden. Schüler*innen sind im Physikunterricht nicht aktiv gestaltend oder kreativ tätig, sondern vollziehen Vorgegebenes nach. Das praktisch-handwerkliche Ideal und die Praxis des Physikunterrichts stehen in einem deutlichen Spannungsverhältnis.

Markant ist die Merkmalsausprägung *Handwerk* bei Kirsten Lehmann, die sehr positiv über ihre eigenen praktischen Erfahrungen der Schulzeit erzählt – und diese Tätigkeiten deutlich abgrenzt von dem, was heute v. a. in gymnasialer Bildung realisiert wird:

> *also wir hatten richtig [. . .] unterricht, wo=wir auch mit holz gearbeitet haben äh mit ehemaligen DRECHSlern damals noch, die dann werkenlehrer wurden [. . .] wir hatten=n=richtige werkstatt in der wir arbeiten konnten. so wie man=s heute hört, von diesen schUlen, wo man ABbrecher oder ähnliche, die nich so gerne lernen wollen mit stift und papier, dann durch praktische tätigkeiten n=bisschen animiert*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 46-55)

Auch bei Thomas Berger wird die positive Orientierung an handwerklich-praktischen Fähigkeiten und in analoger Weise die Kritik an der mangelnden Relevanz heute deutlich:

> *aber das geHÄUSe baun. (.) DA scheitern se (.) [Interviewer: okay] und da merken wir dass TECHnikunterricht zu kurz jekommen is [. . .] und wenn man drüber NACHdenkt, dass die später ihre WOHnung einrichten und da vielleicht einige UMbauten machen, (.) wo se nicht unbedingt immer eine FIRma bestellen wollen, die vielleicht mal n reGAL anbaut, (.) [Interviewer: ja] ja? (.) muss man sowas MAL MAchen*
> (Thomas Berger, Pos. 966-974)

Bildungsideal: Reinheit

In der Merkmalsausprägung *Reinheit* wird die (Um-)Welt als Faszinosum staunend und distanziert betrachtet. Einen positiven Horizont bildet das Wundern über die eigene Existenz und den Kosmos. Zentral ist die kontemplative Beschäftigung mit existentiellen, epistemologischen, insgesamt philosophischen Fragestellungen. Physikunterricht hat bei dieser Merkmalsausprägung mehrere potentielle Reibungspunkte: Die kosmologischen, existentiellen Fragestellungen entziehen sich den Fähigkeiten der Schüler*innen. Eine ambivalente Rolle wird dabei auch der Mathematik zugeschrieben. Diese bildet einerseits einen Schlüssel für zentrale Fragen. Andererseits wird ihr das Potential zugeschrieben, die Faszination an der Welt zu zerstören. Darüber hinaus wird das eigene (übersteigerte) Interesse durchaus als eigentümlich verstanden und damit der eigene Weltzugang nicht übertragbar auf andere Personen, wie Schüler*innen. Durch die Beschäftigung mit lebensweltbezogener Technik und als banal empfundenen Alltagsphänomenen wird Physikunterricht dem Ideal der *Reinheit* nicht gerecht.

Die Merkmalsausprägung zeigt zum Beispiel Jasmin Albrecht, als sie über ihren eigenen Physikunterricht erzählt. Dabei markiert sie als technisch identifizierte Themen wie Motoren als wenig attraktiv: „dann eher so klasse acht wos so um moTORen geht [Interviewer: mhm] ähm da muss ich allerdings sagen ähm (.) richtig SPANNend fand ich das thema damals NICHT“ (Jasmin Albrecht, Pos. 44-46). Naturphänomene dagegen werden als ästhetisch und spannend beschrieben, z. B. zum Thema Druck: „ich fand=s einfach faszinierend [Interviewer: ja] wie wa da erklärungen für solche (.) phänomene dann auch geFUNDen hatten“ (Jasmin Albrecht, Pos. 34-36).

Dennis Groß betont die Sonderrolle der eigenen Faszination an der Natur und den Wunsch, dass diese von anderen geteilt wird: „ich mein ich finde das eigentlich interessant, dass mer so, an dem was draußen so vor sich geht schon interessiert ist. dass mer das NICH was mer so ham als geGEben hinnimmt“ (Dennis Groß, Pos. 114-117).

Bildungsideal: Weltverstehen

In der Merkmalsausprägung *Weltverstehen* wird die eigene Umwelt als etwas Durchschaubares konzipiert. Bei Naturphänomenen und Technik wird weniger eine politische, ökonomische oder soziale Ebene betont, sondern die physikalischen Grundprinzipien, die damit zusammenhängen. Ein Verstehen der Dinge und Prozesse wird mit einem Verstehen der Physik „dahinter" gleichgesetzt – dies bildet den zentralen positiven Horizont dieser Merkmalsausprägung. Dem Physikunterricht wird so das emanzipatorische Potenzial zugesprochen, ein Verstehen der technisierten Umwelt zu ermöglichen. Die darin enthaltene Induktion vom „Physik verstehen" zum „Technik verstehen" reduziert Technik auf die Anwendung physikalischer Prinzipien und vernachlässigt eine technikspezifische Ontogenese (Technology as applied Science). Physik wird dabei zu *dem* zentralen Weltzugang idealisiert.

Sebastian Keller z. B. hebt die Sonderstellung der Physik im Wirkungsgefüge Naturwissenschaften und Technik hervor:

> *physik eigentlich immer so als (2) GRUNDLEGENSTE NATURWISSENSCHAFT (.) [Interviewer: ja] (2) ja die andern, bio=nd cheMIE haben natürlich AUCH, klar ihre (.) daseinsberechtigung aber alle, °wie° alles so funktoNIERT hat ja immer irgendwo (.) physiKAlische grundlagen, natürlich auch (.) ja alles (.) alles aus=m bereich der TECHnik [. . .] dass physik halt immer die GRUNDlage ist (2) mit dem man (2) alles so (2) erKLÄRN kann*
> (Sebastian Keller, Pos. 129-138)

Auch Florian Schwarz beschreibt, wie der physikalische Zugang die Voraussetzung bildet, Dinge des Alltags zu verstehen:

> *wenn ich wenn ich wenn ich ein themengebiet einführe, zeige ich ihnen immer ganz viele (.) oder OFTmals viele BILDer (.) und SPRECHE so mit denen: oh, na DAS wer=mer verstehen [. . .] aber letztendlich [. . .] KÖNN wir uns gar nich DIREKT über solche äh dinge gleich unterHALTen, [Interviewer: ja] weil wir die GRUNDlagen gar nich verstehen*
> (Florian Schwarz, Pos. 40-46)

David Jäger sieht die Naturwissenschaften und insbesondere die Physik als Schlüssel für die Lösung jedweder Herausforderungen auch abseits von der Erklärung von Naturphänomenen oder Technik an, da die Schüler*innen in den Naturwissenschaften „einfach DENKEN LERNEN. sonst kommt der erste versicherungsberater und haut [die Schüler*innen] übers OHR“ (David Jäger, Pos. 304-305).

Andere Facetten von Technik als die physikalischen, insbesondere handwerklich-praktische Tätigkeiten, werden dabei häufig bagatellisiert (was eine starke Abgrenzung zur Merkmalsausprägung *Handwerk* bildet). Dies wird bei den Fällen Heiko Winkler und David Jäger deutlich, die einen handwerklichen Umgang am Beispiel des Autos in sehr analoger Weise ablehnen. Beide beschreiben eindrücklich ihr Unverständnis für die Faszination von Freunden oder Verwandten, am Auto „RUMzuschrauben“ (David Jäger, Pos. 239).

Tabelle 6.1: Struktur der Typik Bildungsideal

	Typik		
Charakteristika	Handwerk	Weltverstehen	Reinheit
Weltverhältnis	Umwelt als etwas **Gestaltbares**	Umwelt als etwas **Durchschaubares**	Umwelt als **Faszinosum**
Positiver Horizont	**Praktische** Tätigkeiten	**Verständnis** der (technisierten) Umwelt durch Physik	**Philosophische** Kontemplation
Physikunterricht	Physikunterricht wird als **theorielastig und lebensfremd** empfunden	Physikunterricht gelingt die **Erklärung der Technik** (als angewandte Physik verstanden)	Physikunterricht **scheitert am Anspruch der Welterklärung**

6.3 Mehrdimensionale Typologie

Im Interviewsample konnten vier Typen identifiziert werden. Diese sollen hier nur kurz anhand der Merkmalsausprägungen in den einzelnen Typiken im Sinne einer relationalen Typenbildung charakterisiert werden. Eine ausführliche Schilderung erfolgt dann anhand der Falldarstellungen der Eckfälle im folgenden Kapitel.

- **Typus Erklärer*in**
  Der Typus ist geprägt durch das Bildungsideal *Weltverstehen* und eine Orientierung an der *Mitwelt*. Als zentrale Perspektive auf die umgebende, nahe Mitwelt wird die Physik konzipiert. Der Typus betont eigene Handlungsspielräume und entwirft sich damit als *gestaltende* Kraft. Die (technisierte) Umgebung wird durch Physik verstehbar. Dabei hat der Typus Erklärer*in einen eher positiven Blick auf die Entwicklung der relevanten Mitwelt.
- **Typus Universalist*in**
  Der Typus ist ebenfalls geprägt durch das Bildungsideal *Weltverstehen* und eine *positive* Grundhaltung. Jedoch orientiert sich der Typus Universalist*in an großen gesellschaftlichen Zusammenhängen (*Weltgesellschaft*). Physik wird dabei nicht nur ein Schlüssel, um Alltags-Technik zu erschließen, sondern zur Voraussetzung einer mündigen Partizipation an politischen, ökonomischen, allgemein gesellschaftsrelevanten Entscheidungen. Der Typus Universalist*in zeichnet sich dabei durch eine *systemkritische* Position aus: Er kritisiert bestehende Ordnungen und setzt in seinem Handeln entsprechend neue Normen.
- **Typus Fatalist*in**
  Der Typus ist gekennzeichnet durch eine *negative* Sicht auf *weltgesellschaftliche* Entwicklungen und Zusammenhänge. Einhergehend mit einer *fatalistischen* Position in Bezug auf Fortschritt und Entwicklung ist für den Typus Fatalist*in das Ideal der „Reinheit“ maßgeblich. Dabei werden die negativen, dystopischen Szenarien abgelegt und die Faszination an der Ästhetik und Mystik der Natur und des Kosmos in den Mittelpunkt gestellt. Das Ideal ist eine rein kontemplative, von Neugier getriebene Wissenschaft, die sich nicht um Technik oder andere „weltliche“ Belange kümmert.

- **Typus Praktiker*in**
  Zentral für den Typus ist die Betonung eines *handwerklich*-praktischen Ideals in Form des kompetenten Umgangs mit Werkzeugen und Materialien. Physik wird als theoretisch und lebensfern gerahmt und die mangelnde Relevanz des Praktischen hervorgehoben. Insgesamt wird eine eher nüchterne, *offene* Perspektive eingenommen. Der Typus ist daneben vor allem durch eine *pflichtbewusste* Erfüllung von *institutionellen* Anforderungen und Normen geprägt.

In Abbildung 6.2 sind die mehrdimensionale Typologie und die vier Typen abgebildet. Durch die Stärke der Linien und Kreise ist die Häufigkeit der Ausprägungen im Interviewsample schematisch angedeutet. Der Typus Erklärer*in dominiert das Sample.

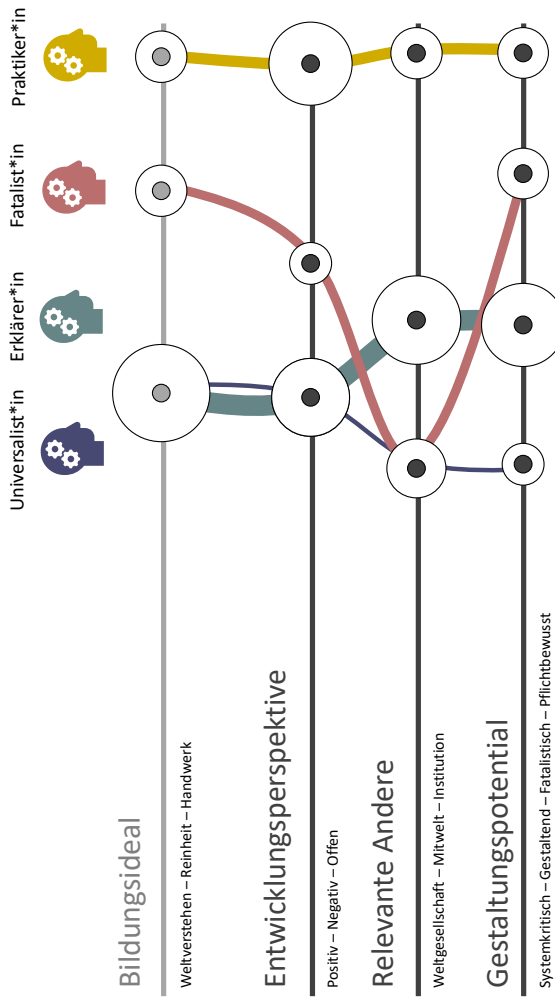


Abbildung 6.2: Mehrdimensionale Typologie des Interviewsamples. Die Häufigkeit der Ausprägungen in den jeweiligen Typiken und die Häufigkeit der jeweiligen Typen ist durch die Größe der Kreise und Linien schematisch dargestellt. Der Typus Erklärer*in dominiert das Sample.

6.4 Falldarstellung der Eckfälle

Im folgenden werden die vier Eckfälle des Interviewsamples ausführlich dargestellt. Die Falldarstellungen bestehen aus verschiedenen Textelementen, die durch eine jeweils unterschiedliche Formatierung gekennzeichnet sind, um so die Lesbarkeit der umfangreichen Falldarstellungen zu unterstützen:

Zu Beginn jeder Falldarstellung gibt es eine Kurzbeschreibung in folgender Formatierung:

Kurzbeschreibung Fall XY

Hier stehen kurz die bekannten biographischen Angaben zum Fall, Besonderheiten zur Person, sowie Informationen zur Kontaktaufnahme und zur Interviewsituation. Für jeden Fall gibt es ein Ankerzitat.

Ankerzitat

> *Hier steht ein Ankerzitat, das für das Prototypische des Falles steht und ein oder mehrere Charakteristika pointiert illustriert.*
> (Fall XY, Pos. 1-2)

Zitate aus den Interviews werden folgendermaßen dargestellt:

> *Das ist der Text aus dem Interview*
> Fall XY, Pos.1-2

Dabei wird der Fall und die Position (Zeile) im Interview angegeben. Nach den zitierten Interviewabschnitten wird die zugehörige reflektierende Interpretation ausführlich dargestellt – ohne besondere Hervorhebung durch bestimmte Formatierungen.

Werden Abschnitte nur zusammenfassend und überblicksartig dargestellt, um den Interviewverlauf zwischen den ausführlich interpretierten und vollständig zitierten Stellen zu verdeutlichen, ist dies folgendermaßen dargestellt:

> **Summative Zusammenfassung Pos. X-Y**
>
> Hier steht die Zusammenfassung von Abschnitten, deren Interpretation in der Falldarstellung nicht ausführlich dargestellt wird. Hierin enthalten sind teilweise auch illustrative Zitate, aber ohne genaue Angabe der Position. Die Zeilen, auf die sich die Zusammenfassung insgesamt bezieht, ist angegeben. Insbesondere die Intervieweinstiege werden ausführlich dargestellt, der spätere Verlauf der Interviews in größeren Anteilen nur summativ, insbesondere wenn die Typisierung durch die Interpretation der Intervieweinstiege bereits gesättigt ist.

In den meisten Falldarstellungen werden zwei Einordnungen in die Typiken vorgenommen. Einmal nach dem berufsbiographischen Intervieweinstieg und einmal zum Ende der Falldarstellung:

Typisierung
Hier werden die Fälle auf Grundlage der vorausgehenden Falldarstellung in die Typiken eingeordnet.

Werden in einer Falldarstellung die Analyse der Frageimpulse des Interviewers wiedergegeben, so wird in den folgenden Falldarstellungen auf die Angabe und Interpretation der (ähnlich bis gleichlautenden) Impulse verzichtet.

6.4.1 David Jäger, Typus Universalist*in

Kurzbeschreibung David Jäger
David Jäger unterrichtet an einem Gymnasium die Fächer Physik, Mathematik und das Profilfach Technik. Zuvor hat er medizinische Physik studiert und daran eine Promotion in der theoretischen Physik angeschlossen. Die Promotion hat er nicht abgeschlossen. Er hat ein Lehramtsstudium begonnen und im Zuge dessen auch Lehrveranstaltungen beim Autor besucht, woher Herr Jäger und der Autor sich kennen. Das

Lehramtsstudium hat Herr Jäger nicht abgeschlossen, sondern über einen Seiteneinstieg direkt die Tätigkeit als Lehrkraft aufgenommen. Im Zuge des Seiteneinstiegs hat er einige Qualifikationsseminare besucht. Zum Zeitpunkt des Interviews ist David Jäger 31 Jahre alt und seit einem Jahr als Lehrkraft tätig. Das Interview war das erste, das der Autor nach der Pilotierung geführt hat. Es fand während der Schulferien in den Räumlichkeiten der Physikdidaktik an der Universität Halle statt. Mit 58 Minuten Dauer ist es eines der längsten Interviews.

Ankerzitat

> *ich hab das denen auch gesagt, ich- is mir- also is mir ja nicht WICHTIG, ob ihr, wenn ihr dann in der zwölften rausgeht, ob ihr dann noch WISST, was die ideale gasgleichung ist ja? und dass ihr mir sagen könnt ähm, wie n beta minus zerfall stattfindet. das is- das ist mir eGAL, ja? das ist einfach nicht WICHTIG. ihr sollt einfach DENKEN LERNEN. sonst kommt der erste versicherungsberater und haut euch übers OHR und lacht sich ins fäustchen.*
> (David Jäger, Pos. 299-305)

Noch vor dem ersten Impuls des Interviewers zur Berufsbiographie stellt Herr Jäger dem Interviewer eine Frage:

> *°bist du AUFgeregt?°*
> (David Jäger, Pos. 1)

Mit der leise gesprochenen Frage, ob der Interviewer aufgeregt sei, signalisiert Herr Jäger ein Stück Vertrautheit zwischen sich und dem Interviewer. Er dutzt den Interviewer und spricht direkt seine Gefühlswelt an. Mit der ausgesprochenen Erwartung, dass der Interviewer aufgeregt ist, kehrt Herr Jäger die erwartbaren Rollen direkt um: Nicht Herr Jäger ist derjenige, der sich im Interview bewähren müsste, Fragen beantworten und sich dem Gegenüber öffnen soll, was eventuell Nervosität hervorrufen könnte, sondern der Interviewer ist derjenige, der (als Novize, Doktorand) in einer speziellen, herausfordernden Situation ist, in der er sich bewähren muss. Herr Jäger versetzt sich dabei in die Lage des Interviewers als Forschender hinein. Möglicherweise weiß er, dass dieses Interview das erste ist, das der Interviewer für seine Forschungsarbeit führt.

Der Interviewer beantwortet die Frage von Herrn Jäger und stellt dann den ersten Frage-Impuls:

> *Interviewer: °n BISSchen. aber nur n bisschen.° @(2)@ ähm genau. ich würde zum EINstieg (.) gerne nochmal (.) erstmal n bisschen was über dich erFAHRen (.) und ähm von dir gerne wissen wollen, wie es denn dazu gekommen ist, dass du jetzt physikLEHRER bist.*
> (David Jäger, Pos. 2-5)

Der Interviewer gesteht ein gewissen Grad seiner Nervosität ein, wobei er dieses Gefühl deutlich marginalisiert („n BISSchen. aber nur n bisschen"). Auf eine mögliche Irritation durch die von Jäger umgedeuteten Rollen im Interview geht der Interviewer nicht direkt ein, sondern lässt die Frage als eine legitime stehen (ohne z. B. durch eine Gegenfrage die erwartbaren Rollen zu thematisieren). Auf pragmatischer Ebene ist ein Angleichen des Interviewers an den Stil von Herrn Jäger zu bemerken, da der Interviewer auf eine ähnliche, leise gesprochene Art antwortet. Der Interviewer lacht danach, was dann doch auf ein Erstaunen über die Frage hindeuten könnte, aber keine Ablehnung der von Jäger konstruierten Beziehung darstellt, sondern eher deren Vertrautheit unterstützt.

Nach der Antwort auf Herrn Jägers Frage und dem kurzen Lachen bricht der Interviewer thematisch und orientiert sich und das Gespräch neu („ähm genau"). Er startet dann mit dem Erzählstimulus, der sich in zwei Erzählaufforderungen gliedert. In der ersten Erzählaufforderung deutet der Interviewer an, dass er bereits etwas über Herrn Jäger weiß, denn er möchte gern „nochmal" etwas über ihn erfahren. Dabei deutet er eine Struktur des Gespräches (es handelt sich um den „Einstieg" und er möchte „erstmal" etwas erfahren) und die Erwartung an den Modus der Antwort an („n bisschen" – also keine ausführliche Erzählung). Die Formulierung „bisschen" kann auch eine natürliche, abschwächende Wirkung intendieren, die den Erwartungsdruck vom Interviewten nehmen soll. Das Verb „erfahren" ist dabei sehr offen und unspezifisch und kann sich auf Erfahrungen oder Erzählungen beziehen. Die zweite Erzählaufforderung spezifiziert nun das Interesse des Interviewers (es geht nicht um irgendeine Facette von Herrn Jägers Leben, er soll nicht irgendetwas von sich erzählen) und nimmt auf dessen Beruf Bezug. Der Interviewer drückt seinen Wunsch aus, etwas „wissen [zu] wollen", wobei die Fokussierung eher auf Wissen und Fakten abzielen könnte als auf Erzählungen. Der Interviewer präzisiert

sein Interesse an Herrn Jäger dahingehend, dass er wissen möchte, „wie es denn dazu gekommen ist", dass er jetzt Physiklehrer ist. Die Formulierung („gekommen ist") ist recht offen und eher neutral bzw. passiv formuliert, womit nicht (nur) auf bewusste Entscheidungen oder Begründungen abgezielt wird, sondern auch auf äußere Umstände (z. B. Zufälle), Erzählungen, Ereignisse, ein prozesshaftes Geschehen. Dabei nennt der Interviewer sowohl das Fach „Physik" als auch den Beruf „Lehrer" – es geht ihm also nicht nur um den Beruf als Lehrkraft, sondern auch um die Fachrichtung, wobei nur eines der von Herrn Jäger unterrichteten Fächer genannt wird. Ein spezifischer Startpunkt bzw. eine Bezugszeit wird nicht genannt. Herr Jäger antwortet

> *Jäger: tja das war ne sehr VIELschichtige entscheidung [Interviewer: mh],*
> (David Jäger, Pos. 6)

Die Antwort Herrn Jägers wird mit einer rahmenden, grundlegenden Bewertung begonnen. Herr Jäger konzipiert sich darin als rationalen Entscheider, der selbst eine aktive Gestaltung seiner Berufsbiographie vornimmt und dabei analytisch vorgeht. Der Berufsweg wird dabei nicht als klar vorgezeichnet, sondern als komplexer Abwägungsprozess beschrieben. Er grenzt sich damit auch von impulsiven, unüberlegten Entscheidungen und zufälligen Entwicklungen ab und zeigt seine positive Orientierung an einer analytisch gelagerten, rationalen Grundhaltung, mit der sich der Komplexität gestellt wird, auf. Die Biographie Jägers wird damit als bewusst abgewogene Entscheidung dargestellt.

Summative Zusammenfassung Pos. 7-54

Herr Jäger erläutert im weiteren Verlauf seine Unzufriedenheit mit dem vorherigen Berufsfeld. Die Darstellungen sind stark strukturiert, seine Argumente nummeriert Herr Jäger in der Darstellung („das war dann noch der ZWEIte grund. der dritte grund war [. . .]"). Dabei nimmt er Bezug auf die Rolle von Reputation und „vitamin B" im Wissenschaftsbetrieb, auf Rahmenbedingungen wie das Wissenschaftszeitvertragsgesetz und die Unvereinbarkeit eines Berufs in der Wissenschaft mit dem „sozialen" und der Familie. Er berichtet vom

Tod seines Vaters, dem die Arbeit wichtiger war als seine Familie, und von Professoren, die von früh bis spät im Büro sitzen. Davon grenzt er sich sehr deutlich ab: „das war für mich dann einfach geSTORBEN. das WOLLT ich nicht HAben." Er beschreibt, wie er „allgeMEINE seminare, ja, um die anderen in THEmen einzuführen", gegeben hat, zu Themen wie „spin-orbit-wechselwirkung" und zu „QUASIkristalle[n]". Er pointiert seine Unzufriedenheit im Beruf als Wissenschaftler dann mit einer Aussage zur Passung der eigenen Person zur starken Spezialisierung:

> *also es hat mich VIEL mehr interessiert ALLES [Interviewer: hm] zu lernen, als nur EINE sache [Interviewer: ja]. also ich bin einfach daran interessiert alles (.) breitschichtig (.) zu lernen und NICH (.) mir TAGElang über EIN und dasselbe problem den kopf zu zerbrechen. das wird für mich langweilig, @ich brauch neuen INput@ [Interviewer: @(.)@] und deswegen (.) wollte ich davon (?dann auch?) WEG [Interviewer: ja] und da mir immer dieses semiNARE geben und das PRAKtitkumsbetreuen immer [Interviewer: hm] SUPER viel spaß bereitet hat [Interviewer: hm] habe ich überlegt, was dann halt der nächste schritt wäre. und dann (2) mit den punkten davo::r °in betracht° äh lag lehrer doch sehr NAHE.*
> (David Jäger, Pos. 54-63)

Hier spezifiziert Herr Jäger seine eingangs angedeutete analytisch-rationale Grundhaltung: Nicht die vertiefte Analyse eines begrenzten Weltausschnittes wird als Ideal konstruiert, sondern ein Verstehen in der Breite. Diese Haltung spiegelt sich auch in seinem Verständnis eines Wissenschaftlers (von ihm als früherer „Traumberuf" bezeichnet) wider, der als von Neugier getriebener Freigeist beschrieben wird. Er orientiert sich hier positiv am Bild eines Universalgelehrten, wobei er stark idealisierte, utopische Vorstellungen äußert und in Extremen spricht (z. B. „ALLES" vs. „EINE sache" statt z. B. viel vs. wenig) denkt. Die Formulierung, alles „breitschichtig (.) zu lernen", erinnert an seine Beschreibung der „vielschichtigen" Entscheidung zum Beruf als Lehrkraft. Jäger erkennt die Komplexität in vielfältigen Kontexten wie Problemen, Themen und Entscheidungen als etwas Positives an. „Breitschichtig" als Wortneuschöpfung kann verstanden werden in dem Sinne, die verschiedenen Ebenen eines Problems zu überblicken und die Zusammenhänge zwischen den Ebenen zu erkennen. Diese Orientierung am Überblick über alles, statt der spezialisierten Durchdringung eines

einzelnen, fokussierten Themas, ist ein wiederkehrendes Muster in Herrn Jägers Schilderungen. Von einer tiefen, detaillierten Expertise auf einer der Ebenen grenzt sich Herr Jäger deutlich ab. Herr Jäger begründet die persönliche Ablehnung nicht mit einer Überforderung durch die analytische Tiefe, sondern mit Langeweile. Er wiederholt dabei die Figur „tagelang über ein und dasselbe Problem den Kopf zu zerbrechen", welche er schon zuvor in Zeile 46-47 bei der Beschreibung von Wissenschaft angeführt hatte und dort auf größere Zeitskalen gedacht hatte („sich auf EIN problem versteifen, über JAHre hinweg"). Den Drang nach ständig wechselnden Themen, Problemen und Fragen bringt er auf den Punkt mit „ich brauch neuen Input".

Herr Jäger bilanziert schließlich analytisch seine Ausführungen und Überlegungen („und deswegen"), wobei er über den negativen Horizont argumentiert: Er wollte „davon [...] weg". Die Formulierung erinnert an eine Sucht oder einen Sog, von dem es schwierig ist, wegzukommen, was mögliche Bedenken und Schwierigkeiten bei der Entscheidung des Berufswechsels andeuten könnte. Er nimmt dann Bezug zu den bereits zuvor kurz genannten Aktivitäten („Seminare" geben) und ergänzt dies um die Betreuungstätigkeit in einem Praktikum. Dabei formuliert Herr Jäger von sich ausgehend, andere Akteur*innen werden auch in dem Kontext von Lehre nicht genannt, sondern die eigenen Gefühle bei den Tätigkeiten beschrieben. Hier argumentiert Jäger zwar über affektive Aspekte („Spaß"), jedoch wird die Entscheidung, die Wissenschaftslaufbahn zu verlassen, als rational und zielorientiert dargestellt: Herr Jäger habe dann „überlegt, was dann halt der nächste Schritt wäre". Damit wird zum wiederholten Male das Bild des „Schrittes" im Zusammenhang mit biographischen Entscheidungen verwendet. Er konzipiert einen spezifischen Weg, der sich aus den Schritten zuvor (logisch) ergibt. Herr Jäger zerlegt durch die Metapher des Schrittes den Weg in kleine, überschaubare, analytische Einheiten, die ähnlich wie Etappen auf dem Weg zu einem Ziel wirken. Die analytische Zusammenschau (vgl. „mit den punkten davo::r °in betracht°") versetzt Herrn Jäger in die Lage, einen logischen nächsten Schritt (er spricht hier im Singular) rational begründet abzuleiten.

Während Herr Jäger bisher meist negativ argumentiert und beschreibt, wovon er weg möchte, wird nun erstmals das Ziel bzw. die Richtung „lehrer" genannt. Dieser Beruf „lag [...] doch sehr NAHE". Die Formulierung lässt eine sehr pragmatische, eher bequeme Lösung erahnen, welche

sich strukturell anbietet. Hier konstruiert sich Herr Jäger weniger als aktiv gestaltend und entscheidend. Es ist demnach eine wenig persönliche, auch wenig emotionale Entscheidung, den „nächste[n] schritt“ auf den Lehrerberuf zuzugehen. Dabei werden Differenzen zwischen der universitären Lehre und der Schule nicht reflektiert, sondern von dem einen auf das andere geschlossen. Aus dem Spaß an Seminaren und Praktikumsbetreuung (positiver Horizont) und den zuvor diskutierten Eigenschaften des Wissenschaftssystems (negativer Horizont) wird der berufsbiographische Schritt zum „lehrer“ legitimiert. Dieser Schluss scheint nicht weiter begründungswürdig.

Summative Zusammenfassung Pos. 65-79

Auf den Impuls zu konkreten „erLEBnisse[n], die du mit (.) phySIK und vielleicht auch mit TECHnik so ein bisschen assoziierst, die dich vielleicht auf deinem berufsweg so geprägt haben?“ beschreibt Herr Jäger, dass er schon „relativ ZEITig“ Wissenschaftler werden wollte und das für ihn „immer (.) ein TRAUMberuf“ war, weshalb er die tatsächliche Praxis dann „so ERNÜCHternd“ empfand. Der Interviewer fragt dann nach, warum es für Herrn Jäger ein Traumberuf war, und bittet, das „irgendiwe [zu] beSCHREIben“.

Jäger: ((holt tief luft)) [Interviewer: @(.)@] ja das hat sicherlich was mit der NEUgier zu tun, die man ja gerne physikern unterstellt [Interviewer: mh mh], ja? und äh ich denke wenn man NEUGIERIG ist, dann ist wissenschaftler-sein ja DER traumberuf, weil dann kann man seine neugier selbstständig befriedigen [Interviewer: mh mh]. (.) u::nd ist nicht au::f (.) °andere angewiesen.° (3) also was heißt [Interviewer: also, genau, ja] andere angewiesen, aber ich bin dann in der LAGE mir SELBSTständig (.) meine FRAgen zu beantworten. und zwar JEGliche fragen. und das ist- °ich meine viel besser gehts doch nicht, oder?° [Interviewer: mh] also finde ICH (.) für MICH [Interviewer: @(.)@]. wenn ich heutzutage was WISSEN will, dann (2) schmeiß ich die recherche an und wenn=s mir gefällt [Interviewer: @(.)@] les ich WEIter, wenn NICHT dann NICHT.
(David Jäger, Pos. 80-91)

Herr Jäger atmet vor seiner Antwort deutlich hörbar ein. Dies könnte signalisieren, dass die Frage schwierig oder unangenehm ist, aber auch, dass Herr Jäger zu einer ausführlichen Antwort ansetzt. In jedem Fall markiert er eine Besonderheit der Situation. Herr Jägers anschließende Ausführungen zum „TRAUMberuf" gliedern sich in zwei Teile:

Im ersten Teil beschreibt er in allgemeinen, unpersönlichen Formulierungen („man") und mit Referenz auf gesellschaftliche Normen und Erwartungen das Bild des neugierigen Physikers. Die Norm wird dabei zunächst negativ als Unterstellung gerahmt. Ausgehend von dieser Zuschreibung der Neugierde argumentiert Jäger in einem Wenn-dann-Schema, dass „wissenschaftler-sein" für Menschen mit dieser Neugierde „DER traumberuf" sei. Dabei konstruiert er den Wissenschaftler als stark selbstbezogen: Zweimal betont Jäger, dass dieser „SELBSTständig" seine Neugierde befriedigen und seine eigenen Fragen beantworten kann. Die Abhängigkeit von anderen wird negativ besetzt, wenn Jäger beschreibt, dass das Besondere („viel besser gehts doch nicht") ist, dass man als Wissenschaftler von niemanden abhängig ist, sondern allein und von eigenen Interessen getrieben, seine Fragen beantworten kann. Die Aussage, dass man als Wissenschaftler „nicht au::f (.) °andere angewiesen.° [ist] (3)", wird leise gesprochen und darauf folgt eine relativ lange Pause. Er greift die Formulierung dann selbst noch einmal auf und versucht, diese zu paraphrasieren. Eine Lesart dieser Sprechhandlung ist, dass Herr Jäger hier eine weniger negative, weniger absolute Formulierung sucht, die er dann in der Selbstständigkeit des Wissenschaftlers findet.

Mit dieser Überleitung zum zweiten Teil der Antwort wechselt auch die Art der Darstellung deutlich: Statt unpersönlich formuliert werden die Ausführungen nun als subjektive Positionen markiert („ICH (.) für MICH", „meine FRAgen"). Dabei kulminiert die Fokussierung auf das individuelle, intrinsische Interesse darin, dass Herr Jäger beschreibt, dass er sich „JEGliche fragen" beantworten kann. Damit grenzt er sich von der zuvor beschriebenen Spezialisierung in der Wissenschaft maximal ab und konzipiert Wissenschaft gleichzeitig als Universal-Schlüssel für jede Frage.

Bei der Beschreibung davon, *wie* Fragen beantwortet werden können, scheint durch, dass Herr Jägers Vorstellung vom „wissenschaftler-sein" sich sowohl auf eine berufliche Tätigkeit als auch eine eher allgemeine

Grundhaltung und Kompetenz beziehen könnte: Er beschreibt, dass, wenn er etwas wissen will, er „die recherche an[schmeißt]“ und je nachdem, ob es ihm gefällt, er weiterliest oder nicht. Wieder mit einem starken Fokus auf Selbstbestimmtheit wird hier weniger ein Forschungskontext beschrieben, als ein kompetenter und interessierter Umgang mit Informationen. Herr Jäger spricht dabei sehr metaphorisch: Die Recherche wird wie eine technische, eher mechanische Maschine beschrieben, die er bedient und die ihm dann entsprechende Informationen zur Verfügung stellt. Die Darstellung legt die Lesart nahe, dass Herr Jäger hier vor allem eine Online-Recherche mit Suchmaschinen beschreibt.

Summative Zusammenfassung Pos. 91-141

Im Folgenden fragt der Interviewer nach der letzten Recherche. Herr Jäger berichtet, wie eine Beobachtung im Alltag seine Neugierde geweckt hat und er zum „strobosKOPeffekt und kontinuierlichem LICHT“ recherchiert hat. Auch hier bezeichnet Jäger die persönliche Recherche als Forschungstätigkeit: „und dann habe ich da halt geforscht und habe ein paper von 97 gefunden, die haben gesagt JA das gibts, eins von 2003 hat gesagt ja gibts NICHT“. Seine Darstellungen sind geprägt von Fachbegriffen, die er vor dem gemeinsamen fachlichen Hintergrund mit dem Interviewer nicht für erklärungsbedürftig hält. Er nimmt auch explizit Bezug zu seinem Studium der medizinischen Physik, welches ihm die Einordnung der Studien ermögliche. Er führt dann auch noch weiter seine Neugierde und Freude an alltäglichen Dingen aus und präzisiert die oben schon beschriebene Fremdzuschreibung dieser Eigenart, die „sicherlich auch (.) KOMisch wirkt auf viele andere menschen“. Dabei schlägt er auch ein erstes Mal eine Brücke zum Unterricht und berichtet von der Erfahrung, dieses Staunen „haben schüler ja GAR nicht“. Es gibt „experimente (2) da kannste dir ein BEIN ausreißen“, aber Schüler*innen hinterfragen die Beobachtung nicht und erkennen so – im Gegensatz zu ihm – das Besondere daran nicht.

Typisierung David Jäger nach berufsbiographischer Erzählung

In den berufsbiographischen Ausführungen sind die grundlegenden und fachbezogenen Orientierungen, welche sich durch das Interview hinweg rekonstruieren lassen, bereits deutlich angelegt: In Bezug auf das Gestaltungspotential zeigt sich Herr Jäger als *systemkritisch*. Die bestehenden Normen wie die Arbeitsweise und die Rahmenbedingungen des Wissenschaftssystems versucht er nicht zu erfüllen, sondern lehnt diese ab.

Die berufliche Neuorientierung, welche verbunden ist mit dem Abbruch einer Promotion und eines Lehramtsstudiums, wird dabei nicht als Misserfolg gerahmt. Hierin ist die Orientierung an einer *optimistischen* Entwicklungsperspektive zu rekonstruieren.

Die Orientierung an *relevanten Anderen* ist im Intervieweinstieg noch nicht eindeutig rekonstruierbar: Einerseits werden institutionelle Normen abgelehnt, andererseits deutet sich auch eine stark selbstbezogene Perspektive an, indem die eigenen Fragen und das selbstständige Beantworten dieser ins Zentrum gerückt werden und die Zusammenarbeit mit anderen dabei eher abgelehnt wird. Daneben werden auch Fragen der Familienfreundlichkeit und der Freundschaften als relevant dargestellt, was auch eine Orientierung an der Mitwelt anzeigen könnte – insgesamt wird jedoch kaum von Interaktionen mit anderen Personen berichtet.

Als Ausprägung der fachbezogenen Typik ist hier bereits eine Orientierung am *Weltverstehen* angedeutet. Jägers biographische Darstellungen sind geprägt von einer analytischen, rationalen und neugierigen Grundhaltung, mit der er sich alles erschließen kann. Diese Grundhaltung deutet er auch bereits als Ziel des Unterrichts an.

Summative Zusammenfassung Pos. 142-236

Es schließt sich der eher fachliche Teil mit Fragen zu Unterschieden zwischen Physik und Technik und der Beziehung zwischen diesen an. Herr Jäger beschreibt dabei eine zeitliche Ordnung zwischen Physik und Technik: „technik ist die anwendung °der physik.° (2) es muss erst phy-

> sik gemacht- also in der regel ist der schritt, es wird erst physik gemacht und dann wird es angewandt in form von technik". Die Ausführungen illustriert er u. a. mit dem Beispiel des Giant-Magnetoresistance-Effekts und moderner Kommunikationstechnik. Als weiteren Punkt führt er an, dass Naturgesetze unabhängig vom Menschen bestehen und überall Gültigkeit besitzen, was er als Einsteins Äquivalenzprinzip bezeichnet.[a] Diese Allgemeingültigkeit der Physik ist für ihn die Abgrenzung zur Technik, bei der „sich jemand HINgesetzt und [. . .] das zuSAMmengeschraubt [hat]".
>
> [a] Einsteins Äquivalenzprinzip bezeichnet abweichend von Herrn Jägers Darstellungen die Ununterscheidbarkeit von träger und schwerer Masse (Demtröder, 2015, S. 51).

Auf den Stimulus hin, ob ihm „beim reden über physik und technik irgendwie noch [etwas] EINgefallen oder WICHtig ist?", beschreibt Jäger seine Haltung gegenüber Technik:

> *viele meiner (.) freunde und auch, auch aus dem (.) aus der familie die haben halt maschinenbau oder ingenieurswesen studiert (2) die BRENnen da toTAL für, ja? so für die gibt's NICHT BESSeres, als IRGENDWO DRAN RUMzuschrauben und (.) irgendwas AUFzubauen (.) irgendwie nen MOtor SUMMEN zu hören [Interviewer: hm hm] und ich denk mir nur boah, das ist GÄHNend langweilig. (2) ja, das war schon IMMER so*
> (David Jäger, Pos. 236-242)

Herr Jäger distanziert sich deutlich und abwertend von der technischen Sphäre. Technik wird reduziert auf ein Rumschrauben und Aufbauen. Die Objekte, um die es dabei geht, werden als beliebig austauschbar dargestellt („IRGENDWO DRAN", „irgendwas"). Dabei grenzt er sich auch von seinem direkten Umfeld ab. Die Begeisterung der anderen (insbesondere seines näheren Umfelds) für technische Belange wird als irrationale Neigung dargestellt, der er mit Unverständnis und Desinteresse begegnet. Die Ablehnung wird hier – analog zu der Ablehnung der Spezialisierung und Vertiefung in der Wissenschaft (vgl. Jäger, Pos. 54-63) – mit Langeweile begründet. Darin drückt sich eine Art Überlegenheit aus: Technische Details werden nicht in ihrer Komplexität anerkannt, sondern als uninteressant bagatellisiert.

Der Interviewer leitet dann zum nächsten Themenblock über und fragt nach spontanen Assoziationen mit dem Begriff Verantwortung, worauf Herr Jäger antwortet:

> *Jäger: ((holt tief luft)) also das erste, was ich damit assoziiere, ist im moMENT ähm (.), weil ich mich das auch zur zeit so sehr interessiert das thema, habe ich viel drüber gelesen, ist die verantwortung der WISSENschaften gegenüber der gesellschaftlichen mittelschicht.*
> (David Jäger, Pos. 273-276)

Wie bereits zuvor holt Herr Jäger deutlich hörbar tief Luft, bevor er zur Antwort ansetzt. Dies könnte wieder auf eine Ausführlichkeit der kommenden Antwort oder eine wahrgenommene Besonderheit der Frage hindeuten. Herr Jäger beginnt seine Antwort mit der Einordnung, dass das Folgende „das erste" ist, was er damit assoziiert. Herr Jäger greift damit die Wortwahl des Interviewers auf und signalisiert, dass seine Antwort in der gewünschten Art und Weise des Assoziativen geschieht. Herr Jäger betont das Aspekthafte seiner Antwort, indem er sagt, dass diese „erste" Assoziation ihm „im moMENT" kommt, da es ihn „zur zeit" interessiert. Zu anderen Zeitpunkten wären andere Antworten denkbar – womit er auch eine Vielseitigkeit und Wechselhaftigkeit seiner Interessen verdeutlicht.

Er beschreibt auch die Art und Weise, in der er sich mit dem Thema beschäftigt: Er interessiert sich „so sehr" und hat „viel" darüber gelesen. Gerade der Einschub „habe ich viel drüber gelesen" kann einerseits als Beleg dafür verstanden werden, dass er an dem Folgenden ein tatsächliches, großes Interesse hat. Auf pragmatischer Ebene kann der Einschub auch dahingehend gedeutet werden, dass Herr Jäger deutlich macht, dass er jemand ist, der viel zu einem Thema liest und sich so eine fundierte Meinung bildet. Dies steht in einem Spannungsverhältnis zu seinen vorherigen Ausführungen, bei denen er die tiefergehende und längerfristige Beschäftigung als negativen Horizont darstellt. Eine mögliche Auflösung dieses Konflikts ist in dem beschriebenen Wechsel der Themen, mit denen er sich beschäftigt, angedeutet („zur zeit").

Nach dieser Rahmung der Antwort beschreibt Jäger seine Assoziation mit den Worten „die Verantwortung der Wissenschaften gegenüber der gesellschaftlichen Mittelschicht." Diese stark substantivierte Antwort wirkt ausgereift statt ad-hoc-konstruiert, theoretisch aufgeladen und durchdrungen und dabei gleichzeitig wenig persönlich. Herr Jäger spricht hier im

Zusammenhang mit Verantwortung nicht von Personen, sondern von Strukturen: Die Wissenschaften bilden ein personifiziertes, eher aktives Verantwortungssubjekt, während die Mittelschicht eine (passive) Verantwortungsinstanz bildet.

Herr Jäger konstruiert hierbei mehrfach Differenzen: einerseits zwischen Wissenschaften und der gesellschaftlichen Mittelschicht und andererseits innerhalb der Gesellschaft, die geteilt wird in verschiedene Schichten. Herr Jäger nimmt dabei eine beobachtende, distanzierte, analytische Haltung ein. Er konstruiert sich selbst nicht als diesen Bereichen zugehörig.

Summative Zusammenfassung Pos. 277-296

Im Folgenden beschreibt Herr Jäger das angedeutete Problem näher und diagnostiziert „den=gesellschaft-(.) wissenschaften ausgeprägten elitarismus“ und mangelnde Wissenschaftskommunikation. Dies führe – beschleunigt durch soziale Medien – zu einer Kluft zwischen gesellschaftlicher Mitte und Wissenschaften und damit auch zu einer Anfälligkeit gegenüber Verschwörungstheorien.

Hieran anknüpfend stellt er eine Verbindung zum Auftrag von Schule und insbesondere des naturwissenschaftlichen Bereichs her:

> *wenn wir das mal auf die schule übertragen wollen, ist die verantwortung des naturwissenschaftlichen bereichs den SCHÜlern rationales und analytisches denkvermögen beibringen zu wollen.*
> (David Jäger, Pos. 296-299)

Herr Jäger beschreibt zunächst allgemein das Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts. Dabei spricht er in der ersten Person Plural („wir“). Dies kann auf pragmatischer Ebene verstanden werden als eine Vergemeinschaftung mit dem Interviewer. Dies ist bereits angedeutet in der vorherigen Verwendung voraussetzungsvoller Begriffe (z. B. „elitarismus“, „spin-orbit-wechselwirkung“, „QUASIkristalle“), die Herr Jäger als nicht erklärungsbedürftig für den Interviewer hält und so einen gemeinsamen Erfahrungshintergrund konstruiert. Andererseits stellt das vergemeinschaftende „wir“ eine typische Formulierung in einem lehrkraftgeführten Unterrichtsgespräch mit Schüler*innen dar, was auf pragmatischer Ebene

eher eine hierarchische Beziehung signalisiert. Demnach wäre hier nun also Herr Jäger derjenige, der den Gesprächsverlauf bestimmt – was zu dem ganz zu Beginn des Interviews durch Herrn Jäger gesetzten Rollenverständnis passt.

Die formulierte Absicht, die Ausführungen „auf die schule übertragen [zu]wollen", wird dann gleich umgesetzt. Inhaltlich schlägt Herr Jäger dabei eine Brücke von den zuvor beschriebenen gesamtgesellschaftlichen Analysen hin zum System Schule. Dabei führt er die Ausführungen im Weiteren eng auf den „naturwissenschaftlichen Bereich", reduziert jedoch nicht ausschließlich auf das Fach Physik, sondern schließt die anderen naturwissenschaftlichen Fächer mit ein. Wie bereits zuvor werden statt Personen (wie z. B. Lehrkräften), Strukturen genannt („naturwissenschaftlichen bereichs"). Diese Strukturen werden als aktiv konzipiert: Sie tragen Verantwortung, ihnen wird der Wille zu etwas zugesprochen, der Bereich selbst (nicht Personen) soll etwas beibringen (wollen). Die Verantwortung, die Herr Jäger an dieser Stelle beschreibt, besteht nicht darin, den Schüler*innen etwas beizubringen, sondern in dem Willen dazu. Verantwortungsgegenstände sind demnach nicht die Konsequenzen einer Handlung, sondern die Handlungsmotive (vgl. deontologische Ethik bzw. Pflichtethik). Andererseits kann die Formulierung auch als Ausdruck eines realistischen, konstruktivistischen Unterrichtsverständnisses gelesen werden. Demnach können Kompetenzen nicht vermittelt werden, sondern Schüler*innen bauen diese selbst auf. Eine dritte Lesart des Wollens ist die eines schwachen Verantwortungskonzeptes. Hierbei dient das Abzielen auf eine Absicht als Gegenstand der Verantwortung dazu, die Nicht-Erfüllung auf z. B. ungünstige Rahmenbedingungen zurückzuführen. Das rationale und analytische Denkvermögen wird als ein Gegenhorizont zu Fake News und Verschwörungstheorien entworfen. Dabei wird die Metapher des (Denk-)Vermögens verwendet, die neben der Bedeutung einer Fähigkeit auch die Bedeutung von etwas Wertvollem, wie einem Schatz haben kann.

Nach dieser allgemeinen Beschreibung wechselt Herr Jäger in eine szenische Erzählung dazu, wie er diese Ausrichtung wahrscheinlich seinen Schüler*innen darlegt, gefolgt von einer Coda, in der er die Erzählung noch mal auf die Verantwortung des naturwissenschaftlichen Bereichs bezieht.

> *NICHT unbeDINGT- also ich sag- ich hab das denen auch gesagt, ich- is mir- also is mir ja nicht WICHTIG, ob ihr, wenn ihr dann in der zwölften rausgeht, ob ihr dann noch WISST, was die ideale gasgleichung ist ja? und dass ihr mir sagen könnt ähm, wie n beta minus zerfall stattfindet. das is- das ist mir eGAL, ja? das ist einfach nicht WICHTIG. ihr sollt einfach DENKEN LERNEN. sonst kommt der erste versicherungsberater und haut euch übers OHR und lacht sich ins fäustchen. jau und ähm (3) das ist die verantwortung auch des äh naturwissenschaftlichen bereichs.*
> (David Jäger, Pos. 299-307)

Herr Jäger setzt zunächst an mit „NICHT unbeDINGT-". Bricht jedoch ab und wechselt in die Erzählsituation. Auch da bricht er mehrmals ab, bevor er in einem sehr flüssigen Stil erzählt. Er nutzt hier Formen der direkten Rede, spricht seine Gegenüber mit „ihr" an. Die Adressaten von Herrn Jäger werden nicht explizit genannt und nur anonym als „mit denen" bezeichnet. Die Formulierung wirkt distanziert, eher wenig wertschätzend. Herr Jäger setzt hier voraus, dass sich der Interviewer aus der Darstellung, die eine Unterrichtssituation mit Schüler*innen nahelegt, erschließen kann, wer mit „denen" gemeint ist.

Mit deutlicher und wiederholter Betonung („WICHTIG") grenzt sich Jäger von geltenden, normativen Vorgaben in Form curricularer Ziele ab. Er nimmt eine missionarische, rebellische, systemkritische Position ein, die zunächst als seine subjektive Position markiert wird („mir ja nicht WICHTIG", „das ist mir eGAL"), dann aber eine absolute Gültigkeit erfährt, wenn Herr Jäger sagt: „das ist einfach nicht WICHTIG. ihr sollt einfach DENKEN LERNEN". Die Semantik (z. B. „einfach", keine Unsicherheitsmarkierung, Abschwächung oder Einschränkung) und Syntax (kurze, klare Hauptsätze im Indikativ, Präsens) unterstreichen diesen absoluten Anspruch. Die Abgrenzung von geltenden Normen und die Metapher der Entsendung („wenn ihr dann in der zwölften rausgeht") zeigen Parallelen zu einer missionarischen Predigt, in der Normen neu gesetzt werden. Die Schule wird dabei metaphorisch als ein geschlossener (vielleicht auch geschützter) Raum konzipiert. Dieser wird „in der zwölften" Klasse verlassen. Das Draußen wird damit zum Kontrast zur Schule.

Das Ziel wird zunächst ex negativo bestimmt, indem Herr Jäger Fähigkeiten und Wissensbestände aufzählt, die aus seiner Perspektive nicht wichtig

sind. Schließlich wird jedoch auch ein positiver Horizont konstruiert als eine Zielperspektive des naturwissenschaftlichen Bereichs: „einfach DENKEN LERNEN“. Hier verkürzt er seine Formulierung aus Pos. 298 „rationales und analytisches denkvermögen“ und betont diese stark. Eine spezifische Form des Denkens und damit auch des Weltzugangs wird damit als die einzig wichtige, die einzig gültige markiert. Worin sich diese gewünschte Fähigkeit äußert und was genau damit gemeint ist, bleibt zunächst implizit.

Herr Jäger eröffnet mit „sonst“ ein mögliches Szenario für den Fall, dass das Ziel „DENKEN LERNEN“ nicht erreicht wird Dies kann auch als moralische Lehre oder Drohung verstanden werden, dass Konsequenzen drohen, wenn dies nicht erreicht wird. Herr Jäger wechselt dabei in eine stark bildhafte Alltagssprache („haut euch übers OHR und lacht sich ins fäustchen“), was im Kontrast zur vorangegangenen theoretisierenden Analyse steht. Die verwendeten Metaphern lassen den (männlich konzipierten) „versicherungsberater“ wie einen heimtückischen Schurken in einem Märchen erscheinen, der den Schüler*innen auflauert und ihnen Böses will. Diese Metaphorik stärkt die Lesart der Schule als geschützten Raum und der Konzeption des Draußen als gefährlicher Welt. In dieser dient das analytische und rationale Denkvermögen (nicht Wissensbestände) als Schutz gegen Schurken wie den Versicherungsberater, von denen mehrere (die Formulierung „der erste“ impliziert, es können noch mehr kommen) wie zu bewältigende Aufgaben auf die Schüler*innen zukommen. Das „DENKEN LERNEN“ impliziert also auch eine Skepsis oder ein Misstrauen gegenüber anderen und einen eher allgemein informierten und kritischen Umgang mit Personen und Situationen. Im Kontrast zu der Darstellung großer gesellschaftlicher Zusammenhänge („verantwortung der WISSENschaften gegenüber der gesellschaftlichen mittelschicht“) ist die Erzählung eher in der alltäglichen Lebensgestaltung verortet. Die Schüler*innen werden also hier nicht als (Mit-)Gestalter*innen von Gesellschaftsstrukturen konzipiert, sondern als ihren Alltag bewältigende Personen. Das analytisch-rationale Denkvermögen wird dabei zu einem universellen Werkzeug für die Bewältigung aller Aufgaben.

Herr Jäger schließt den Rahmen um die Beschreibung und Erzählung zum „naturwissenschaftlichen bereich“, die er in Pos. 296 begonnen hat. Er wiederholt dabei die Formulierung von Strukturen (hier „bereich“) als Verantwortungsträgern (statt Personen) und versieht die Verantwor-

tungszuschreibung mit hoher Sicherheit, indem er die Aussage nicht als subjektive Einschätzung, sondern als Tatsache markiert. Er deutet jedoch auch an, dass dies nicht nur auf den naturwissenschaftlichen Bereich zu beziehen sein könnte. Mit dem „auch" könnte er auch die anderen Bereiche bzw. Fächer miteinschließen, wobei er diese zuvor nicht explizit nennt und in der sich anschließenden Erzählung explizit gegenüber den Naturwissenschaften abwertet:

> *und ich hatte da auch ne ganz interessante diskussion mit zwei ethikREFERENDAREN [Interviewer: °mh spannend, erzähl°] und ähm (.) die haben dann so gem- die haben mich halt gefragt und welches fach machst DU? und ich meinte so ja mathe und physik (.) und dann so ha häm die WICHtigen fächer. ich meinte GANZ GENAU [Interviewer: @(.)@] und dann sagten die so ähm (2) ach und warum sollen die denn WICHtig sein? ich so, na weil wir- weil wir die einzigen fächer sind, die, die denen äh (.) DENKEN beibringen (.)*
> (David Jäger, Pos. 307-314)

Die Erzählung, welche er wertend als „spannend" bezeichnet, wird sehr aus der Perspektive von Herrn Jäger erzählt. Dieser steht als handelndes Subjekt im Zentrum, was sich in Formulierungen und Grammatik deutlich widerspiegelt: Es wird keine gemeinsame Diskussion beschrieben, sondern er ist derjenige, der in der Erzählung die Diskussion *hatte*. Die Diskussionpartner „zwei ethikREFERENDARE" werden – in Abgrenzung zum zuvor beschriebenen „naturwissenschaftlichen bereich" – über ihr Fach (Ethik) von Herrn Jäger charakterisiert. Außerdem wird der Fokus auf ihren Status als Referendare gelegt, was besonders betont wird. Herr Jäger bezeichnet sie nicht als Lehrkräfte oder Kollegen, womit ihre noch nicht abgeschlossene Ausbildung betont wird.

Der Interviewer bestärkt Herrn Jäger in seiner Schilderung und signalisiert sein Interesse an der Erzählung. Schon bevor der Inhalt der Diskussion genannt wird, zeigt der Interviewer so, dass allein die Konstellation – Ethikreferendare und Herr Jäger, der sich als Vertreter des naturwissenschaftlichen Bereichs darstellt – erzählenswert ist.

In dem nacherzählten szenischen Dialog fasst Herr Jäger die Referendare als handelnde Subjekte zusammen und spricht von ihnen nur in der dritten Person Plural. Das verwendete „die" wirkt distanziert und unpersönlich.

Die erzählten Personen duzen sich, scheinen sich aber nicht zu kennen, da die beiden Referendare Herrn Jäger fragen, „welches fach“ er macht. Das eigene Unterrichtsfach wird damit als relevantes Merkmal in der erzählten Situation markiert. Es wird nicht erzählt, wie Herr Jäger das Fach der Referendare erfährt. Herr Jäger nennt seine Unterrichtsfächer „mathe und physik“, wobei er hier zuerst „mathe“ nennt, obwohl über seine Rolle als Mathematiklehrer im bisherigen Verlauf des Interviews nicht gesprochen wurde. Seine Tätigkeit als Lehrer im Profilfach Technik nennt er hier nicht. Die Reaktion der „ethikREFERENDARE“ wird dann nicht mehr eingeleitet durch die Angabe der Sprechenden, sondern die Reaktion nur noch mit einem „und dann so“ gerahmt. Die Akteure werden sprachlich unsichtbar. Ihre Äußerung wird zunächst stockend wiedergegeben („ah häm“), dann kurz und knapp: „die WICHtigen fächer“. Die Lesart der Aussage als überspitzt und (selbst-)ironisch bestätigt sich dann in der Frage, die sie an Herrn Jägers stark betonte Bestätigung „GANZ GENAU“, welche seine wahrgenommene und offen kommunizierte Überlegenheit widerspiegelt, formulieren.

Herr Jäger bekräftigt sprachlich dann immer weiter die konstruierte Differenz zwischen den Ethikreferendaren und ihm: Er konstruiert ein einzigartiges „wir“ und identifiziert sich nun mit den Fächern, indem er sich gleichsetzt: „wir [sind] die einzigen fächer“. Dieses „wir“ ist deutlich überlegen, weil nur diese „denen äh (.) DENKEN beibringen.“ Herr Jäger wiederholt hier wieder die Formulierung, in der er schon zuvor über Schüler*innen gesprochen hat („denen“). Die Aussage wird nicht als Meinung oder persönlicher Anspruch formuliert, sondern als Tatsache im Indikativ Präsens dargestellt. Er spricht dabei auch in sehr absoluten Formulierungen, indem er nicht von einer bestimmten Art des Denkens in den Naturwissenschaften spricht, sondern das Denken als singulär den Naturwissenschaften zugehörig konstruiert.

Summative Zusammenfassung Pos. 312-322

Herr Jäger beschreibt dann den Dialog weiter, wobei die Referendare nun als einzelne Sprecherinnen dargestellt werden und dabei auch durch Pronomen ihr Gender als weiblich identifiziert wird. Herr Jäger beschreibt den Widerspruch einer Referendarin mit Bezug auf Logik in

> der Ethik. Dem „UND, ODER, NICHT“ spricht Herr Jäger die Geltung ab: „das ist ja keine KUNST.“ Auf die Aussage einer der Lehrerinnen, dass ihr das „immer SO SCHWER“ falle, reagiert Herr Jäger mit einem fragenden „SIEHSTE? [. . .] das sollte dir NICHT SCHWERfallen“, womit er die Differenz zwischen sich und den Ethiklehrerinnen noch mehr verstärkt und sich als überlegen darstellt.

Auf die Frage einer der Ethikreferendarinnen, was denn Herr Jäger „denen“ beibringt und wozu das gut sein soll, antwortet Herr Jäger:

> *ich meinte so, ja damit die schüler nicht aus dem (.) aus der aus der SCHUle rausgehen und an die nächstdumme äh verschwörungstheorie glauben. ja dass die einfach in der lage sind wahrschenlichkeiten und risiken gegeneinander abzuwägen [Interviewer: hm]. zum beispiel (.) diesen ganzen IMPFblödsinn (.) und dann hat die andere ethiklehrerin gesagt so (.) ja aber impfen ist auch nicht gesund. und ich so SIEHSTE und dann war dieses gespräch beendet @(.)@*
> (David Jäger, Pos. 322-328)

Herr Jäger wiederholt hier das Motiv „aus der SCHUle rausgehen“ – wobei hier nun die „schüler“ explizit genannt werden. Analog zum „erste[n] versicherungsberater“ wird hier die Bedrohung durch die „nächstdumme äh verschwörungstheorie“ konstruiert. Hier verknüpft Jäger nun die Inhalte seiner Beschreibung zur Verantwortung der Wissenschaft gegenüber der gesellschaftlichen Mitte mit dem Beitrag des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Das allgemein postulierte Ziel „DENKEN LERNEN“ operationalisiert Herr Jäger nun dahingehend, dass Schüler*innen „einfach in der lage sind wahrschenlichkeiten und risiken gegeneinander abzuwägen“, um so geschützt gegen Verschwörungstheorien (er nennt das Beispiel Impfungen) zu sein. Herr Jägers Stil spitzt sich in der szenischen Erzählung zu, seine Ausdrucksweise wird verächtlicher („nächstdumme“, „IMPFblödsinn“).

Herr Jäger stellt dann die Antwort der Ethiklehrerin dar – und bezeichnet sie an dieser Stelle auch als solche und nicht mehr als Referendarin. Damit wird die Diskrepanz zwischen der durch die Rolle als Lehrerin zugeschriebenen Kompetenz und der von Herrn Jäger in der Erzählung abgesprochenen Kompetenz noch deutlicher. Er stellt dar, dass die Ethiklehrerin sagt, „ja aber impfen ist auch nicht gesund“. Hier wird die Aussage

als Tatsachenbehauptung dargestellt und nicht als unsicher, eine eingeschränkte Einschätzung oder Meinung gekennzeichnet. Das vorgeschaltete „ja aber“ verstärkt die Differenz zwischen der Lehrkraft und Herrn Jäger.

Auf die Aussage der Ethiklehrerin reagiert Jäger mit einem kurzen, wissenden „SIEHSTE?“. Damit wiederholt er die Bemerkung, mit der er zuvor die Kompetenz im Bereich Logik der Lehrkraft geringgeschätzt hat. Er diagnostiziert der Lehrerin mangelnde Kompetenz auch beim von ihm gesetzten Ziel, „wahrschenlichkeiten und risiken gegeneinander abzuwägen“, und inszeniert sich als Analyst, der die Personen und Umstände richtig diagnostizieren kann. Die Lehrerinnen werden dabei sinnbildlich für die anderen – nicht naturwissenschaftlichen – Fächer abgewertet.

Herr Jäger stellt dann kurz und knapp fest: „und dann war dieses gespräch beendet“. Es wird nicht expliziert, wer das Gespräch beendet, aber es wird der Misserfolg der Kommunikation als klare Konsequenz des Gesprächsverlaufs dargestellt. Herr Jäger und die beiden Ethiklehrerinnen haben keine funktionale, gemeinsame Gesprächsgrundlage auf der sie die Unterhaltung fortführen können. Eine Chance auf einen sachlichen Austausch sieht Herr Jäger nicht – er unternimmt keinen Versuch dahingehend.

Summative Zusammenfassung Pos. 328-513

Im weiteren Verlauf wiederholt er die Motive der Erzählung noch mal in allgemeinen Beschreibungen und Analysen zu gesellschaftlichen Zusammenhängen, z. B. formuliert er seine Enttäuschung darüber, dass Entscheidungen nicht mehr auf Grundlage von „tatsachen“ gefällt werden, sondern „weil irgendwas grade geGLAUBT wird. ja davon hatten wir uns irgendwie ge- geLÖST“.

Er wiederholt auch die Diskrepanz zwischen naturwissenschaftlichen Fächern, in denen es eben um Tatsachen geht („da gibt’s halt auch keine diskussion“) und den anderen Fächern, in denen „lernen sie halt meinungen zu äußern“.

Auf den Impuls des Interviewers hin zu Verantwortung im Kontext Technik zeigt sich Herr Jäger erneut als jemand, der gesellschaftliche Zusammenhänge analysieren und diese bildungssprachlich darstellen kann. Er beschreibt „overengineering“ und „nachhaltigkeit“ und

> verknüpft das mit Beobachtungen aus dem schulischen Alltag („elektrischen raDIERER", „FRICtion stifte"). Er distanziert sich von der geläufigen Kritik am Umgang von Kindern mit digitalen Endgeräten. Die Hochtechnisierung des Alltags und die damit verbundene Abhängigkeit sieht er als Risiko an z. B. im Hinblick auf Ressourcenknappheit.

Der Interviewer fragt dann, wie das, was „wir jetzt diskutiert haben [. . .] im physikunterricht ne rolle spielt". Herr Jäger betont, dass es ihm „ganz wichTIG" ist „moderne technik" in den Physikunterricht zu integrieren. Technikbezüge aus „dem lehrplan und in den lehrbüchern" sind aus seiner Sicht jedoch veraltet:

> *wenn ich dann anfange und sage ähm ((schnippt mit dem finger)) guckt her ja das ist ne schm-, also (.) das ist ne SCHMELZsicherung, zum beispiel also schme- schmelzsicherung ist sowas, was mir immer (.) aufstößt irgendwie [Interviewer: @(.)@]. ich meine (2) klar die dinger waren früher riesengroß, die konnte man sehen, die musste man tauschen und häm das ist regelmäßig mal vorgekommen. (2) heute? (2) nicht mehr, nicht mehr releVANT*
> (David Jäger, Pos. 513-519)

Herr Jäger nutzt hier wieder einen erzählerischen Stil. Er verwendet direkte Rede („guckt her") und körperliche, parasprachliche Gesten (Fingerschnippen). Das Schnippen mit den Fingern als vermutlich stark verinnerlichte Praxis im Unterricht, um Aufmerksamkeit einzufordern. Die Adressat*innen seiner direkten Rede werden nicht explizit genannt. Der Kontext der Aussage legt eine unterrichtliche Situation mit Schüler*innen nahe. Diese werden aufgefordert herzuschauen, um ein technisches Gerät („schmelzsicherung") zu sehen. Die Beschreibung legt nahe, dass Herr Jäger hier eine Situation entwirft, in der er vor der Klasse steht und das Gerät zeigt. Das technische Artefakt wird hier als ein reines Anschauungsobjekt in den Physikunterricht eingebracht. Es soll hier nicht analysiert, diskutiert, eingeordnet oder bewertet werden. Es wird nur „[ge]guckt", was die Schüler*innen eher als passive Rezipienten charakterisiert.

Herr Jäger bricht die Erzählung nach der Präsentation der „schmelzsicherung" ab und wechselt in eine beschreibende Bewertung. Er beschreibt seine Abneigung – metaphorisch durch das Aufstoßen auch stark körperlich konnotiert – gegenüber der Integration der Schmelzsicherung als Technik

in den Physikunterricht. Er signalisiert, dass die Schmelzsicherung nur ein „beispiel“ ist und die Abneigung und die folgende Begründung dafür auf mehrere Dinge zutreffen. Er signalisiert, dass ihm die ursprüngliche Relevanz der Schmelzsicherung durchaus bewusst ist („ich meine (2) klar“). Die Beschreibung des Einsatzes der Schmelzsicherung ist geprägt von unpersönlichen Konstruktionen („man“) und im Präteritum formuliert. Als Kontrast zum „früher“ stellt er die rhetorische Frage „heute?“ – gerahmt von deutlichen Pausen, die die Frage noch mal betonen. Die Frage ist genauso wie die Antwort elliptisch. Er stellt als Antwort auf die Frage die Technik als „nicht mehr releVANT“ dar.

Herr Jäger grenzt sich hier von der als gängige Praxis beschriebenen Einbindung von technischen Artefakten ab, die aus seiner Sicht keine aktuelle Relevanz mehr haben. Szenisch beschreibt er, wie er die Praxis im Unterricht selbst zunächst reproduziert – vielleicht auch als fiktive Szene. Er bricht die Darstellung jedoch ab, um eine Bewertung dieser Praxis vorzunehmen.

Summative Zusammenfassung Pos. 519-576

Herr Jäger führt im Folgenden noch weitere gängige technische Kontexte des Physikunterrichts auf, die aus seiner Sicht nicht mehr relevant sind. Er summiert: „da muss also aufgeholt werden“. Es signalisiert jedoch auch, dass er die Schwierigkeit sieht, moderne Technik einzubinden, weil „die themen, die in der schule unterrichtet werden, gar nicht (.) den eintritt dahin ermöglichen“. Auf den Impuls des Interviewers hin, eine „situation aus deinem unterrricht“, in der „explizit irgendwie was TECHnisches behandelt“ wurde, erzählt Herr Jäger, dass er beim Unterrichten des Themenbereichs Halbleiter stark Bezug zu aktueller Technik genommen hat, wie Dioden, LEDs und „chips“. Einen Chip „aus nem alten prozessor“ bringt Herr Jäger mit in den Unterricht:

> *also ich hab denen dann ne LUpe gegeben, hab dann diesen CHIP rumgegeben, dann konnten=se des SEHen und äh hatte vor- hatte vorne halt noch mit beamer die bilder von dem auflichtmikroskop gezeigt. und dann hatten sie die stückchen in der hand, die ich mit dem auflichtmikroskop aufgenommen hatte und sie selber hatten das nochmal in der hand [Interviewer: hmhm] so damit sie einfach mal*

> *sehen, was (.) wie KLEIN das alles ist ja? so und die setzen sich dann dahin, stecken ne schaltung zusammen, die ist so GROß, ja und äh [Interviewer: ja] (2) weiß ich nicht. also da hab ich das sehr stark versucht (.) das mit einzubinden*
> (David Jäger, Pos. 576-585)

Analog zum Zeigen der Schmelzsicherung beschreibt Herr Jäger nun eine Unterrichtssituation, in der Schüler*innen (wieder bezeichnet mit „denen") einen Chip aus einem Computer sehen. Die Schüler*innen sind dabei eher passiv: Sie sollen den Chip „einfach mal sehen", wobei sie noch eine Lupe zur Betrachtung haben und den Chip „in der hand" halten. Diese Formulierung wiederholt Jäger, wobei er dabei ergänzt, dass sie den Chip „selber" in der Hand hatten. Der Situation wird so eine Besonderheit zugesprochen, die Nähe der Schüler*innen zum technischen Artefakt hervorgehoben. Jägers Ziel dieser Situation (angedeutet durch ein „damit") ist, dass die Schüler*innen sehen „wie KLEIN das alles ist". Wie bei der Schmelzsicherung wird keine Analyse oder Bewertung des Gegenstands bezweckt, sondern nur das Sehen. Technik soll als Beweisstück für die Relevanz der physikalischen Unterrichtsinhalte dienen – in diesem Fall das „schaltung zusammen[-stecken]". Das Technikspezifische, wie z. B. die Miniaturisierung der logischen Schaltungen in der Mikroelektronik, kann bestaunt werden („wie KLEIN das alles ist") - eine tiefergehende Durchdringung findet nicht statt. Herr Jäger deutet an, dass der Zugang ihm vielleicht unzureichend erscheint: Er beschließt die Erzählung der Unterrichtssituation mit „weiß ich nicht" – es bestehen demnach noch Unklarheiten, die beschriebene Lösung ist keine final zufriedenstellende. Auch in der anschließenden Coda wird die Situation nicht als gelungene Integration beschrieben, sondern als ein Versuch („sehr stark versucht").

Summative Zusammenfassung Pos. 585-841

Im Folgenden beschreibt Herr Jäger, wie er beim Thema Radioaktivität moderne Strahlentherapie-Anlagen integriert und „bilder von diesem ding gezeigt" hat. Sehr ausführlich wird die Funktionsweise im Interview beschrieben, wobei Herr Jäger seine fachlichen Kenntnisse der medizinischen Physik wiedergibt.

Der Interviewer leitet dann thematisch mit dem Impuls „wie das (.) vielleicht bedeutsam wird, verantwortung im physikunterricht?“ weiter. Herr Jäger sagt, dass man im Physikunterricht „so zu aktuellen problemen der gesellschaft stellung beziehen, das ist auf jeden fall DRIN [Interviewer: ja], das MUSS auch sein und das ist auch PFLICHT“. Das illustriert er am Beispiel der Energiewende. Dabei nutzt Jäger wieder das Bild der Schüler*innen, welche die Schule nicht unvorbereitet verlassen sollen, sonst „gehen die alle raus und äh kaufen sich ein 20 liter auto und äh ver- fahren im dritten gang 100, ja“. Er beschreibt das Anfertigen einer Mind-Map im Unterricht zur Energiewende und wie er „dann halt alles mit (.) zahlen belegt“. Er wiederholt dann seinen Anspruch, „moderne sachen mit reinzubringen“ in den Physikunterricht, dem auch wegen begrenzter Ausstattung der Schule nur teilweise entsprochen werden kann. Als eine Möglichkeit nennt er den Besuch eines außerschulischen Lernorts im Rahmen eines Projekttages, sieht dabei aber den zeitlichen Konkurrenzdruck mit anderen Aktivitäten („es gibt irgendwie drei sporttage, es gibt drei schülerkonzerte, zwei musikfahrten und (.) ein ein einmal irgendwie FREMDsprachenkino und was weiß ich was. die sind also STÄNDIG WEG“).

Er antizipiert, dass außerschulische Aktivitäten einerseits zu Konflikten mit anderen Lehrkräften führen würden („ich wäre auch dazu bereit diese von den andern lehrern mir das einzuhandeln“) und andererseits auch Zielkonflikte zwischen den eigenen Zielen und den Standards nach denen die Schüler*innen zu prüfen sind bestehen: eine „zwickmühle“.

Auf den Impuls, dass der Interviewer keine Fragen mehr hat und Raum dafür gibt, was Herrn Jäger „jetzt durch den kopf geht“ und was er ergänzen möchte, führt dieser die Reflexion darüber, was das „ZIEL unseres bildungswesens sein soll“, weiter. Er identifiziert dabei einen Generationenkonflikt und konkretisiert noch einmal, wie er sein Ziel des „DENKEN LERNEN“, versucht bei Schüler*innen zu erreichen:

> *so und ähm (.) trotzdem, also grade auch bei den älteren kollegen sehe ich halt ähm (4), dass es noch vermehrt so ist. sowas wie das müsst ihr wissen wissen wissen wissen wissen und nicht ähm machen machen machen machen machen, ja? [Interviewer: ok] so und ich stell auch*

> *fast alle meine aufgaben mittlerweile OFFEN in physik, also grade in den HÖheren klassenstufen [Interviewer: ja], gestalte ich die aufgaben immer mehr offen. so dann (.) sag ich halt nur noch (2) ähm (3) rechne den spritverbrauch eines (.) lkws aus (.) der über ne autobahn fährt, mit berücksichtigung (.) der rollreibung, mit ausschließlicher berücksichtigung der rollreibung, dann müssen=se=sich halt alle sachen RAUSsuchen [Interviewer: ja]. oder sollen sie ABschätzen. die rollreibungszahl, ok (.) die schenke ich ihnen noch, ja, wenn sie nicht drauf kommen. aber jetzt mal, mein gott, MASSE abschätzen von dem lkw (.) ja? das wird man wohl HINkriegen (.) als (.) sechzehn siebzehnjähriger*
> (David Jäger, Pos. 841-854)

Herr Jäger setzt an mit einem „trotzdem“, womit er einen Kontrast zu seinen vorherigen Ausführungen zu Zielen des Bildungswesens konstruiert. Er setzt an, welche Beobachtung („sehe ich halt“) er bei den „älteren kollegen“ macht, überlegt dann jedoch länger und macht eine mehrere Sekunden lange Pause, was auf eine bewusste Wahl seiner Worte hindeutet. Sprachlich sehr auffällig durch die fünfmalige Wiederholung pointiert er den Unterschied zwischen seinen Bildungszielen und denen der „kollegen“ mit der Differenzierung zwischen „wissen“ und „machen“. Er übernimmt damit die Sprecherrolle der „kollegen“, die sich an die Schüler*innen richten und diesen mitteilen, welches Ziel sie erreichen sollen. Die Ablehnung der Fokussierung auf Wissen ist ein Motiv, das sich bereits durch das ganze Interview zieht, jedoch wurde es zuvor immer kontrastiert mit „DENKEN“ – hier wird nun noch stärker ein Fokus auf Handlungen gelegt.

Worin sich diese unterschiedliche Zielorientierung äußert, illustriert er dann an einem Beispiel aus seiner Praxis, die sich, wie er mit einem „mittlerweile“ andeutet, bereits in der relativ kurzen Zeit als Lehrkraft geändert hat und er sich entsprechend von der etablierten Praxis emanzipiert hat: Herr Jäger gestaltet seine Aufgaben „OFFEN“. Dabei wird der Grad der Offenheit unterschiedlich ausgeführt: Zuerst sagt Herr Jäger, dass er „alle“ Aufgaben offen gestaltet, dann schränkt er ein, dass dies „gerade in den HÖheren klassenstufen“ passiert und dann auch eher graduell „mehr offen“. Dies könnte andeuten, dass diese Praxis noch nicht stabil und verfestigt ist und Herr Jäger noch dabei ist, einen gangbaren Weg zu finden bei der Gestaltung der Offenheit von Aufgaben.

Er gibt dann ein Beispiel, wie eine solche Aufgabe aussehen kann. Dabei sind einige der für eine Berechnung der Zielgröße nötigen Werte nicht gegeben. Diese sollen von Schüler*innen rausgesucht oder geschätzt werden – ggf. „schenk[t]“ er ihnen Werte, die nicht auf diesem Wege erlangt werden (können). Seine potentielle Reaktion darauf, dass dies einige Schüler*innen vor Schwierigkeiten stellt, fällt sehr harsch aus („mein gott“, „das wird man wohl HINkriegen“). Herr Jäger sieht sich selbst als die Instanz, die die zu erwartende Fähigkeit einschätzen kann, und zeigt kein Verständnis für die Schwierigkeit der Aufgabe.

Summative Zusammenfassung Pos. 855-897

Im Folgenden bringt er noch ein weiteres Beispiel offener Aufgabenstellung. Er erzählt, dass die neu gesetzten Normen zunächst für Irritationen bei den Schüler*innen sorgen, aber schließlich akzeptiert werden. Er erzählt dann, dass diese Art von Aufgaben nicht Bestandteil von Prüfungen ist: „in ner kontrolle (.) mach ich dann geschlossene aufgaben“.

Typisierung David Jäger

Herr Jäger kann dem Typus *Universalist*in* zugeordnet werden. Zentral sind die hohe Zuschreibung von Gestaltungspotential und der formulierte Wille, bestehende Normen zu hinterfragen und neue Normen zu setzen. Herr Jäger bezieht dies auf nahezu alle Bereiche seiner Biographie, von der Gestaltung von Unterricht bis zum persönlichen Umgang mit Fragen gesellschaftlicher Verantwortung. In seinen Normen und Vorstellungen orientiert er sich vor allem an größeren Zusammenhängen von gesellschaftlicher Relevanz, in denen auch Verantwortung konstruiert wird, so bei seiner Technikbewertung (z. B. Ressourcenfragen) ebenso wie bei seinen Ansprüchen für schulische Bildung (z. B. Umgang mit Verschwörungsmythen). Vermittelt durch seine ablehnende Haltung gegenüber vielfältigen gängigen Praxen identifiziert er zwar zahlreiche Missstände, jedoch zeigt er sich optimistisch im Hinblick auf eine Entwicklung zum Besseren. Gerade seine persönliche Wirkung ordnet er positiv ein.

Neben diesen grundlegenden Orientierungen ist die fachbezogene Typik in der Ausprägung Weltverstehen zentral für Herrn Jäger. Physikalische Bildung soll kein fachliches Lernen sein, sondern eine analytisch-rationale Grundhaltung schaffen, welche zum universellen Schlüssel wird, alle Fragen (die vor allem in der eigenen Neugier begründet sind) zu beantworten, allen Herausforderungen – auch nicht-physikalischen – zu begegnen. Technikbezüge innerhalb der Physik werden unter dem Primat des Weltverstehens bewertet: Veraltete Technik, die den physikalischen Unterrichtsinhalten nahesteht, wird als lebensfremd abgelehnt, da sie dem Ideal des Weltverstehens nicht zuträglich ist. Der Versuch, lebensnahe, moderne Technologie in den Unterricht zu integrieren, verbleibt auf der Ebene des Illustrativen: Technik wird zum Anschauungsobjekt, zum Nachweis der Relevanz physikalischer Inhalte, aber nicht produktiv zur Analyse gewendet.

6.4.2 Florian Schwarz, Typus Erklärer*in

Kurzbeschreibung Florian Schwarz

Florian Schwarz unterrichtet an einem Gymnasium die Fächer Physik und Sport. Er hat ein abgeschlossenes Lehramtsstudium und Referendariat. Zum Zeitpunkt des Interviews ist Florian Schwarz 29 Jahre alt und im zweiten Jahr als fertig ausgebildete Lehrkraft tätig. Florian Schwarz und der Interviewer waren vor dem Interview durch einen gemeinsamen Freund bereits bekannt, der den Kontakt hergestellt hat. Das Interview fand während der Schulferien in einem Besprechungsraum der Fachgruppe Physikdidaktik an der Universität Halle statt. Es war das zweite durchgeführte Interview, welches direkt im Anschluss an das Interview mit David Jäger stattgefunden hat.

Ankerzitat

> *na zum beispiel, zum beispiel technische geräte, waRUM äh (.) warum KANN denn der kran jetzt das ding heben? oder diediesen diesen körper was weiß ich die paLETTE, diesen diesen trä- TEH=träger oder irgendwas oder (.) oder wie funktioniert ein AUTO (.) oder (.) warum gibt=s die MORGENröte, ja ähm*

> *(.) also ganz zum teil sehr baNALe, aber zum teil (.) zum ersten, zum ersten anschein hochkompLEXe sachen, wie die einfach (.) funktionieren (.)*
> (Florian Schwarz, Pos. 25-31)

Auf den berufsbiographischen Einstiegsimpuls (vgl. Kapitel 6.4.1) antwortet Herr Schwarz folgendermaßen:

> *ja (.) also die (.) na das FACH an SICH hat mich in der SCHUle schon immer fasziniert und ich wollte WISsen, (2) ähm wie die DINGE (.) die so passieren, [Interviewer: mhm] waRUM sie passieren und WIE sie funktioniern. das hat mich eigentlich schon immer fasziniert*
> (Florian Schwarz, Pos. 5-8)

Schwarz beginnt auf die Frage, wie es dazu gekommen ist, dass er Physiklehrer geworden ist, mit dem Bezug zum „FACH an SICH". Physik wird dabei nicht als Naturwissenschaft oder als Phänomen konzipiert, sondern im schulischen Kontext („FACH") verortet. Mit „an SICH" könnte eine Einschränkung vorgenommen werden in Bezug auf die Themen bzw. Inhalte des Faches. Es ginge demnach nicht um den Unterricht (also das soziale Geschehen), sondern um die Inhalte des Physikunterrichtes. Die Präzisierung „in der SCHUle" kann eine lokale, aber vor allem auch eine zeitliche Verortung umfassen. Schwarz bezieht sich also auf seine Zeit als Schüler, wobei das „schon immer" Kontinuität und Langfristigkeit signalisiert. Schwarz beschreibt seine Faszination für das Fach. Faszination hat hierbei etwas Bewunderndes, Distanziertes, Staunendes.

Schwarz führt mit einem „und" einen weiteren Aspekt neben der eher passiven Faszination für das Fach ein: den Wunsch, zu wissen, warum und wie „die DINGE" passieren. Er stellt seinen individuellen Antrieb, seinen persönlichen Drang nach Wissen in den Mittelpunkt. Schwarz konzipiert Wissen um Ursachen (Kausalität, das *Warum*) und einen Modus (die Vorhersage von Prozessen, das *Wie*) als einen positiven Horizont, nicht ein (praktisches) Gestalten. Er formuliert dabei auf einer sehr allgemeinen, unspezifischen Ebene, obwohl er sehr individuelle, affektive Aspekte beschreibt.

Schwarz nennt „die DINGE (.) die so passieren" als Gegenstand seines Interesses und seiner Faszination. Durch das abschwächende „so" liegt die

Lesart von unspektakulären, lapidaren, eher alltäglichen Dingen nahe. Mit „DINGE“ bezeichnet Schwarz hier nicht (nur) materielle Artefakte, sondern vor allem beobachtbare Phänomene und Prozesse, wobei die Formulierung „DING“ als unspezifisch, künstlich geschaffen, distanziert, vielleicht fremd gelesen werden kann. Den Dingen werden zwei Aktivitäten von Schwarz zugeschrieben: Einerseits „passieren“ die Dinge. Hier ist kein*e Urheber*in oder Gestalter*in genannt, sondern es sind quasi von selbst ablaufende Prozesse. Das Individuum ist dabei passiv beobachtend. Andererseits richtet sich Schwarz' Interesse darauf, wie die Dinge „funktionieren“. Funktionieren kann hier im technischen Sinne verstanden werden, also auf die prinzipielle Konstruktion eines Gerätes abzielen. Es kann hier aber auch aus dem technischen auf einen eher natürlichen Kontext übertragen worden sein, wobei Funktion sich dann auf die z. B. mikroskopischen, mit menschlichen Sinnen nicht wahrnehmbaren Prozesse hinter einem beobachtbaren Phänomen bezieht. Schwarz wiederholt dann, dass ihn das „schon immer fasziniert“ hat, und zieht damit Parallelen zwischen den „DINGEN“ und dem zuvor genannten „FACH an SICH“. Eingeschränkt wird die Formulierung hier mit einem „eigentlich“.

Schwarz führt dann einen weiteren Aspekt neben der Faszination und dem Drang nach Wissen an:

> *und ähm (2) das ist aber halt, das ist mehr was vo- von MIR, ich fand, physik ist auch (.) fand ich NICH SO einfach. (.) [Interviewer: mhm] MIR fiels- ich hatte zum glück nen zugang dazu, aber ich fand,*
> (Florian Schwarz, Pos. 8-11)

Herr Schwarz markiert den folgenden Aspekt als sehr persönlichen, individuellen, vielleicht herausragenden Aspekt, der nicht so naheliegend ist wie die zuvor genannten: Das Motiv wird als „mehr was vo- von MIR“ bezeichnet und die Formulierung „ich fand“ mehrfach wiederholt. Die begonnene Schilderung von sicheren Tatsachen im Indikativ („physik ist auch“) wird abgebrochen und durch die subjektive Formulierung ersetzt.

Nach der Markierung als subjektive Position erfolgt ein Wechsel der Zeitform in die Vergangenheit. Naheliegend ist hier der Bezugsrahmen Schule und eine Darstellung der eigenen Erfahrungen als Schüler im Fach Physik. Die Charakterisierung der Physik erfolgt hierbei über eine abgeschwächte Negation: Physik fand er „NICH SO einfach“. Implizit wird Physik hiermit ein hoher, aber für Herrn Schwarz durchaus erfüllbarer

Anspruch zugeschrieben. Physik wird damit abgegrenzt von unterfordernden, anspruchslosen Fächern und erhält damit eine gewisse Exklusivität und Wertigkeit. Neben der zuvor genannten Faszination und dem Drang nach Wissen wird mit der wahrgenommenen Schwierigkeit ein weiterer fachlicher Aspekt durch Herrn Schwarz genannt. Damit wird der berufsbiographische Impuls bis hierhin einzig durch Bezüge zur Disziplin Physik und nicht im Hinblick auf den Beruf als Lehrkraft bearbeitet.

Herr Schwarz setzt dann fort mit „MIR fiels". Die Betonung auf „MIR" markiert erneut einen stark persönlichen, herausragenden, besonderen Aspekt. Er bricht die Formulierung jedoch ab und setzt dann einen Kontrast zu der geschilderten Schwierigkeit: „ich hatte zum Glück nen Zugang dazu". Die angedeutete Exklusivität wird hier metaphorisch weiter bearbeitet: Physik wird als etwas (ein Raum, ein Ort, eine Gemeinschaft) beschrieben, zu dem manche Leute einen Zugang haben und andere nicht. Den Zugang hat Herr Schwarz nicht durch Fleiß oder Leistung erhalten, sondern er hat ihn „zum Glück". Es hat also etwas Schicksalhaftes, Feststehendes, Gegebenes, ob man den „Zugang" zur Physik hat oder nicht.

Herr Schwarz setzt dann zu einer Rahmung seiner bisherigen Ausführungen an:

> *und deswegen, und das warn so ZWEI, die zwei großen gründe, warum ich studieren wollte, ich wollte (.) ich wollte lieber was machen, was ich (.) was SCHWER ist [Interviewer: ok] UND das fach an sich hat mich fasziniert-*
> (Florian Schwarz, Pos. 11-14)

Er markiert die Ausführungen als die „zwei großen Gründe". Auf den Impuls, wie es dazu gekommen ist, dass er Physiklehrer geworden ist, antwortet er mit Referenz auf persönliche Wünsche und Motive, welche dann als „Gründe" für die biographischen Entscheidungen angeführt werden. Er beschreibt die Berufsbiographie demnach als einen rationalen Abwägeprozess und sich selbst auch als den Gestalter, der entsprechend der eigenen Wünsche handeln kann. Äußere Umstände oder Zufälligkeit spielen demnach keine oder eine untergeordnete Rolle (wobei das beschriebene „glück" ein Moment von Fügung und Schicksal in der biographischen Erzählung bildet). Der Abwägeprozess ist dabei auch durch den angedeuteten Vergleich charakterisiert, dass er Physik „lieber" als etwas

anderes studieren wollte. Er nennt dabei jedoch keine anderen Vergleichsoptionen, also Fächer oder Bereiche, die er weniger attraktiv fand. Als ein Abweichen von Erwartungen und Wünschen Dritter könnte das „lieber [wollen]“ gedeutet werden. Physik wird von ihm an dieser Stelle nicht mehr ex negativo als „NICH SO einfach“ beschrieben, sondern explizit als „SCHWER“ bezeichnet. Dieses Attribut wird deutlich betont und an dieser Stelle auch nicht mehr als eine subjektive Position markiert. Dies stärkt die Wertigkeit und Exklusivität des Faches insbesondere gegenüber der Personengruppe ohne Zugang.

Die als Zusammenfassung der bisherigen Gedanken gerahmte Darstellung unterbricht Herr Schwarz dann durch einen Einschub:

> *achso UND wollte vor ALLEM (2) äh ich fand das immer schön, leuten zu HELfen, die vielleicht NICH so nen zugang dazu hatten, ohne dass ich ähm (.) ohne dass ich da von oben herABgeschaut habe, aber wenn, wenn ich helfen konnte, das hat mir halt immer geFALLen [Interviewer: ja] und und die und die warn auch meistens sehr DANKbar, wenn das funktioniert hat und deswegen hab ich, ja [Interviewer: hmm.] (.) das war dann, deswegen kam dann dieser wunsch.*
> (Florian Schwarz, Pos. 14-21)

Mit einem „achso“ markiert Herr Schwarz die Darstellung als plötzlichen Einfall und äußert ein Stück Überraschung. Er bricht die eigentlich angefangene Zusammenfassung seiner bisherigen Ausführungen ab, um zu ergänzen, was ihm beim Erzählen eingefallen ist. Er betont die hohe Relevanz und die Priorität des Folgenden vor den bereits dargelegten Aspekten („vor ALLEM“). Diese Wichtigkeit steht im Kontrast zu der Art der Darstellung, die einen plötzlichen Einfall beim Erzählen nahelegt, als hätte er diesen Aspekt fast vergessen, obwohl er explizit als der wichtigste bezeichnet wird.

Die Ausführung bricht er nach einer zweisekündigen Pause zugunsten einer Schilderung ab, die in der Erzähllogik notwendig scheint, um die Folgerung am Ende („deswegen kam dann dieser wunsch“) zu verstehen. Er erzählt, dass er „das immer schön [fand] leuten zu HELfen, die vielleicht NICH so nen zugang dazu hatten“. Herr Schwarz bezieht sich auf affektive Aspekte, indem er seine Gefühle beim Helfen beschreibt. Die Gruppe ohne Zugang zur Physik wird nun explizit genannt, wobei der Zugang nicht als

absolut, sondern als graduell unterschiedlich dargestellt wird. Die anderen haben nicht keinen, sondern nur „NICH so nen“ Zugang. Die Darstellung der Hilfe bleibt abstrakt und wird nicht durch eine konkrete Erzählung illustriert. Naheliegend ist eine Hilfe für Mitschüler*innen (von Schwarz nur allgemein und eher distanziert als „leute“ bezeichnet) bei Aufgaben oder der Vorbereitung für den Physikunterricht.

Ex negativo („ohne dass ich da von oben herABgeschaut habe“) wird der Modus der Hilfe beschrieben. Durch die genannte Möglichkeit des „von oben herAB“ wird eine mögliche, durch die explizite Verneinung wahrscheinlich sogar eine übliche Art der Beziehung zwischen den Gruppen mit und ohne Zugang zur Physik in den Fokus gerückt. Diese Hierarchie drückt sich auch in den Tätigkeiten und den zugehörigen Motiven der Gruppen aus: Herr Schwarz gibt Hilfe, weil er es schön fand und ihm „halt immer geFALLen“ hat. Die anderen „warn auch meistens sehr DANKbar, wenn das funktioniert hat“ – weil ihnen der Zugang zur Physik gefehlt hat. Das *Funktionieren* kann sich hier sowohl auf das Helfen an sich, als auch auf den Modus des Helfens (nicht „von oben herAB“) beziehen. Das Funktionieren wird dabei nicht ihm als handelndem Subjekt zugeschrieben (im Sinne eines persönlichen Gelingens), sondern nur auf den Prozess bezogen.

Schwarz resümiert, dass deshalb „dann dieser wunsch“ kam. Der Wunsch selbst wird an dieser Stelle nicht noch einmal präzisiert und damit Bezug genommen zu dem zuvor geäußerten Wunsch, Physik (als etwas Schweres und Faszinierendes) zu studieren. Er beschreibt, dass dieser Wunsch „kam“, womit hier also keine eigene, aktive und bewusste Entscheidung beschrieben wird, sondern ein selbstläufiger, externer Vorgang – aktiv ist in der Formulierung der Wunsch.

Insgesamt ist die Schilderung bis hier stark im Nahbereich und der eigenen Schulerfahrung verortet. Schwarz beschreibt, wie er Leuten geholfen hat. Relevant sind dabei vor allem affektive Komponenten, wie seine Faszination, die Freude am Helfen und seine eigenen Ambitionen: Er möchte etwas machen, das schwer ist, wobei er signalisiert, dass Physik ihm selbst deutlich leichter gefallen ist als anderen.

Der Interviewer fragt dann immanent zu einer Formulierung von Herrn Schwarz nach:

> *Interviewer: cool (.) ähm (.) was hast du gesagt: dinge (.) waRUM sie passieren und WIE sie passieren oder so [Schwarz: genau] kannst du das nochmal (.) beschreiben oder ein beispiel?*
> (Florian Schwarz, Pos. 22-24)

Der Interviewer bekundet mit einem umgangs- bzw. jugendsprachlichen „cool" seine Freude über die Ausführungen von Herrn Schwarz. Semantisch wird hiermit nicht die professionelle Beziehung zwischen Forschendem und Interviewtem, sondern eine eher persönliche und nahbare Beziehungsebene konstruiert. Die Nähe wird unterstützt durch das Eingehen auf das Gesagte von Herrn Schwarz und damit das Signalisieren von Interesse und Aufmerksamkeit. Der Interviewer wiederholt fast wörtlich die Formulierung von Herrn Schwarz zu seiner Faszination: „dinge (.) waRUM sie passieren und WIE sie passieren". Der Interviewer hier benutzt zweimal das Verb „passieren" und betont damit das Natürliche, Selbstläufige. Herr Schwarz hingegen verwendete abweichend davon auch die Formulierung „funktioniern" – mit der möglichen Lesart der eher mechanistischen, technisierten, zielgerichteten Ebene des Beobachteten. Der Interviewer setzt dann einen Frage-Impuls, ob Herr Schwarz das nochmal beschreiben kann, und fügt (elliptisch) hinzu: „oder ein beispiel".

> *Schwarz: JA, also prinzipiell [Interviewer: das ist ja] (.) na zum beispiel, zum beispiel technische geräte, waRUM äh (.) warum KANN denn der kran jetzt das ding heben? oder die- diesen diesen körper was weiß ich die paLETTE, diesen diesen trä- TEH=träger oder irgendwas oder (.) oder wie funktioniert ein AUTO (.) oder (.) warum gibt=s die MORGENröte, ja ähm (.) also ganz zum teil sehr baNALe, aber zum teil (.) zum ersten, zum ersten anschein hochkompLEXe sachen, wie die einfach (.) funktionieren (.)[Interviewer: ja] in ihren GRUNDzügen sozusagen. (2) ja*
> (Florian Schwarz, Pos. 25-32)

Herr Schwarz beantwortet die Frage mit einem betonten „JA" und gibt dann den Modus, die Abstraktionsebene seiner weiteren Antwort an: Zunächst setzt er mit einem „prinzipiell" den Fokus auf eine grundsätzliche Erklärung von Prinzipien und Zusammenhängen, nimmt dann aber das nachgeschobene „beispiel" des Interviewers auf und wiederholt dies zwei Mal. Er wechselt also von der eher abstrakten Ebene auf eine konkrete: Er

nennt dann „technische geräte“ als ein Beispiel – einen Fokus auf materielle, lebensweltliche Dinge, hier noch als eine sehr allgemeine Kategorie.

Die folgenden Beispiele sind als direkte Fragen formuliert. Er leitet die erste Frage mit „waRUM“ ein, wobei sich Schwarz in der Frage nicht auf Gründe, Ursachen oder Motivation bezieht, sondern auf ein Funktionsprinzip. Der Kran, als erstes genanntes Beispiel für technische Geräte, wird als aktiv, als fähig konzipiert (der Kran „KANN [...] das ding heben“). Da die Fähigkeit und Tätigkeit hier dem Gerät selbst zugeschrieben wird, sind in den Ausführungen keine handelnden menschlichen Subjekte genannt, die z. B. mit Hilfe des Krans etwas hochheben können. Handlungen geschehen zwischen Dingen – hier der Kran mit dem Ding, das dann noch spezifiziert wird als Körper, Palette oder T-Träger oder irgendwas. Der Begriff „körper“ ist hier der Physik bzw. dem Physikunterricht entlehnt und nicht im Sinne eines menschlichen Körpers, sondern als Bezeichnung für Objekte mit Masse und Volumen gemeint. „körper“ wird von Schwarz genauso wie „ding“ als abstrakte Oberkategorie genannt und dann präzisiert durch konkrete Gegenstände, wobei Herr Schwarz einerseits technische Fachbegriffe benutzt („TEH=träger“, Anmerkung: baulich verwendete T-Träger), andererseits die konkreten Geräte jedoch keine hohe Relevanz haben und letztlich austauschbar sind („oder irgendwas“).

Herr Schwarz führt weitere Beispiele in Form direkter Fragen an: „wie funktioniert ein AUTO (.) oder (.) warum gibt=s die MORGENröte“. Er führt also Beispiele aus dem technischen Bereich, aber auch Naturphänomene an. Dabei wechselt er nun zwischen „wie“ (Fokus auf die Funktionsweise des Gerätes) und „warum“ (Fokus auf die Ursache der Existenz eines Phänomens). Das „warum“ verwendet Schwarz in den Ausführungen in beiden Kontexten (Natur und Technik) und Bedeutungen (Funktion und Ursachen) – trennt hier also nicht zwischen den Sphären und Betrachtungsweisen. Die ontologische Ausrichtung der Frage, warum es etwas *gibt*, wird jedoch nur im Kontext Natur gestellt (in Bezug auf die Morgenröte) und nicht auf die Technik bezogen (im Sinne von: Warum gibt es einen Kran?).

Die genannten Dinge und Phänomene charakterisiert Schwarz nun als „zum teil sehr baNAL[...] aber zum teil (.) zum ersten, zum ersten anschein hochkompLEX[...]“. Hier kehrt Schwarz die erwartbare Formulierung, dass die Dinge auf den ersten Anschein banal und erst bei genauerer Betrachtung hochkomplex sind, um. Zwei Lesarten dieses scheinbaren

Widerspruchs sind möglich: Schwarz könnte meinen, dass ein Teil der genannten Dinge und Phänomene banal und ein anderer Teil hochkomplex ist. Naheliegender ist die Lesart, dass die Dinge und Phänomene je nach Art der Betrachtung (z. B. mit und ohne eine physikalische Betrachtungsweise) banal oder hochkomplex erscheinen. Diese Lesart ist anschlussfähig an die Metapher der Gruppen mit und ohne Zugang zur Physik. Die Komplexität wird demnach nur von den Personen erkannt, denen sich eine physikalische Betrachtungsweise erschließt. Die anderen nehmen die Dinge und Phänomene als banal hin, weil sie alltäglich sind und deren Existenz oder Funktionsweise nicht hinterfragt werden (und auch nicht hinterfragt werden muss, um den Alltag zu bestehen). Komplexität wird von Herrn Schwarz hier nicht als negativ oder problematisch konstruiert, sondern positiv gerahmt („hochkomplex" im Sinne von ausgefeilt, gut durchdacht, hochentwickelt).

Herr Schwarz nimmt dann wieder die Begrifflichkeit der Funktion auf und resümiert nun nicht mehr anhand konkreter Beispiele, sondern auf der eingangs eröffneten grundlegend-prinzipiellen Ebene: „wie die einfach (.) funktionieren". Das Funktionieren wird präzisiert durch ein nachgeschobenes „in ihren GRUNDzügen sozusagen". Sein Interesse richtet sich demnach auf wesentliche, bestimmende Merkmale. Dieser Fokus wird hier nicht negativ konzipiert (im Sinne einer Einschränkung), sondern als eine Aufmerksamkeit für das Wichtige, das demnach nicht im (technischen) Detail oder der gesellschaftlichen Einbettung, sondern in den (physikalischen) Grundzügen der Geräte steckt.

Der Interviewer fragt dann immanent nach:

> *Interviewer: was meinst, was meinst du mit GRUNDzügen? {(? ?)}*
> (Florian Schwarz, Pos. 33)

Der Interviewer nimmt den Begriff „GRUNDzüge" auf und legt damit einen Fokus auf die abstrakt-allgemeine Ebene und nicht auf konkrete Beispiele. Das zweimal wiederholte Verb „meinst" und die Ansprache „du" zielen zwar eher auf eine subjektive Position und nicht auf ein generalisiertes, kanonisiertes Wissen ab. Jedoch betont der Interviewer den Begriff „GRUNDzüge" und nicht das „du", was einen Fokus auf eine Vielfalt an jeweils individuell unterschiedlichen Verständnissen nahelegen würde.

> *Schwarz: na WEIL ja, weil ja, weil=s ja, weil sich=s ja in der phySIK (.) is jedenfalls mein eindruck (.) nich nur auf die (.) nich nur auf die REINE anwendung beSCHRÄNKT, [Interviewer: hmm.] sondern auch die (.) also vor allem die URsache beschreibt und da geht=s ja dann wirklich auf die, auf die GRUNDlagen der physikalischen gesetze zurück*
> (Florian Schwarz, Pos. 34-39)

Herr Schwarz antwortet auf die Frage, was er mit Grundzügen meint, in einem argumentativ-begründenden Modus (wiederholtes „weil"). Analog zum zuvor konstruierten Zugang zur Physik wird auch hier ein Innen von einem Außen abgegrenzt und argumentiert, worum es „in der phySIK" geht. Die Beschreibung ist gänzlich entpersonalisiert. Es gibt kein Agens und auch kein unspezifisches „man", das zumindest auf abstrakte Aktuer*innen verweisen würde. Stattdessen wird von Schwarz unspezifisch eine allgemeine, feststehende Regel formuliert („es"). Dabei wird über den spezifischen Artikel eine konkrete und singuläre Physik entworfen, wobei Physik hier diverse Bedeutungen haben kann: Physik als die beobachtbaren Naturphänomene, Physik als die Wissenschaft und (durch den spezifischen Artikel weniger naheliegend, da in der Formulierung unüblich) das Schulfach Physik.

Schwarz führt diese Regel auf seine eigenen Erfahrungen („mein eindruck") zurück, signalisiert damit also eine begründete Sachkenntnis.

Schwarz erläutert, dass sich in der Physik nicht auf die „REINE anwendung beSCHRÄNKT" wird. Die Metapher der Reinheit als eine positiv konnotierte, nicht kontaminierte, erhabene Sphäre wird meist in Bezug auf Wissenschaft verwendet, welche in einem Elfenbeinturm, losgelöst von alltäglichen, gesellschaftlichen oder technischen Belangen und Nutzen, der *reinen* Erkenntnis dient. Schwarz nutzt dieses Attribut nun in Bezug auf die „anwendung".

Dabei argumentiert er ausgehend von einer technischen Perspektive, welche in der Physik dann erweitert wird. Der Gedankengang führt also nicht von der Physik hin zu anderen Perspektiven (der technischen „anwendung"), sondern die Technik bildet den Ausgangspunkt für eine physikalische Betrachtungsweise. Damit wird die Lesart bestärkt, dass Groß hier nicht von Physik als Wissenschaft oder Naturphänomen spricht, sondern als Schulfach, in dem die Anwendung, also lebensweltbezogene Technik, den

Ausgangspunkt für die Beschäftigung mit einer eher instrumentalistisch verstandenen Physik darstellt.

Die Perspektive der Physik ist eine, welche er erst als ergänzend („auch"), dann als fokussierend („vor allem") beschreibt. Sie richtet sich auf „die URsache" (hier spezifisch und im Singular) und die „GRUNDlagen der physikalischen gesetze". Mit Bezug auf die Ursachen schlägt Herr Schwarz den Bogen zu dem eingangs formulierten Interesse an dem „waRUM" und den „GRUNDzügen".

> *jetzt zum beispiel, ich ich ich bring zu meinen schülern immer am anfang, wenn ich wenn ich wenn ich ein themengebiet einführe, zeige ich ihnen immer ganz viele (.) oder OFTmals viele BILDer (.) und SPRECHE so mit denen: oh, na DAS wer=mer verstehen, wenn wir das am ende des- und DAS könnten wir auch verstehen. aber letztendlich unterhalten wir uns dann (.) oder KÖNN wir uns gar nich DIREKT über solche äh dinge gleich unterHALTen, [Interviewer: ja] weil wir die GRUNDlagen gar nich verstehen.*
> (Florian Schwarz, Pos. 39-46)

Die Lesart, dass Herr Schwarz im vorigen Abschnitt nicht über Physik (und Technik) als wissenschaftliche Disziplinen, sondern als Unterrichtsfächer gesprochen hat, bestätigt sich hier. Er bringt ein „beispiel", um das vorher beschriebene Abstrakte auf ein Konkretes zu beziehen. Seine Beschreibung davon, wie er zum Einstieg in ein Thema Bilder zeigt mit dem Ausblick darauf, diese bald verstehen zu können, bleibt dabei jedoch allgemein und auf einen typischen, routinisierten Modus bezogen („immer", „OFTmals", „solche äh dinge") und nimmt nicht Bezug auf eine konkrete Situation. Die handelnden Personen sind dabei Herr Schwarz als Lehrperson („ich") und ein vergemeinschaftendes, für Unterricht typisches „wir", welches er szenisch durch die Verwendung von direkter Rede nutzt. Auf den Bildern, die er zum Einstieg in ein Themengebiet zeigt, sind Dinge zu sehen, die aus Sicht von Herrn Schwarz einen ungeklärten, unverstandenen Aspekt haben, der durch den Physikunterricht verstanden wird (Indikativ, hohe Sicherheit) oder verstanden werden könnte (Konjunktiv, Unsicherheitsmarkierung). Herr Schwarz geht dann noch einen Schritt weiter und sagt, dass eine Unterhaltung über diese gar nicht möglich ist ohne das Verständnis der Grundlagen. Damit wird die physikalische Betrachtung der „dinge" zu der *einen* (ggf. einzigen) zentralen Perspektive – andere, z. B. technische,

politische, soziale Dimensionen werden negiert, mindestens aber nachgeordnet. Mehrfach wiederholt und zentral in den Ausführungen ist das „verstehen", welches sich sowohl auf die Dinge selbst als auch auf deren Grundlagen richtet.

Summative Zusammenfassung Pos. 46-53

Schwarz führt weiter aus, wie erst die Voraussetzungen für ein Verstehen der Grundlagen und der Anwendung geschaffen werden müssen, und wie faszinierend er das findet. Der Interviewer greift dann die Ausführungen von Schwarz auf und fragt konkret nach dem „letzte[n] EINstieg in ein thema", an den er sich erinnert.

> *Schwarz: zum BEIspiel äh (.) zum beispiel bei (.) bei dem kompetenzschwerpunkt druck und AUFtrieb [Interviewer: mhm] in der, den ham wir bei uns in der achten klasse, [Interviewer: ja] das ist ja siem acht is ja flexibel im lehrplan, [Interviewer: ja, ja]*
> (Florian Schwarz, Pos. 53-56)

Herr Schwarz gibt ein „BEIspiel" für einen Themen-Einstieg. Statt direkt von einer konkreten Situation zu erzählen, rahmt er sein unterrichtliches Handeln durch institutionelle Vorgaben anhand des im Lehrplan vorgeschriebenen „kompetenzschwerpunkt druck und AUFtrieb" – hier benutzt Schwarz den genauen Wortlaut des Fachlehrplans. Dabei betont er die Gestaltungsspielräume dahingehend, dass die Verortung des Themas in den Klassenstufen „flexibel im lehrplan [ist]". Die Festlegung des in erster Person Plural beschriebenen Agens auf die „achte [. . .] klasse" wird nicht weiter begründet und bleibt damit zunächst willkürlich.

> *ähm (2) und da ging=s dann halt darum , (2) WIE WIE da wer=mer wer=mer funktionieren, äh da wer=mer verstehen, wie zum beispiel, wie so ne HEBEbühne beim bein bei AUTOS funktionieren KANN. ja KANN muss ni- muss ja nich so sein, [Interviewer: ja] aber über hydraulische anlagen, ja [Interviewer: ja] oder (.) oder, DAS ist ja recht kompliziert*
> (Florian Schwarz, Pos. 56-61)

Nach der allgemeinen Rahmung wechselt Herr Schwarz nun in die Erzählung einer konkreten Situation („und da ging=s dann halt darum"). Er

spricht dabei in der ersten Person Plural, was wie zuvor die Lesart eines unterrichtstypischen *wir* nahelegt und sich damit auf einen Klassenverbund, insbesondere auf die Lernenden, bezieht. Das erste gewählte Beispiel, von dem Herr Schwarz erzählt, ist „ne HEBEbühne beim bein bei AUTOS", deren mögliche Funktionsweise durch den Unterricht verstanden werden kann. Er verortet die Anwendungen von Physik damit in einer eher etablierten, alltäglichen, technischen Arbeitswelt. Dabei betont er, dass auch andere Funktionsweisen der Hebebühne möglich sind und diese nicht strikt nach *einem* physikalischen Prinzip funktionieren müssen. Damit schränkt er die Erwartungshaltung der Schüler*innen an das Erklärungspotential der Physik ein Stück weit ein.

Er setzt dann mit „oder" an, was auf eine alternative Funktionsweise oder ein weiteres Beispiel hinführen könnte, bricht dies jedoch ab zugunsten einer kurzen Bewertung des Sachverhaltes, den er als „recht kompliziert" bezeichnet. Hier zeigt sich wieder die eingangs bereits formulierte positive Rahmung des Herausfordernden. Dann führt er weitere Beispiele an, mit denen er in das neue Unterrichtsthema Druck und Auftrieb einführt:

> *oder zum beispiel: waRUM können wir überhaupt über nen STROHhalm (.) das WASSer in den mund ziehen? ja, was ja eigentlich gar nich das ZIEHen ist, sondern der druckunterschied und die LUFTdruck, der luft, die luft drückt von AUßen (.) die die das wasser oben REIN, ne?*
> (Florian Schwarz, Pos. 61-75)

Herr Schwarz formuliert wie zuvor eine direkte Frage (weiterhin in der ersten Person Plural) dazu, warum ein Strohhalm funktioniert. Der Fokus des Verstehens wird hier vom *wie* (Funktion der Hebebühne) hin zum *warum* verschoben und richtet sich somit weniger auf den technischen Aufbau (das gewählte Beispiel Strohhalm kann zwar als technisch bezeichnet werden, ist jedoch noch deutlich stärker als die Hebebühne ein einfacher Alltagsgegenstand) als auf die physikalischen Zusammenhänge dahinter. Dabei geht es entsprechend auch um die Tätigkeit von Menschen statt um die Funktion von Maschinen.

Die Art der Darstellung wechselt dann wieder in den Modus einer fachlichen Erklärung. Dabei macht er den Kontrast auf zwischen der gängigen, erwartbaren und von Schwarz als falsch markierten Erklärung und der fachlich angemessenen. Diese Ausführung unterstützt die von Schwarz

aufgemachte Diskrepanz zwischen der (scheinbaren) Banalität von Phänomenen und Technik des Alltags und der Komplexität, die sich denen erschließt, die eine physikalische Perspektive einnehmen (können).

> *und sowa- und und und äh [Interviewer: hmm.] oder oder wie funktioniert so ne piPETTe? oder waRUM können denn FLUGzeuge, hab ich FLUGzeu- bilder von FLUGzeugen her, flugzeuge FLIEGEN, das wissen ALLE [Interviewer: ja] (.) aber waRUM passiert das? ja druckunterschiede bei dynamischem auftrieb, das war (.) und SOwas halt und ja. das ist halt eine möglichkeit, einzusteigen, das nutz ich ganz gern o::ch. [Interviewer: ja] (.) ja*
> (Florian Schwarz, Pos. 61-71)

Schwarz zählt dann weiter direkte Fragen zur Funktionsweise von Geräten auf und erläutert, dass er zu diesen Geräten Bilder zeigt. Neben der Pipette nennt er auch das Flugzeug und kontrastiert dabei wieder die Gruppen mit und ohne physikalischem Verständnis: Er unterscheidet zwischen dem, was alle wissen (der fast schon tautologischen, banalen Feststellung, dass Flugzeuge fliegen), und dem Verständnis, das die Physik liefern kann („waRUM passiert das?“). Analog zur Erläuterung des Trinkens mit einem Strohhalm deutet auch hier Herr Schwarz wieder eine Erklärung an und bedient sich dabei physikalischer Fachbegriffe, was in der Gesprächssituation den geteilten fachlichen Hintergrund von Schwarz und dem Interviewer hervorhebt.

Die Ausführungen enden mit einer Einordnung und Bewertung. Sein Vorgehen, Bilder zu zeigen und auf das potentiell zu erreichende Verständnis der physikalischen Grundlagen der Geräte und Beobachtungen zu verweisen, bezeichnet er als „eine“ Möglichkeit, die er gern nutzt – betont damit weitere mögliche Einstiege und die persönliche Entscheidungsfreiheit, Unterricht so zu gestalten, wie er es möchte. Bewertungsmaßstab ist dabei seine subjektive Perspektive und keine externe.

Typisierung Florian Schwarz nach berufsbiographischer Erzählung

In den berufsbiographischen und ersten unterrichtlichen Darstellungen von Florian Schwarz zeigen sich deutliche Charakteristika der grundlegenden und fachbezogenen Typik(en).

Im Hinblick auf das dokumentierte Gestaltungspotential zeigt Schwarz die Ausprägung *Gestaltend*: Ins Zentrum der (berufs-) biographischen Entwicklung setzt Schwarz seine eigenen Interessen und Wünsche und die damit verbundenen Entscheidungen. Auch die beschriebene unterrichtliche Praxis wird als selbst gestaltet markiert und richtet sich an der eigenen Faszination von Schwarz an (alltäglichen) Phänomenen aus. Die (z. B. institutionellen) Rahmenbedingungen werden zwar thematisiert, aber nicht abgelehnt (vgl. David Jäger) oder als feststehende Pflicht gerahmt (vgl. Kirsten Lehmann). Stattdessen werden innerhalb des Rahmens die eigenen Handlungsspielräume betont (z. B. die Flexibilität der Verortung eines Kompetenzschwerpunkts in verschiedenen Klassenstufen und die freie Gestaltung von Unterrichtseinstiegen in vorgegebenen Inhaltsschwerpunkten).

Im Hinblick auf die individuelle Biographie betont Schwarz Herausforderungen als etwas Positives und stellt sein Gelingen in den Mittelpunkt. Die Schwierigkeit von Physik wird z. B. nicht als negativ gerahmt. Stattdessen macht das Herausfordernde die Physik für Herrn Schwarz attraktiv und wird als einer der Hauptgründe für die Wahl des Studienfaches genannt. Die eigenen Fähigkeiten (z. B. der Zugang zur Physik oder die Hilfe auf Augenhöhe) und Gestaltungserfolge bilden demnach einen positiven Horizont (Typik Entwicklungsperspektive: *Positiv*).

Der Handlungsrahmen der Schilderungen von Herrn Schwarz umfasst vor allem seinen sozialen Nahbereich (Typik Relevante Andere: *Mitwelt*). Handlungswirksamkeit erfährt Schwarz z. B. bei der Unterstützung seiner Mitschüler*innen beim Physiklernen, wobei er die Eingebundenheit und Zugehörigkeit (auf Augenhöhe) als relevant darstellt. Auch im Hinblick auf die unterrichtliche Gestaltung (welche Herr Schwarz im Vergleich zu anderen Fällen schon sehr früh im Interview einbringt) zeigt sich eine Orientierung an der Mitwelt: Hier werden Alltagsbeobachtungen (z. B. Morgenröte) und Gegenstände (z. B. Kran, Flugzeug) aus der Lebenswelt der Schüler*innen in den Mittelpunkt gestellt.

Diese „dinge“ bilden den Ausgangspunkt für Überlegungen zu physikalischen Grundlagen. Physik ist damit immer und überall relevant. Jede alltägliche Banalität birgt eine (komplexe) Erklärung, die (nur) mit einem physikalischen Zugang erschlossen werden kann. Die Analyse

der Beobachtungen und Geräte zielt dabei nicht auf gesellschaftliche, philosophische, politische oder wirtschaftliche Zusammenhänge ab, sondern auf eine Analyse der Alltäglichkeiten und eine fach-physikalische Perspektive auf Wirkprinzipien (Fachbezogene Typik: *Weltverstehen*).

Summative Zusammenfassung Pos. 72-232

Es folgen die thematisch engeren Fragen zur Unterscheidung und Wechselwirkung zwischen Physik und Technik. Dabei betont Herr Schwarz die allgemeine, grundlegende Perspektive der Physik („dass das allgemeine verständnis äh von der physik herrührt"). Technik ist in seiner Darstellung eine spezifischere Anwendung der allgemeinen Physik und wird teilweise als eine „faCETTE" oder „TEILgebiet" der Physik konzipiert. Als Beispiel wird das „HEBELgesetz" beschrieben und dessen allgemeine Formulierung, die dann (im Unterricht) auf das spezifische Beispiel „KRAN" angewandt wird. Schwarz markiert seine Einordnungen als „proFAN" und erklärt, es sei „SCHWIErig, das zu trennen", womit er signalisiert, dass die eher theoretische Meta-Betrachtung nicht im Fokus seiner Aufmerksamkeit liegt. Dies wird noch deutlicher bei der Nachfrage zu „verBINDungen" zwischen Physik und Technik, worauf Schwarz nachfragt, ob die Frage „konkret auf BEIspiele" abzielt. Er beschreibt dann ein zyklisches Wechselspiel zwischen Physik und Technik, bei dem Problemlöseprozesse sowohl physikalisch als auch technisch bearbeitet werden und die beiden Felder voneinander abhängen.

Der Interviewer leitet dann zum nächsten Interviewteil über und fragt Herrn Schwarz, was ihm „sponTAN zu dem beGRIFF" Verantwortung einfällt. Hierzu fragt Herr Schwarz zunächst zurück:

> *Schwarz: jetzt meine tätigkeit als LEHrer? für die schüler?*
> *Interviewer: offensichtlich geht dir das als erstes durch den kopf @(.)@ also*
> *Schwarz: hmm (3) na gener- hmm na geneRELL als ähm (2) mh wenn ich als LEHrer tätig bin, hab ich erst mal ne GROße verANTwortung, dass ich DAS zu meinen schülern so (4) so, so FACHLICH korrekt*

> *oder (.) wie möglich erstmal (.) rüberbringe (.)*
> (Florian Schwarz, Pos. 233-239)

Die Rückfrage von Herrn Schwarz zum Impuls des Interviewers signalisiert, dass dieser von einer spezifischen Zielrichtung, einem konkreten Erwartungshorizont, ausgeht und diesem entsprechend antworten möchte, um die Erwartungen des Interviewers zu erfüllen. Damit wird eine richtige und eine falsche Antwortkategorie konstruiert. Hinter der Offenheit der Frage wird eine verschwiegene Intention vermutet, die Herr Schwarz vor der Antwort klären möchte. Statt offen zu fragen, worauf die Frage abzielt, zeigt er die von ihm vermutete Zielrichtung der Frage an: den Handlungsrahmen Schule, konkret seine „tätigkeit als LEHrer?". Damit wird von Schwarz kein fachspezifischer Kontext vermutet (als *Physik*lehrer), sondern ein eher allgemein pädagogischer. Er verortet sich auch nicht im Unterricht, sondern umfasst den gesamten Beruf durch die damit verbundenen Tätigkeiten. Der Handlungsrahmen Schule wird auch durch die Ergänzung „für die schüler?" gesetzt, da der Fokus auf die Rolle als Schüler gelegt wird und nicht von z. B. Kindern oder Jugendlichen gesprochen wird. Die Präposition „für" legt die Lesart einer besonderen Fürsorgepflicht der Lehrperson (im Sinne einer Rollenverantwortung) gegenüber den anvertrauten Schülern (im Sinne von Verantwortungsobjekten) nahe.

Der Interviewer beantwortet die Frage von Herrn Schwarz dann nicht auf inhaltlicher Ebene (z. B. mit einem ja, oder nein), sondern eher metakommunikativ durch den Hinweis, dass durch die konkrete Rückfrage die Antwort auf diese selbst gegeben wurde. In der Art der Reaktion stellt der Interviewer Herrn Schwarz ein Stück bloß, indem er die Frage als ungerechtfertigt markiert und damit seine Überlegenheit in der Situation ausdrückt. Das Lachen könnte einerseits als Ausdruck dieser Überlegenheit gedeutet werden oder aber als Versuch, die Situation zu entschärfen.

Nach der indirekten Bestätigung des Interviewers, dass der vermutete Antwortkontext Schule angemessen ist, ist die inhaltliche Antwort von Herrn Schwarz mit vielen, mehrsekündigen Pausen und wiederholten „hmm" durchsetzt, was eine ad-hoc-Konstruktion der Antwort nahelegt. Die Verantwortung, die er dann beschreibt, wird zweimal mit einem „erst mal" gerahmt. Diese Formulierung kann eine zeitliche Ordnung, aber auch die allgemeinste, grundlegendste Bedingung für alles Weitere beschreiben. Zweiteres wäre auch konsistent zu dem formulierten „geneRELL"

und der rekonstruierten allgemein-pädagogischen Ausrichtung der vorgeschalteten Nachfrage. Schwarz spricht hier nun nicht mehr allgemein von Schüler*innen, sondern von „meinen schülern“, was das Bild der Schutzbefohlenen, Anvertrauten unterstützt. Damit wird einerseits soziale Nähe konstruiert. Andererseits kann das Possessivpronomen auch als Ausdruck einer Hierarchie zwischen Lehrkraft und Schüler*innen und eines Verfügens der Lehrkraft über diese verstanden werden.

Inhaltlich ist die beschriebene Verantwortung stark fachbezogen und an einem physikalischen Wissen bzw. Verstehen ausgerichtet. Die Verantwortung ist dabei konsequentialistisch, richtet sich also auf das Ergebnis der Tätigkeit als Lehrkraft („rüberbringe“) und nicht auf die der Handlung zugrundeliegende Intention. Die Formulierung „rüberbringe“ kann als Merkmal eines eher transmissiven Bildungsverständnisses interpretiert werden. Schwarz deutet eine Orientierung an einer graduellen, an der Lehrsituation ausgerichteten Fachlichkeit an; Korrektheit wird nicht als idealisiertes, absolutes Kriterium konstruiert, sondern als ein im realen, sozialen Kontext zu verhandelndes.

> **Summative Zusammenfassung Pos. 239-303**
>
> Im Folgenden beschreibt Schwarz die Anpassung von Formulierungen an die Fähigkeiten der jeweiligen Schüler*innen („wissensstadium“) und wie einzelne, unbewusst gewählte Formulierungen zu Fehlvorstellungen bei Schüler*innen führen können. Als weiteren Kontext für Verantwortung nennt Schwarz die gerechte Behandlung von Schüler*innen v. a. bei der Leistungsbewertung. Auf die Frage nach weiteren Kontexten, die er mit Verantwortung in Verbindung bringt, „noch ganz allgeMEINer gefragt“, nennt Schwarz aufzählend sich, seine Gesundheit, seine Familie, „für das was ich TUE“ – wechselt dann wieder in den Kontext der Lehrtätigkeit und erzählt, wie bei der Unterrichtsvorbereitung aus Unachtsamkeit Experimentiermaterial zu Bruch gegangen ist und er hierfür Verantwortung übernommen hat und das Material wieder repariert hat.

Der Interviewer fragt dann nach, wie Herr Schwarz Verantwortung mit dem Kontext „phySIK und TECHnik [. . .] wie die so im verHÄLtnis zueinander

stehen“ in Verbindung bringt. Hierauf beschreibt Herr Schwarz das Ziel, im Physikunterricht den sorgsamen Umgang mit Geräten zu vermitteln:

> *Schwarz: hmm (2) so ganz sponTAN, dass man also, dass man die schüler (.) erstmal zu nem (2) und das is ja ein ganz GROßes thema immer im phy- wenn man experimenTIERT, äh (.) dass man den verantwortungsvollen UMgang mit technischen geräten auch erstmal äh (.) VORDERgründig [Interviewer: hmm.] vermittelt*
> (Florian Schwarz, Pos. 309-313)

Mit einem vorangestellten „so ganz sponTAN“ markiert Schwarz die Antwort als nicht lange durchdacht und gefestigt. Außerdem greift er damit eine zuvor bei einem anderen Impuls des Interviewers verwendete Wortwahl auf. Andererseits wird die Darstellung auch als ein „ganz GROßes thema immer“ bezeichnet, womit sowohl Relevanz als auch Kontinuität und Präsenz signalisiert werden. Die Antwort ist stark entpersonalisiert formuliert durch die Verwendung eines allgemeinen „man“ und inhaltlich wieder im Bezugsrahmen Physikunterricht verortet. Er nennt den „verantwortungsvollen UMgang mit technischen geräten“ beim Experimentieren als Ziel des Unterrichts, wobei sich im Verb „vermittelt“ erneut ein eher transmissives Verständnis abbildet.

Wie sich diese Vermittlungssituation konkret gestaltet, führt er im Folgenden weiter aus:

> *ja, dann so (.) dass dass sie nich nur, also ich sach dann ich sach dann häufig: ok (.) passt auf, die geräte, die wir hier haben, die äh die wollen noch, die haben schon EINige schüler vor euch benutzt und wollen noch VIELe schüler nach euch benutzen, dass ihr mit der nötigen sorgfalt äh behandelt und ihr seid in dem moment dafür verantwortlich. es KANN was kaputtgehen, aber das is, das is auch nich SCHLIMM (.) es sollte nur nich aus äh aus UNachtsamk- oder aus wie soll ich sagen unachtsamkeit, das ist, das kann ja AUCH passieren, aber aus (.) naja (.) verantwortungslosem verHALTen eben ja? [Interviewer: mhm] dass man einfach mit den dingern umgeht, wie man MÖCHte*
> (Florian Schwarz, Pos. 313-322)

Nach einem Satzabbruch wechselt Herr Schwarz die Darstellungsweise vom unpersönlichen „man“ zum eigenen Erfahrungsraum („ich“). Er

erzählt zwar keine konkrete, sondern eine typische Situation („häufig“) nach, ist aber dennoch sehr nah an der eigenen erlebten Praxis, was sich in der Verwendung der direkten Rede und dem erneuten Wechsel in das vergemeinschaftende *wir* und die Verortung der Erzählung in den Klassenraum bzw. eine konkrete Unterrichtssituation („hier“) zeigt.

Er konstruiert dann eine Verantwortungsrelation im zeitlichen sowie örtlichen Nahbereich der Schüler*innen: Die ihnen anvertrauten Geräte bilden eine geteilte Ressource zwischen allen Schüler*innen, die diese im Unterricht heute, in der Vergangenheit und in Zukunft benutzen (wollen). In den Fokus wird ein sorgsamer Umgang mit den Geräten gesetzt, damit diese nicht kaputtgehen und zukünftigen Schüler*innen der Zugang zu den Geräten und dem damit verbundenen Lernen nicht verwehrt wird. Damit wird auch die Begrenztheit der Ressource impliziert (es kann nicht einfach neu beschafft werden). Die Sorgfalt wird abgegrenzt von der teilweise akzeptierten „unachtsamkeit“ und dem abzulehnenden „verantwortungslosem verHALTen“ – womit Schwarz eine eher deontologisch ausgerichtete Verantwortungsethik entwirft, die sich auf die intrinsische Motivation und Pflichten und weniger auf die Konsequenzen einer Handlung richtet.

Summative Zusammenfassung Pos. 322-388

Herr Schwarz führt dann noch als weiteren fachbezogenen Aspekt an, dass er die Verantwortung habe, ein „möglichst breites sichtfeld (.) hinsichtlich der anwendungsmöglichkeiten der physikalischen gesetze mein- meinen schülern zu vermitteln“. Dies begründet er damit, dass die Physik selbst oft sehr „TROCKen“ sei, und so die Aufmerksamkeit von Schüler*innen gehalten werden kann und potentiell auch Berufsperspektiven für Schüler*innen aufgezeigt werden können. Er führt weitere Beispiele für technische Kontexte im Physikunterricht an und betont, dass die physikalischen Grundlagen ihre Relevanz dadurch erhalten, dass sie die (technisierte) Umwelt erklären: „wenn ich das jetzt weiß, ist das schön und gut, aber (.) was MACH ich denn damit, ja?“. Schwarz beschreibt z. B. einen möglichen Transfer thermodynamischer Kenntnisse auf das Nutzungsverhalten elektrischer Energie beim Kochen:

> *um DANN vielleicht auch (.) °was weiß ich (.) das hat ja dann, das geht ja dann schon weiter hinsichtlich° enerGIEverbrauch (.) ja ähm wie, wieviel wieviel STROM (.) (?oder dann?) wieviel STROM wird einem, wird einem beRECHnet dann bei der JAHResabrechnung, das hat ja (.) hat ja teilweise weitreichende (.) FOLgen, so=n verSTÄNDnis. [Interviewer: hmm.] ist AUCH ne große verantwortung*
> (Florian Schwarz, Pos. 388-394)

Inhaltlich eröffnet Schwarz nun eine ökonomische Perspektive. Dies markiert er als eine logische Fortführung des physikalischen Verständnisses technischer Geräte mit der Formulierung „das geht ja dann schon weiter". Die geschilderten „weitreichende[n] (.) Folgen" des physikalischen Verständnisses beziehen sich nicht auf gesellschaftliche Konsequenzen, sondern sind im Privaten, im Nahbereich zu verorten. Argumentativ wird eine logische Kette konstruiert, in der aus einem „verSTÄNDnis" ein entsprechendes Handeln folgt und hieraus Konsequenzen (wie in diesem Beispiel eine entsprechende Stromrechnung). Damit wird die besondere Rolle des physikalischen Verständnisses betont, während andere z. B. affektive und habituelle Merkmale oder gesellschaftliche Normen nicht genannt werden. Das Verständnis ermöglicht ein vorausschauendes Verhalten, das auch dann Handlungsfolgen miteinbezieht, wenn zwischen der Handlung (Nutzung Elektroherd) und den Konsequenzen (Jahresabrechnung) keine zeitliche Koinzidenz besteht.

Mit der Coda „ist AUCH ne große verantwortung" beendet Schwarz seine Ausführung und setzt diese noch mal in den Kontext seiner Antwort, die eigene Verantwortung als (Physik-) Lehrkraft (gegenüber den Schüler*innen) zu beschreiben. Betont wird dabei das „AUCH", was signalisiert, dass der genannte Aspekt einer unter mehreren ist, womit auch die Vielschichtigkeit der Lehrtätigkeit betont wird.

Summative Zusammenfassung Pos. 395-428

Schwarz führt weiter aus, dass das Verständnis eine Voraussetzung für verantwortungsvolles Handeln bildet. Nach einer konkreten Unterrichtssituation in diesem Kontext gefragt, beschreibt Schwarz die Durchführung von Schüler*innenexperimenten zur Elektrizitätslehre in der achten Klassenstufe. Er führt aus, wie er versucht, bei den

Schüler*innen ein Bewusstsein für den sorgsamen Umgang mit den Bauelementen zu schaffen, indem z. B. Spannungsbereiche so gewählt werden, dass „die glühlampe nich durchschmort". Dann geht er auf die Einführung des Ohm'schen Gesetzes im Unterricht ein und die Möglichkeit, damit die elektrische Stromstärke im Experimentieraufbau und auch im „STROMnetz" zu bestimmen. Hieraus leitet er zu Gefahren im Umgang mit Strom über:

> *eine RIESEN=verantwortung, dass das lebensgefährlich sein kann, wenn man da [Interviewer: ja] mit dem bleistift zum beispiel rumpuhlt, ne? @in der, in der steckdose@ ja [Interviewer: @(.)@] das hab ich zum beispiel am anfang geSAGT [Interviewer: ja] wenn wir jetzt ähm- also die sollen aufgrund von sich- ähm (.) also ich hab gesagt (2) bei den tischen, wie sie angeordnet sind, die VORdere bank (.) steckt den stecker mal in die HINtere bank rein, damit sie nich ständig rumlaufen müssen und ähm (.) sie STOLpern vielleicht, keine ahnung, ne? [Interviewer: ja] so.*
> (Florian Schwarz, Pos. 433-441)

Schwarz knüpft sprachlich an die Formulierung der „großen[n] verantwortung" an, die er im Kontext des Strombedarfs verwendet hat, und steigert diese zur „RIESEN=verantwortung". Zusammen mit dem Hinweis auf ein „lebensgefährlich[es]" Verhalten misst Schwarz dem Folgenden eine hohe Relevanz zu. Die Verwendung umgangssprachlicher Formulierungen wie „rumpuhlt" und das lachende Sprechen stehen im Spannungsverhältnis hierzu. Die Darstellungen sind hier erst noch allgemein und unspezifisch.

Dann wechselt Schwarz aber in die Darstellung einer konkreten Situation und erzählt diese aus der „ich"-Perpektive. Die angesetzte Erzählung in wörtlicher Rede unterbricht Schwarz mit einem Einschub, in dem er beschreibt wie die Stromversorgung der Experimente gestaltet ist. Dabei zeigt sich Schwarz als jemand, der die praktischen, organisatorischen Aspekte (wie Sicherheit) der Schüler*innenexperimente durchdacht hat, der Eventualitäten im Blick hat und hierfür Lösungsstrategien erarbeitet und diese auch umsetzt. Die Schüler*innen in dem beschriebenen Setting werden erst nur mit „die" bezeichnet und dann gleichgesetzt bzw. zusammengefasst als „bank". Hier spiegelt sich die unterrichtliche Strukturierung und damit die Aufmerksamkeitsebene von Herrn Schwarz wider. Die kleinste für Herrn Schwarz relevante Organisationseinheit beim Experimentieren ist

eine „bank“. Dieser wird entsprechend auch eine Handlungsanweisung erteilt und damit eine eigene Aktivität zugeschrieben.

> *und dann hab ich gemeint, äh es ist, ich geb euch ERST, ich schalte eh den strom für die schüler erst zu, wenn alle beREIT sind, (.) allerdings würde ich=s trotzdem nich empfehlen, da mit dem bleistift rumzupuhlen, weil natürlich graphit ein guter elektrischer leiter ist, ja (.) ne (.) hatt dann hatt dann sogar ein, da AH! das=is vielleicht ne gute situation, da hat zum beispiel ein schüler gesagt (.) ich soll mit=m bleistift nich rumpuhlen? hab ich hab ich gemeint- da hat er gemeint (.) aber holz ist doch kein guter elektrische leiter. [Interviewer: hmm.] das ist richtig. [Interviewer: @(.)@] aber die mine besteht aus graphit. [Interviewer: hmm.] da wirste dich wundern, was damit passiert [Interviewer: @(.)@] @(.)@ ja ähm SOwas halt, genau senSIbel dafür zu sein, für geFAHren auch, die (.) unter anderem da lauern, das, das ist ja nich OHNE. [Interviewer: hmm.] so=ne lebensgefährliche sache is immer hm [Interviewer: ja]*
> (Florian Schwarz, Pos. 441-455)

Nach der Erläuterung zum organisatorischen Setting wechselt Schwarz zurück in die zuvor begonnene direkte Rede. Er setzt hierzu dreimal an ohne den Satz zu beenden – die sehr direkte Formulierung an „euch“ gerichtet, wird dann zugunsten der eher beschreibenden Formulierung abgebrochen. Nach dem Hinweis zum Ablauf, bei dem er sich als denjenigen darstellt, der diesen strukturiert, der „alle“ im Blick hat und angepasst handelt, folgt eine stark überspitzte, fast spöttische Anweisung. Dabei wiederholt er die Formulierung, „mit dem bleistift rumzupuhlen“. Hierzu gibt er – an den Interviewer gewandt – die fachliche Erklärung, womit er erneut signalisiert, wie ein physikalisches Verständnis relevant für den Umgang mit Technik ist.

Hier schiebt Schwarz die Erzählung einer konkreten Situation ein, in der ein Schüler den Hinweis aufgrund fachlicher Unkenntnis in Frage gestellt hat. Dabei zeigt er sich erfreut, fast erstaunt („AH!“) über die „gute situation“ im Sinne einer seine Argumentation stützenden Situation. Es folgt ein kurzes Zwiegespräch zwischen dem Schüler und Herrn Schwarz. Dabei wird dem Schüler zwar die Kenntnis über die schlechte elektrische Leitfähigkeit von Holz zugeschrieben, aber die Unkenntnis über die relativ gute Leitfähgkeit von Graphit – die Herr Schwarz zuvor als „natürlich“ bezeichnet hat, also

als eigentlich klar und bekannt. Damit konstruiert Schwarz wieder die zwei Gruppen derjenigen mit und derjenigen ohne Zugang zur Physik. Die Art der Darstellung zeigt eine deutliche Hierarchie zwischen Schwarz und dem Schüler. Die Art der Kommunikation ist wie zuvor überspitzt bis sarkastisch („da wirste dich wundern, was damit passiert").

Mit einem zusammenfassenden Fazit („ja ähm SOwas halt") beendet er seine Darstellung und betont dabei noch einmal in umgangssprachlicher Formulierung, die im Kontrast zu der beschriebenen Lebensgefahr steht, die Relevanz, „senSIbel" für Gefahren des Alltags zu sein, wobei das physikalische Verständnis hierfür zentral ist.

Summative Zusammenfassung Pos. 455-522

Im Folgenden beschreibt er noch die Gesetzmäßigkeiten im unverzeigten Stromkreis als das fachliche Ziel des Experimentes. Schwarz betont, dass er dieses Experiment zum ersten Mal im Unterricht durchgeführt hat und es wesentlich länger gedauert hat als gedacht. Er betont, dass es ihm bei der Unterrichtsplanung zu dem Experiment wichtig war, „dass sie=s nich das sie=s einfach BLIND machen [Interviewer: ok] sondern auch (.) ein verSTÄNDnis dafür aufbauen" und entsprechend die Sinnhaftigkeit der Experimentierschritte verstehen. Zum Ende wiederholt Schwarz die Ziele, Schüler*innen einen verantwortungsvollen Umgang mit Wissen und einen Einblick in das breite Feld technischer Anwendungen mitzugeben. Dabei signalisiert er, dass „die MÖGLICHkeit der technischen ANwendung physikalischer gesetze [. . .] eben (.) SO::: UMfassend [ist]" und er hier noch „einige jahre an erfahrung" braucht, um einen „weitläufigeren blick zu kriegen". Er ermuntert Schüler*innen explizit, Fragen zu stellen, macht eigene Wissenslücken in diesem Zusammenhang im Unterricht transparent und schließt diese im Nachgang, um dann in einer späteren Stunde den Schüler*innen eine Antwort geben zu können.

also zum beispiel hab ich mal (.) hat mich dann jemand über, in der thermodynamik war das, über die funktionsweise einer GASturbine (.) ham wir dann (.) das hab ich als BEIspiel gebracht, hab auch die funktionsweise nur kurz ANgerissen oder das als BEIspiel genannt [Interviewer: hmm.] (.) und dann kam ne tiefergründige frage, die ich

> *auch (.) m::hm grad gar nich mehr zusammenkriege (.) die ich in dem moment nich ä::h so konkret beantworten konnte, ja? aber das IST dann halt so. [Interviewer: ja] (.) hab ich mich drum gekümmert und (? ?)*
> (Florian Schwarz, Pos. 523-530)

Die erzählte Unterrichtssituation wird eingeordnet „in [die] thermodynamik". Damit wird der physikalische Inhalt als strukturgebend für die Handlungen betrachtet. Es wird nicht von einer Handlung im Unterricht, im Klassenraum o. ä. gesprochen, sondern im Teilgebiet der Physik. Schwarz beschreibt das technische Artefakt „GASturbine" als ein eher illustratives Element des Unterrichts: Er beschreibt die Art der Behandlung im Unterricht mit „kurz ANgerissen" und „als BEIspiel gebracht". Dem stellt er die „tiefergründige frage" gegenüber. Diese wird relativ und nicht absolut charakterisiert, also in Bezug entweder zum illustrativen Charakter der Gasturbine oder in Bezug zu Fragen, die sonst kommen und weniger tiefgründig sind und somit von Herrn Schwarz gleich beantwortet werden können. Während Schwarz eingangs noch angesetzt hat, dass ihn „jemand" etwas gefragt hat, wird an dieser Stelle keine Person genannt, sondern die Frage selbst als Agens beschrieben (sie „kam").

Schwarz beschreibt, dass er diese Frage (der Inhalt wird in der Erzählung nicht als relevant dargestellt, sondern nur die Art der Frage) nicht „konkret" beantworten konnte. Als relevanter Bewertungsmaßstab wird der Umgang mit der Wissenslücke und nicht die Lücke selbst markiert. Herr Schwarz zeigt sich als jemand, der sich „kümmert", der also aus der Situation angemessene Konsequenzen zieht und seiner Pflicht aktiv nachkommt, indem er sich auch hierzu Wissen aneignet und damit neue Ausschnitte der Umwelt erschließt.

Summative Zusammenfassung Pos. 530-580

Im Folgenden geht es noch detaillierter um den Aufbau der Gasturbine und die Verortung der Thermodynamik im Fachlehrplan. Der Interviewer bedankt sich dann bei Herrn Schwarz für die „zeit und die, das interessante gespräch". Herr Schwarz fügt entschuldigend hinzu, dass er dazu neigt „AUSzuschweifen" und seine Ausführungen hoffentlich

nicht zu unkonkret waren. Er bietet an, wenn der Interviewer noch was braucht, kann er „einfach nochmal bescheid [geben]“.

Typisierung Florian Schwarz

Florian Schwarz bildet den Eckfall des Typus *Erklärer*in*. Zentral ist seine Orientierung an einer (technisierten) alltäglichen Mitwelt und die Betonung einer erklärenden, physikalischen Perspektive auf diesen Bereich. Im Hinblick auf das rekonstruierte Gestaltungspotential zeigt sich ein Fokus auf eigene Handlungsspielräume innerhalb anerkannter Rahmenbedingungen. Hier bestätigt sich über das gesamte Interview hinweg die Lesart der Merkmalsausprägung *Gestaltend* über den berufsbiographischen Intervieweinstieg hinaus.

Während der Eckfall David Jäger die Ablehnung bestehender (in seinen Augen veralteter) Kontexte des Physikunterrichts verdeutlicht und alternative Zugänge zu den Themen realisiert, nimmt Florian Schwarz diese als positiven Rahmen seiner jeweils persönlich geprägten Unterrichtsgestaltung an. In beiden Interviewfällen wird zum Beispiel die unterrichtliche Behandlung eines Flugzeugs beschrieben: Hierbei macht Herr Jäger deutlich, dass er die gängige Praxis aufbricht, indem Schüler*innen ohne Vorgaben Schätzungen zur Masse eines Flugzeugs vornehmen sollen. In den Schilderungen von Herrn Schwarz bildet das Flugzeug ein (gängiges) illustratives Beispiel beim Unterrichtseinstieg in das Thema Druck und dynamischer Auftrieb.

Die eigenen Handlungsspielräume werden als durchaus relevant dargestellt und die eigene Wirksamkeit betont: Schwarz spricht von „GROße[r]“ und „RIESEN“ Verantwortung als Lehrkraft, vom „GROße[n] Thema“ beim Experimentieren und „weitreichende[n] (.) FOLgen“ des physikalischen Verständnisses. Damit wird die eigene Bedeutung als (Physik-)Lehrkraft hervorgehoben, wobei die zentralen Ziele und Normen nicht als selbst gesteckt und dem geltenden Rahmen entgegenstehend konstruiert werden. Dabei bestätigt sich im Interviewverlauf die eingangs angedeutete Merkmalsausprägung *Positiv* im Hinblick auf die Typik *Entwicklungsperspektive*. Ein Scheitern innerhalb der Hand-

lungsspielräume wird nicht betont (z. B. bei Schüler*innenexperimenten mit Strom).

Herausforderungen werden positiv gewendet, wie z. B. die Wahrnehmung von Physik als „TROCKen" über die technischen, illustrativen Beispiele – die fehlende Alltagsrelevanz von Kontexten wie Schmelzsicherung oder Relaisschaltung, die Jäger hervorhebt, betont Schwarz nicht.

Besonders deutlich wird die Merkmalsausprägung *Mitwelt* in der Typik *Relevante Andere* bei Herrn Schwarz. Auch die von ihm in Superlativen beschriebene „RIESEN"-Verantwortung und die „weitreichende[n]" Konsequenzen sind im Nahbereich verortet. Schule und Unterricht bilden bei Schwarz den zentralen Handlungsrahmen. Hier wechselt er häufig in ein unterrichtstypisches „wir" und betont seine Rolle als Lehrkraft und die Pflichten gegenüber seinen Schüler*innen – eine politische, (gesamt-)gesellschaftliche Perspektive wird kaum eingenommen. Die angeführten technischen Kontexte sind meist Alltagsgegenstände, die nicht in ihrer z. B. ökonomischen oder ökologischen Relevanz dargestellt werden, sondern als nützliche Geräte, deren physikalische Dimension erschlossen werden soll. Auch konstruierte Handlungsfolgen erstrecken sich auf einen Nahbereich, wie z. B. beim sorgsamen Umgang mit Experimentiermaterial im Unterricht. Die Nutzung begrenzter Ressourcen und damit verbundene Konflikte werden im Rahmen der Ausstattung von Schulen verhandelt – nicht im Hinblick auf z. B. globale Ressourcenknappheit (wie bei David Jäger).

Die Merkmalsausprägung *Weltverstehen* der fachbezogenen Typik ist über den biographischen Einstieg hinaus im gesamten Interview zentral. Der physikalische wird als *der* zentrale Zugang zur (technisierten) Umwelt konzipiert; andere Perspektiven werden kaum integriert. Auch da, wo es um überfachliche bzw. allgemeine Aspekte geht, z. B. Sicherheit und Gesundheit beim Umgang mit Strom oder um wirtschaftliche Dimensionen beim Thema Stromrechnung, wird das physikalische Verständnis zur Voraussetzung für gelingendes Handeln skizziert. Schwarz formuliert sogar, dass ein Reden über bestimmte technische Geräte ohne physikalisches Verständnis nicht möglich ist, womit die physikalische Dimension der Technik zur einzigen (bzw. einzig relevanten) wird.

Immer wieder eingeschoben in Erzählungen von Unterrichtspraxis sind fachphysikalische Erklärungen (z. B. zum statischen und dynamischen Druck). Und auch im Hinblick auf seine Rolle als Lehrperson betont er, wie wichtig fachlich angemessene Erklärungen sind, um Fehlvorstellungen zu vermeiden. Das Verstehen der (technisierten) Umwelt wird als ein Verstehen der Physik entworfen und damit Physik eine hohe Alltagsrelevanz zugesprochen, die auch Schüler*innen motivieren soll.

Es deuten sich auch Grenzen der Engführung von Technik als reiner Anwendung von Physik an. So macht Schwarz transparent, dass er „tiefergründigere[n]" Fragen zur als illustratives Beispiel in den Unterricht eingebrachten Gasturbine nicht beantworten kann. Dies führt Schwarz auf seine geringe Berufserfahrung zurück und damit eine noch nicht so breite Kenntnis der Anwendungsmöglichkeiten von Physik. Die Möglichkeit einer grundlegend anderen, z. B. technologischen Betrachtungsweise drückt sich darin aber nicht aus.

6.4.3 Dennis Groß, Typus Fatalist*in

Kurzbeschreibung Dennis Groß

Dennis Groß ist Lehrer für Physik und Mathematik an einem Gymnasium in einer Kleinstadt in Mitteldeutschland. Er ist zum Zeitpunkt des Interviews 30 Jahre alt und bereits sechs Jahre als Lehrer tätig. Nach dem Abitur studierte Herr Groß zunächst Wirtschaftsinformatik, was er nicht beendete. Er wechselt in ein Physik- und Mathematikstudium auf Lehramt, welches er ebenso wie das Referendariat abschließt. Der Interviewtermin wurde über einen Kollegen von Herrn Groß, hergestellt, der mit dem Interviewer persönlich bekannt ist. Dieser organisierte an der Schule mehrere Interviews mit Physiklehrkräften, die alle an einem Tag vor Ort in der Schule stattfanden. Für das Interview mit Herrn Groß übernahm der Kollege dessen Aufsicht. Es wurde noch vor Start der Aufnahme zum „Du" übergegangen und auch während des Interviews viel gelacht. Es gab eine kurze Störung, als ein Informatikkollege ins Zimmer kam und etwas am Computer machte und ausdruckte, die Störung war jedoch gering. Nach dem Interview bestätigte Herr Groß dem Interviewer, dass es ihm Spaß gemacht hat und das Interview

besser als eine Aufsichtsstunde war. Außerdem äußerte er sich positiv überrascht darüber, dass es wenig um Schule ging.

Ankerzitat

> *also WAS mich immer WAHNsinnig so fasziniert hat auch so in der schule war schon so, JA relativitÄT u:::nd raumzeit und schwarze löcher. vor allem so diese KOSmologie dieser aspekt. so himmelsmechanik fand ich immer WAHNsinnig spannend das da sozusachen auch so diesen aspekt berührt, wo man sach ich mal so über seine eigene existenz nachdenkt. wo dann auch so (.) philoSOphische fragen sich anknüpfen. [Interviewer:Ja.] U::nd ja so diese RANDgebiete (.) ähm (.) der physik. sach ich jetzt einfach mal randgebiete is vielleicht n bisschen (.) sach ich ma WEIT gegriffen, aber in der schule sind ja schon RANDgebiete*
> (Dennis Groß, Pos. 48-56)

Das Interview beginnt mit dem berufsbiographischen Einstiegsimpuls (vgl. Kapitel Kapitel 6.4.1), welcher beinahe identisch formuliert wird mit der bereits analysierten Zweiteilung:

> *Interviewer: ja, einmal (.) STARTen und würde zum äh (.) zum einstieg erst gern nochmal bisschen was über DICH erfahren, wissen, wie es denn dazu @gekommen@ ist, dass du phySIKlehrer geworden bist.*
> (Dennis Groß, Pos. 1-3)

Der Interviewer beginnt mit „ja, einmal (.) STARTen“ und verbalisiert damit auf einer Metaebene zum eigentlichen Gespräch das Starten der Aufnahme. Der folgende Impuls ist analog zum Impuls bei David Jäger gestaltet. Durch die leicht abgewandelte Formulierung („phySIKlehrer geworden bist“) wird jedoch noch stärker auf die Prozesshaftigkeit der Berufsbiographie abgezielt.

Herr Groß reagiert auf den Stimulus mit einer Erzählung zu seinen „ver-SCHLUNGenen PFAden“ und dem Umweg über ein Studium der Wirtschaftsinformatik:

> *Groß: A:::CH ja (.) wie ists dazu gekommen? naja (.) [Interviewer: @(.)@] vielleicht so auf verSCHLUNGenen PFAden [Interviewer: okay]*
> (Dennis Groß, Pos. 4-5)

Herr Groß wiederholt den Teil der Frage des Interviewers wörtlich („wie ists dazu gekommen?"), der nicht auf eine persönliche Ebene („physiklehrer geworden"), sondern auf die eher abstrakte, passive Ebene des Geschehenen abzielt. Damit entwirft er sich selbst nicht als handelnden Akteur, als Gestalter der Biographie, sondern betont die Selbstläufigkeit des Erzählten. Er stellt der Wiederholung der Frage ein langgezogenes, etwas angestrengtes „A:::CH ja" voran. Zusammen mit der Wiederholung der Frage ergeben sich hierzu zwei mögliche Lesarten: ein nostalgisches In-Erinnerungen-Schwelgen oder eine Gequältheit durch die (möglicherweise schwere oder unangenehme) Frage. Das anschließende „vielleicht" deutet an, dass er nach einem möglichen Modus für die Antwort sucht und es gleichzeitig mehrere Möglichkeiten aus seiner Sicht geben kann, die Geschichte zu erzählen. Oder aber Groß relativiert die Gewissheit über die nun gewählte Variante und deutet so Unsicherheit an.

Herr Groß wählt dann die Metapher von „verSCHLUNGenen PFAden", um sein Lehrerwerden zu beschreiben. Damit nimmt er eine Art rückblickende Metaperspektive auf seine Berufsbiographie ein und ordnet diese in eine Kategorie ein, statt gleich ein konkretes Erlebnis oder Motive zu erzählen. Er konzentriert sich hierbei auf die Prozesshaftigkeit, die Verbundenheit der Biographie, nicht auf Einzelereignisse. Die Metapher signalisiert, dass Herr Groß seiner rückblickenden Bewertung folgend nicht einen direkten, einfachen Weg gegangen ist, sondern Umwege genommen hat. In der Metapher der Wege (er spricht im Plural) sind diese nicht klar, eindeutig und breit, sondern schmal („PFAde"), „verSCHLUNGenen" und damit unübersichtlich, verzweigt, verbunden, vielleicht mit Hindernissen versehen. Aber dennoch ist der Pfad ein bereits vorgezeichneter Weg, wenn auch nicht so klar und eindeutig und ausgetreten wie ein Weg. Die Metapher und der erzählerisch-fragende Einstieg haben Anklänge einer Abenteuergeschichte, in denen ein Held sein Ziel nur nach Überwinden unvorhergesehener Hindernisse erreicht. Der Interviewer bestätigt die Beschreibung von Herrn Groß mit einem Lachen und einem eher fragenden „okay." Er signalisiert damit Verwunderung und zeigt, dass die Antwort ein überraschendes Moment hat. Dann wechselt die Art der Erzählung und Herr Groß nennt

> *also, abi gemacht ähm mathe physik leistungskurs. [Interviewer: Ja]*
> *Und da liegt das schon NA::H [Interviewer: @(.)@]*
> (Dennis Groß, Pos. 5-7)

Herr Groß nennt in nicht chronologischer Reihenfolge das „abi" und erst nachgeordnet seine Leistungskurse „mathe physik". Er beginnt seine Erzählung zur Berufsbiographie mit dem Ende der Schulzeit und nicht mit Ereignissen in der (frühen) Kindheit. Dabei nennt er offizielle Stationen der formellen Bildung und die thematischen Schwerpunkte Mathe und Physik in der Oberstufe. Er bezieht sich also auf den fachlichen Teil des Frage-Impulses und nicht auf die Tätigkeit als Lehrkraft. Dabei werden die persönlichen Entscheidungen und Vorlieben nicht explizit. Das handelnde Subjekt ist in den Ausführungen nicht sichtbar (ein *ich*, wird elliptisch ausgelassen).

Mit der räumlichen Metapher („liegt das schon NA::H") stellt er eine Beziehung zwischen den Fächern und seinem jetzigen Beruf Mathe- und Physik-Lehrer her. Hier schildert er allgemeine, gesellschaftliche Erwartungen und Normen. Er verortet die konstruierte Nähe nicht bei sich, sagt nicht, dass das für ihn naheliegt (oder: nahe lag). Der Indikativ Präsens signalisiert eine große Sicherheit und Allgemeingültigkeit (insb. eine Gültigkeit nicht nur damals, sondern auch heute), die nur durch das „schon" abgeschwächt wird. Das Naheliegende steht im Spannungsverhältnis zu der räumlichen Metapher der verschlungenen Pfade. Groß deutet also an, dass er trotz dieser augenscheinlichen Nähe nicht den direkten Weg genommen hat. Die konstruierte Nähe wird dabei nur auf die Fachinhalte (Mathe und Physik) zurückgeführt, wodurch die pädagogische Komponente seines Berufes zunächst außer Acht gelassen wird. Herr Groß führt bis hier keine relevanten anderen Personen für seine Berufsbiographie explizit an.

Zu der Nähe von den Leistungskursen hin zu seinem jetzigen Beruf konstruiert Groß nun mit einem „aber" einen Gegenpunkt:

> *aber irgenwie ä::hm hab ich letztendlich die ZEIT nicht ghabt mich richtig zu imformiern. was ich denn so studiern will und hab dann erstma was (.) kurzschlussmäßiges studiert (.) so kurzschlusshandlung war WIRTSCHAFTSinformatik, das war so 2005 rum total IN. [Interviewer: okay @(.)@] U:::nd (.) war so GAR nich meins total trocken u:::nd ja sehr RECHTSlastig und hab dann schon nachn ersten semester so für mich entschieden, dass das wohl nix wird. in*

%stadt 1% hab ich da studiert (.) [Interviewer: Mhm]
(Dennis Groß, Pos. 7-14)

Mit der Formulierung „irgendwie ä::hm“ wird Ungenauigkeit oder Unsicherheit markiert. Im ersten Teil der Ausführungen beschreibt Groß, dass er keine Zeit hatte, sich zu informieren, was er studieren möchte. Er konstruiert dabei Informationen und Wissen als sehr relevant für die Berufswahl. Fest scheint dabei zu stehen, dass Groß ein Studium beginnen möchte. Eine Ausbildung oder Ähnliches scheint im Rückblick keine Option gewesen zu sein. Mit der Formulierung, dass er sich nicht informieren konnte, was er will, werden die eigenen Wünsche als etwas Externes, vom Subjekt Getrenntes beschrieben, das aktiv gesucht werden muss. Information wird in diesem Fall als relevant für die eigene Orientierung konzipiert; der Mangel an Information und Orientierung führt zu den angedeuteten verschlungenen Pfaden und in der folgenden Darstellung zu einer „kurzschlussmäßige[n]“ Handlung: Er deutet mit einem „erstma“ an, dass die folgende Entscheidung nur einen Zwischenschritt darstellt. Herr Groß wiederholt dann noch einmal die Metapher der „kurzschlusshandlung“, die eine im Affekt begangene, unüberlegte Handlung beschreibt. Insbesondere vor dem Hintergrund seines Berufes als Physiklehrer ist der Begriff *Kurzschluss* auffällig. Hierbei ist die Bedeutung als etwas Ungeplantes, Unvorhergesehenes, Gefährliches, Destruktives durchaus negativ besetzt. Groß steht unter Handlungszwang bei gleichzeitiger Unsicherheit und muss schnell (wie bei ein Kurzschluss) eine Entscheidung treffen. Er steht im Bild der verschlungenen Pfade vor einer Verzweigung und muss nun wählen, obwohl ihm über die verschiedenen Wege relevante Informationen fehlen. Die Begründung für sein Studienfach Wirtschaftsinformatik, was „2005 rum total IN“ war, wirkt recht umgangssprachlich und eher nach popkulturellem Trend als nach der Beschreibung eines Studienfachs.

Mit „war so GAR nich meins“ stellt Groß seine eigenen Wünsche, Vorstellungen oder Vorlieben gegen den dargestellten gesellschaftlichen Trend. Groß konstruiert sich damit als nicht der Norm entsprechend. Seine Vorlieben und Wünsche konzipiert er dann ex negativo über die Ablehnung des Studienfaches Wirtschaftsinformatik als „total trocken u:::nd ja sehr RECHTSlastig.“ Mit „total trocken“ verwendet er eine Formulierung, die auch bei der Bewertung von Unterricht geläufig ist, wenn sich dieser eher an Theorie und Formalismus orientiert statt an Praxis und Lebensweltbezug.

Die aktive Entscheidung gegen das Studium trifft Herr Groß für sich alleine („so für mich entschieden"). Auch hier werden weiterhin keine relevanten anderen Personen genannt. Groß rahmt den Studienabbruch dabei nicht als Scheitern, sondern als Entscheidung: „dass das wohl nix wird", wird nicht durch ihn festgestellt, sondern von ihm entschieden. Darin drückt sich ein Spannungsverhältnis aus zwischen einem eher externen Umstand, einer feststehenden Entwicklung, die wenig beeinflussbar erscheint („das [wird] wohl nix", Formulierung im Indikativ, Unsicherheitsmarkierung nur durch das „wohl"), und der eigenen Entscheidungsfähigkeit. Der Konflikt könnte so aufgelöst werden, dass die Entscheidung verstanden werden kann als eine dazu, die äußeren Umstände zu akzeptieren. Damit wird das Subjekt nicht zum Entscheider über den eigentlichen Weg, sondern nur über die Art des Umgangs mit einem vorgezeichneten Weg. Die nachgeschobene Angabe des Ortes am Ende der Ausführungen nimmt wieder Bezug auf offizielle Stationen des Bildungsweges ähnlich einem tabellarischen Lebenslauf.

In der folgenden Passage beschreibt Dennis Groß dann seinen Studiengangwechsel zu Lehramt:

> *u::nd bin dann nachm zweiten semester och RÜBERgwechselt zu:: lehramt. ich hab letztendlich mal n praktikum ausprobiert (.) [Interviewer: Mhm.] U::nd (.) weil ich so LÖSungen halt sondiert hab. so das zweite semester da (.) verwendet paar opTIONen mir anzugucken. naja und war ganz GUT. [Interviewer: Ja] also es (.)ist halt was, wo de sachst, na gut, wenn de vor ner klasse stehst (.) meiner erfahrung, manche könns, manche könns nich. hat SPAß gemacht (?den kindern?) eigentlich och u::nd (.) ja, hab dann für mich entschieden, dass ich das mal mache un in %stadt 2% studiert [Interviewer: wo?] In %stadt 2%*
> (Dennis Groß, Pos. 14-22)

Groß beschreibt seinen Studiengangwechsel „RÜBER[...] zu:: lehramt" als einen rational geprägten, aktiven Suchprozess. Dabei konzipiert er sich selbst als den (alleinigen) Entscheider, Peers oder Verwandte werden nicht als Referenzen angeführt. Ein Grad an Beliebigkeit und Zufälligkeit wird dem Suchprozess auch zugeschrieben: Groß beschreibt „letztendlich" das „ausprobier[en]" eines Praktikums als ausschlaggebend für die Berufsentscheidung. Gerade die Formulierung „ausprobiert" steht im Spannungsverhältnis zum eher rationalen „sondier[en]." Der Wechsel hin

„zu:: lehramt“ wird hier nun nicht von Fachlichkeit gerahmt (also kein Wechsel zu Mathemathik und Physik beschrieben), sondern allgemein auf das Lehramtsstudium bezogen. Mit dem bildhaften „RÜBER“-Wechseln konstruiert Groß zwei getrennte Bereiche (ähnlich zwei Ufern oder Spuren). Der beschriebene Studiengangwechsel nach nur zwei Semestern Wirtschaftsinformatik steht im Kontrast zu den angekündigten verschlungenen Pfaden, welche zahlreiche Wechsel erwarten lassen könnten. Die Verschlungenheit wird demnach von ihm konstruiert, entweder als eine Eigenwahrnehmung oder eine an ihn herangetragene Fremdwahrnehmung. Die Übergangszeit nutzt Groß dafür, „LÖSungen halt [zu] sondier[en]“. Die Unzufriedenheit bzw. die Entscheidung, „dass das wohl nix wird“, stellt für ihn also ein Problem dar, für das er Lösungen abwägt. Für diesen Abwägungsprozess „verwendet“ Groß das „zweite Semester“ und schließt damit an die vorher gegebene Begründung an, er habe aus Mangel an Zeit für Informationsbeschaffung etwas „kurzschlussmäßiges“, nämlich das im Trend liegende Fach Wirtschaftsinformatik, studiert. Im zweiten Semester studiert er demnach nicht weiter, sondern verwendet die Zeit dafür, sich „paar opTIONen [...] anzugucken“. Groß bleibt hier allgemein und unkonkret. Es werden weder konkrete Optionen genannt noch wird genau beschrieben, worin das Praktikum (vermutlich im schulischen, mindestens in einem pädagogischen Kontext) bestand, das ihn letztlich zu der Entscheidung gebracht hat, Physik und Mathematik auf Lehramt zu studieren. Sein Fazit und seine Bewertung „naja und war ganz GUT“ können sich auf das Praktikum beziehen und fallen dabei nüchtern aus. Die Einschätzung ist pragmatisch, signalisiert zwar keine Abneigung, zeugt aber auch nicht von Begeistertung. Er spricht im Vergleich zu Herrn Jäger und Herrn Schwarz nicht von Faszination und persönlichen Motiven und Wünschen, die er mit dem Beruf als Lehrkraft potentiell erfüllen kann.

Herr Groß ordnet dann seinen berufsbiographischen Werdegang weiter bewertend ein: Bezugspunkt ist dabei seine „Erfahrung“, vermutlich aus der heutigen, rückblickenden Perspektive. Seine Ausführungen werden trotz der einleitenden Markierung als subjektive, erfahrungsbasierte Position in einem Modus der Allgemeingültigkeit und Tatsachenbeschreibung getätigt (Indikativ Präsens). Die Tätigkeit als Lehrkraft beschreibt Groß mit dem (symbolischen) Bild, in dem die Lehrkraft „vor ner klasse [steht].“ Dabei werden zwei Gruppen durch räumliche Distanz voneinander getrennt konstruiert: eine „klasse“ und die Lehrkraft. Den Gruppen werden dabei

unterschiedliche Grade an Aktivität zugeschrieben und damit wird auch eine Hierarchie konstruiert: Die geringste Aktivität hat in dem von Groß entworfenen Bild die Klasse, die als passiver Bezugspunkt beschrieben wird. Dabei spielt die Diversität von Klassen und Schüler*innen keine Rolle: Es wird unspezifisch von „ner Klasse“ gesprochen, wonach individuelle Schüler*innen als homogene Klasse zusammengefasst werden, und jemand, der vor *einer* Klasse stehen kann, dies auch vor allen anderen tun kann. Der Lehrkraft selbst wird zwar eine Handlung zugeschrieben, jedoch nur das (ebenfalls passive) Vor-der-Klasse-Stehen, was hier als Metapher für die Lehrtätigkeit benutzt wird.

Im Hinblick auf die Fähigkeiten von Lehrkräften vertritt Groß die Position, dass diese nicht erlernbar sind, sondern als Talent gegeben sind, oder nicht (vgl. auch in ähnlicher Weise die Position von Florian Schwarz bezogen auf den Zugang zur Physik). Dieser Standpunkt spiegelt sich auch in der vorherigen Aussage „war ganz GUT“ wider: Es wird kein Lernen oder eine Entwicklung beschrieben durch das Praktikum, sondern eine Passung, die in seiner Veranlagung begründet ist. Dennis Groß beschreibt hier (wie auch an keiner anderen Stelle im Interview) keine Professionalisierung durch das Studium, das Referendariat oder die weitere Berufspraxis.

Herr Groß berichtet dann seine Bewertung der ersten Erfahrungen als Lehrperson. Er resümiert, dass es ihm „SPAß gemacht [hat]“. Der Bewertungsmaßstab ist in diesem Fall für Herrn Groß eher ein affektiver. Der eigenen Bewertung ordnet er eine Fremdzuschreibung, die „kinder“ betreffend, nach, denen es Herrn Groß zufolge „eigentlich och“ Spaß gemacht hat. Hier kommen zum ersten Mal relevante andere Personen in der berufsbiographischen Erzählung vor, in Form der Gruppe von Kindern. Diese (auch hier in Bezug auf affektive Faktoren) analoge Bewertung zur eigenen Wahrnehmung wird durch das „eigentlich“ etwas eingeschränkt, was Herr Groß auf seinen begrenzten Einblick beziehen könnte oder auf Unterschiede im „spaß“. Nach dieser Erfahrung („dann“) hat Groß die Studienwahl Lehramt getroffen. Dabei erzählt Herr Groß beiläufig, dass er nicht nur den Studiengang, sondern auch den Studienort gewechselt hat. Dieser im Hinblick auf das private Umfeld potentiell deutlich einschneidendere Bruch wird von Groß jedoch nicht hervorgehoben. Er beschreibt lediglich die berufsbiographischen Elemente, ohne diese in ein Privatleben einzubetten.

Er wiederholt die Formulierung „für mich entschieden“, die er schon auf das Beenden seines ersten Studiums bezogen hat. Er konzipiert sich als der alleinige, aktiv Entscheidende und bewertet das Studium hier unter der Perspektive des anschließenden Berufes (nicht wie das Studium Wirtschaftsinformatik auf die Inhalte und die Art des Studiums). Dabei spielt die fachliche Perspektive an dieser Stelle keine Rolle. Groß beschreibt lediglich den Umgang mit Schüler*innen und das vor der Klasse stehen, wobei es nicht um die Inhalte des Unterrichtes geht.

Summative Zusammenfassung Pos. 23-30

An diese Passage schließt Herr Groß eine Beschreibung der Stationen seiner Biographie an, die durch die alleinige Angabe von Studiengang, Ort und Dauer in ihrer Darstellung an einen tabellarischen Lebenslauf erinnern. Auch seinen Geburtsort gibt Herr Groß in diesem Zusammenhang an. Dabei gleicht Herr Groß seine Studiendauer mit der gesellschaftlichen Norm „regelstudienzeit“ ab, die er nach eigener Aussage um ein Semester überschritten hat. Bei dieser Einschätzung signalisiert er sehr deutlich, dass ihm diese Norm nicht wichtig erscheint, und markiert die eigene Aussage zur Studiendauer als unsicher und potentiell unwichtig („keine ahnung“, „glaub“). Da er die Norm erwähnt, scheint sie dennoch relevant für ihn zu sein, auch wenn er sich explizit davon abgrenzt. Die Betonung der (letztlich nur wenig) längeren Studiendauer könnte auch als Unterstützung des konstruierten Bildes der „verSCHLUNGenen PFAde[. . .]“ dienen und damit die Abweichung von der Norm einer linearen Berufsbiographie unterstützen.

Herr Groß beschreibt dann seine jetzige Schule, seine Beweggründe für die Schulwahl und seine Zufriedenheit mit der beruflichen Situation dort und schließt mit einer Coda die Antwort zur Frage nach dem Beruflichen:

> *und (.) ja hats mich danne jetz nach %bundesland 2% (.) mindest zur ZEIT verschlagen, sach ich mal @(.) @ u::nd ja bin jetzt schon an der schule seit vier jahren (.) nachn referendariat gleich gelandet.*
> (Dennis Groß, Pos. 30-33)

Herr Groß kommt dabei in seiner chronologisch sortierten Erzählung in der Jetzt-Zeit an: Ihn hat es „jetz nach %bundesland 2% mindest zur

ZEIT verschlagen“. Hier konzipiert Groß sich nicht als aktiven Entscheider, der nach rationaler Abwägung einen bestimmten Weg eingeschlagen hat. Vielmehr scheint der Weg durch Zufälligkeit und Beliebigkeit bestimmt und Groß ist der Passive, der sich in diese Entwicklung einordnet (ist dort „gelandet“). Der Hinweis darauf, dass er „nachn referendariat gleich [dort] gelandet [ist]“, markiert eine direkte, lineare Verknüpfung ohne Umwege und Zwischenstationen – was im Spannungsverhältnis zu den „verSCHLUNGenen PFAden“ steht. Dabei macht er deutlich, dass seine jetzige berufliche Situation nicht einen finalen Endpunkt darstellt, sondern vorläufig ist, seine Berufsbiographie also noch im Prozess ist. Eine Lesart dieser Einordnung ist eine mögliche Unzufriedenheit mit der jetzigen Situation, verbunden mit dem (vielleicht noch unartikulierten) Wunsch, die berufliche Situation zu ändern. Die „vier jahre“, die er an der Schule verbracht hat, markiert er mit einem „schon“ als lange Zeit – auch hier wäre eine mögliche Lesart, dass die Zeit deshalb als lang empfunden wird, weil eine Unzufriedenheit besteht. Eine andere Lesart wäre, dass Groß „vier jahre“ in Relation zu seiner bisher kurzen Berufstätigkeit als lang empfindet.

> *hat halt ne ganz gute anbindung, dass war so (.) MEIN beweggrund für die schule. mint hört sich ganz gut an. (.) Ja. [Interviewer: mhm.] hört sich zumindest @(an)@. [Interviewer: @(.)@] JA. ja ansonsten. is eigentlich SCHÖN, ich meine ländliche gegend (.) schüler (.) alle mehrheitlich lieb (.) [Interviewer:okay.@(.)@] Also, GIBT sicherlich schlimmere ecken. (2) joa. (.)[Interviewer: mhm.] das ist so mein beRUFliches. @(.)@*
> (Dennis Groß, Pos. 33-39)

Der angedeuteten Zufälligkeit des Ortes schickt Herr Groß dann Argumente in Form von positiven Attributen des Schulstandorts hinterher. Als Erstes führt er „ne ganz gute anbindung“, welche „so [sein] beweggrund für die schule“ war, und damit stark pragmatische Aspekte an, vermutlich bezogen auf die Verkehrsanbindung. Warum ihm die Verkehrsanbindung wichtig ist, wird nicht ausgeführt. Er betont aber deutlich, dass dieser Grund für ihn persönlich gilt („MEIN“), und er spricht im Singular, wonach nur die gute Anbindung aus seiner Sicht für die Schule gesprochen hat, auch wenn er dann noch mehrere andere Aspekte danach anführt.

Ein eher auf die Schule bezogenes und stärker inhaltliches Argument, das Groß danach noch anführt, ist das MINT-Profil der Schule. Dabei formuliert Groß elliptisch nur, dass sich MINT gut anhört. Er setzt also voraus, dass der Interviewer weiß, worauf er sich bezieht. Hier betont Groß, dass sich das „zumindest" „ganz gut an[hört]". MINT scheint für Groß eher ein wenig aussagekräftiges Etikett zu sein, das vielleicht gesellschaftlich (extern) anerkannt ist und einen guten Ruf hat, von dem er selbst (persönlich) jedoch nicht viel hält; oder die Orientierung an MINT wird in der Praxis der Schule für ihn nicht ersichtlich. Dennoch ist es für ihn erwähnenswert gegenüber dem Interviewer, vielleicht auch, um eine gesellschaftlich anerkannte Argumentation für den Schulstandort zu liefern, selbst wenn er diese selbst nicht teilt.

Groß deutet dann ein Nachdenken an und verbalisiert dies mit einem fragenden „ansonsten". Das Zentrale scheint für ihn damit erzählt zu sein. Er nimmt dann Bezug auf die „ländliche Gegend", in der er es „eigentlich schön" findet. Etwas elliptisch fügt er hinzu, dass die Schüler*innen (hier nicht: Kinder) mehrheitlich lieb (sind). Nach der Beschreibung des Kontextes seiner beruflichen Situation (Anbindung, Gegend) kommt Herr Groß damit zurück zum Schulalltag im engeren Sinne. Hierbei legt Groß einen Fokus auf die soziale Komponente des Umgangs der Schüler*innen entweder untereinander oder mit Herrn Groß selbst. Er spricht dabei von einer Gruppe, nicht von Einzelpersonen. Mit „mehrheitlich" schränkt er seine Aussage zu der Gruppe ein. Er deutet einen unproblematischen Umgang miteinander an, konzipiert aber gleichzeitig die Möglichkeit von nicht lieben Schüler*innen als einen negativen Horizont. Diesen negativen Horizont expliziert Herr Groß dann noch, indem er sein jetziges berufliches Umfeld abgrenzt von „schlimmere[n] ecken", die es „sicherlich" gibt. Die Metapher der „schlimmere[n] ecken" ist vor allem für Brennpunkte z. B. in Großstädten üblich, womit ein Kontrast zur positiv konstruierten „ländliche[n] gegend" hergestellt wird. Mit der Erzählcoda „das ist so mein beRUFliches" deutet Herr Groß das Ende seiner Erzählung an und signalisiert damit auch, dass er der Erzählaufforderung damit zur Genüge nachgekommen ist und es aus seiner Sicht nichts weiter Erzählenswertes gibt.

Typisierung Dennis Groß nach erster berufsbiographischer Erzählung

Herr Groß nimmt eine einordnende, bewertende Perspektive auf seine Berufsbiographie ein. Er stellt sich als reflektierende, rational abwägende Person dar, die eine informierte Entscheidung anstrebt und eine impulsive, unüberlegte „Kurzschlusshandlung" eher ablehnt. Darin zeigen sich zwar Elemente des Typus *Weltverstehen*, allerdings setzt Groß den analytischen Weltzugang nicht in Verbindung mit dem Fach Physik. Insgesamt wird hier im Hinblick auf die fachbezogene Typik *Bildungsideal* keine klare Orientierung sichtbar: Einerseits werden die eigenen Schulerfahrungen bezogen auf die Fächerwahl Physik und Mathe als (eher gesellschaftlich konstruierte) Hinführung zum Lehrerberuf konstruiert. Andererseits werden bei der eigentlichen Studienwahl und der Beschreibung der aktuellen Berufssituation als Lehrkraft lediglich allgemein-pädagogische Anforderungen an den Beruf in den Blick genommen. Die Fachlichkeit scheint für Groß in der unterrichtlichen Praxis eine untergeordnete Rolle zu spielen. Woran sich Groß im Hinblick auf gelingenden Physikunterricht orientiert, wird hier insgesamt aber noch nicht deutlich.

Für die Beschreibung seiner beruflichen Entwicklung nutzt Groß die Metapher der „verSCHLUNGenen PFAde". Er lehnt die normativ naheliegenden Lebensentwürfe (zunächst) ab. Seine Abgrenzung von gesellschaftlichen Normen und damit verbunden die Konstruktion einer Art Außenseiterrolle bekräftigt er auch durch die Ablehnung seines ersten Studiengangs Wirtschaftsinformatik, der sehr beliebt, aber nicht nach Herrn Groß Geschmack war. Insgesamt werden mögliche relevante Andere in Groß Eingangserzählung kaum genannt: Zwar wird die eigene Schulpraxis als Bezugspunkt aufgemacht, aber darin werden keine Akteur*innen der Mitwelt sichtbar.

Im Hinblick auf das Gestaltungspotential deutet sich an mehreren Stellen eine *fatalistische* Orientierung Groß an: Die Eignung für den Lehrer*innenberuf sieht Groß als Veranlagung; von einer Möglichkeit der Professionalisierung distanziert er sich deutlich: „manche könns, manche könns nich". Seine Berufswahl skizziert er als Suchen eines vorgezeichneten Pfades und als Finden der besten Passung zwischen

innerer Veranlagung und äußeren Umständen. Eine Entwicklung der eigenen Fähigkeiten und Interessen wird nicht formuliert. Der Weg zur jetzigen beruflichen Position wird als eher zufällige Entwicklung geschildert (es verschlägt ihn in die Gegend), wobei der Weg dann post hoc argumentativ analysiert und ihm Sinn beigemessen wird.

Die Entwicklungsperspektive auf die eigene biographische Entwicklung ist hierbei am ehesten der Typik *offen* zuzuordnen. Die beschriebenen Entwicklungen werden wahrgenommen und akzeptiert und kein klares Zukunftsszenario skizziert.

Der Interviewer fragt in Reaktion auf die Erzählcoda von Herrn Groß nach konkreten, prägenden Erlebnissen, die er mit Physik oder Technik verbindet:

> *Interviewer: Ä:::M. (2) kannst du vielleicht (.) äh (.) son paar konkonkrete erlebnisse beschreiben, die vielleicht irgendwie (.) PRÄgend waren und die du irgendwie ganz konkret mit mit phySIK irgendwie verbindest und vielleicht auch mit na soll dann noch um technik gehen. die vielleicht so physikalsisch und technisch waren. und die irgendwie (.) so aha-momente waren vielleicht im studium oder davor in der schule, wenn du sagst du hast schon leistungskurs gehabt, ne?*
> (Dennis Groß, Pos. 40-46)

Der Interviewer fragt hier nicht nach einer Erzählung konkreter Erlebnisse, sondern nach einer Beschreibung dieser, was also auch auf eine rückblickende, bewertende, einordnende Perspektive abzielen könnte. Die Frage ist dabei sehr vage und weich formuliert: Der Interviewer benutzt gehäuft die Adverbien vielleicht (5x) und irgendwie (4x) was im Spannungsverhältnis steht zu der Erzählaufforderung zu „konkrete[n]" Erlebnissen, die „ganz konkret" mit Physik und Technik in Verbindung stehen. Darüber hinaus führt der Interviewer für die geforderten Erlebnisse zahlreiche Attribute an: 1) prägend (ohne zu konkretisieren, wofür prägend), 2) Erlebnisse, die Groß mit Physik und Technik verbindet, 3) Erlebnisse, die physikalisch und technisch waren, 4) Aha-Momente aus Studium oder Schule. Diese Vielzahl an Attributen lässt einerseits einen großen Spielraum bei der Beantwortung der Frage zu, andererseits kann sie leicht überfordernd wirken, zumal der Interviewer explizit nach „son paar" Erlebnissen fragt, also mehrere

verlangt. Neben der Frage, die im Folgenden als inhaltliche Erzählaufforderung verstanden wird, nimmt der Interviewer zweimal Bezug auf das Gespräch selbst: Er greift auf den späteren Teil des Interviews vor, indem er sagt, dass es „dann noch um technik" gehen soll. Er konzipiert sich damit nicht als der aktive Gesprächsführer, sondern als derjenige, der über den geplanten und damit möglichen Verlauf informiert ist. Außerdem greift der Interviewer auf das von Groß Erzählte zurück, indem er Bezug auf den Leistungskurs von Herrn Groß nimmt. Damit signalisiert er, aufmerksam zuzuhören, und verknüpft die biographischen Schilderungen mit dem fachlichen Gegenstand.

Herr Groß antwortet auf diesen zweiten Stimulus mit einer ausführlichen Beschreibung seines Interesses an Physik, worin sich ein für den Fall und für das weitere Interview typisches Motiv zum ersten Mal zeigt:

> *Groß: mich geprägt ham physiKAlisch? pfu::h [Interviewer: @(.)@] is eher so die SUMme des ganzen also WAS mich immer WAHNsinnig so fasziniert hat auch so in der schule war schon so, JA relativitÄT u:::nd raumzeit und schwarze löcher. vor allem so diese KOSmologie dieser aspekt. so himmelsmechanik fand ich immer WAHNsinnig spannend das da sozusachen auch so diesen aspekt berührt, wo man sach ich mal so über seine eigene existenz nachdenkt. wo dann auch so (.) philoSOphische fragen sich anknüpfen. [Interviewer:Ja.]*
> (Dennis Groß, Pos. 47-53)

Herr Groß nimmt erneut Teile der Erzählaufforderung des Interviewers auf und wiederholt sie in Form einer Frage. Dabei geht er einerseits auf die Art der erfragten Erlebnisse ein (prägend) und auf deren thematischen Inhalt (physikalisch). Den Hinweis zur Technik greift Groß nicht auf. An die Frage anschließend signalisiert er mit einem „pfu::h" die Schwierigkeit der vielleicht als abstrakt oder komplex wahrgenommenen Frage. Die Aufforderung, konkrete Erlebnisse zu schildern, wird dann explizit abgelehnt und stattdessen eine generelle Bewertung zur „SUMme des ganzen" angeboten. Damit betont Groß, dass für ihn nicht herausragende Einzelereignisse relevant sind, und hebt stattdessen die Prozesshaftigkeit seines Werdegangs und dessen retrospektive Analyse hervor. Mit sehr starker, positiver, bekräftigender Wortwahl beschreibt er nun sein Interesse an kosmologischen und existentiellen Fragen: „relativitÄT u:::nd raumzeit und schwarze löcher" haben ihn „WAHNsinnig so fasziniert". Seine

Faszination, das bewundernde Staunen, geht demnach über ein gesellschaftlich verbreitetes, normales Maß hinaus („WAHNsinnig“) und ist für ihn eine biographische Konstante („immer“). Er ordnet seine Faszination in die Schule ein. Die genannten Themen gehen teilweise deutlich über Schulthemen hinaus. Dies legt den Schluss nahe, dass die Verortung sich auf die Schulzeit bezieht, aber nicht direkt auf den erfahrenen Unterricht. Er führt die Inhalte dann noch weiter aus und nennt „KOSmologie“ und „himmelsmechanik“ als Überbegriffe für sein Interessensgebiet. Er wiederholt wieder stark betont die Formulierung „immer WAHNsinnig“, wählt jedoch nun das Attribut „spannend“, was über den Aspekt der Faszination noch stärker ein Gefesselt-Sein, eine innere Erregung betont.

Diese Themenfelder berühren nach Herrn Groß „diesen aspekt [. . .], wo man sach ich mal so über seine eigene existenz nachdenkt“, und wo sich „auch so (.) philoSOphische fragen [. . .] anknüpfen.“ Die Verbindung liegt für Herrn Groß in den Themen selbst begründet, ist ihnen eingeschrieben und nicht von ihm konstruiert. Groß skizziert hier das Motiv der Kontemplation, der inneren Besinnung auf philosophische Fragen, als einen positiven Horizont. Eine Beschäftigung mit Themen an der Erkenntnisgrenze der Naturwissenschaften übt einen großen Reiz auf Herrn Groß aus und dies schon seit seiner Schulzeit. Damit grenzt er sich maximal von Fragen der Alltagsrelevanz von Physik ab. Der Reiz, sich mit Physik zu beschäftigen, liegt für Herrn Groß demnach *nicht* darin, seine direkte Umwelt, seinen (technisierten) Alltag zu verstehen und aktiv zu gestalten, sondern die Grundpfeiler der „eigene[n] existenz“ (und die des Universums) zu ergründen. Physik ist hierbei mit einem Streben nach reiner Erkenntnis verbunden, nicht mit der (technischen) Nutzbarmachung von natürlichen Gesetzmäßigkeiten.

> *U::nd ja so diese RANDgebiete (.) ähm (.) der physik. sach ich jetzt einfach mal randgebiete is vielleicht n bisschen (.) sach ich ma WEIT gegriffen, aber in der schule sind ja schon RANDgebiete [Interviewer: mhm.]*
> (Dennis Groß, Pos. 54-56)

Herr Groß nimmt dann eine Kategorisierung der von ihm genannten Themengebiete vor. Er ordnet diese als „RANDgebiete (.) ähm (.) der physik“ ein. Damit grenzt sich Groß wieder von gesellschaftlichen Normen ab, indem er das für ihn Wichtige und Zentrale als randständig bezeichnet.

Herr Groß setzt dann zunächst an, die Begrifflichkeit des Randgebietes zu korrigieren, ändert dann aber den Bezugsrahmen von der Physik (als Wissenschaft) hin zum Schulfach Physik. Damit konstruiert er einerseits eine deutliche Distanz zwischen dem eigenen Interesse und seinem Unterrichtsfach, stellt aber andererseits auch eine (wenn auch nur periphere) inhaltliche Verbindung zwischen beiden her, welcher er in der berufsbiographischen Erzählung Relevanz zuspricht.

> *aber äh (.) dass wenn mer sach ich mal die physik konsequent zuende denkt man dann wirklich vor solche (.) SACHen stößt wo mer einfach nur noch mit KOPF schüttelt in was für ner wahnsinnig TOLlen WELT wir leben und was es für ein riesen GLÜCK ist [Interviewer: @(.)@] oder ZUfall oder intelliGENTES deSIGN, dass es uns GIBT [Interviewer: jaa.]*
> (Dennis Groß, Pos. 57-61)

Groß beschreibt nun detaillierter, was ihn an den kosmologischen und existentiellen Randgebieten fasziniert. Die Beschreibung der Faszination ist zwar durch das „sach ich mal" als subjektive Position gekennzeichnet, aber sonst mit unpersönlichem, verallgemeinertem „man" formuliert. Er verwendet hierbei viele sehr starke Adjektive („wahnsinnig", „TOLlen", „riesen"), was auf eine Fokussierung, eine hohe Relevanz des Erzählten für Herrn Groß hindeutet. Herr Groß beschreibt die Beschäftigung mit Physik als etwas, das man „konsequent zuende denkt". Es wird demnach keine oberflächliche, punktuelle Analyse konstruiert, sondern eine mit einem festen Endpunkt markierte tiefgreifende Auseinandersetzung. Die Formulierung des Zu-Ende-Denkens legt auch die Lesart einer Handlung mit weitreichenden Konsequenzen nahe: Aus dem Durchdenken der Physik ergeben sich demnach feststehende und bedeutende Folgen.

Die angedeutete Auswirkung des Zu-Ende-Denkens wird dann nicht als eine von mehreren Möglichkeiten oder eine Eventualität beschrieben, sondern als feststehende, unausweichliche Tatsache („wirklich", Indikativ Präsens, allgemein mit „man" statt persönlich formuliert): Man „stößt" dann „wirklich vor solche (.) SACHen". Die Formulierung weist auf etwas Unerwartetes, Überraschendes hin, hier noch sehr unkonkret, aber gleichzeitig materialistisch als „solche (.) SACHen" betitelt. Diese werden dann charakterisiert durch die Reaktion „mit KOPF schüttel[n]", was einerseits

Ablehnung, andererseits aber auch (im Sinne der zuvor beschriebenen Faszination) eine Verwunderung, ein Staunen ausdrücken kann.

Herr Groß spezifiziert, dass man darüber den Kopf schüttelt, „in was für ner wahnsinnig TOLlen WELT wir leben“. Zum wiederholten Male wird die Formulierung „wahnsinnig“ verwendet und damit das Beschriebene deutlich abgehoben und hervorgehoben. Hier verstärkt es das Adjektiv „TOLlen“, das sowohl eher negative Bedeutungen tragen kann (im Sinne von verrückt, wild, ungewöhnlich, unglaublich) als auch positive (im Sinne von großartig, prächtig). Die positive Lesart ist durch die Verbindung mit dem „wahnsinnig“ sowie die anschließende Formulierung des „riesen GLÜCK“ wahrscheinlicher.

Der Erzählrahmen von Herrn Groß umspannt hier die ganze „WELT“ und die gesamte Menschheit („wir“), vergemeinschaftet durch die Formulierung in der ersten Person Plural. Diese abstrakte Gesamtheit scheint in dieser dichten Passage sehr relevant für Herrn Groß. Sein direktes Umfeld (z. B. Kollegen, Freunde oder Familie) wird dagegen kaum thematisiert. Die Erzählung seiner Faszination steht auch im starken Kontrast zur Darstellung seiner Tätigkeit als Lehrkraft und seinen Weg dorthin, welcher eher nüchtern, pragmatisch und mit weniger starken Worten beschrieben wird.

Die zuvor angekündigten philosophischen Fragen nach der „eigene[n] existenz“ konkretisiert Herr Groß nun, indem er hierzu verschiedene Positionen nennt, ohne dabei seine eigene Position explizit zu kennzeichnen. Die Optionen „riesen GLÜCK“, „ZUfall“ und „intelliGENTES deSIGN“ stehen wie die Aufzählung einer Liste hintereinander. Groß zeigt hiermit, dass an den Erkenntnisgrenzen der Wissenschaft unterschiedliche Deutungen möglich sind und er sich mit diesen auseinandergesetzt hat. Die Positionen werden dabei nur durch kurze, aber voraussetzungsvolle Schlagworte beschrieben. Dabei fällt auf, dass Groß nach der ersten Deutung („riesen GLÜCK“) bereits das Verb „ist“ benutzt, was die übrigen Optionen wie hinterhergeschoben wirken lässt. Die Option „riesen GLÜCK“ wird auch durch das Adjektiv riesig von den anderen Positionen abgehoben und ist deutlich positiv besetzt, was zu der beschriebenen Faszination passt. Die Option „intelliGENTES deSIGN“ ist eine eher religiöse, kreationistische, pseudowissenschaftliche Position, die das Universum und das

Leben darin auf einen planvollen Schöpfungsakt zurückführt, wobei sich (natur-)wissenschaftlich-technischer Begriffe bedient wird.

> *und das ist so ne sache, DA:: beschäftige ich mich hin und wieder gerne mit, sach ich mal auf popuLÄRwissenschaftlicher ebene jetzt pf- (.) die formel brauch ich jetzt nicht UNbedingt @(2)@ [Interviewer: @(2)@] @(ich glaub den das, dass die richtig rechnen.)@ [Interviewer: @(die menschheitsformel)@] geNAU, also des des hat mich schon sach ich ma von der schulzeit an fasziniert und hat sich dann sag ich mal auch durchs studium geZOgen.*
> (Dennis Groß, Pos. 61-67)

Nach der eher thematischen Skizzierung seines Interesses, charakterisiert Herr Groß die Art seines Interesse weiter. Er nennt die kosmologischen, existenziellen Fragen „so ne sache", was das Ganze als eher banal und unbedeutend einstuft. Zu dieser eher abschwächenden Einordnung passen auch die Formulierungen „hin und wieder" und „sach ich mal", die einem umgangssprachlichen Modus entsprechen. Die explizite Verortung seiner Beschäftigung auf einer „popuLÄRwissenschaftliche[n] ebene" bekräftigt einerseits die laienhafte Freizeitbeschäftigung. Andererseits zeigt sich in der Klassifizierung und der Wortwahl einen hohen Reflexionsgrad die eigene Tätigkeit betreffend.

Die populärwissenschaftliche Ebene und damit die Grenze seines Interesses wird durch das Fehlen einer mathematischen Betrachtung charakterisiert: Exemplarisch hierfür nennt Groß „die formel", welche er nicht braucht, und das „richtig rechnen", welches er nicht nachvollziehen oder überprüfen möchte. Die Mathematisierung wird hier als etwas für seine Zwecke und Bedürfnisse Unnötiges, Überflüssiges konzipiert. Seine Faszination gilt anderen Aspekten. Dennoch stellt Groß durch das Aufgreifen der Formel und des Rechnens in seiner Erzählung eine Verbindung zwischen der Mathematisierung und den existentiellen Fragen der Randgebiete der Physik her.

Die angesprochene epistemische Abhängigkeit von Expert*innen („ich glaub den das") wird nicht negativ bewertet. Vielmehr scheint es erleichternd, dass andere diese (notwendige) Aufgabe übernehmen und Groß sich den aus seiner Sicht interessanten Fragen widmen kann. Der Interviewer nimmt die Formulierung der „formel" auf, wobei er den Singular und den spezifischen Artikel als auf eine spezifische Formel bezogen deutet und

lachend den Begriff der „menschheitsformel“ einwirft. Der Interviewer spricht hier nicht von einer Weltformel, also einem allumfassenden Modell zur Erklärung der gesamten Physik, sondern von der Menschheitsformel. Damit könnte ein Anschluss an die Ausführungen von Groß zur Faszination an der Unwahrscheinlichkeit der eigenen Existenz, also der Existenz der Menschheit, gemeint sein. Groß bestätigt den Einwurf mit einem „geNAU“, geht aber nicht weiter darauf ein, sondern ordnet sein Interesse zeitlich in seine Biographie ein, wobei die angesprochenen Zeiten sich an Bildungsstationen orientieren: „von der schulzeit an“ und „durchs studium“. Dabei signalisiert er eine dauerhafte Faszination, die sich über verschiedene Phasen seiner Biographie zieht.

Summative Zusammenfassung Pos. 67-74

Der Interviewer fragt dann nach den kosmologischen Anknüpfungspunkten in seinem Studium, worauf Groß vom Wahlpflichtfach Himmelskosmologie erzählt, was er als „eigentlich spannend“ bezeichnet, aber damit schon Ernüchterung andeutet, denn „letztendlich wars dann viel mechanik“. Diese Enttäuschung präzisiert er dann noch weiter:

> *und [Interviewer: mhm] sach ich mal (.) wenn man NICHT so viel von der theorie weiß, isses schöner @(.)@ aber das wird dann vielleicht wieder n=bisschen spannend, wenn mer dann (.) sich nicht mehr so an der mathematik stößt.*
> (Dennis Groß, Pos. 74-77)

Die zunächst nur angedeutete Unzufriedenheit mit der Art der Behandlung der kosmologischen Themen im Studium macht Groß nun deutlich („wenn man NICHT so viel von der theorie weiß, isses schöner“). Als positiver Horizont wird hier nicht das Durchdringen, Verstehen und vielleicht auch Verfügbar- und Vorhersehbar-Machen konzipiert, sondern das faszinierte Staunen über etwas Schönes, Ästhetisches. Die Faszination wird durch zu viel Kenntnis der „theorie“ gestört. Natur verliert durch die physikalische Beschreibung mit Hilfe von Theorien ihren Zauber. Durch einen anderen, nicht analytischen, sondern eher ästhetischen, philosophischen Weltzugang soll dieser Zauber aufrechterhalten werden.

Im Folgenden präzisiert Groß, dass der störende Faktor die „mathematik" ist. Er räumt zwar die Möglichkeit ein, dass es „vielleicht wieder n=bisschen spannend" werden könnte, wenn man sich nicht mehr an der „mathematik stößt", jedoch scheint für Groß diese Schwelle durch das Studium nicht überwunden zu sein. Hier könnte sich andeuten, dass der mathematische Zugang Herrn Groß ge- und vielleicht auch überfordert hat (im Vergleich zur populärwissenschaftlichen Beschäftigung). Jedoch deutet sich nicht an, dass auch eine vollständige Beherrschung der mathematischen Beschreibung von (den durch ihn genannten) Zwei- und Dreikörperproblemen der Himmelsmechanik seine Faszination wecken würde. Seine Interessen scheinen hier eher im Bereich des Ästhetischen und Philosophischen zu liegen.

Der Interviewer fragt dann immanent zum Aspekt der Ästhetik nach:

> *Interviewer: okay, wie meinst du SCHÖner, wenn mans nicht (.) so genau weiß?*
> *Groß: ja, wahrscheinlich, weil weil es ja dann DOCH die mathematik n bisschen komPLEX ist dahinter. (.) und bis mer die durchsteigt und man denkt so OCH geil, jetzt kann ich ausrechnen. schwarze löcher und so. [Interviewer: jaa.] u::nd dann und dann kommt mer vor die mathematik und denkt sich oh NEE ((stöhnt)) das hab ich @(mir aber ANders vorgestellt)@ [Interviewer: @(.)@] u::nd ja, mer brauch halt ne weile bis mer damit WARM wird. also is wie mit ALlen. also für die schüler zum beispiel, wie mit INtegrieren, DIFFerenzieren [Interviewer: ja] und irgendwann macht mers dann ganz naTÜRlich. und da kann mer eben die physik dahinter verstehen. also das is ja auch das WICHtige, dass so die mathematik erst STEHT. (.) und dann kannste dich ja eigentlich erst mit de richtig interessanten fragen beschäftigen. [Interviewer: Mhm.] joa.*
> (Dennis Groß, Pos. 78-91)

Der Interviewer greift den Begriff „SCHÖner" auf und bittet Herrn Groß zu beschreiben, was er damit meint, dass es schöner sei, „wenn mans nicht (.) so genau weiß". Der Interviewer verwendet hier nicht den Begriff der Theorie, von der Herr Groß nicht so viel wissen möchte, sondern paraphrasiert mit eigenen Worten und interpretiert die Aussage von Groß um, indem er Theorie mit Genauigkeit in Verbindung bringt. Genauigkeit kann hier allgemein im Sinne einer Analysetiefe (vgl. populärwissenschaftlich) oder

spezifisch in Bezug zur genannten kritischen Rolle der Mathematik im Sinne von *exakt* verstanden werden.

Herr Groß geht dann genauer auf die Rolle der Mathematik ein, wobei die Formulierungen stark metaphorisch geprägt sind. Die „komPLEX[e]“ Mathematik wird dabei örtlich konzipiert – zunächst als etwas, das „dahinter“ ist. Sie ist demnach (dem Auge) zunächst verborgen, etwas Unbekanntes, vielleicht Geheimnisvolles, das sich einer ersten Betrachtung entzieht.

In der zweiten Metapher beschreibt Groß, wie man – wieder in einer örtlichen Betrachtungsweise – die Mathematik „durchsteigt“ und „vor die mathematik [kommt]“. Hier wird das Bild eines Weges konzipiert, auf dem man sich dem Phänomen wie bei einer Expedition oder einem Abenteuer nähert, unbekanntes Gebiet erschließt und dabei Hindernisse umgehen muss. Diese Metapher wird durch eine angedeutete Aufgeregtheit unterstützt, die sich in der umgangssprachlichen Formulierung „OCH geil“ widerspiegelt. Diese Begeisterung, welche sich auf das „ausrechnen“ schwarzer Löcher richtet, wird in der Erzählung jäh enttäuscht: Lachend formuliert Groß nun in erster Person, dass er sich das „aber ANders vorgestellt [hat]“. Die Erschließung der Kosmologie verliert durch den mathematischen Zugang ihren Reiz. Der Zugang entzaubert, macht die faszinierende Welt berechenbar. Groß gibt jedoch zu verstehen, dass man „halt ne weile“ braucht, um damit „WARM“ zu werden, was er generalisiert auf andere Bereiche („wie mit ALlen“).

Die Metapher des Warm-Werdens bezieht Groß dann auf den Kontext Schule und zieht die Parallele zwischen den Hürden im eigenen Studium und dem „INtegrieren, DIFFerenzieren“ für die Schüler*innen in der Schule. Das Künstliche und Unbehagliche der Mathematik wird „irgendwann“ zu einer unreflektierten Selbstverständlichkeit, zum Teil des „natürlichen“. Mit diesen dann natürlichen Fähigkeiten kann man „die physik dahinter verstehen“. Hier greift Groß wieder die Metapher des Dahintersteckens und Aufdeckens auf, die er zuvor für die Mathematik verwendet hat. Die Mathematik wird zu einem Schlüssel, mit dessen Hilfe dann die eigentliche, zuvor verborgene Wesensart des Phänomens (die Physik dahinter) verstanden werden kann.

Dies sind dann die „richtig interessanten fragen“, mit denen man sich erst beschäftigen kann, wenn die „mathematik [. . .] STEHT“, also in diesem Bild stabil und widerstandsfähig ist. Ohne die Mathematik scheinen hier

die richtig interessanten Fragen nicht zugänglich zu sein, obwohl Groß zuvor dargestellt hat, dass die Beschäftigung mit den Fragen schöner ohne die Theorie ist. Das Verhältnis zur Mathematik, das Herr Groß hier zeichnet, ist mindestens spannungsreich, potentiell antinomisch: Einerseits verdirbt die komplexe Mathematik die Faszination für kosmologische und existentielle Fragen, andererseits ist sie die Bedingung dafür, sich mit den richtig interessanten Fragen zu beschäftigen.

Summative Zusammenfassung Pos. 91-114

Der Interviewer fragt dann nach, wo er sich im Privaten mit diesen Themen beschäftigt, wo er dazu liest oder was er schaut. Groß zählt dann unter anderem Bücher von Stephen Hawking und Richard Feynman auf, welche er als „allgemeinverständlich" und „populärwissenschaftlich" bezeichnet, wobei „feynman dann jetzt geht schon in die FORmel, aber nimmt sich halt auch SEHR viel (.) zeit zum". Dann nennt Groß eine Filmreihe, die themen-„überbrückend" u. a. die Existenz des Universums und des Lebens thematisiert. Die Integration anderer Themengebiete wie Chemie und Biologie findet er interessant, aber „ausgangspunkt IST ja die physik" für Herrn Groß. Er beschreibt dann, dass er versucht, seine Faszination auch in den Unterricht einzubringen:

> *und ja, ich mein ich finde das eigentlich interessant, dass mer so, an dem was draußen so vor sich geht schon interessiert ist. dass mer das NICH was mer so ham als geGEben hinnimmt. des versuch ich so ein BISSchen den schülern mitzugeben aber mhm. @(.)@*
> (Dennis Groß, Pos. 114-118)

Herr Groß beendet seine Darstellungen mit einem Resümee, das die Art seines Interesses kategorisiert. Dabei wird Interesse in einem doppelten Sinne referenziert: Er beschreibt, dass er es interessant findet, dass man an „dem was draußen so vor sich geht", interessiert ist. Damit wird ein Meta-Interesse konzipiert, das sich auf das eigentliche Interesse im Sinne einer Selbstbeobachtung richtet. Das Meta-Interesse schreibt er sich dabei selbst zu („ich finde"), das allgemeine Interesse wird generalisiert („man"). Dabei verwendet Groß mehrere Modalpartikel wie „eigentlich", „so" und „schon". Damit wird das zuvor als außergewöhnlich markierte persönliche Interesse

von Groß (mehrfach wiederholtes „WAHNsinnig“) für die Generalisierung abgeschwächt.

Die konstruierte Personen-Gegenstands-Beziehung ist dabei durch eine Trennung und Distanz geprägt: Er beschreibt einen Beobachter drinnen, der sich für das „draußen“ interessiert. Das Draußen wird dabei als etwas Selbstläufiges, Naturwüchsiges entworfen und bleibt dabei allgemein und abstrakt. Der passive, staunende Beobachter zeigt zwar „schon“ Interesse, wird aber nicht als ein Gestalter oder Involvierter skizziert.

Groß formuliert dann noch einen negativen Gegenhorizont zu dem Interesse, und zwar das, „was mer so ham als geGEben hin[zu nehmen]“. Hierbei wechselt Groß in die erste Person Plural („mer“). Die Formulierung zielt auf etwas Besitzhaftes, Dinghaftes ab. Dabei bezieht sich Groß in Abgrenzung zu z. B. Florian Schwarz hier nicht auf Geräte des Alltags, sondern auf kosmologische, existentielle Zusammenhänge, auf die Grundvoraussetzungen der menschlichen Existenz. Das Attribut „geGEben“ ermöglicht hier die Lesart von etwas Geschenktem verbunden mit einer Form von Dankbarkeit. Auch in der Physik-Aufgabenkultur wird zwischen dem Gegebenen (das Bekannte, Gesicherte, der feststehende Ausgangspunkt für Berechnungen) und dem Gesuchten unterschieden (dem Unbekannten, das zu Erschließende) – Groß bricht dieses Schema hier auf, indem auch das Gegebene nicht unhinterfragt hingenommen werden soll. Den Kontrast zu dem Interesse bildet demnach die Gleichgültigkeit und Ignoranz gegenüber der von Groß als außergewöhnlich wahrgenommenen Existenz (von Natur und Mensch).

Groß verbindet dann den positiven Horizont mit seiner Tätigkeit als Lehrkraft und nennt die Zielperspektive, dies „so ein BISSchen den schülern mitzugeben“. Dabei deutet er die Schwierigkeit dessen und ein mögliches Scheitern sehr deutlich an. Er nennt es nur einen „versuch“, schwächt das Unterfangen mit Partikeln wie „so ein BISSchen“ ab und schiebt der Zielperspektive ein (als Resignation interpretierbares) „aber mhm“ und ein Lachen hinterher. Groß signalisiert, dass er es nicht schafft, sein Interesse und seine Faszination an der Existenz der Welt mit seinem Beruf als Lehrperson zu verknüpfen.

Typisierung Dennis Groß nach zweitem berufsbiographischen Impuls

Nach dem zweiten Stimulus zeigt sich vor allem die fachbezogene Typik von Dennis Groß in Bezug auf sein Bildungsideal sehr deutlich (Typik: *Reinheit*): Die Natur wird als ein vielschichtiges Faszinosum konstruiert. Ein Bestaunen des Kosmos und der eigenen Existenz, der Randgebiete der Physik, insbesondere der Schulphysik, wird als positiver Horizont entworfen. Mit großer Dichte und Metaphorik beschreibt Herr Groß seinen Zugang zu diesen Gebieten. Das Interesse richtet sich hier weniger auf eine Analyse der physikalischen Grundlagen, ein Durchdringen, Berechnen, Verfügbar-Machen und Nutzen der (Um-)Welt, sondern mehr auf ein affektives Bewundern – womit die Darstellungen von der Typik *Weltverstehen* abgrenzt werden können. Insbesondere der Mathematik wird dabei eine ambivalente Rolle zugesprochen. Sie wird zwar als ein Schlüssel für grundlegende, interessante Fragen gesehen, aber ihr wird auch das Potential zugeschrieben, zu enttäuschen und zu überfordern und damit letztlich die Faszination zu zerstören.

Im Hinblick auf die Typik *Relevante Andere* zeigt sich einerseits wieder eine Abgrenzung von etablierten Normen. Groß markiert das eigene Interesse an kosmologischen und existentiellen Fragen als außergewöhnlich und zeigt offen Enttäuschung über die universitäre, institutionalisierte Praxis, sich diesen Feldern zu nähern. Auch das Scheitern, die Faszination auch bei anderen zu wecken, wird deutlich. Groß konstruiert sich damit als eher distanzierter, stiller Beobachter und weniger als Teil einer Gemeinschaft. Handelnde Akteure, zu denen sich Groß in Beziehung setzt, werden nicht beschrieben. Eine relevante Gruppenkonstruktion in den Darstellungen ist aber die Menschheit als Ganzes, deren besondere Position im kosmologischen Sinne hervorgehoben wird, und die Fähigkeit, diese Position und deren Bedingungen zu reflektieren. Damit kann eine (übersteigerte) Position der Typik *Weltgesellschaft* angedeutet sein, mit der jedoch keine politische, wirtschaftliche oder soziale Perspektive verknüpft wird, sondern (vermittelt durch die Typik *Reinheit*) nur innerwissenschaftliche, epistemische und existentielle Aspekte in den Blick genommen werden.

Das konstruierte Gestaltungspotential betreffend zeigen sich einerseits gestaltende bis systemkritische Positionen (z. B. die Ablehnung der Mathematisierung), jedoch werden diese kaum handlungswirksam. Andererseits tragen die Darstellungen auch *fatalistische* Züge. Groß konstruiert z. B. einen passiven Beobachter, der nur beobachtet, wie Dinge vor sich gehen; eine aktive Gestaltung wird dabei nicht relevant. Dies liegt vor allem daran, dass die relevanten Prozesse für Groß nicht in einem sozialen Nahfeld oder in einer politisch-gesellschaftlichen Sphäre zu verorten sind, sondern sich auf kosmologische Dimensionen beziehen. Dabei wird keine eindeutige Einschätzung der relevanten Entwicklungen ersichtlich. So formuliert Groß einerseits häufig distanziert und neutral beobachtend, zeigt aber im Hinblick auf die eigene Faszination auch eine positiv begeisterte Prägung, der jedoch auch die Möglichkeit des Scheiterns an der etablierten Praxis eingeschrieben ist.

Summative Zusammenfassung Pos. 118-133

Der Interviewer und Herr Groß unterhalten sich weiter über Bücher zur Kosmologie. Dann leitet der Interviewer zum thematisch enger geführten Interviewteil über und fragt, welche „UNterschiede [. . .] zwischen eben (.) physik und der technik“ Herrn Groß spontan einfallen.

> *Groß: na gut die TECHnik an sich ((räuspern)) is ja mehr so ne sache (.) für ingenieure. [Interviewer: mhm.] also so die REIne physik, die schert sich relativ wenig für die ANwendung, also dann wirds halt speziell und dann guckt man in die anwendung. aber wenn ich jetzt so (.) wenn ich mir jetzt (.) sach ich mal physikalisch grundlagen erarbeite oder so, dann hab ich jetzt erstmal nicht die anwendung im SINN. [Interviewer: mhm.] dann kann ich mir natürlich ähm anwendungen überLEGen an den modellen, aber das ist dann ne sache, wo dann die physiker sagen, ach das machen ma die ingenieure. und naTÜRlich gibts da ja äh schnittpunkte. also jeder ingenieur hat och physik in seinem studium gehört, is ja klar. und (.) ähm. (2)*
> (Dennis Groß, Pos. 134-144)

Herr Groß antwortet auf die eher abstrakte Frage nach Begriffsverständnissen in einem hierzu passenden konzeptionellen Stil („die TECHnik

an sich“). Diese Art der Auseinandersetzung mit den Feldern Physik und Technik, insbesondere der Betrachtung von Differenzen („grundlagen“ vs. „anwendung“) scheint ihm nicht fremd zu sein. In dem Modus operandi zeigt sich ein gemeinsamer (fachbezogener, milieuspezifischer) Erfahrungshintergrund des Interviewers und Herrn Groß. Groß setzt seine Beschreibungen dabei in den Rahmen der Entwicklung von Wissen und Technik und definiert Physik und Technik ausgehend von den Motiven und Eigenschaften der darin handelnden Akteure, statt auf einer Artefakt-Ebene (z. B. Technik sind Maschinen, Physik ist Natur) oder aus einer Nutzenden-Perspektive (z. B. was Physik und Technik im Alltag bedeuten) zu argumentieren.

Es wird die Differenz zwischen der„REIne[n] physik“ und der „TECHnik an sich“ aufgemacht. Darin wird erneut die konzeptionelle Art der Darstellung deutlich – er spricht von idealisierten Sphären, nicht der realen Ausprägung.

Während in Bezug auf die Technik die Akteure „ingenieure“ genannt werden, wird die Physik selbst als aktiv konzipiert und personifiziert. Diese „schert sich relativ wenig für die ANwendung“. Mit der umgangssprachlichen Formulierung „schert“ wird der Physik ein Desinteresse an der Technik zugeschrieben und damit eine deutliche Hierarchie zwischen Physik und Technik konstruiert. Auch die metaphorische Reinheit der Physik und das Modellhafte wird als positiver Horizont angelegt und damit von einer diffusen, verschmutzten, vermischten Sphäre (der Technik) getrennt. Er distanziert sich damit deutlich von Technik und schließt so an die Eingangserzählungen zur Kosmologie als zentralem Interessengebiet an.

Groß deutet auf konzeptioneller Ebene aber auch „schnittpunkte“ zwischen Physik und Technik an. Ausgehend von den allgemeinen, breiten Grundlagen können „speziell[e]“ Anwendungen entwickelt werden. Hierbei sind dann „die physiker“ als handelnde Akteure genannt, die unliebsame Aufgaben an die „ingenieure“ delegieren. Auch in den Schnittpunkten deutet sich die Hierarchie an: Groß beschreibt, dass die „ingenieure“ Physik im Studium hören. Diese werden hier als passive Zuhörende konzipiert. Außerdem wird nicht in analoger Weise beschrieben, dass auch das Physikstudium ingenieurswissenschaftliche Inhalte aufweist. Demnach

brauchen die „ingenieure“ zwar Physik, aber „die physiker“ nicht die Ingenieurswissenschaften.

Summative Zusammenfassung Pos. 144-168

Groß führt seine Überlegungen zum konzeptionellen Zusammenhang der Wissenschaft Physik und der Entwicklung von Technik weiter aus. In den Ausführungen macht Groß eine zuvor schon angedeutete Hierarchie zwischen Physik und Technik deutlich, wenn er z. B. ausführt, dass wenn „ANwendungen abfallen ist das ja schön und GUT“. Die Anwendungen sind demnach nur ein ungewolltes Nebenprodukt der „GRUNDlagenfoschung“. Als Beispiel hierfür nennt Groß Einsteins „theorie“ und den „quantencomputer“. Er deutet auch schon eine problematische Seite der Technik an, wenn er vom „dilemma“ spricht, dass Erkenntnisse „jahrzehnte, jahrhunderte später“ zu einer konkreten Anwendung führen. Groß betont, Technik und Physik „gehören zusammen“, verneint aber eine Gleichsetzung. Schließlich findet er hierfür die physikalische Metapher des „spektrum[s]“ als einem kontinuierlichen Übergang zwischen den beiden Sphären. Der Interviewer fragt nach einem konkreten Beispiel, an dem er die Unterschiede deutlich machen kann.

> *Groß: {naja was weiß ich.} jetzt nehm ich mal ein ganz einfaches beispiel. n AUto [Interviewer: mhm.] (.) so als physiker sach ich okay ähm ich hab jetzt meine meSCHAnik, ich hab jetzt mein modell der PUNKTmasse, das bewegt sich von a nach B das DING. ich kann die beWEgung analysieren und so weiter und so fort, aber ich kann natürlich auch mich interessieren, wie funktioniert der verbrennungsprozess im MOtor*
> (Dennis Groß, Pos. 169-174)

Der Antwortmodus des Konkreten, Beispielhaften scheint Groß weniger nah zu sein. Das eher ablehnende „naja was weiß ich“ kann als Ausdruck von Desinteresse verstanden werden. Dennoch lässt sich Groß auf die Art der Frage ein, signalisiert, dass er sich nun stark von der abstrakten, konzeptionellen Sphäre entfernt, und entsprechend „ein ganz einfaches beispiel“ nimmt.

An dem Beispiel „AUto“ beschreibt er dann eine physikalische Betrachtungsweise. Dabei nimmt er in der ersten Person Singular (mit häufiger Wiederholung von „ich“) sehr deutlich die Perspektive des „physiker“ ein. Dabei wird sogar das Teilgebiet „meSCHanik“ mit dem Possessivpronomen „meine“ als zur Person gehörig und verinnerlicht konzipiert.

Er beschreibt die Idealisierung und Modellbildung in der Physik („PUNKTmasse“, „von a nach B“), die vom Auto abstrahiert und von diesem nur noch abwertend als „DING“ spricht – das Reale, Konkrete wird abgewertet, ist für den „physiker“ nicht relevant.

Der idealisierten Betrachtung von Bewegung stellt er das Interesse an der Funktion des Motors gegenüber. Das Interesse wird dabei nur als Möglichkeit dargestellt (ich „kann“ mich dafür interessieren) und damit deutlich abgeschwächt.

Summative Zusammenfassung Pos. 174-187

Im Folgenden beschreibt Groß die Entwicklung und Optimierung von Verbrennungsmotoren als ein Wechselspiel zwischen Physik und Technik, wobei Technik wieder nachrangig dargestellt wird und die zentralen Impulse durch die Physik kommen. Die Technik „muss das ding BAUen“. Dann trifft er noch eine weitere Unterscheidung zwischen Physik und Technik abseits der artefaktorientierten Perspektive auf Gestaltung und Optimierung:

> *also mit technik willst- machste ja letztendlich für LEUte. (2) [Interviewer: mhm.] also für MENschen. menschen nutzen ja technik, damit ma irgendwie vorankommt. das is- dass es uns nützt. und als physiker scherst dich ja (.) bist ja (.) [Interviewer: @(.)@] @ich sach jetzt ma@ n bisschen egoistisch, also du scherst dich jetzt nicht so sehr um die MENschen, also dich dich interessiert sozusachen die naTUR. [Interviewer: mhm] un und techniker sacht, ich ich will was BAUen. also jetzt für die menschen. ich bin jetzt mal nett. [Interviewer: @(2)@] nicht für meinen arbeitgeber @(2)@ bmw-ingenieure die bauen bmws damits der menschheit gut geht, aber letztendlich steckt das ja dahinter, dass das sozuagen dann für menschen ist.*

> *[Interviewer: mhm. (2) ja.] äh und da da is so dieser entDECKergeist nicht dahinter.*
> (Dennis Groß, Pos. 187-198)

Groß spitzt die Metapher der *reinen* Wissenschaft in Abgrenzung zur Technik weiter zu, indem er seine Einschätzung zur grundlegend-konzeptionellen Zielstellung bzw. Motivation der Sphären („letztendlich steck das ja dahinter") beschreibt und dies dann am Beispiel Automobilindustrie ironisierend illustriert. Er greift die abwertende Formulierung „scherst dich [. . .] nicht" erneut auf und formuliert das Desinteresse des „physiker[s]" nicht nur auf die Anwendungen, sondern hier nun auf die „MENschen" bezogen. Das Bild einer rein intellektuellen Wissenschaft im Elfenbeinturm wird damit deutlich verstärkt. Die misanthropisch anmutende Position („egoistisch") wird hier aber nicht negativ, sondern positiv konzipiert: Den „physiker [. . .] interessiert [. . .] die naTUR", womit auch eine klare Trennung zwischen der Natur und den Menschen konstruiert wird. Dabei wird der Physik ein „entDECKergeist" zugeschrieben und diese damit fast wie ein heroisches Abenteur in unbekannte Welt(en) skizziert.

Damit steht der „physiker" als selbstbestimmter Freigeist im Kontrast zum „techniker", der eher als Dienstleister „für LEUte" (unspezifisch, unpersönlich, distanziert) fungiert. Der Dienst für andere wird dann aber nicht positiv gerahmt (altruistisch, fortschrittsoptimistisch), sondern überspitzt und ins Lächerliche gezogen: Groß zeichnet zwar ein idealisiertes Bild von Technik, die nur betrieben wird, um Menschen zu helfen, „damit ma irgendwie vorankommt". Er deutet aber an, dass dieses Ideal nur ein Zerrbild der (mangelhaften) Realität ist. Statt die Realität zu beschreiben, sagt Groß, er ist „jetzt mal nett", womit er deutlich macht, dass die Darstellung selektiv ist. Eigentlich privatwirtschaftliche und ökonomische Interessen, die er nennen würde, wenn er nicht „nett" wäre, werden aber durch die Nennung von „arbeitgeber" und dem Unternehmen „bmw" angedeutet. Die Aussage, dass „bmws [gebaut werden,] damits der menschheit gut geht", wird als klar überspitzt durch das folgende „aber" markiert.

Insgesamt formuliert Groß hier weiterhin auf einer konzeptionellen Meta-Ebene im Hinblick auf gesellschaftliche Zusammenhänge und nicht im Hinblick auf z. B. Unterricht oder andere im sozialen Nahfeld von Herrn Groß zu verortende Kontexte.

Summative Zusammenfassung Pos. 198-229

Groß formuliert weiter prinzipielle Unterschiede und die Interdependenz zwischen Physik („was verSTEHen“) und Technik („was BAUen“), die „hand in hand“ gehen. Erneut betont Groß die Wichtigkeit der Physik, da eine moderne Technikentwicklung, die nur auf einem „grundgefühl“ und „pi mal daumen“ basiert, heute selten ist. Er nennt als Beispiel eine Rampe, deren Nutzen auch ohne Physik-Verständnis einsichtig ist. Eine moderne Technikentwicklung durch einen „moderne[n] Ingenieur“ sei aber ohne physikalisches Verständnis nicht möglich. Diese Einschätzung schränkt Groß dann an einem Beispiel ein:

> *wobei ich ich weiß es jetzt nicht WIRKlich, ich steckt jetzt nicht DRIN in der materie, also die werden sicherlich auch viel ausprobieren, vielleicht so gerad so WINDkanäle und so, ist ja auch so ne sache mit strömungslehre [Interviewer:mhm] wo wo wo die gleichung vielleicht SO kompliziert wern, wo die dann auch einfach ma proBIERN. [Interviewer:ja.] was so gut ist. wa- was hab ich gelesen, dass die irgendwie so n auto so, wie so ne FISCHform, das sah dann total beSCHISSen aus, aber es [Interviewer: äh @(.)@] der der fisch hatte n guten strömungswiederstand und dann hat mer eben das AUto so gebaut. also, dass man eben einfach auch mal n bisschen probiert. also das gehört sicherlich auch dazu. [Interviewer:ja.] aber letztendlich ähm (.) denk ich, der techniker braucht die physik*
> (Dennis Groß, Pos. 229-240)

Groß betont einleitend die Grenzen seines Wissens im Bereich Technik. Er signalisiert damit auch seine Distanz zur technischen Sphäre („nicht DRIN in der materie“), die sich auch in der unpersönlichen Bezeichnung der Techniker*innen ausdrückt („die“). Inhaltlich bearbeitet Herr Groß weiter das Thema Automobil (-entwicklung), womit er zeigt, wie er seine analytisch-konzeptionellen Ausführungen konsistent an einem Beispiel kontextualisieren kann und über umfassende Kenntnisse verfügt, die er aktiv erweitert („hab ich gelesen“).

Er kontrastiert die zuvor dargestellte physikgeleitete Entwicklung mit einem „einfach ma proBIERN“ im Bereich Strömungswiderstand von

Automobilen. Das Probieren wird darauf zurückgeführt, dass die zugrundeliegende „gleichung vielleicht SO kompliziert“ ist. Diese werden nicht als z. B. analytisch unlösbar oder numerisch nur mit großem Rechenaufwand lösbar, sondern als kompliziert bezeichnet und damit letztlich die Grenzen der Fähigkeiten der Ingenieur*innen betont.

Das Ergebnis des Probierens wird von Groß sehr abwertend beschrieben („sah dann total beSCHISSen aus“). Aber statt dass Groß beschreibt, wie neben dem Strömungswiderstand auch ästhetische Aspekte abgewogen werden, „hat mer eben das AUto so gebaut“. Groß stellt es so dar, als würden die Ergebnisse des Probierens blind übernommen, womit die Technik wiederum als eine einfache Vorgaben erfüllende Instanz dargestellt wird.

In einer Coda zu den Ausführungen geht Groß wieder weg vom konkreten Beispiel auf eine allgemeine, konzeptionelle Ebene und nennt das Probieren als zwar zugehörig zur Technik, deutet aber an, dass dies ein Spezialfall ist und nicht das verbreitete, standardmäßige Vorgehen in der Entwicklung von Technik. Generalisierend (vor allem durch die spezifischen Artikel) summiert er, dass „der techniker [. . .] die physik [braucht]“.

Nach der Coda zum Vorgehen der Technik geht er auf die (Un-)Abhängigkeit der Physik von der Technik ein:

> *der phy- physiker der kann eigentlich auch (.) ohne (.) die (.) technik (.) naja , mhh (.) eigentlich kann auch nicht mehr ohne die technik, also (.) der braucht ja au die technik. also wenn wir ganz (.) KLEIN schauen wollen oder ganz GROß schauen wollen, dann brauch ich auch gute technik (.) also von daher, wenn ich sozusagen immer genauer in die natur schauen will, dann (.) brauch ich auch die- den techniker, den ingenieur, der mir das zeugs baut. da hammer ja so nen schönen (.) zirkelschluss, dann passt=s ja @schön, also@ @(.)@*
> (Dennis Groß, Pos. 240-248)

Groß beginnt eine einseitige Abhängigkeit der Technik von der Physik zu konstruieren, was die bereits herausgearbeitete Hierarchie zwischen Physik und Technik bestärken würde. Beim Formulieren der Unabhängigkeit der Physik von der Technik kommt Groß ins Stocken, macht kurze Pausen zwischen den Worten und korrigiert sich dann: „eigentlich kann [der Physiker] auch nicht mehr ohne die technik“. Er deutet darin eine Kenntnis

über die historische Entwicklung der Wissenschaft Physik an, weg von dem konstruierten Ideal der unabhängigen, von allem losgelösten eher beobachtenden Wissenschaft. Das Ideal der externen Beobachtung und der eher passiven Wissenschaft formuliert er weiterhin, indem er die Tätigkeit der Physik als ein „in die natur schauen" kondensiert. Auch die Selbstbestimmtheit der Wissenschaft, die durch das eigene Interesse, den Entdeckergeist bestimmt wird, drückt sich in dem formulierten Willen aus („wollen" und „will" statt z. B. müssen oder sollen). In der Darstellung wechselt an dieser Stelle das Agens häufig: von „der phy- physiker" über ein „wir" zur ersten Person Singular „ich", womit die beschriebene Neugier und das Interesse am Mikro- und Makrokosmos immer näher an das erzählende Ich gerückt werden. Die konstruierten Extreme „ganz (.) KLEIN" und „ganz GROß" bilden eine deutliche Abgrenzung zu dem Alltäglichen, mit menschlichen Sinnen Erfahrbaren.

Er expliziert dann die Abhängigkeit der (modernen) Physik von „gute[r] Technik" und dem „techniker, den ingenieur, der mir das zeugs baut". Einerseits wird dabei eine „gute" Technik in die Nähe der Physik gerückt, wobei die Lesart einer moralisch guten unwahrscheinlich ist und hier eher gut im Sinne von hochwertig, spezialisiert, optimiert für den Erkenntnisgewinnungsprozess gemeint sein kann. Andererseits drückt Groß mit „zeugs" eher Abwertung aus: Die Technik wird zu einem notwendigen Übel stilisiert, die Abhängigkeit negativ gerahmt.

In der zusammenführenden Coda wird die gegenseitige Abhängigkeit jedoch dann wiederholt als „schön" beschrieben. Er nennt die Interdependenz einen „schönen (.) zirkelschluss" und formuliert eine Passung. Ein Zirkelschluss, der eigentlich einen Beweisfehler bezeichnet, bei dem eine zu beweisende Aussage selbst als Voraussetzung gesetzt wird, wird hier übertragen auf eine sich gegenseitig bedingende, interdependente Wechselbeziehung. Die Geschlossenheit eines Modells, die sich hierin ausdrückt, wird von Groß mit Ästhetik in Verbindung gebracht und damit wieder einem konzeptionellen Ideal entsprochen.

Summative Zusammenfassung Pos. 249-312

Als Beispiel für die gegenseitige Abhängigkeit nennt Groß „rastertunnelmikroskop" und „gravitationswellen". Dann leitet der Interviewer

zum nächsten Interviewabschnitt über und fragt „GANZ offen und GANZ frei“ nach den ersten Assoziationen zum Begriff Verantwortung. Groß antwortet hier sehr knapp und allgemein („wenn mist gebaut wird muss einer(.) dafür haften“) und bezieht das auf eigene Handlungen sowie die Handlungen „meiner SCHÜler“. Der Interviewer bittet Herrn Groß dann, Verantwortung auf das „spektrum physik, technik“ zu beziehen, worauf Groß sehr ausführlich zum „bau der atombombe“ erzählt. Die Darstellungen sind von einem akademischen Duktus (z. B. Verhinderung einer „bipolare[n] welt“) geprägt, sind aber in großen Teilen auch stark lebhaft erzählt („spion“, „die russen“, „die amis spitz bekommen“), worin sich auch eine Faszination für die dramatischen Entwicklungen ausdrückt.

Groß abstrahiert dann von dem konkreten Beispiel der Atombombe auf die Entwicklung der Menschheit insgesamt:

> *wir SIND jetzt mittlerweile auch an nem PUNKT (.) natürlich durch die physik und die technik, die damit kommt, dass wir ebend (.) ja, letztendlich uns selbst vernichten KÖNnen. und vielleicht ist das unser schicksal. vielleicht ist das schicksal JEDER (.) intelligenten zivilisation, dass se irgendwann mal MÄCHtig genug wird (.) sich selber hochzujagen und dann brauchste nur genug spinner an=er richtigen position (.) dass das realisiert wird, aber ähm (.) dass is=ne sache, (2) de- die die pasSIERT. also die passiert einfach mit zunehmenden FORTschritt. das des lässt sich gar nicht (.) verHINdern. also es ist einfach nur (2) logisch zu ende gedacht.*
> (Dennis Groß, Pos. 312-321)

Groß formuliert hier nun sehr klar sein in den Darstellungen zur Entwicklung der Atombombe bereits angedeutetes fatalistisches, negatives Weltbild. Mit Ausnahme der eingestreuten umgangssprachlichen Formulierungen („hochzujagen“, „spinner“) und des Sarkasmus („an=er richtigen position“) hat der Abschnitt etwas von einer ausdrucksstarken, salbungsvollen Rede: Besonders deutlich wird dies in der zweimal verwendeten parallelen Satzstruktur, in der eine Formulierung wiederholt und reformuliert bzw. präzisiert wird („vielleicht ist das . . . “, „die pasSIERT . . . “). Herr Groß spricht in der ersten Person Plural, wobei er mit der Verwendung

von „wir“ die gesamte Menschheit („zivilisation“) als eine „schicksal[s]“-Gemeinschaft konstruiert.

Groß formuliert Regelhaftigkeiten („natürlich“, „logisch“, „JEDER“, „passiert einfach“) zur Entwicklung der gesamten Menschheit. Die Ausführungen werden nicht als individuelle Einschätzung dargestellt, sondern als eine allgemeingültige Diagnose: Physik und Technik schaffen das Potential zur Selbstvernichtung, die irgendwann auch „realisiert“ wird.

Als Bedingung für die Selbstvernichtung werden „genug spinner an=er richtigen position“ genannt. Damit wird die maximale Abgrenzung zum logisch-rationalen und nüchtern-analytischen Ideal konstruiert. Groß zeigt sich hier erneut als der distanzierte Beobachter großer Zusammenhänge. Es wird nicht auf ein aktives Gestalten eines alternativen Fortschritts verwiesen, z. B. auf kleine oder große Beiträge, die jeder leisten kann, sondern nur die logischen Zusammenhänge werden beobachtet und diese dem positiven Horizont der Kontemplation entsprechend „zu ende gedacht“.

Summative Zusammenfassung Pos. 321-382

Groß formuliert im Folgenden zwar die „verantwortung des EINzelnen“, zu versuchen, dass Wissen und Technik für einen Nutzen und nicht für Schaden eingesetzt werden, betont jedoch deutliche Grenzen des individuellen Einflusses. Techniker*innen in Unternehmen mit einem konkreten wirtschaftlichen Ziel könnten den potentiellen Nutzen oder Schaden ihrer Handlungen zwar erkennen und müssen sich „ja nichts vorgaukeln“. In der Grundlagenforschung dagegen seien potentiell negative Anwendungen schwer zu überblicken. Als Beispiel nennt er die Entdeckung der Radioaktivität und den späteren Einsatz von Uranmunition. Der Interviewer leitet dann zum nächsten Interviewabschnitt über und fragt, wie Groß die diskutierten Aspekte „Verantwortung“ und das „wechselspiel physik, technik“ mit „physikunterricht“ in Verbindung bringt. Als Erstes soll Groß zum Wechselspiel Physik und Technik antworten:

> *Groß: ah gut, also dieses Wechselspiel physik, technik, [Interviewer: ja.] das ist ja schon in der schule deutlich enger verKNÜPFT, [Interviewer: mhm.] weil (.) in den physikalischen gesetzen die man macht, steckt*

> *die anwendung mit drin. also da fängst=e an und sachst, HIER das ist, was weß ich die goldene regel und jetzt nennt mal anwendungen. ha=mer nen zweiseitigen hebel, nennt mal anwendungen [Interviewer: mhm.]*
> (Dennis Groß, Pos. 382-387)

Groß stellt im Modus einer Tatsachenbeschreibung eine engere Verknüpfung von Physik und Technik in der Schule fest. Die Relativierung („deutlich enger") kann sich dabei sowohl auf einen Vergleich mit der Rolle von Verantwortung im Physikunterricht beziehen als auch auf einen Vergleich der Beziehung zwischen Physik und Technik „in der schule" und außerhalb, also in Wissenschaft und Entwicklung.

Im Folgenden begründet Groß die Verknüpfung damit, dass die Anwendung in den physikalischen Gesetzen, „die man macht", „drin [steckt]". Es wird nicht von einer Thematisierung bestehender Gesetze im Unterricht gesprochen, sondern von einem eigenen Machen. Die Gesetze werden im Unterricht diskursiv hergestellt, womit sie eine eigene, durch den Kontext geprägte Logik haben (die Anwendung „steckt" drin), die sich von der Logik der unabhängig vom Unterricht bestehenden physikalischen Gesetze abgrenzt (die sich nicht um die Anwendung „scheren").

Herr Groß illustriert dies dann an einem realen Unterrichtsgegenstand, wobei er erneut eine ablehnende Haltung ausdrückt („was weß ich"), die sich auf das Alltägliche, aber auch das Beliebige, Austauschbare der konkreten Unterrichtsbeispiele beziehen kann. In Form einer wörtlichen Aufforderung wird dann die Integration von Anwendungen in den Physikunterricht karikiert. In überzeichnend kurzer, abgehackter, repetitiver Ausdrucksweise wird die Aufforderung „nennt mal anwendungen" für die fachlichen Inhalte „goldene regel" und „zweiseitige[r] hebel" angeführt. Die goldene Regel der Mechanik wird hier verkürzt nur als „goldene regel" bezeichnet. Dies ist für Herrn Groß in der Interviewsituation nicht erläuterungsbedürftig, was den geteilten fachlichen Hintergrund von Interviewer und Herrn Groß markiert. Die eigentlich als interessenförderlich gedachte Verknüpfung von Physik mit Anwendungen wird hier nüchtern, unmotiviert abgearbeitet – auch verortet in einem niedrigen Anforderungsbereich, in dem es nur um die Nennung, das reine Aufzählen von den Anwendungen geht.

Groß geht hier immer vom fachlichen Gegenstand der Physik aus, für den dann hinterher eine verknüpfte Anwendung genannt werden soll. Die

umgekehrte Reihenfolge, also von z. B. Alltagsgegenständen ausgehend Erklärungen durch die Physik zu finden, wird nicht dargestellt.

> *u::nd das ist ja auch ne sache, die machen die schüler, die können gut. u::nd da haben sie sozusagen auch ihr konKRETes, weil das abstrAKte ist jetzt nix so für die schüler, also die phySIK (.) und noch schlimmer die mathematik, die dahintersteckt. ähm. °sehr schön als mathelehrer kann man das einschätzen° @(.)@ [Interviewer: @(.)@] aber wenn=s dann ins konkrete geht, dann können die halt auch mitreden und auch schüler, die sach ich mal (.) vielleicht jetzt nicht so die, ja die beGABtesten sind [Interviewer: mhm.] ums mal nett zu formulieren, die können dann mitreden.[Interviewer: ja.] die die ham dann vielleicht auch ganz viel praktisches verständnis. also kommt öfter mal vor, dass da jemand sag ich mal, mit den formalismen und so nicht zurande kommt, aber dann, sag ich mal, mitdenken kann. handwerkliche fähigkeiten hat und eben sich für diese technik interessiert. [Interviewer: mhm.]*
> (Dennis Groß, Pos. 387-400)

Groß beschreibt, dass die Schüler*innen der zuvor skizzierten Aufforderung („nennt mal anwendungen") nachkommen („machen die") und ergänzt, dass Schüler*innen das auch „[gut] können". Er betont dabei den Kontrast zwischen dem „konkrete[n]" und dem „abstrAKte[n]". Das Konkrete wird durch das Possessivpronomen „ihr" den Schüler*innen zugeschrieben. Groß distanziert sich davon und positioniert sich „als mathelehrer" in der noch „schlimmer[en]" Abstraktheit. Die Formulierung, dass „[die Schüler da] ihr konKRETes [haben]", wirkt wie ein nur widerwilliges Eingehen auf ein als fremd und irrational empfundenes Bedürfnis.

Das „konkrete" bildet ein zentrales Element für die Partizipation der Schüler*innen am Unterricht: Nur beim Konkreten können die Schüler*innen – so Groß – „*mit*reden" und „*mit*denken". Der konstruierte Kontrast wird dann noch gesteigert, indem Groß die besondere Bedeutung des „konkreten" für Schüler*innen, die „nicht so die, ja die beGABtesten sind", betont. Relevante Unterscheidungskategorien sind hier zunächst nicht Fähigkeiten, Anstrengungsbereitschaft oder Interesse, sondern eine Veranlagung. Analog zur Beschreibung der Motivlage von Ingenieur*innen in der Automobilindustrie deutet Groß eine negative Bewertung an, indem er

die euphemistische Ausrichtung seiner Äußerung andeutet („ums mal nett zu formulieren“).

Er beschreibt dann für diese Gruppe der Schüler*Innen, dass diese statt „formalismen“ vor allem „praktisches verständnis“ und „handwerkliche fähigkeiten haben“. Erst ganz am Ende wird neben den Fähigkeiten auch das Interesse der Schüler*innen an Technik adressiert.

Summative Zusammenfassung Pos. 400-453

Groß konkludiert, dass Technik und Physik in der Schule „vermischt“ und „als EINS“ betrachtet werden, womit er die zuvor angedeutete Verknüpfung noch weiter steigert. Der Interviewer fragt Groß nach einem Beispiel aus dem Physikunterricht. Groß nennt die auch zuvor schon angesprochenen „kraftumformende[n] einrichtungen“ und führt dann hierfür konkrete technische Kontexte an, wie „kran“, „flaschenöffner“ und „hebebühne“. Genauso knapp und distanziert wie zuvor wird die unterrichtliche Einbettung beschrieben: „ja das sind so sachen, die benennst=e, die diskutierst=e [Interviewer: ja.] und machst halt aufgaben drumrum“. Groß beschreibt dann auch eine mögliche Unterrichtsgestaltung, in der Technik als „aufhänger“ fungiert und ausgehend von dieser physikalische Prinzipien erarbeitet werden: „das geht halt in beide richtungen“. Groß betont, dass auch die Schüler*innen nicht zwischen Physik und Technik unterscheiden. Auch in höheren Klassen, wo eine unterrichtliche Unterscheidung möglich wäre, ist diese Betrachtung auf konzeptioneller Ebene nicht vorgesehen („auch was so die literatur betrifft“). Der Interviewer fragt dann nach Verbindungen von „verantwortung in diesem in diesem spektrum“ zum Physikunterricht. Groß führt aus, dass es „relativ wenig überschneidungspunkte“ gibt mit Ausnahme der „atomphysik“. Er nennt auch die Verantwortung als „LEHRperson“ und formuliert seine Vermutung, dass der Fokus des Interviews nicht hierauf gerichtet ist („um die gehts jetzt aber auch nicht“). Auf Nachfrage des Interviewers beschreibt er einen möglichen unterrichtlichen Zugang zum Thema Verantwortung im Kontext Atomphysik.

Groß: naja, also was mer auf jedenfall gerne machen kann is=n streitgespräch, du machst halt hier. ich meine das kannste in physik

> *sonst nie. macht halt @(.)@ [Interviewer: @(.)@] machst halt hier atomkraftbeFÜRworter, atomkraftGEGner und lässt die dann so gegen=nander argumentieren.*
> (Dennis Groß, Pos. 454-458)

Wieder in sehr nüchterner und knapper Art stellt Groß ein „streitgespräch" als geeignete Unterrichtsmethode im Themengebiet Atomphysik dar. Er beschreibt eine simplifizierte und lustlose Ausgestaltung dieser Situation („machte halt hier. . . "). Das Thema Atomphysik wird reduziert auf das „gegen=nander" zweier Gruppen, der „atomkraftbeFÜRworter" und der „atomkraftGEGner". Damit ist nicht das gemeinsame Ringen um Lösungen, kein Miteinander-Streiten skizziert, sondern ein Gegeneinander zweier unvereinbarer Positionen. Die Rolle der Lehrperson ist dabei als deutlich passiv beschrieben. Er „lässt" die Schüler*innen argumentieren. Eine Vorbereitung, Instruktion, Moderation, Auswertung etc. werden nicht beschrieben.

Betont wird auch die Besonderheit der Methode „streitgespräch" im Physikunterricht. Es wird nicht nur angedeutet, dass diese vom gängigen Modus der Unterrichtsgestaltung abweicht, sondern dass man dies „in physik sonst nie" machen „kann" – eine Realisierung also nicht möglich ist.

> *es fällt dann natürlich n=bisschen schwierig, weil (.) mer selber mit ner gefärbten meinung sicherlich rangeht an das thema (2) u::nd neutral bleiben muss. also ich glaub sozialkundelehrer wär nix für mich. @(.)@ [Interviewer: @(.)@] ähm. aber letztendlich is es mal spannend, sach ich mal so, die argumente zu hören (.) u::nd [Interviewer: mhm. von den kids? was sozusagen] genau und auch zu sehen, ähm (.) wie weit letztendlich diese moralische vorstellung eigentlich entwickelt ist, weil ähm JA (.) physik hat eigentlich für die nix mit moral zu tun. für die ist physik, ja mathe (.) mit (.) technik im prinzip. [Interviewer:ja. @(ok)@] darauf läufts hinaus*
> (Dennis Groß, Pos. 458-467)

Groß geht dann auf seine eigene Rolle in dem unterrichtlichen Streitgespräch ein. Er hebt die Schwierigkeit hervor, dass man trotz der eigenen „gefärbten meinung [. . .] neutral bleiben muss". Mit dem Attribut „gefärbt" wird die Subjektivität negativ gerahmt und eine Pflicht zur Neutralität konstruiert. Groß impliziert, dass er selbst eine klare Position vertritt und

entsprechend „sozialkundelehrer [. . .] nix für [ihn wäre]“. Sozialkunde wird damit als Beispiel für Fächer, in denen die Argumentation und der Meinungsaustausch zentral sind, angebracht.

Mit einem „aber“ wechselt Groß zur Darstellung positiver Aspekte des Streitgesprächs, das aus seiner Sicht „mal spannend“ ist. Inhaltlich stellt er nicht den Kompetenzgewinn der Schüler*innen durch die Lerneinheit in den Fokus, sondern seine Erfahrung in einer distanziert beobachtenden, analysisierenden Rolle („zu sehen“). Er formuliert sein Interesse an der Entwicklung der „moralische[n] vorstellungen“ der Schüler*innen, wobei er vor allem die aus seiner Sicht naiven Vorstellungen hierzu hervorhebt: Diese bringen Physik nicht mit Moral in Verbindung. Diese fehlende Verbindung führt Groß auf die Vorstellung von Schüler*innen zurück, Physik sei „mathe (.) mit (.) technik“. Die Schüler*innenperspektive auf Physik wird damit auf Formalismen, Rechnungen, Gleichungen reduziert, zu denen der technische, praktische Lebensweltbezug hinzugefügt wird („mit“). Damit fehlt in der attribuierten Perspektive der Schüler*innen sowohl der Fokus auf eine zivilisatorische Entwicklung, als auch die existentielle Natur, die für Groß die zentrale Faszination ausmacht.

Summative Zusammenfassung Pos. 467-565

Groß beschreibt im Folgenden, dass die Schüler*innen die Gefahren aus seiner Sicht unterschätzen bzw. diese für die Jugendlichen wegen der Abstraktheit und der zeitlichen Dimension des Problems nicht als relevant angesehen werden: „das ist ein punkt auf der liste, aber das ist jetzt nicht DER punkt“. Er zeigt sich überrascht, dass sich der Anteil an Atomkraftbefürworter*innen und -gegner*innen in etwa die Waage hält, da in seinem „milieu [. . .] halt kaum jemand“ für die Fortführung von Atomkraft ist. Hier berichtet Groß zum ersten Mal über sein soziales Umfeld, welches hier mit dem Begriff des „milieu“ eher sozialwissenschaftlich als persönlich konzipiert wird. Der Interviewer fragt dann immanent nach, ob sich die Vorstellungen von Schüler*innen zur Verbindung von Moral und Physik im Laufe der Schulzeit entwickeln. Dies verneint Groß und führt als Grund die Rahmenrichtlinien des Physikunterrichts an, was er als „schöne bequeme ausrede“ bezeichnet. Überspitzt formuliert er, dass die Themen des Physikunterrichts nur

schwer eine ethische Betrachtung ermöglichen: „flaschenzug, schiefe ebene, optik (2) moral der lichtbrechung? [. . .] schwierig“.
Im Folgenden führt er erneut aus, dass sich neben der Kernphysik kaum ein Thema des Physikunterrichts eignet für die Behandlung des Themas Verantwortung. Dieses sei eher im „wertebildende[n] unterricht“ zu verorten. Auch mit Blick auf die Vorbereitung zum Abitur bleibt keine Zeit für diesen „randaspekt in der physik“. Groß verweist ein zweites Mal kurz auf die Verantwortung im Nahbereich (bei Schüler*innen-Experimenten), macht aber wieder explizit, dass dies nicht Thema des Interviews ist aus seiner Sicht („das ist halt auch wieder=ne andere verantwortung von der wir hier reden“). Er sinniert darüber, wie es dazu kommt, dass es, obwohl sich alle für gute Menschen halten, „trotzdem genuch böse handlungen gibt in der welt“. Er leitet hieraus den Anspruch ab, „die schüler zu erziehen ihr eignes handeln zu reflektieren“. Den Beitrag des Physikunterrichts hierzu sieht Groß eher nüchtern:

> *ja und das=is was (.) reflektieren (.) da trägt der physikunterricht doch schon zu bei. [Interviewer: °mhm. bestimmt.°] vielleicht jetzt n=bisschen auf n=andere art und weise, aber reflektieren is halt wichtig und das muss mer halt üben, is halt ne fähigkeit. [Interviewer: mhm. (.) mhm.] so*
> (Dennis Groß, Pos. 565-569)

Groß versucht, eine Verbindung zwischen dem Physikunterricht und einem moralisch guten Handeln herzustellen, die er zuvor mit Ausnahme des Themas Atomphysik ausgeschlossen hat. Die Verbindung wird dann im „reflektieren“ der eigenen Handlungen gefunden. Der Beitrag des Physikunterrichts wird hier jedoch stark eingeschränkt dargestellt („doch schon“). Auch wird der Beitrag nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ eingeschätzt: Der Physikunterricht trage „n=bisschen auf n=andere art und weise“ dazu bei. Inhaltlich wird der Beitrag nicht charakterisiert, sondern nur abgegrenzt. Ein möglicher Bezugspunkt ist dabei der zuvor adressierte „wertebildende unterricht“, dem die Behandlung von Moral eher zugeschrieben wurde.

Groß schließt damit, dass Reflektieren eine wichtige Fähigkeit sei, die man üben müsse. Auffällig ist die dreimalige Verwendung von „halt“, wodurch die Coda eine nüchterne, leidenschaftslose Feststellung bildet.

Das Üben im Sinne eines eher repetitiven Wiederholens einfacher Handlungsabläufe wird mehr als eine abzuarbeitende Pflicht dargestellt („muss mer halt"), denn als ein tatsächlicher Schlüssel für moralisches Verhalten in als fatalistisch gekennzeichneten Gesellschaftszusammenhängen.

Summative Zusammenfassung Pos. 570-657

Der Interviewer signalisiert, dass er mit seinen „fragen DURCH [ist]" und gibt Groß die Möglichkeit, zu ergänzen, was ihm „vielleicht WICHtig" ist oder was ihm „durch den KOPF" gegangen ist, aber „noch nicht zur sprache gekommen ist". Groß antwortet mit einem „eigentlich nicht" und führt dann aus, dass er ganz andere Erwartungen an die inhaltliche Ausrichtung des Interviews hatte. Er dachte, „es geht so mer um SCHUle". Er verdeutlicht ex negativo seine Freude darüber, dass der Fokus anders gelagert war („und hab=mir so gedacht och @(.)@ schu::le::. ich bin @froh, wenn ich jetzt schluss hab und heim fahren kann@"). Dann fragt er den Interviewer nach der thematischen Ausrichtung von dessen wissenschaftlicher Arbeit. Der Interviewer und Groß sprechen dann auf einer konzeptionellen Ebene über Verantwortungsprobleme, insbesondere der Digitalisierung, der beide eine hohe ethische Relevanz zusprechen. Die ethischen Probleme der Physik sind nach Groß heute weniger aktuell („das ding ist DURCH"). Dies begründet er u. a. am Beispiel der Atombombe, womit das Interview endet:

> *un=ob jetzt die physiker noch ne bombe bauen, [Interviewer: mhm.] die noch hundert oder zwohundert ma stärker is als die in hiroshima, das=is egal, wenn die die zünden, sin wir breit. also das, da brauch=mer gar nicht mehr drüber zu diskutieren.*

Typisierung Dennis Groß

Groß bildet den Eckfall des Typus *Fatalist*in*. Zentral für diesen Fall ist das Ideal einer distanzierten, staunenden, passiven Naturbeobachtung mit einer vor allem existentiellen kosmologischen Perspektive (Typik Bildungsideal: *Reinheit*). Diese Orientierung bestimmt den Modus des

gesamten Interviews. Statt durch Erzählungen von *konkreten* persönlichen Erlebnissen, z. B. aus dem Alltag, dem Unterricht oder anderen sozialen Kontexten, sind Groß Ausführungen durch konzeptionelle Beschreibungen grundlegender, allgemeiner und eher *abstrakter* Zusammenhänge auf großen Zeit- und Ortsskalen geprägt (Typik Relevante Andere: *Weltgesellschaft*). Diese sind in der Darstellung häufig durch Steigerungen und Superlative, durch affektive und ästhetische Charakterisierungen geprägt und lebhaft erzählt, während Ausführungen zu konkreten Erlebnissen des Unterrichts knapp und nüchtern gestaltet sind. Dies drückt sich auch in seiner ablehnenden Haltung gegenüber dem (Alltags-)Technischen aus. Während die *reine* Wissenschaft für Groß selbstbestimmt und nur durch die persönliche Neugier getrieben ist, wird die Technik zum Auftragserfüller degradiert und deren Abhängigkeit von physikalischen Erkenntnissen betont.

Der Fokus auf die grundlegendsten Zusammenhänge des Universums geht einher mit einer empfundenen Ohnmächtigkeit (Tpyik Gestaltungspotential: *Fatalistisch*). Diese wird sowohl auf individueller Ebene relevant (z. B. in der Betonung von Veranlagungen statt Fähigkeitsentwicklung und in der De-Agentivierung der erzählten Personen) als auch auf zivilisatorische Entwicklungen übertragen: Wissenschaftlicher und technischer Fortschritt führt – so Groß – *zwangsläufig* zur Vernichtung der Menschheit (Typik Entwicklungsperspektive: *Pessimistisch*). Auch hier zeigt sich Groß als eher distanzierter, neutraler Beobachter und nicht als Universalist oder Gestalter, der Ambitionen hinsichtlich einer Mit- oder Umgestaltung von Entwicklungen hegt.

Im Hinblick auf den Physikunterricht bestehen deutliche Reibungspunkte mit den Merkmalsausprägungen der Typiken: Die für Groß relevanten Perspektiven sind im Physikunterricht Randgebiete. Der eher philosophische, empfindsame Zugang zu existentiellen Grundfragen ist weder zentral in den institutionellen Rahmenvorgaben verankert, noch wird das Interesse hierfür von Schüler*innen geteilt. Groß konstruiert eine Außenseiterrolle, nennt zwar eine Sensibilisierung für das Wunder der Existenz als ein Ziel; eine konkrete Adressierung bleibt aber aus. Die Orientierung an der alltäglichen Lebenswelt und das Illustrieren der Relevanz von Physik durch Technik werden von Groß zwar beschrieben, aber in einer nüchternen bis ablehnenden Art als ein Entgegenkommen

für die weniger Begabten, die mit Formeln nicht klarkommen, aber handwerklich-praktische Präferenzen haben. Eher als Pflichterfüllen werden Bezüge hergestellt zwischen Physik und Technik und diese schließlich gänzlich vermischt. Entsprechend wird dem praktizierten Physikunterricht kaum Bildungsgehalt zugesprochen. Die Erklärungsfunktion für den Alltag wird nicht als relevant gesehen, zu existentiellen Fragen trägt der Unterricht nicht bei und zivilisatorische Entwicklungen sind individuell nicht mitgestaltbar.

6.4.4 Kirsten Lehmann, Typus: Praktiker*in

Kurzbeschreibung Kirsten Lehmann

Kirsten Lehmann ist Lehrkraft für Physik und Mathematik an einem Gymnasium mit einem naturwissenschaftlichen Schwerpunkt. Sie ist in der Wendezeit über eine „Umlenkung" in den Beruf gekommen und hat ein abgeschlossenes Lehramtsstudium und Referendariat. Zum Zeitpunkt des Interviews, das in der Schule von Frau Lehmann stattfindet, ist sie 49 Jahre alt und seit 24 Jahren als Lehrerin tätig, davon den Großteil an ihrer jetzigen Schule, an der sie im Moment ausschließlich Physik unterrichtet. Der Kontakt zu Frau Lehmann wurde hergestellt über eine Kollegin des Interviewers, die als Lehrkraft an der Schule von Kirsten Lehmann tätig war. Der Interviewer und Frau Lehmann waren vor dem Interview nicht miteinander bekannt.

Ankerzitat

> *das ist jetzt für mich die technik, so wirklich werkzeug, was ich ZUHAUSE habe zu nutzen [Interviewer: ja.] und physik ist eher das, was ich hier im schrank habe, so die kleineren sachen*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 380-383)

Auf die Einstiegs-Frage, „wie es denn dazugekommen ist, dass sie phySIK-(.) lehrerin geworden [ist]", erzählt Frau Lehmann die Stationen ihrer Berufsbiographie, beginnend beim Studienverlauf während der „wendezeit":

> *Lehmann: äh ich bin in der wendezeit äh da während der wendezeit mein studium:: beGOnnen und da war es nicht so einfach überhaupt irgendwas zu kriegen*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 4-6)

Frau Lehmann setzt die eigene Berufsbiographie gleich zu Beginn in den Kontext politischer Entwicklungen („wendezeit") in Deutschland. Damit werden nicht die eigenen Wünsche und Entscheidungen ins Zentrum gerückt, sondern die äußeren Zwänge und der gesellschaftliche Rahmen betont. Frau Lehmann beschreibt (im Kontrast zu sowohl Dennis Groß, Florian Schwarz als auch Daniel Jäger) nicht die Faszination und das eigene Interesse an physikalischen Zusammenhängen, weder in kosmologischen noch in alltäglichen oder technischen Kontexten. Unklar ist, inwiefern die eigenen individuellen Wünsche und Vorstellungen dabei in einem Spannungsverhältnis stehen zu den Rahmenbedingungen. Frau Lehmann beschreibt dann die Umstände näher, welche die Wendezeit beruflich geprägt haben: Es sei nicht so einfach gewesen, „überhaupt irgendwas zu kriegen". Während der erste Satzteil noch in der ersten Person formuliert ist („ich bin"), wird nun eine allgemeine Situation, nicht die persönliche, beschrieben. Sie geht immer noch nicht auf ihre eigenen Wünsche ein und nennt ihre tatsächlichen Berufsvorstellungen nicht. Durch das eher abwertende „überhaupt irgendwas" werden jedoch niedrige Erwartungen an einen Beruf oder ein Studium betont. Das tatsächliche Studium scheint demnach keine Entscheidung nach Vorlieben, sondern nach externen Rahmenbedingungen gewesen zu sein.

> *und durch=ne UMlenkung eigentlich zu diesem mathe-, physikLEHRERstudium (.) geKOmmen, nicht unbedingt das wäre das=n WUnsch gewesen, aber mittlerweile bin ich dankbar dafür, dass es so gekommen ist. es macht mir spaß, die ganze zeit schon und ich bin seit ich FERTIG bin,*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 6-9)

Mit der Metapher der „UMlenkung" ins „mathe-, physikLEHRERstudium" umschreibt Lehmann den eigenen biographischen Weg weiter als durch externe Faktoren bestimmt. Der eigentlich angestrebte Weg, den Frau Lehmann auch hier nicht expliziert, muss von ihr verlassen werden. Damit konzipiert sie sich selbst nicht als aktive Gestalterin. Durch die

substantivierte Formulierung werden auch keine anderen handelnden Personen sichtbar und die „UMlenkung“ erscheint rein systembedingt.

Das Studium wird distanziert mit dem spezifischen Artikel „diesem“ bezeichnet und nicht durch ein Possessivpronomen (z. B. „mein“ Studium) in den eigenen Relevanzrahmen gesetzt. Außerdem bezeichnet Lehmann das Studium nicht genderneutral als Lehramtsstudium, sondern als „mathe-, physikLEHRERstudium“, wobei sie die Bezeichnung „LEHRER“ (und nicht das Fach) deutlich betont. Damit wird ein männlich konnotiertes Bild des Berufs bzw. des Studiums gezeichnet und möglicherweise eine Differenz zur eigenen Geschlechtsidentität konstruiert.

Die bisher eher indirekte Bezeichnung des Mathematik- und Physiklehramtsstudiums als Notlösung macht Frau Lehmann nun explizit und klärt, dass das Studium „nicht unbedingt [. . .] n WUnsch gewesen [ist]“. Die Abneigung wird dabei zwar eingeschränkt, jedoch wird deutlich formuliert, dass die Studienwahl nicht intrinsisch motiviert gewesen ist (wobei weiterhin keine positiven Entwürfe genannt werden).

Frau Lehmann leitet mit einem „aber“ einen Kontrast zu der vorigen Darstellung der unfreiwilligen Lenkung durch äußere Faktoren ein: Sie ist „mittlerweile“ (deutet hier also eine zeitliche Entwicklung an) „dankbar dafür, dass es so gekommen ist“. Im Gegensatz zu den vorigen Beschreibungen der Umstände (Wende, Umlenkung) beschreibt Lehmann nun die eigenen Gefühle. Die beschriebene Dankbarkeit lässt Frau Lehmann weiterhin in einer eher passiven Rolle erscheinen: In diesem Bild ist sie diejenige, die etwas empfängt (wie ein Geschenk), für das sie dankbar ist. Ein Gegenüber, dem die Dankbarkeit entgegengebracht wird, nennt Lehmann nicht – die Umlenkung bleibt systembedingt.

Bei der Formulierung dessen, wofür sie dankbar ist, nimmt Frau Lehmann die passive Formulierung des Interviewers wörtlich auf („gekommen ist“). Die eigene (Berufs-)Biographie wird vor der Erfahrung der begrenzten Entscheidungsspielräume als eine fixierte Entwicklung gefasst. Diese wird nicht gestaltet, sondern es wird nur die eigene Position zu dieser Entwicklung verhandelt (z. B. ein Arrangieren damit, Dankbarkeit für bestimmte Entwicklungen). Dabei scheint auch eine paternalistische Position durch, in der Frau Lehmann die Entscheidungen, die ihr von einem überlegenen Äußeren aufgezwungen werden, zunächst nicht als geeignet anerkennt und erst post-hoc hierfür Dankbarkeit zeigt.

Frau Lehmann liefert dann die Erklärung für ihre Dankbarkeit dahingehend, dass „es" ihr „spaß" macht. Die affektive Argumentation ist sehr direkt und ohne Einschränkungen oder Unsicherheitsmarkierungen im Indikativ Präsens formuliert. Im Kontrast zu der zuvor angedeuteten Entwicklung der eigenen Perspektive auf die Berufsbiographie („mittlerweile") wird hier nun von einer konstanten Erfahrung berichtet („die ganze zeit schon"). Lehmann deutet den unfreiwilligen Weg positiv (um), was auch als Legitimation für die langjährige Tätigkeit als Lehrerin und den Status quo dienen kann.

Den dann begonnenen Gedanken „und ich bin seit ich FERTIG bin" führt sie nicht weiter aus. Dennoch kann dem Satzfragment entnommen werden, dass für sie ein bildungsbiographischer Abschnitt und damit die Entwicklung der eigenen Person beendet ist („FERTIG"). Nach dem abgebrochenen Satz erläutert Frau Lehmann ausführlicher die strukturellen Rahmenbedingungen ihrer Berufsbiographie:

> *war auch der erste jahrgang, der das referendariat machen musste also hier in der ddr war es ja üblich, dass man diplom:ausbildung als lehrer hat, fünf jahre studiert und dann in die schule sofort gegangen ist. ich habe also fünf jahre dieses erste staatsexamen gemacht, wie jetzt üblich und dann zwei jahre das referendariat angeschlossen, damals noch wirklich vierundzwanzig monate. jetzt ist=es ja auch schon wieder verkürzt*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 10-15)

Frau Lehmann wechselt die Erzählzeit in die Vergangenheit und ordnet sich selbst in einen „jahrgang" ein. Sie betont damit die Zugehörigkeit zu einer größeren Gruppe, womit sie die Gemeinsamkeiten und nicht die Individualität der Biographien hervorhebt. Die konstruierten Gemeinsamkeiten sind dabei vor allem systembedingte Regeln und Vorschriften, welche erfüllt werden: Sie beschreibt die Pflicht, „das referendariat [zu] machen", als eine Neuerung, die sie und ihren Jahrgang als Erste betroffen hat. Die Betonung der Pflicht („musste") lässt Unmut über die gestiegenen Anforderungen vermuten, welche sie abgleicht mit dem, was „hier in der ddr [. . .] üblich [war]" (dort als Norm und nicht als Pflicht formuliert). Dabei konzipiert Frau Lehmann die DDR erzählerisch nah („hier"). Sie identifiziert das „hier" mit der DDR und betont damit die eigene, mit der DDR verbundene Geschichte. Der übliche Bildungsweg in der DDR wird als sehr direkt und klar dargestellt. Die Aussagen hierzu sind in kurzen, direkt verbundenen

Hauptsätzen gefasst. Das Studium wird dabei als „diplom:ausbildung als lehrer“ bezeichnet. Damit wird weniger eine akademische Ausrichtung, sondern eher eine praktische Berufsausbildung betont und dabei erneut nur die männliche Form der Berufsbezeichnung genannt.

Lehmann beschreibt weiter gesellschaftliche Erwartungen wie die reguläre Studiendauer („fünf jahre studiert“) und den direkten Einstieg in den Beruf („dann in die Schule sofort gegangen“). Es wird also kein Fokus auf die individuelle Bildungsbiographie gelegt, sondern sich an einer Norm orientiert. Lehmann setzt nach der allgemeinen, unpersönlichen Beschreibung („man“) bei ihrem eigenen Bildungsweg („ich“) an. Sie ordnet die eigene Bildungsbiographie dabei weiterhin in gesellschaftliche Normen und Erwartungen ein („wie jetzt üblich“), wobei sie hervorhebt, dass sich diese Anforderungen oft ändern („schon wieder verkürzt“). Akteure, welche diese Anforderungen ändern, werden nicht genannt. Die Anforderungen wirken so willkürlich.

Frau Lehmann beschreibt dann ihren beruflichen Werdegang nach dem Abschluss des Referendariats.

> *[Interviewer: mhm.] und bin seit vierundneunzig fertig. war dann ein jahr bei %stadt1% in=ner schule, war fahrtechnisch n=bischen ungünstig, hatte dann die versetzung nach %stadt2% beantragt und bin seit dem, seit fünfundneunzig hier am %schule% und bin eigentlich zufrieden mit dem was ich hier mache. [Interviewer: ja.]*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 16-20)

Mit der Formulierung, dass sie „seit vierundneunzig fertig [ist]“, greift sie eine vorher abgebrochene Formulierung erneut auf, die sich explizit auf ihre eigene, abgeschlossene Entwicklung bezieht (sie bezeichnet sich selbst als fertig, nicht ihre Ausbildung). In der Darstellung orientiert sich Frau Lehmann an Zeiträumen und Jahresangaben – ähnlich einem tabellarischen Lebenslauf für eine Bewerbung. Wegen der „fahrtechnisch n=bisschen ungünstig[en]“ Lage der Schule beantragt Lehmann eine Versetzung und wechselt an die Schule, an der sie seit 1995 unterrichtet. Der Wechsel wird dabei nicht als aktiv gestaltete Entscheidung gerahmt, sondern als „versetzung“ bezeichnet. Lehmann wird also selbst passiv konzipiert und kein handelnder Akteur (z. B. ein Adressat des Antrags) beschrieben. Ebenso wird der Wechsel nicht durch eine Entscheidung, sondern einen Antrag

gerahmt. Auch hier werden organisatorische Regularien und systemische Bedingungen in den Fokus gerückt.

Die konkrete Tätigkeit als Lehrkraft (Unterricht, Umgang mit Schüler*innen) wird bis hier nicht explizit. Die berufsbiographischen Stationen werden nur über ihre Zugehörigkeit zu Bildungseinrichtungen charakterisiert („bin [. . .] hier am %schule%“) und nicht über ihre Aktivitäten. Zum Ende der Passage stellt Lehmann zwar einen Bezug zu diesen her, bleibt dabei aber relativ allgemein („was ich hier mache“). Lehmann beschreibt ihre eingeschränkte („eigentlich“) Zufriedenheit mit ihrer Tätigkeit. Dabei bezeichnet sie diese nicht als ihre Aufgaben oder spricht von den Dingen, die sie machen muss, was eine relativ freie, selbstbestimmte Arbeit nahelegt.

Ihre Tätigkeit wird jedoch auch in Beziehung zum Ort bzw. der Schule („hier“) gesetzt und damit wieder in einen organisatorischen Rahmen eingebettet.

Sie präzisiert dann ihre aktuelle berufliche Situation:

> *als mathe=physiklehrer zwa::r eingestellt, aber so nach und nach dann doch mehr in die physikschiene gerutscht, weil:: ja, das von der SCHULleitung her auch viele kollegen in=er aus mathe=physikbereich dort tätig sind und die physik doch n=bisschen am vorbereitungsintensiver ist, [Interviewer: mhm.] was experimente aufberei- äh vorbereiten, aufbauen und WEGräumen angeht, sodass sich dann die schulleitung eher so die mathestunden geschnappt hat und die anderen kollegen dann eher in die physik reingerutscht sind, sodass ich im moment NUR physik unterrichte seit=n paar jahren*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 20-28)

Lehmann konzipiert sich selbst wieder in einer eher pflicht-erfüllenden Rolle als Angestellte. Sie betont ihre von außen zugewiesene Rolle (als was sie „eingestellt“ wurde). Dabei nutzt sie erneut die männliche Berufsbezeichnung für sich persönlich. Mit „zwa::r“ und „aber“ stellt sie ein Spannungsverhältnis, eine Diskrepanz zwischen der ursprünglich festgelegten Rolle und der derzeitigen Ausfüllung dieser her. Sie skizziert eine allmähliche Entwicklung („nach und nach“) ihrer beruflichen Tätigkeit hin in die „physikschiene“. Diese Entwicklung wird wieder nicht als aktiv

von ihr selbst gestaltet dargestellt, sondern wie ein unintendiertes Versehen („gerutscht"). Das Bild der „physikschiene" legt dabei einen starren, vorgezeichneten und durch das Fach charakterisierten Verlauf nahe.

Als Grund für das Hineinrutschen führt Lehmann den Vorrang der Physik-Mathe-Kollegen aus der Schulleitung an, die sich „eher so die mathestunden geschnappt [haben]". Lehmann konstruiert den Physikunterricht durch die Organisation von Experimenten für den Unterricht als arbeitsintensiver und damit unattraktiver für Lehrkräfte. Hier wird eine Hierarchie zwischen der Schulleitung mit dem Vorgriffsrecht auf die weniger arbeitsintensiven Mathematik-Unterrichtsstunden und den „anderen kollegen" ohne Privilegien (zu denen sie sich zählt) aufgezeigt. Die Zuteilung von Lehmann und anderen Kollegen zu den Physikstunden wird dabei nicht als aktiver Akt durch die Schulleitung dargestellt. Die Schulleitung führt nur die qua Amt durch das System bedingte Wahl aus und Lehmann sowie die anderen Kollegen müssen nehmen, was übrig bleibt. Lehmann wiederholt dabei die Formulierung „in die physik reingerutscht", was wiederum auf eine versehentliche und nicht beabsichtigte Entwicklung hinweist, wobei die eher umgangssprachliche Wortwahl signalisiert, dass die Situation nicht zu großen Konflikten oder Ärger führt, auch wenn der Umstand, wie Lehmann durch ein nachgeschobenes „seit=n paar jahren" andeutet, schon länger andauert.

Der Interviewer greift das „reingerutscht" auf und fragt immanent nach „konkrete[n] Erlebnisse[n]", die Frau Lehmann „stark mit physik verbinde[t]" und die „so=n=bisschen vielleicht prÄgend waren (.) auf ihrem weg in die ins physiklehramt". Frau Lehmann berichtet hierauf von ihren Erfahrungen im Werken-Unterricht:

> *Lehmann: eher weniger. das ALLgemeine, was man selbst in der schule erlebt hat [Interviewer: okay] und so=n BISschen interesse auch, wir hatten damals noch richtig werken, oder:: praktische tätigkeiten im unterricht, das gibt=s ja heut KAUM noch am gymnasium, [Interviewer: mhm.] sodass du das auch spaß gemacht hat, KLAR und das schon generell auch mathe, naturwissenschaftliche Fächer (.) interessiert haben, aber es war nie so der TRAUMberuf oder der WUnsch unbedingt MAthe=physiklehrer [Interviewer: ja.] zu werden, ja.*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 34-41)

Frau Lehmann beantwortet die Frage nach konkreten Erlebnissen, die sie mit Physik verbindet und die prägend waren, ablehnend mit einem „eher weniger“ und setzt dem Konkreten „das ALLgemeine“ entgegen. Sie formuliert dabei unpersönlich („man“) und zielt damit weniger auf sich selbst als Individuum ab, sondern auf allgemeine Erfahrungen, die sie für typisch für die Schule hält. Lehmann ergänzt dann „so=n BISschen interesse auch“. Die Formulierung ist elliptisch. Es fehlt ein Verb und es wird kein Bezug genannt, worauf sich das Interesse bezieht. Auch ist das Interesse nicht durch ein Possessivpronomen als ihr persönliches markiert. Die Rolle des Interesses wird von ihr als gering beschrieben („BISschen“).

Von der allgemeinen Ebene wechselt Frau Lehmann dann auf eigene Erfahrungen und erzählt in der ersten Person Plural von ihrem Werken-Unterricht und den „praktische[n] tätigkeiten im unterricht“. Sie konzipiert sich als Teil einer Erfahrungsgemeinschaft und grenzt diese von heutigen Schüler*innen ab, da es „richtig werken“ oder praktische Tätigkeiten heute „KAUM noch am gymnasium“ gibt. Mit dem Adverb „richtig“ betont Lehmann entweder die herausragende Qualität oder Quantität des von ihr besuchten Werken-Unterrichts. Das Werken ergänzt sie um („oder“) bzw. spezifiziert es als „praktische tätigkeiten im unterricht“. Lehmanns Beschreibung bleibt hier eher unkonkret und allgemein. Praktische Tätigkeiten könnten eine konkrete Handlungspraxis bezeichnen (also handwerkliche Tätigkeiten) oder aber den Zweck einer Handlung und damit eine Abgrenzung bilden zu unnützen Tätigkeiten. Die Entwicklung, dass gymnasialer Unterricht dies heute nicht bietet, wird dabei nicht als durch einen Akteur gestaltet beschrieben (i.S.v. wurde von jemandem abgeschafft), sondern nur der Unterschied zwischen damals und heute festgestellt.

Die Darstellungen werden dann elliptisch und die Bezüge teilweise unklar. Mit einem elliptischen „so dass du das auch spaß gemacht hat“ kann Freude an den Tätigkeiten und dem Werken-Unterricht angedeutet werden. Dem ordnet sie ein „generell[es]“ Interesse an Mathe und naturwissenschaftlichen Fächern nach. Die Beschreibung ist dabei eher distanziert und unspezifisch, da Lehmann kein eigenes Interesse und keine persönliche Haltung (z. B. durch *ich* oder *mich*) formuliert. Auch wird Physik nicht spezifisch hervorgehoben, sondern die naturwissenschaftlichen Fächer werden zusammen genannt.

Mit einem „aber“ setzt sie einen Kontrast zu den beschriebenen Erfahrungen und erklärt, dass „MAthe=physiklehrer“ nie der „TRAUMberuf“ oder „WUnsch“ war. Die starke Abgrenzung („nie“) schwächt Lehmann dabei durch das „so“ ab, grenzt ihren Beruf aber klar von den positiv besetzten Begriffen Wunsch und Traum ab. Sie formuliert dabei unpersönlich, indem Wunsch und Traumberuf nicht durch Possessivpronomen ihr persönlich zugeordnet werden.

Der Interviewer fragt dann immanent nach dem Werken-Unterricht im Gymnasium, den es heute so nicht mehr gibt, und bittet Frau Lehmann, „nochmal genauer [zu] beschreiben, wie das aussah“

> *Lehmann: also wir hatten richtig [Interviewer: ja.] von der ERsten bis zur zehnten klasse mehr oder weniger unterricht, wo=wir auch mit holz gearbeitet haben äh mit ehemaligen DRECHSlern damals noch, die dann werkenlehrer wurden, das waren ja auch diejenigen, die @damals@ nach kriegszeiten, so als neulehrer eingestellt wurden häufig schon=n=beruf hatten und die dann ihre berufserfahrung da mit eingebunden haben, [Interviewer: mhm.] die sehr viel prak- wir hatten=n=richtige werkstatt in der wir arbeiten konnten.*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 46-53)

Frau Lehmann wiederholt zweimal die schon zuvor gemachte Formulierung „richtig“ – einmal in Bezug auf den Unterricht, in dem mit Holz gearbeitet wird, und einmal bezogen auf die Werkstatt, in der gearbeitet werden konnte. Sie betont damit erneut die Qualität und Quantität des Werken-Unterrichts und der Räumlichkeiten und wertet diese auf, indem sie in dichotomer Weise abgegrenzt werden von einer falschen, unvollständigen oder künstlichen Art.

Akteure in ihrer Erzählung sind nur Gruppen und keine Individuen. Lehmann erzählt in der ersten Person Plural von ihren Schulerfahrungen, setzt ihre individuellen Erfahrungen also in einen kollektiven Gruppenzusammenhang, der strukturiert wird durch die Klassenstufen, wobei sie die (eingeschränkte) Kontinuität und damit den Umfang der geteilten Erfahrungen betont. Die zweite Personengruppe, die „ehemaligen DRECHSler [. . .], die dann werkenlehrer wurden“, wird vor allem durch ihre praktische Berufserfahrung im Bereich Holzbearbeitung charakterisiert, während pädagogische oder didaktische Fähigkeiten nicht genannt werden. Bei den von Lehmann auch als „neulehrer“ bezeichneten Lehrkräften zeigt sich

wieder deutlich die Einbettung der berufsbiographischen Entwicklungen in systemische Zusammenhänge und Systembrüche und damit ein analoges Erzählmuster zu Lehmanns Darstellung der eigenen Berufsbiographie. Die Notlösung, Drechsler als Lehrkräfte einzustellen, wird von Lehmann wieder als feststehende Gegebenheit ohne handelnde und entscheidende Akteure dargestellt und post-hoc positiv gedeutet, da Drechsler „ihre berufserfahrung da mit eingebunden haben".

Zentrale Tätigkeit in Lehmanns Ausführungen zum Werken-Unterricht ist die „arbeit" mit „holz". Fokussiert wird demnach auf das Tätig-sein mit einem bestimmten Material und nicht auf das Ziel einer Tätigkeit (z. B. *was* gebaut wurde) und auch nicht das zielgerichtete Erlernen bestimmter Kompetenzen. Dabei betont Lehmann, dass sie in der Werkstatt arbeiten „konnten". Es wird also auf die durch die räumliche Ausstattung gebotenen Möglichkeiten abgezielt und nicht auf einen Zwang (was sie tun mussten).

Die Formulierung lässt die Lesart einer selbstständigen und selbstbestimmten Tätigkeit zu, in der die Werkenlehrer kaum steuernd eingreifen. Zeitlich ordnet Lehmann diese Schilderung lachend mit der floskelhaften Formulierung „@damals@ nach kriegszeiten" in eine weit entfernte Vergangenheit ein, die sie dann mit der heutigen Situation vergleicht:

> *so wie man=s heute hört, von diesen schUlen, wo man ABbrecher oder ähnliche, die nich so gerne lernen wollen mit stift und papier, dann durch praktische tätigkeiten n=bisschen animiert, so ein zwei wochenstunden. [Interviewer: ja.]*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 53-56)

Die Schilderungen werden deutlich distanziert von der eigenen Erfahrungswelt. Lehmann wechselt von der ersten Person Plural in ein unpersönliches „man" und verdeutlicht, dass man von den praktischen Tätigkeiten an „diesen schUlen" nur gehört hat (nicht gesehen, gelesen oder selbst erlebt). Der spezifische Artikel verdeutlicht die Seltenheit und Besonderheit der Schulen, kann aber auch distanziert, abwertend interpretiert werden.

Lehmann konstruiert eine unscharf umrissene Personengruppe („oder ähnliche"), die als „ABbrecher" charakterisiert wird. In der Metapher führen die Abbrecher selbst aktiv den Zustand des Abbruchs herbei, was ihnen destruktive Eigenschaften zuschreibt. Die Gruppe ist (wie auch

sonst bei Frau Lehmann) mit der männlichen Form bezeichnet. Sie schreibt den Abbrechern den Unwillen zu, nicht so gerne „mit stift und papier [lernen zu wollen]“. Demnach wird die Gruppe über ihre Motivation und nicht über bestimmte Fähigkeiten oder persönliche Umstände und Biographien charakterisiert. Das Lernen mit Stift und Papier als gängige Praxis und Norm wird den praktischen Tätigkeiten gegenübergestellt. Den „praktische[n] tätigkeiten“ wird hier das Potential zugesprochen, die Abbrecher zu „animier[en]“, wobei keine Erwartungen auf grundlegende und tiefgreifende Veränderungen geweckt werden („n=bisschen“).

Nach dieser Schilderung der randständigen Rolle praktischer Tätigkeiten im heutigen Schulsystem wechselt Lehmann wieder zu ihrer Biographie und den positiven Erfahrungen im Werken-Unterricht:

> *netterweise war ich da auch immer in der je- gruppe der JUNGEN dabei @(.)@ weil=mer mehr mädchen warn mer mussten das so halbieren, da war man dann doch eher so der praktische typ, der dann auch wirklich ma=mit hammer, zange, mit allen möglichen gerätschaften, mit der großen bohrmaschine, richtig arbeiten konnte, was manche kinder heute maximal noch von den eltern oder vom vater mitkriegen, aber eher weniger diese praktische erfahrung haben leider.*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 56-62)

Lehmann beginnt die Erzählsequenz nun in der ersten Person Singular, nicht mehr mit einem kollektiven „wir“ oder einem unpersönlichen, abstrakten „man“. Obwohl sie nun die individuellen Facetten ihrer Biographie betont, setzt sie sich wieder in einen Gruppenzusammenhang, wobei sie hier nur eine eingeschränkte Zugehörigkeit konstruiert, indem sie sich nur als „dabei“ charakterisiert und auch schnell wieder in ein abstraktes „man“ wechselt. Sie beschreibt z. B. nicht, dass *sie* „so der praktische typ“ war, sondern nur, dass dies die Norm war. Zwei Lesarten dieser Norm sind möglich: Einerseits könnte es eine deskriptive Norm sein, die den Ist-Zustand beschreibt. Andererseits könnte es eine injunktive Norm sein, die beschreibt, welche Erwartung an die Gruppe der Jungen gelegt wurde. Die Zuordnung zum „praktische[n] typ“ wirkt naturalistisch begründet, da sie nur über das Geschlecht geschieht. Jedoch wird der Norm des geschlechtsspezifischen (Werken-)Unterrichts weniger Gewicht beigemessen als der Norm, gleich große Gruppen zu bilden, so dass die naturalistische

Einteilung zugunsten der schulischen Norm aufgebrochen wird. Dies führt dazu, dass auch Frau Lehmann als Schülerin die praktischen Fähigkeiten im Umgang mit „gerätschaften" sammeln kann. Hier wird wieder die Qualität und Quantität hervorgehoben („richtig arbeiten") und von anderen Praxen abgegrenzt.

Die Zuordnung als Mädchen zur „gruppe der JUNGEN" wird erneut nicht als aktiver Akt handelnder Personen gerahmt, sondern aufgrund der systemimmanenten Regeln und des Überhangs von Mädchen als Notwendigkeit festgestellt und ihre persönliche Zuordnung dann als eher zufällig dargestellt. Mit „netterweise" wird die Zuteilung positiv bewertet, wobei die Formulierung eine Gefälligkeit durch einen Dritten implizieren könnte, sich aber auch auf eine schicksalhafte, zufällige Entwicklung richten kann. Die Gruppe der Mädchen und welcher „typ" man dort war, wird nicht explizit genannt und nur ex negativo vom praktischen Typ abgegrenzt, der mit den genannten Werkzeugen umgehen konnte.

Lehmann wechselt dann in der erzählten Zeit ins „heute" und zieht wieder einen Vergleich zwischen den Verhältnissen damals und heute: Sie beschreibt die aus ihrer Sicht negative Entwicklung („leider"), dass „manche kinder" den Umgang mit Werkzeugen „maximal noch von den eltern oder vom vater mitkriegen". Einen schulischen Zugang gibt es demnach nicht mehr. Auffällig ist hierbei, dass Lehmann nach der Nennung der Eltern mit einem nachgeschobenen „oder" noch den Vater nennt. Dies konstruiert den Vater als disjunkt von den Eltern oder betont seine besondere Rolle, womit implizit die Rolle der Mutter abgewertet und damit die genderstereotype Zuordnung der Werkzeuge zur Männlichkeit reproduziert wird.

Die Art des Umgangs mit Werkzeugen wird von ihr als „mitkriegen" beschrieben. Eine mögliche Lesart hierzu ist, dass diese den beschriebenen Umgang eher passiv wahrnehmen (im Sinne von etwas sehen) oder eher aktiv die Fähigkeiten vermittelt bekommen (im Sinne von etwas mit auf den Weg bekommen). Der einschränkende Nachsatz, dass die praktische Erfahrung dabei fehle, legt die Lesart eines passiven Wahrnehmens nahe statt eines aktiven Umgangs.

Typisierung Kirsten Lehmann nach berufsbiographischer Erzählung

Die berufsbiographischen Darstellungen von Kirsten Lehmann weisen deutlich die Merkmalsausprägungen *Pflichtbewusst* in der Typik Gestaltungspotential und *Institution* in der Typik Relevante Andere auf, was sich in ihrer starken Orientierung an der Erfüllung von institutionellen Normen und Vorgaben ausdrückt. Handlungen werden meist in den Rahmen von Anforderungen wie Regelstudienzeiten, der Länge des Referendariats, der Umlenkung in den Lehrberuf, der Beantragung von Versetzung, der Erfüllung von Normen (z. B. männliche Schüler als eher der praktische Typ) gesetzt.

Kirsten Lehmanns biographische Stationen werden dargestellt als vor allem extern bestimmt und sind mit bestimmten Erwartungen verbunden. Lehmann wird z. B. der Gruppe der Jungs zugeteilt, was mit der Erwartung verbunden ist, ein „praktischer Typ“ zu sein; sie wird „umgelenkt“ in das Lehramtsstudium aufgrund politischer Umbrüche zur Wendezeit; sie rutscht in die „physikschiene“ und unterrichtet nur noch Physik verbunden mit dem Mehraufwand der Vor- und Nachbereitung von Experimenten, weil die Schulleitung bei der Zuteilung privilegiert wird. Diese Zuteilungen werden akzeptiert und die damit verbundenen Normen erfüllt. Es wird z. B. kein aktives Aufbrechen der beschriebenen Geschlechternormen durch Lehmann gegen Widerstände beschrieben, sondern nur, wie „netterweise“ eine Ausnahme für sie gemacht wurde und sie so ihren (vermutlichen) Interessen entsprechend praktisch tätig sein durfte. Eigene Interessen und Wünsche werden also nicht als treibende Elemente biographischer Entscheidungen gerahmt, sondern Lehmann fügt sich in vorgegebene Bahnen ein.

Auch erste unterrichtliche Schilderungen weisen auf einen Modus der Pflichterfüllung hin. Experimente im Physikunterricht werden vor allem unter einer organisationalen Perspektive verhandelt und die damit einhergehenden Aufgaben als Lehrkraft beschrieben: Diese müssen vorbereitet, aufgebaut und weggeräumt werden. Eine didaktische Perspektive auf die Funktion von Experimenten wird an dieser Stelle nicht eingenommen.

Die Normen, an denen sich Kirsten Lehmann orientiert, werden in ihrer Darstellung nicht durch handelnde Personen gesetzt, sondern leiten sich aus institutionellen Vorgaben ab (Typik Relevante Andere: *Institution*). Die Einstellung von Drechslern als Lehrkräfte, die Zuordnung zu genderstereotypen Gruppen, die Umlenkung in das Lehramtsstudium, die Rolle der Schulleitung im Kollegium – alle beschriebenen Ordnungen werden meist durch Passivkonstruktionen entpersonalisiert dargestellt. Handelnde, entscheidende und gestaltende Individuen werden kaum bis gar nicht in den Fokus gerückt.

Zwar konstruiert sich Lehmann häufig als Teil einer Gruppe mit einem bestimmten, geteilten Erfahrungszusammenhang, indem sie häufig in der ersten Person Plural formuliert, doch Beziehungen zu diesen Personen und die Personen selbst werden in den Darstellungen nicht relevant. Die konstruierte Gemeinschaft wird nur durch äußere, institutionelle, systemische Vorgaben gebildet (z. B. politische Umbrüche, Berufssituation, Gender). Weder zu Personen ihres Nahbereichs wie Familie, Freunde, Kolleg*innen noch zu Personen(-gruppen) eines gesamt- und weltgesellschaftlichen Zusammenhangs setzt sich Lehmann in Beziehung, um z. B. ihr Handeln mit diesen abzugleichen oder an diesen auszurichten.

Die Entwicklungen im Rahmen der gegebenen Bedingungen werden dabei weder stark positiv noch negativ bewertet, sondern als gegeben hingenommen (Typik Entwicklungsperspektive: *Offen*). Angedeutet ist aber eine positive post-hoc Deutung der eigenen biographischen Entwicklungen. Diese werden zwar vor allem extern bestimmt (z. B. die Zuteilung zur Jungen-Gruppe oder die Umlenkung in das Lehramtsstudium), aber sie werden dann als Chancen und auch in einem affektiven Sinne positiv gedeutet. Im Hinblick auf den Beruf als Physik- und Mathelehrer macht Lehmann z. B. klar, dass dies nie ein Wunsch oder Traumberuf gewesen ist, aber es macht ihr „die ganze zeit schon [spaß]“. Tendenzen zu einer negativen Perspektive auf Entwicklungen zeigt Lehmann in Bezug auf bildungspolitische Entwicklungen, die Ausstattung von Schulen und die Möglichkeiten von Schüler*innen, dort praktische Erfahrungen zu sammeln.

Die Darstellungen Lehmanns zeigen eine deutliche Orientierung an dieser praktischen Tätigkeit (Typik Bildungsideal: *Handwerk*). Darunter versteht Lehmann einen Umgang mit handwerklichen Werkzeugen (wie Bohrmaschinen, Sägen, Hammer) und verschiedenen Materialien (v. a. Holz). Dabei betont sie immer wieder die Relevanz. „richtig" zu arbeiten mit Geräten und Materialien, wobei vor allem die Werkstatt hohe Relevanz für sie hat, um diesen Umgang zu ermöglichen.

Entsprechend positiv werden die praktischen Erfahrungen von Drechslern, die als Neulehrer in der Nachkriegszeit eingestellt werden, dargestellt. Ebenso positiv rahmt sie den Umstand, dass sie letztlich durch einen Zufall der Gruppe der Jungs zugeteilt wird und dort entsprechend praktische Erfahrungen sammeln kann. Dies verbindet sie hier jedoch nicht mit einer Kritik an dem Umstand, dass die meisten Mädchen zu ihrer Schulzeit hiervon anscheinend ausgeschlossen worden sind (Typik Gestaltungspotential: *Pflichtbewusst*).

Ihr Bildungsideal des handwerklichen Umgangs mit Geräten und Materialien sieht Lehmann im heutigen Schulsystem nicht erfüllt. Echte praktische Tätigkeit ist ein Randphänomen, wird z. B. nur denjenigen angeboten, die im etablierten Schulsystem (mit „stift und papier") scheitern. Und auch im familiären Kontext wird dieser Bedeutungsverlust der praktischen Fähigkeiten kaum aufgehalten.

Nach dem berufsbiographischen Intervieweinstieg leitet der Interviewer zum thematisch engeren Teil des Interviews über und fragt Frau Lehmann„wo denn für sie vielleicht konkrete UNTERschiede zwischen diesen feldern physik und technik sind".

> *Lehmann: also physik [Interviewer: mhm.] ist jetzt laut lehrplan oder rahmenrichtlinien bisher immer eher das theoretischere, wo man theoretische grundlagen (.) setzt, [Interviewer: mhm.] erklärt, begriffe erklärt, rechnet, (.) formelzeichen, einheiten, ne=gleichung, wird die gleichung berechnet, weiß ich geschwindigkeiten, wege, zeiten irgendwas.*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 70-74)

Frau Lehmann reagiert auf den Frageimpuls, der den Fokus auf ihr eigenes Bild von Physik und Technik gerichtet hatte („für sie"), mit Referenz auf

institutionelle Vorgaben durch den „lehrplan“. Lehmann nennt auch die vor der Aktualisierung des Lehrplans im Jahr vor dem Interview gültige Bezeichnung „rahmenrichtlinie“. Fokus wird demnach auf die Kenntnis der geltenden Bestimmungen gelegt. Dabei wird einerseits sehr direkt und ohne Einschränkung formuliert (Indikativ Präsens „ist“, „immer“), andererseits eine unscharfe und relationale Begriffsbestimmung vorgenommen, Physik sei „eher das theoretischere“.

In der Aufzählung von Tätigkeiten illustriert Frau Lehmann, worin sich das „theoretischere“ im Unterricht ausdrückt. Statt einer konkreten Situation werden nur Tätigkeiten aufgezählt, dabei keine Personen wie z. B. Schüler*innen oder Lehrkräfte genannt, sondern nur entpersonalisiert mit „man“ formuliert. Die Darstellung wirkt distanziert und abfällig („weiß ich“, „irgendwas“). Die stakkatoartige und elliptische Aufzählung „rechnet, (.) formelzeichen, einheiten, ne=gleichung“ und „geschwindigkeiten, wege, zeiten“ erweckt den Eindruck eines nüchternen Abarbeitens von beliebigen, unbedeutenden Tätigkeitsanforderungen und Formalismen, was diese distanzierte, nüchterne Haltung unterstützt.

> *während in=er technik dann doch, wir ham jetzt auch, wir arbeiten mit dem %außerschulischer Lernort% hier zusammen und ham auch so=n technikkurs [Interviewer: mhm.] als wahlobligatorischen kurs, das merkt man schon, die BAUen dann mal=n windrad, die nehmen mal werkzeuge in=de hand oder arbeiten mit materialien un=ham dort möglichkeiten auch in so=ner werkstatt tätig zu werden, was wir hier nicht haben.*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 75-80)

Dem Impuls zu Unterschieden zwischen Physik und Technik folgend, setzt Lehmann zu einer Abgrenzung von dem „theoretischere[n]“ der Physik an. Lehmann wechselt dabei deutlich die Art der Darstellung: Der Technikkurs wird zwar durch das Attribut „wahlobligatorisch“ ebenso in institutionelle Rahmenbedingungen gesetzt, aber nun beschreibt Lehmann eine konkrete Handlungspraxis und wechselt in die erste Person Plural („wir arbeiten“). Dargestellt werden nun also (gemeinsame) Gestaltungsspielräume, für die sie ihre Anerkennung signalisiert: „das merkt man schon“.

Lehmann greift die Schilderungen des eigenen Werken-Unterrichts auf und stellt in analoger Weise dar, wie die Schüler*innen „werkzeuge in=de hand [nehmen]“, „mit materialien [arbeiten]“, und betont wieder die

Möglichkeiten-schaffende Funktion „so=ner werkstatt“. Die aktive Tätigkeit und Ausstattung grenzt sie dann ab von der Physik, ausgedrückt durch ein vergemeinschaftendes „wir“ und den örtlichen Bezug „hier“.

> *klar experimentieren wir kleine sachen, [Interviewer: mhm.] was wir so an experimentiergerät haben und aber es ist doch eher das (.) PRAKTISCHERE was man im alltag eher braucht als die kleinen experimentchen, wer setzt sich denn zuhause hin, nimmt ne=kleine glasscheibe und guckt, was wie da der brechungswinkel un=einfallswinkel ist oder so? [Interviewer: mhm.] ja, das ist n=BISschen. (.) ich denke technik ist lebensnaher!*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 80-86)

Nach der Darstellung der institutionellen Vorgaben zur Ausrichtung der Physik und der Praxis des Technikkurses stellt Frau Lehmann Physik und Technik anhand der Tätigkeiten nun ins Verhältnis. Zuvor hatte sie die Möglichkeit zum „tätig [...] werden“ mit Werkzeug und Material als positives Charakteristikum des Technikkurses herausgearbeitet. Hiermit vergleicht sie nun die „kleinen experimentchen“ als praktische Tätigkeiten des Physikunterrichts. Hierbei legt Lehmann einen Fokus auf die materielle Seite des Experimentierens und spricht von „kleine[n] sachen“ und „experimentier*gerät*“ analog zur Betonung von Werkstatt, Geräten und Material im Technikkurs. Dabei werden für die Physik vor allem die Limitationen („was wir so [...] haben“) und durch die dreimalige Wiederholung des Attributs „klein“ auch die Geringfügigkeit der Experimente betont (in besonderer Weise durch „experiment*chen*“ noch verstärkt).

Den Experimenten wird keine Begeisterung oder Enthusiasmus entgegen gebracht und dies mit einem fehlenden Nutzen der Experimente im Alltag begründet: Diese seien nicht das „PRAKTISCHERE“, was „man im alltag eher braucht“.

Zugespitzt wird diese Nichtanerkennung der Relevanz von Experimenten an einem konkreten Beispiel. In Form einer rhetorischen Frage wird formuliert, dass niemand mit einer Glasscheibe zu Hause Brechungs- und Einfallswinkel bestimmt. Ein neugieriges Erkunden von Phänomenen außerhalb einer schulischen Verpflichtung wird als unwahrscheinlich bis unsinnig abgelehnt. Die Tätigkeit des Experimentierens wird – in Abgrenzung vom Ideal der praktischen Tätigkeit mit großen Maschinen und

Material – als sehr passiv, langweilig und stumpf beschrieben („setzt sich [. . .] hin", „guckt").

In der zusammenfassenden Coda bezeichnet Lehmann Technik als „lebensnaher", was sie durch ein „ich denke" einschränkend als subjektiven Standpunkt markiert. Lehmann spricht nicht von Alltagsrelevanz, sondern von Lebensnähe. Leben wird damit stark auf eine praktisch-handwerkliche, materielle Alltagsbewältigung reduziert und Physik als distanziert konstruiert.

Summative Zusammenfassung Pos. 87-116

Frau Lehmann führt im Folgenden aus, dass wegen des „sehr eng gePAckt[en]" Lehrplans „wenig zeit" für umfangreiche Projekte im Physikunterricht ist. Der Interviewer fragt dann noch einmal nach einer Einschätzung abseits der Unterrichtsfächer: „aber nochmal so allgemein auf physik und technik als betätigungsfelder, wo beziehen die sich vielleicht auf aufeinander aus ihrer sicht?"

> *Lehmann: äh ich kenn jetzt den lehrplan äh, das was in der technik insgesamt gemacht werden soll nicht GANZ genau. kenne jetzt keine berühungspunkte in dem sinne, [Interviewer: mhm.] aber ich sehe viele beispiele die wir jetzt hier in unserm technikkurs hatten.*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 117-120)

Frau Lehmann antwortet hier, obwohl sehr abstrakt nach Betätigungsfeldern und sehr individuell nach ihrer Sicht gefragt wurde, wieder im Handlungsrahmen Schule und mit Referenz auf die institutionellen Vorgaben. Betont wird das, was im Technikkurs gemacht werden *soll*. Da sie diese Bestimmungen „nicht GANZ genau" kennt, kann sie diese auch nicht mit der Physik abgleichen und „keine berührungspunkte" identifizieren. Demnach werden Physik und Technik hier nur im Rahmen der institutionellen Richtlinien verstanden. Frau Lehmann wechselt dann auf die konkrete Ebene der eigenen Erfahrungswelt unterrichtlicher Praxis („unserm technikkurs") mit „beispiele[n]".

> *die ham zum beispiel dieses windrad gebaut, wo man sagt, wenn energetische betrachtungen in klasse sieben oder in klasse neun dran sind, dass man sich dann wieder auf das damals oder dann grade*

> *in dem kurs bearbeitete wieder beziehen kann und das dann eben von anderer seite aus vielleicht n=bisschen theoretischer nochmal beleuchten kann welche energieumwandlungen findet da statt, wo kann ich energie sparen, wie kann ich energie (.) was weiß ich. [Interviewer: mhm.] was man dann alles so,*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 120-127)

An dem Beispiel Windrad beschreibt Frau Lehmann dann, wie im Physikunterricht Bezüge zum Gegenstand des Technikkurses hergestellt werden können. Die Darstellungen zwischen der technischen und physikalischen Perspektive sind dabei stark unterschiedlich. Zum Technikkurs wird eine konkrete, praktische Tätigkeit einer Gruppe mit einem Ergebnis beschrieben: „die ham zum beispiel dieses windrad gebaut". In Bezug auf den Physikunterricht wird dagegen wieder auf die Erfüllung der geltenden Regelwerke (in welcher Klasse etwas dran ist) verwiesen. Es werden keine aktiven Schüler*innen beschrieben, sondern nur substantiviert von „energetische[n] betrachtungen" gesprochen und unpersönlich mit „man" formuliert. Statt eine konkrete, tatsächliche, eigene Handlung zu beschreiben (wie das gebaute Windrad des Technikkurses), stellt Lehmann nur eine Möglichkeit des Physikunterrichts dar („kann").

Sie beschreibt dann, wie der Gegenstand Windrad im Physikunterricht „n=bisschen theoretischer" beleuchtet werden kann, und nennt „energieumwandelungen". Dann wechselt die grammatische Person in der Erzählung in die erste Person Plural und Lehmann zählt direkte Fragen auf, die auch im Kontext „energetische betrachtungen" verortet sind. Die Aufzählung bricht sie jedoch ab, wobei in der Formulierung hierzu („was weiß ich [. . .] was man dann alles so") eine Distanziertheit, Unzufriedenheit, Entwertung ausgedrückt wird: Die Details der Physik sind nicht bekannt, vielleicht beliebig, unkonkret und nicht von hoher Relevanz.

Summative Zusammenfassung Pos. 128-209

Lehmann führt weiter aus, dass in der Physik zwar versucht wird, auf Erfahrungen und den Alltag der Schüler*innen Bezug zu nehmen, „aber es ist immer nicht ganz so greifbar". Die zentrale Differenz bildet das Theoretische der Physik und das „PRAKtische" der Technik („jetzt BASTELN wir ma"). Lehmann illustriert diese Unterscheidung dann

noch am Beispiel der Sprungschanze und berichtet vom Besuch eines Science Centers. Der Interviewer leitet dann zum nächsten thematischen Teil des Interviews über und möchte „ganz spontan und äh völlig frei von=ihnen wissen, was assozieren sie denn mit dem begriff verantwortung?“

> *Lehmann: es=is ja jetzt GANZ weit gefasst, [Interviewer: @(.)@] beginnt ja mit=ner AUFsicht einer PAUSE dass man die verantwortung hat, dass nichts passiert, dass man die schüler im blick hat*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 210-212)

Frau Lehmann greift den Impuls des Interviewers nach einer sehr freien Assoziation auf und gibt an, „GANZ weit gefasst“ zu antworten. Sie kündigten also an, Verantwortung inhaltlich sehr breit nun zu fassen. Die dann beschriebene Pausen-Aufsicht ist wieder im Handlungsrahmen Schule zu verorten, beschreibt jedoch keine fachspezifische Tätigkeit als Physiklehrkraft, sondern allgemeine, institutionsbezogene, pädagogische Pflichten als Lehrerin (verallgemeinert durch „man“) außerhalb des Unterrichts.

Die Pausenaufsicht wird gerahmt durch ein „beginnt ja mit“. Die Tätigkeit kann also als das elementarste, grundlegendste verstanden werden, das als erstes gewährleistet sein muss, bevor spezifischere Pflichten genannt werden. Die Aufgabe wird präzisiert durch das Ziel, dass „nichts passiert“ – elliptisch wird zum „nichts“ kein Attribut (z. B. nichts Schlimmes) genannt.

Als Gegenstand der Verantwortung, als Ziel und nicht als Mittel wird formuliert, dass „man die schüler im blick“ haben muss. Eine Wachsamkeit, verbunden auch mit einer kontrollierenden Funktion, wird dabei als Pflicht formuliert. Ein Eingreifen oder Maßregeln wird nicht expliziert. Die reine Präsenz und Aufmerksamkeit erfüllt die vorgesehene, regulierende Funktion.

Summative Zusammenfassung Pos. 212-227

Frau Lehmann ergänzt als weiteres Tätigkeitsfeld die Sicherheit in der Pause im Fachraum, wenn „hier experimentiermaterialien stehen“. Dabei geht es ihr sowohl um die Unversehrtheit der Schüler*innen, die

sich nicht „verletzen“ sollen, als auch um die „relativ teuer[en]“ Materialien, an welche die Schüler*innen „nicht rangehen [sollen, um] sich nicht [zu] verletzen“. Als letzten Punkt nennt Frau Lehmann die Verantwortung, dass Schüler*innen „am ende eines jahres aus dem unterricht physik [. . .] auch was mitgenommen haben“. Sie expliziert dann ihre Unsicherheit darüber, „in welche richtung jetzt ihre frage {abzielte?}“. Der Interviewer betont die Offenheit der Fragestellung und signalisiert, dass Lehmann „komplett losgelöst von schule denken“ kann, in die Richtung, wo „allgemein in:: der gesellschaft“ Verantwortung eine besondere Rolle spielt. Hierauf reagiert Frau Lehmann mit einer Beschreibung zur Verantwortung von Physikern in der Wissenschaft illustriert durch den Kontext der Entwicklung der Atombombe:

> *Lehmann: ((stöhnt)) das sind so verschiedene punkte, die auch in ((stöhnt)) ja gerade in physik in verschiedenen bereichen immer=wieder kommt, ob das die kernphysik ist, wo man sich dann vielleicht auch um solche techniken kümmert, oder die mal anspricht atombombe oder ähnliches, welche verantwortung hat vielleicht auch n=physiker, [Interviewer: ja.] der sich in so=ner forschungsgruppe befindet, wenn=er ne atombombe: (.) äh ja konstruiert oder ne neue technik, was auch immer äh was bringt das der menschheit, oder eben auch nicht vielleicht auch an=negativen,*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 228-235)

Frau Lehmann signalisiert durch wiederholtes Stöhnen, dass das Thema Anstrengung, Frustration oder Unwohlsein hervorruft. Die Darstellungen sind entsprechend nicht durch positive affektive Attribute gekennzeichnet. Dabei setzt Lehmann die allgemeinen, konzeptionellen und historischen Darstellungen zur Wissenschaftsgeschichte und der Rolle von Verantwortung erneut in ein unterrichtliches Setting: Die Schilderungen werden dem Inhaltsbereich „kernphysik“ zugeordnet und mit Lehrer*innenhandeln verknüpft („die mal anspricht“, sich „kümmert“).

Die Thematisierung wird dabei als von außen bedingt und nicht intrinsisch motiviert dargestellt: Die „verschiedene[n] punkte“ „komm[en] [immer=wieder]“ – die Lehrperson (unpersönlich mit „man“ bezeichnet) handelt dabei eher zurückhaltend („*vielleicht* [. . .] kümmert“, „*mal* anspricht“). Es wird die Nebensächlichkeit, die untergeordnete Rolle des Themas an-

gedeutet durch eine eher schlagwortartige, nüchtern knappe Darstellung (z. B. „so verschiedene punkte“ „was auch immer“, „vielleicht“)

Inhaltlich werden die Handlungen und Handlungsfolgen von Physiker*innen, die in den sozialen Zusammenhang einer „forschungsgruppe“ gesetzt werden, dargestellt. Dabei wird am Beispiel der „atombombe“ eine dualistische Betrachtung von positiven und negativen Technikfolgen angedeutet.

Summative Zusammenfassung Pos. 235-276

Frau Lehmann führt im Folgenden den Kontext Energiewende und mögliche Bewertungsfragen im Unterricht weiter aus. Dabei betont sie, dass man dort, „wo diskussionsbeDARF besteht“, schauen muss, „dass das nicht ausartet im unterricht“. Ziel sei, den Schüler*innen „so=n paar IDEEn [. . .] weiter[zu geben]“, jedoch ohne die eigene Meinung „unbedingt aufdrücken zuwollen“. An historischen Beispielen für Wissenschaftler*innen, deren „erfindung“ mit negativen Auswirkungen in Verbindung gebracht wird, führt Lehmann Albert Einstein und Alfred Nobel an. Der Interviewer bittet Frau Lehmann dann: „könn sie mir mal eine eine unterrichtsstunde so=n=bisschen beschreiben, wo das vielleicht thema war“. Darauf antwortet Frau Lehmann:

> *Lehmann: {es ist von vornherein nicht unbedingt} thematisiert, [Interviewer: ja.] dass das jetzt angesprochen wird, das ist immer so unterschwellig bei solchen sachen, gerade in physik äh hab ich jetzt nicht ne geschICHTSstunde zu phy- äh [Interviewer: mhm] zu wissenschaftlern die sich mit irgendwas beschäftigt haben, sondern das ergibt sich dann mal,*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 277-281)

Frau Lehmann formuliert mit einem allgemeinen, entpersonalisierten „man“ und bezieht sich auf die Thematisierung von „solchen sachen“, worin sich ebenfalls Distanz und Abneigung ausdrücken. Sie expliziert, dass eine explizite (intendierte) Thematisierung nicht stattfindet. Eingeschränkt wird dies durch ein „nicht unbedingt“, was zumindest die Möglichkeit offen lässt. Stattdessen würden die Themen „immer so unterschwellig“ verhandelt; sie sind also nur latent Teil des Unterrichts.

Dann wechselt die Erzählperspektive in die erste Person Singular. Frau Lehmann beschreibt nun also eigene konkrete Handlungspraxis: Sie beschreibt, dass sie „jetzt nicht ne geschICHTSstunde“ hält. Damit verortet sie die wissenschaftsgeschichtliche Perspektive im Fach Geschichte und damit außerhalb ihres Aufgabenbereichs. Die Tätigkeit der Wissenschaftler wird dabei unkonkret und desinteressiert adressiert („mit irgendwas beschäftigt“). Die Thematisierung „ergibt sich dann mal“ im Unterricht. Sie wird also nicht intendiert, sondern findet eher zufällig und vor allem selten statt. In welcher Form beschreibt Frau Lehmann anschließend:

> *das kann äh n=QUIZ sein zu weihnachten, wo ich hier so=n paar fragen stelle und n=paar physiker und äh oder überhaupt wissenschaftler un=ihre erfindungen habe, da kam dann alfred nobel vor, kannten die kleinen gar nicht [Interviewer: ja.] und da sim=er damals zum beispiel äh darauf zusprechen gekommen, was hat der denn erfunden und was war am ende und die kannten dann nur nobelpreis und wussten gar nichts [Interviewer: ja.] damit anzufangen. das ergibt sich manchmal spontan dann also sowas plant man glaub ich dann eher weniger, [Interviewer: ja, okay.] (.) aber man versucht das schon immer einfließen zulassen, wo es grad passt.*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 282-290)

Lehmann nennt ein „QUIZ [. . .] zu weihnachten“ als Gelegenheit, bei der sich eine Thematisierung der wissenschaftsgeschichtlichen und -ethischen Facetten ergeben kann. Damit wird dies deutlich als seltene Ausnahme gekennzeichnet und inhaltlich und organisatorisch im Randbereich des Physikunterrichts verortet. Lehmann beschreibt eine konkrete Situation, wonach das Quiz vor Weihnachten keine hypothetische Durchführung darstellt, sondern als eigene Erfahrung gekennzeichnet wird (Wechsel zum „ich“). Bei der Erzählung des Quiz zu „wissenschaftler[n] un=ihre erfindungen“ betont Lehmann mit einem Ausdruck von Überraschung die Unkenntnis der Schüler*innen („kannten die [. . .] gar nicht“). Die Schüler*innen werden dabei verniedlichend als „die kleinen“ bezeichnet. Es wird die Zufälligkeit und Beiläufigkeit der Thematisierung dessen, was Alfred Nobel „denn erfunden [hat]“ und „was [. . .] am ende [war]“, betont („sim=er [. . .] darauf zusprechen gekommen“).

Dies betont Lehmann auch noch mal in der zusammenfassenden Coda ihrer Ausführungen – abseits des konkreten Beispiels. Dabei wird eine

Diskrepanz deutlich zwischen der festgestellten Ungeplantheit einerseits und dem beschriebenen Versuch, das dort, wo es passt, „immer einfließen zulassen".

Summative Zusammenfassung Pos. 291-369

Der Interviewer greift dann das von Lehmann angesprochene „thema ener- energieversorgung" auf. Frau Lehmann führt aus, wo dieses Thema im Lehrplan verortet ist, und umreißt das Themengebiet grob. Auch hier betont Lehmann, dass man da versucht, „immer=mal sowas einfließen zu=lassen, aber da plant man keine ganze stunde zusagen, wir unterhalten uns heute über die verantwortung der MENSCHHEIT, [Interviewer: ja.] klimawandel oder ähnliches". Durch „fragen der schüler im unterricht" aufkommende „diskussionspunkt[e]" im Kontext Klima werden schroff an andere Fächer verwiesen: „och mensch müsst=er mit=m geolehrer abklären". Der Interviewer fragt dann, wo das „wechselspiel zwischen physik und technik" explizit Thema im Unterricht ist. Frau Lehmann schildert „klassische schülerexperimente", betont dabei die Unzulänglichkeit und die zeitlichen Beschränkungen. Als Möglichkeit, auf die „erfahrungswelt der schüler einzugehen", nennt Lehmann die „möglichkeit animationen oder ähnliches zu=zeigen". Auch Wettbewerbe, die aber nur wenige wahrnehmen, werden dargestellt als mögliche Verbindung zur Erfahrungswelt der Schüler*innen (z. B. „brückenkonstruktion"). Der Interviewer fragt dann nach, ob Technik irgendwo „THEMA im im physikunterricht" ist. Lehmann nennt den „aufbau von motoren oder ähnliches" und geht dann wieder auf die gute Ausstattung des „techniklabor[s]" (z. B. mit 3D-Druckern, Sägen, Hammern) im Vergleich zum Physikunterricht ein. In einem Fazit fasst sie noch einmal ihr Verständnis von Physik und Technik zusammen:

> *das ist jetzt für mich die technik, so wirklich werkzeug, was ich ZUHAUSE habe zu nutzen [Interviewer: ja.] und physik ist eher das, was ich hier im schrank habe, so die kleineren sachen,*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 380-383)

Frau Lehmann markiert hier nun einen klar persönlichen Standpunkt, indem sie in der ersten Person Singular formuliert. Dabei wird die Technik

mit nützlichem Werkzeug „ZUHAUSE“ gleichgesetzt, während die Physik nur „hier im schrank“ steht – abgeschlossen, einsortiert, verwaltet und damit außerhalb des unterrichtlichen Kontextes nicht existent bzw. nutzlos. Die Physik im Schrank wird dann in der Bedeutung noch reduziert, indem sie als „so die kleineren sachen“ bezeichnet wird. Dies betont die materielle Dimension („sachen“) und bringt die Größe mit der wahrgenommenen (geringeren) Relevanz in Verbindung.

Summative Zusammenfassung Pos. 383-398

Lehmann wiederholt, dass die „grundlagenexperimente“ nichts mit dem Alltag zu tun haben. Der Interviewer signalisiert dann nach mehrsekündiger Pause, dass er keine Fragen mehr hat. Er verdeutlicht, dass Frau Lehmann ergänzen kann, was ihr wichtig ist zu dem Thema und noch nicht zur Sprache gekommen ist. Lehmann führt aus, dass sie es traurig findet, wenn Kinder Säge oder Zange nicht kennen. Sie begründet die Unkenntnis mit dem Unterricht der Grundschule:

> *es ist aber wahrscheinlich auch dem problem geschuldet, dass die grundschullehrer MEIST FRAUEN sind, denn dort gibt=s ja dieses ALLGEMEIN bei uns zumindest=in %bundesland 1% fach GESTALTEN und da is=so verschiedenes mit dabei, das ist aber dann eher zum mh w wer=s gerne macht, der malt eben nur mit den kindern vier jahre lang [Interviewer: mhm.] und wenn ich eben dann jemand habe, der doch handwerklich was macht, der hat dann och ma=so=ne kleine handwerkswerkstatt und dann machen die was. es ist immer n=bisschen unterschiedlich auch wie das umgesetzt wird, da kenn ich jetzt aber ehrlich gesagt die rahmenrichtlinien oder diesen lehrplan [Interviewer: {wollte ich jetzt fragen?}] {da für diesen sachunterricht} auch nicht, was die kinder wissen,*
> (Kirsten Lehmann, Pos. 398-409)

Frau Lehmann identifiziert als wahrscheinliche Ursache für die fehlenden handwerklichen Kenntnisse der Schüler*innen das „problem [. . .], dass die grundschullehrer MEIST FRAUEN sind“. Diese hätten im „fach GESTALTEN“ die Gestaltungsfreiheit, wenn sie es gerne machen, „eben nur mit den kindern vier jahre lang [malen]“. Lehmann nimmt wieder Bezug auf institutionelle Rahmenvorgaben und stellt hier die Möglichkeit, aus

„verschiedene[m]“ auszuwählen, als problematisch dar. Die Auswahl wird dabei vor allem als affektive Entscheidung den Wünschen der Lehrkraft entsprechend („wer=s gerne macht“) und nicht als rational, nachvollziehbar oder angemessen dargestellt. Durch die Betonung des langen Zeitraums („vier jahre lang“) und der singulären Tätigkeit („nur“) wird ein Bild von Monotonie, Langeweile und Einfallslosigkeit gezeichnet.

Als Gegenpunkt hierzu skizziert sie (mit einem Wechsel in die erste Person Singular) eine handwerklich tätige Lehrkraft mit „kleine[r] handwerkswerkstatt“. Die Lehrkraft wird mit „jemand[. . .], der“ beschrieben, was eine männliche Person (auch durch den Kontext der Aussage) sehr wahrscheinlich macht, aber das Geschlecht wird an dieser Stelle nicht explizit genannt. Als Konsequenz für die Schüler*innen folgert Frau Lehmann, dass diese dann „was [machen]“ – womit sie den Tätigkeiten ohne handwerkliche Ausrichtung die Relevanz abspricht.

Lehmann skizziert deutliche Genderstereotype im Hinblick auf handwerkliche Interessen und Fähigkeiten. Diese werden nicht in Frage gestellt oder eine Veränderlichkeit der Dispositionen angedeutet. Stattdessen wird die Geschlechterverteilung als Problem identifiziert und damit ein starres Bild von weiblichen Charakterzügen entworfen. Handwerkliche Tätigkeiten werden damit als rein männlich verstanden – ohne die Diskrepanz zu den eigenen ausgeprägten handwerklichen Interessen als weibliche Lehrperson herauszuarbeiten.

Zum Schluss betont Lehmann, dass sie die institutionellen Vorgaben („lehrplan“) des Sachunterrichts nicht kennt, wobei sie das im Lehrplan vorgeschriebene „wissen“ der Kinder betont und erneut die mögliche Gestaltungsfreiheit der Lehrkräfte problematisiert. Lehmann spricht an dieser Stelle nicht mehr vom Fach Gestalten, sondern vom Sachunterricht, der u. a. integrierte naturwissenschaftliche Inhalte und Kompetenzen enthält. Sie vermischt hier also ein eher technisch-gestalterisches Fach mit einem eher naturwissenschaftlich orientierten Fach.

Summative Zusammenfassung Pos. 387-453

Lehmann erzählt dann, wie vor zwei Jahren in der „siebten klasse hebelgesetz“ ein Schüler nicht wusste, was eine Zange ist, und wie ihre

erstaunte Reaktion aussah („da dacht ich, hups [. . .] dann geht rennt mer schnell in den vorbereitungsraum holt ne=zange“). Es wird zum Ende des Interviews die Forderung nach unterrichtlicher Einbindung von „alltagssachen“ wiederholt („holz SÄGEN“, „mal=n nagel ins brett hämmern“, „ne=lampe raus und rein drehen“) und insbesondere die Leerstelle technischer Bildung im Gymnasium und die notwendige Finanzierung zur Ausstattung einer Werkstatt hervorgehoben.

Typisierung Kirsten Lehmann

Kirsten Lehmann bildet den Eckfall des Typus *Praktiker*in*. Zentral für diesen Fall ist die starke Orientierung an handwerklich-praktischen Tätigkeiten und an der Erfüllung institutioneller Vorgaben.

Frau Lehmann stellt durchweg Bezüge zum Lehrplan und anderen institutionellen Normen her (Typik Relevante Andere: *Institution*). Auch die eigene Berufsbiographie wird in den Rahmen von systemischen Zusammenhängen verortet, die Umlenkung in der Nachwendezeit hervorgehoben und der Antrag auf Versetzung beschrieben. (Unterrichtliches) Handeln, aber auch konzeptionelle Zugänge orientieren sich an den Vorgaben des Lehrplans und den berufsbedingten Pflichten als Lehrperson. Ein Verständnis von Physik und Technik wird z. B. stets über die Rahmenrichtlinien bestimmt: „also physik [Interviewer: mhm.] ist jetzt laut lehrplan oder rahmenrichtlinien bisher immer eher das theoretischere“. Individuen (des sozialen Nahfelds) werden kaum relevant in ihren Darstellungen. Die biographisch relevanten Drechsler im eigenen Werken-Unterricht z. B. werden nur über ihre Funktion definiert und nicht als konkrete Personen beschrieben. Ebenso werden starre Fähigkeits- und Interessenzuschreibungen genderstereotyp begründet und nicht individuelle Dispositionen betont. Auch eine gesamtgesellschaftlich-politische Perspektive (vgl. David Jäger) wird nicht eingenommen. Stattdessen bildet die Institution Schule den zentralen Handlungsrahmen, in den alle Ausführungen eingebettet werden.

Diese Orientierung (an institutionellen Vorgaben und der Erfüllung dieser Normen) wird sowohl in der Schilderung ihrer Berufsbiographie

deutlich als auch in Bezug auf unterrichtliches Handeln. Auch auf die Frage nach ihren Vorstellungen zu Unterschieden zwischen Physik und Technik antwortet Lehmann mit Bezug auf geltende Normen: „also physik [Interviewer: mhm.] ist jetzt laut lehrplan oder rahmenrichtlinien bisher immer eher das theoretischere, wo man theoretische grundlagen (.) setzt, [Interviewer: mhm.] erklärt, begriffe erklärt, rechnet, (.) formelzeichen, einheiten, ne=gleichung, wird die gleichung berechnet, weiß ich geschwindigkeiten, wege, zeiten irgendwas“ (Lehmann, Z. 70-74).

Die institutionellen Regeln werden dabei als geltender Rahmen akzeptiert (Typik Gestaltungspotential: *Pflichtbewusst*). Die biographischen Schilderungen sind von einem Einfügen in geltende, systembedingte Regeln geprägt – in der Wendezeit bei der Berufswahl sowie in der aktuellen Schule bei der Verteilung der Stunden. Und auch unterrichtliche Darstellungen orientieren sich an der Erfüllung der geltenden Normen. Die gängige Schulpraxis wird nur da inhaltlich und methodisch aufgebrochen, wo dies selbst der Praxis entspricht, z. B. in der letzten Stunde vor den Weihnachtsferien. Die Ausführungen werden dabei nicht stark affektiv dargestellt und sind entsprechend des pflichtbewussten Umgangs mit Rahmenbedingungen relativ neutral (Typik Entwicklungsperspektive: *Offen*). So werden die biographischen Entwicklungen, auch wenn vor allem Zwänge betont werden, akzeptiert, mit der Tendenz einer post-hoc positiven Umdeutung. Die Ausrichtung des gymnasialen Schulsystems weg von handwerklich-praktischen Fähigkeiten wird zwar kritisiert, aber letztlich hingenommen und nicht handlungswirksam übersetzt in konkreten Gestaltungswillen.

Im Hinblick auf die fachbezogene Typik des Bildungsideals zeigt sich bei Frau Lehmann deutlich die Merkmalsausprägung *Handwerk*. Die Umwelt, vor allem der Alltag, wird als gestaltbar konstruiert; der Umgang mit Werkzeugen, mit Material und das Potential von Werkstätten werden in den Fokus gerückt. Der Physikunterricht scheitert an diesem handwerklich-praktischen Ideal; er bleibt lebensfremd, theorielastig und sinnbildlichen im Schrank der Physiksammlung. Eine intrinsische Beschäftigung außerhalb des verpflichtenden Unterrichtsrahmens scheint gänzlich abwegig.

Physik wird nicht als nützlich zur Analyse des Alltags gesehen (wie beim Typus Erklärer*in) oder als Schlüssel für alle Probleme und Herausforderungen im Sinne einer analytischen Grundfähigkeit (wie beim Typus Universalist*in).

Der Physikunterricht wird zum formalisierten, bedeutungslosen Abarbeiten eines Plans: „formelzeichen, einheiten, ne=gleichung, wird die gleichung berechnet, weiß ich geschwindigkeiten, wege, zeiten irgendwas“.

6.5 Kurzdarstellung weiterer Fälle

Im Sample konnten vier weitere Fälle identifiziert werden, die sehr deutliche Ausprägungen der Typen aufweisen. Diese Fälle zeigen ähnliche Orientierungen wie die dargestellten Eckfälle, jedoch weniger stark ausgebildet und damit für die Fälle weniger charakteristisch: Drei weitere Lehrkräfte sind dem *Typus Erklärer*in* zugeordnet: Julia Neumann, Fabian Mayer und Sebastian Keller. Der Fall Patrick Hofmann entspricht dem *Typus Praktiker*in*.

Die übrigen sechs Fälle des Interviewsamples bilden Polytypen. Sie tragen also in relevanter Ausprägung Merkmale verschiedener Typen. Besonders häufig tragen diese Polytypen Merkmale des *Typus Erklärer*in* in Kombination mit anderen Typen.

Die Fälle werden im Folgenden überblicksartig und illustrativ dargestellt.

6.5.1 Fabian Mayer

Fabian Mayer hat deutliche Ausprägungen des *Typus Erklärer*in*.

Er stellt die erklärende Funktion der Physik in Bezug auf den umgebenden Alltag als zentral für die Physik heraus. Sein Interesse daran wird auch biographisch bearbeitet. So beschreibt er sein Interesse während der eigenen Schulzeit: „wie funktioniert ne brille (.) [Interviewer: mhm] wie äh (.) geh- läuft eigentlich so ein elektromotor oder wie funktioniert ein

FAHrraddynamo? das hat mich dann halt schon interresSIERT“ (Fabian Mayer, Pos. 24-27).

Mayer sieht dabei aber durchaus Limitationen des physikalischen Zugangs, die er mit Idealisierungen beim Modellieren begründet. Dies verdeutlicht er z. B. am von ihm mehrfach gebrachten Beispiel der optischen Abbildungssysteme in Kameraobjektiven. Die Physik erklärt dort die prinzipiellen Brechungsgesetze und idealen Strahlengänge, die Technik würde aber auch „alle fehler mit einbezieh[en]“ (Fabian Mayer, Pos. 56-57) und Geräte entsprechend der realen Strahlengänge optimieren. Auch unterrichtlich sieht er Grenzen der erklärenden Funktion von Physik im Hinblick auf die Alltagswelt: „wir betreiben ja keine TECHnik, [Interviewer: hmm] wir erklären jetzt nicht genau, wie die (.) geräte funktionieren, wie MESSgeräte funktionieren, (.) dafür ist da die technik zuständig, wir überlegen uns das grundsätzliche prinZIP“ (Fabian Mayer, Pos. 307-310). Dabei ist für die Technik die Problemlösung, also das Ergebnis, zentral und weniger die Kenntnis der Grundlagen: „dass im endeffekt da differentIALgleichungen dahinterstecken, (.) interessiert ihn dann an DER stelle ja nur SEkundär“ (Fabian Mayer, Pos. 102-104).

Die direkte Mitwelt, sein soziales Umfeld, stellt Mayer als relevant dar, u. a. beim Weg in den Beruf als Lehrkraft: „macht dann schon so erste erfahrungen beim WEITERgeben, NACHhilfe bei seinen MITschülern und sowas“ (Fabian Mayer, Pos. 6-7). Auch der sorgsame und sichere Umgang mit Experimentiermaterial wird betont.

Aber Mayer nimmt durchaus auch gesamtgesellschaftliche und konzeptionell-abstrakte Perspektiven ein und beschreibt grundlegende Zusammenhänge bei der Entwicklung von Wissenschaft und Technik und deren sozial-ökologische Dimensionen, z. B. anhand der Nutzung fossiler Energie und der Entwicklung der Atombombe. Die Darstellungen sind dabei eher sachlich-nüchtern und ergebnisoffen, z. B. im Sinne eines Abwägens von zwei gleichwertigen Argumenten, wie beim Thema fossile Energien deutlich wird: „die resSOURCEN [. . .], die irgendwann halt zuENde sind. [Interviewer: hmm] das muss ich so (.) im BLICKfeld nehmen, muss aber auf der anderen seite halt auch sehen, dass (.) ich vielleicht halt bestimmte (.) energieformen nicht für ne GRUND-lasterzeugung nutzen kann“ (Fabian Mayer, Pos. 152-156).

Häufig wird aber eine individuelle Entscheidungsebene adressiert und keine politische, z. B. beim Thema Belastung durch elektromagnetische Strahlung: „im endeffekt jeder für SICH entscheiden muss, wie WICHTIG er (.) für SICH diese strahlenbelastung EINschätzt“ (Fabian Mayer, Pos. 268-269). Eine stark ausgeprägte Rolle wird dem Physikunterricht in ethisch relevanten Zusammenhängen dabei nicht zugesprochen: „dass sich das jeder beWUSST ist, mehr, ich denke, viel mehr kann man (?an der stelle?) im unterricht [Interviewer: hmm] nich MACHen, aber (.) man sollte es halt irgendwo klar machen“ (Fabian Mayer, Pos. 276-278).

6.5.2 Sebastian Keller

Beim Fall Sebastian Keller können vor allem Merkmalsausprägungen des *Typus Erklärer*in* deutlich. Kellers Ausführungen sind stark an Alltagsgegenständen ausgerichtet, das soziale Umfeld bildet einen zentralen Bezugspunkt. Er betont eigene Handlungsspielräume und die Ausgestaltung dieser, aber er übt auch Kritik an organisatorischen Rahmenbedingungen.

Als berufsbiographischen Ausgangspunkt für seine Laufbahn als Lehrkraft nennt Keller seine Eltern: „ähm::::: ich denke mal das is (.) n bisschen familIÄR bedingt, (.) meine eltern sind auch (2) beides PHYSIKLEHRER (.) und (2) ja ich denk ma, da kam die (.) inspiration“ (Sebastian Keller, Pos. 4-6). Er nennt eine Karriere bei der Polizei oder der Bundeswehr als ursprüngliche Berufswünsche. Unter anderem aufgrund von Sicherheitsbedenken und wegen des geregelteren Alltags entscheidet er sich dann aber für das Lehramtsstudium.

Keller kritisiert die fehlende Vorbereitung des Studiums auf den Beruf als Lehrkraft deutlich: „fachwissenschaftlich viel gelernt aber (2) äh für den beRUF (2) selbst (2) das ist MIR so aus MEINEM studium noch so in erinnerung geblieben. dass (2) studium eigentlich relativ (.) WENIG gebracht hat“ (Sebastian Keller, Pos. 41-43). Er hebt hervor, dass sein Professor in Physikdidaktik zwar wissenschaftliche Reputation genossen, aber kaum Bezug zur Praxis hatte: „der is ja (.) in dem bereich sehr AKTIV was veröffentlichungen angeht und in allen möglichen ZEITschriften [Interviewer: mhm] und ähm (.) JA (.) der hatte schon auch gute IDEEN, (.) ja aber (2) hat auch immer geMERKT, dass äh (2) didaktiker (2) öhm:: (2) entweder GAR NICHT (.) aus=m BEREICH schule KAM oder schon sehr

LANGE damit nichts zu tun haben, also jetz im NACHhinein betrachtet war (.) [Interviewer: °ja°] auch vieles doch sehr (2) ähm (.) FREMD, [Interviewer: mhm] fachfremd, also alltags- (.) fremd“ (Sebastian Keller, Pos. 69-78).

Eine konzeptionell-theoretische Perspektive nimmt Keller im Interview kaum ein. Bei Ausführungen zum Verhältnis von Physik und Technik betont er, dass er hierbei Schwierigkeiten hat. Er orientiert sich dabei vor allem an technischen Geräten: „technik als (.) irgendwie (2) durch GERÄTSCHAFTEN irgendwie (2) s zusammenSPIEL von (2) vielen ding ja (.) und die PHYSIK ist halt die GRUNDlage“ (Sebastian Keller, Pos. 96-98). Er nennt Elektromobilität, Solarzellen, Ladegeräte als konkrete Kontexte und beschreibt, dass die „dinge aus der phySIK die (2) dahinterstecken und die müssen wa erst mal verSTEHEN um dann (.) [Interviewer: mhm] das anderen erKLÄRN zu könn“ (Sebastian Keller, Pos. 113-115). Technik im Physikunterricht sieht Keller auch auf der materiellen Ebene des Experimentierens. Die Experimentiergeräte werden dabei als technische Umsetzung der Physik dargestellt: „GENERELL alles was VERSUCHE angeht. (.) muss ja kein SCHÜLERexperiment sein, kann ja auch n (2) experiment sein was ich vorn demonSTRIERE. [Interviewer: mhm] das is dann AUCH (2) irgendne apparaTUR (2), die (2) physik irgendwo ne (.) technisch umsetzt“ (Sebastian Keller, Pos. 368-371).

Keller hebt hervor, dass Physik bei gesellschaftlich relevanten Themen wie Energiewende, Mobilität oder Radioaktivität eine hohe Relevanz hat: „nich nur (.) die REINE wissenverMITTlung sondern eben auch (.) ja (.) gewisse (.) proBLEME mal AUFMERKSAM zu machen, also ich will ja da nicht irgendwem (.) irgendne MEINUNG aufdrücken, ja, also ich will aber (.) dass die schüler (.) FÄHIG sind sich SELBST ne meinung zu BILDEN. [Interviewer: ja] (.) um=ma zu schauen, (.) was passiert denn ÜBERHAUPT (.) hinter den kuLISSEN“ (Sebastian Keller, Pos. 317-322). Sehr detailliert und mit Begeisterung beschreibt er eine Stunde zur Radioaktivität, bei der er während der Anfertigung einer Mindmap mit den Schüler*innen einen Geigerzähler mit akustischem Signal laufen lässt, um die Natürlichkeit von Radioaktivität zu veranschaulichen und Fehlvorstellungen, dass Radioaktivität „immer was (.) SCHLECHTES is, was GEFÄHRLICHES is, was was ganz BÖses IS“ (Sebastian Keller, Pos. 190-191). „ich finde das ist eins der intereSSANTESTEN THEM obwohl=s leider so=n bisschen an RAND (.) gerutscht ist und ähm (.) natürlich auch politisch (.) ähm (.) nicht mehr so (.) geWÜNSCHT ist (2) zu wissen wie

funktioniert n atomkraftwerk, wie funktioniert ne atombombe, aber das=is natürlich, das intereSSIERT die schüler [Interviewer: ja] unheimlich, merkt man immer WIEDER [. . .] und DEM THEMengebiet ist man auch so n bisschen (.) FREIER“ (Sebastian Keller, Pos. 257-266).

Keller kritisiert, dass Physik trotz der großen wirtschaftlichen Bedeutung zu wenig in der Stundentafel berücksichtigt wird und die materielle Ausstattung für den Physikunterricht veraltet ist: „wir können ja hier mal in die schränke GUCKEN ja, (.) [Interviewer: @(.)@] wenn=ma reinschaut ja, das gerät von PHYwe da oben ist wahrscheinlich noch das, (.) das [Interviewer: neuste] NEUste was (.) ja vielleicht ZWANzig jahre alt ist, alle andern geräte sind hier (2) ja (2) wahrscheinlich älter als wir beide ZUSAMM“ (Sebastian Keller, Pos. 424-429). Das ist aus seiner Sicht vor allem problematisch, weil man mit den veralteten Geräten Schüler*innen nicht für Physik begeistern kann.

6.5.3 Julia Neumann

Julia Neumann kann dem *Typus Erklärer*in* zugeordnet werden. Neben der positiven Mitweltorientierung und dem Fokus auf ein Verstehen der Umwelt zeigt sie auch Teile der Merkmalsausprägung des Typus Fatalist*in, wie die kontemplative Faszination von als mystisch wahrgenommenen Naturphänomenen (*Reinheit*), eine starke (Selbst-)Reflexion und einen *fatalistischen* Blick auf Fortschritt.

Neumanns reflexive Haltung zeigt sich schon in der Schilderung ihrer Berufsbiographie. Statt gleich über sich zu erzählen, reflektiert sie über den Frageimpuls, welcher aus ihrer Sicht sehr unterschiedlich beantwortet werden kann und wahre Motive vielleicht nicht erschlossen werden können. Während des Interviews nimmt Neumann immer wieder eine Meta-Perspektive auf das Interview und die eigenen Ausführungen ein, bewertet diese und deren Reichweite und markiert Grenzen: „GOTT ey (.) iSCH (.) denk mir mal {wenn man das mal nachher irgendwie rekonstruiern muss wat ick da fürn quatsch} erzähle @(.)@“ (Julia Neumann, Pos. 234-236). Im Hinblick auf ihre eigene biographische Prägung zeigt sie auch eine Aufmerksamkeit für eine implizite Prägung durch ihr soziales Umfeld und zeigt eine analytische Perspektive auf ihre Biographie: „was SCHON (.) immer son (.) BISSchen ausschlag gegeben (.) hat, war irgendwie dass (.)

ich so (.) GROSS geworden bin auf jedem fall auch in nem (.) UMfeld wos (.) irgendwie wichtig war (.) dass (.) man irgendwie nen beRUF ergreift der (.) irgendwie SOLIDE is [Interviewer: mhm] und so ne- des- ich wÜrde sagen mit diesem art WERTesystem bin ich vielleicht UNTerbewusst aufjedenfall immer so AUF- (.) AUFgewachsen“ (Julia Neumann, Pos. 17-22).

Neumann konzipiert sich selbstwirksam und ihre Berufsbiographie als Folge ihrer eigenen Entscheidungen und Interessen: „so von mein NOten her hätt ick halt jetz ALLET machen könn ja?“ (Julia Neumann, Pos. 36-37). Der Merkmalsausprägung *Reinheit* entsprechend ist ihr Interesse bestimmt durch eine Faszination für die Natur. Aus ihrer eigenen Schulzeit beschreibt sie die Erfahrung mit einer Lehrkraft, welche diesen eher ästhetischen statt analytischen Zugang bestärkt: „sie konnte janz jut jeSCHICHTen erzähln, wir ham manchmal jarnich so viel sag=ma=mal phySIK jemacht aber sie hat immer det so- sie konnte auch so tolle BILder kreieren, stellt euch vo:r n aTOM is sO GROSS (.) wie (.) hm hm hm und der verGLEICH war mit m (.) TENNisball und keene ahnung wat allet“ (Julia Neumann, Pos. 57-61).

Sie berichtet auch von ihren ausgeprägten technischen Fähigkeiten beim Gestalten aufwendiger Vorträge u. a. zum Millikan-Versuch während der Schulzeit: „mich hat aber auch dit=dit wollt ick det auch wirklich verSTEHen wie funktioniert det jeNAU und (2) dit war halt auch überHAUpt diese- t- so die naTUR irgendwie (.) WUNderlich wie allet so funktioNIERT und (.) det nun halt herAUSfin- zu finden on diesen MILLikan experiment zum beispiel JA- (.) mei- also wat so daHINter steckt hinter den DINGen (.) det fand ich eigentlich schon irgendwie immer SPANNend und [Interviewer: mhm] (.) irgendwie vielLEICHT auch dit n bisschen mysTERium“ (Julia Neumann, Pos. 90-97). Neumann betont, dass sie auch als Lehrkraft immer Neues dazu lernt, und rahmt diese Weiterentwicklung als etwas Positives.

Eine Faszination hat Neumann auch für technische Entwicklungen und, wie diese die Gesellschaft grundlegend verändern können: „wenn man sich das wirklich mal so vor augen führt was für uns so selbstverständlich ist dann find ich isses halt wirklich so dieses dieses WUNDerlich zu was menschen so alles was die so gebaut haben und so (.) [Interviewer: absolut] wenn man dann wieder sich überlegt was in hundert jahrn wohl is? (.)@(.)@ (2)“ (Julia Neumann, Pos. 386-391).

Sie berichtet von Gentechnik, der Atombombe und der rasanten Entwicklung von der Erfindung des Telefons zum modernen Kommunikationszeitalter: „ich mein es hat ja ALLES so revolutioNIERT [. . .] wahnSINN ick mein vorher musst man von haustür zu hasutür gehn oder irgendiwe ne TAUbe losschicken“ (Julia Neumann, Pos. 364-368). Neumann sieht dabei die Ambivalenz der technischen Entwicklungen und stellt Nutzen und Risiken auf einer gesamtgesellschaftlichen Ebene dar. Der Fortschritt wird dabei als unaufhaltsame Entwicklung dargestellt und die hohe Geschwindigkeit disruptiver Innovationen betont: „ERSTmal ist der mensch auch überFORdert (.) also (.) vielleicht haben wir uns in hundert jahren ANgepasst aber das war wieder vielleicht schon überrollt (.) vom nächsten (.) weiß ich nich“ (Julia Neumann, Pos. 423-437). Wissenschaftler*innen und Techniker*innen können zwar im Sinne einer deontologischen Ethik versuchen, negative Entwicklungen zu reflektieren und Regulation anzustreben, letztlich lassen sich nach Neumann Innovationen im Ergebnis aber nicht aufhalten: „dann halt den dingen ihren LAUF zu lassen (.) wo man sagen kann okay ab hier ab dem kann ichs jetz nich=mehr kontrollIERN oder sowat aber [Interviewer: ja,] ick hab wenigstens versucht det (.) so (2) wees ick n GUten gewissens de- die SACHe loslassen kann oder dass ich halt wenigstens daZU sagen kann achtung achtung da und da und da“ (Julia Neumann, Pos. 331-336).

Im Hinblick auf Physik und Technik (-unterricht) ist für Neumann vor allem die Unterscheidung zwischen dem Verstehen von Prinzipien und dem Bauen zentral. Dabei grenzt sie die intellektuellen Anforderungen des Physikunterrichts von einem überspitzt als anspruchslos dargestellten Technikunterricht ab: „die BAUn halt viele schöne SACHen deswegen jehn och alle kinder lieber zu TECHnik weil se da n windrad BAUn könn [Interviewer: okay] sie MÜSSen halt nich verstanden haben wie dat ding funktioNIERT sag ick ma aber MALN das schön an und dit DREHt sich“ (Julia Neumann, Pos. 489-492). Im Kontrast hierzu stellt Neumann aber auch heraus, dass das Verstehen von Prinzipien Schüler*innen nicht befähigt, Technik wirklich zu verstehen, und nicht ausreichend auf einen Ingenieurs-Beruf vorbereitet. Die Behandlung von Technik im Physikunterricht bezeichnet sie als rudimentär, nennt Flaschenzug und Mikroskop und betont, dass der Unterricht der Komplexität moderner Technik nicht gerecht wird: „man unsre welt is ÜBelst komplex und ÜBelst (.) anstrengend und (.) und dit wird nich EINfach wenn ihr studiert und dit wird nich

(.) EAsy PEAsy (.) ihr müsst son MOtor verstehn könn wenn ihr ingenieur werdet ja [Interviewer: ja] ihr (.) oder ihr müsst son HANdy baun da sind halt plaTINen drinne (.) wow da sind halt lauter transisTORen und keene ahnung wat jeschaltet ja und wir (.) wir LERN in der schule noch nichma wat n tranSIStor is“ (Julia Neumann, Pos. 549-555).

6.5.4 Patrick Hofmann

Am Fall Patrick Hofmann sind deutliche Ausprägungen des *Typus Praktiker*in* rekonstruierbar. Neben der starken Orientierung an handwerklich-praktischen Tätigkeiten und einer sozialen Mitwelt zeigt er aber auch andere Merkmalsausprägungen, z. B. ein Gestaltungspotential *Gestaltend* und das Bildungsideal *Weltverstehen*.

Hofmanns Beziehung zu handwerklichen Tätigkeiten ist stark biographisch verankert. Dabei berichtet er sehr positiv von Tätigkeiten, von denen sich die Fälle David Jäger und Heiko Winkler explizit abgrenzen: Hofmann hat „viel mit meinem großvater immer so (.) gewerkelt, ja? also im prinzip so moped aufjebaut, auto aufjebaut, und sowas also so motoren, das war so als jugendlicher mein hobby, is auch heute noch so, ja? {also} [Interviewer: {mhm}] ich schraube an meinem auto immer rum, mach da alles selber“ (Patrick Hofmann, Pos. 74-78). Seinen ursprünglichen Berufswunsch, Ingenieur für Schiffsmotoren, legt er nach einer Werftbesichtigung ab: „und da hab ich festgestellt, naja eigentlich is das nur so n BÜROjob“ (Patrick Hofmann, Pos. 16-17).

Nach Anraten eines Bekannten und durch die eigene Erfahrung als Übungsleiter im Sport bekräftigt, entschließt er sich zu einem Physik- und Geographie-Lehramtsstudium, wobei er vor allem soziale Aspekte für die Wahl anführt: „dann machste halt LEHRER ja, [...] und hast halt immer (.) vielleicht (.) abwechslung so durch den MENSCHEN mit dem man zu TUN hat ja?“ (Patrick Hofmann, Pos. 38-40). In der sozialen Mitwelt konstruiert er auch die für ihn relevanten Verantwortungsbeziehungen: Die Sicherheit auf Klassenfahrt, beim Experimentieren und die fachlich angemessene und adressatengerechte Qualität von Erklärungen werden ausführlich beschrieben (u. a. am Beispiel Fehlvorstellungen zur Wolkenbildung aus dem Grundschulunterricht).

Im Hinblick auf seine Tätigkeit als Lehrkraft betont Hofmann die Vorteile durch seine handwerkliche Veranlagung. Er baut und repariert Experimentiermaterialien und Modelle (z. B. Katapulte oder Elektromotoren) für den Unterricht, womit er sich von seinen Kolleg*innen abgrenzt: „also s machen meine kollegen nich, die [Interviewer: ja] (.) verlassen sich dann auf ne- also machen das dann mit ner animaTION oder baun halt nich irgendwas selber“ (Patrick Hofmann, Pos. 92-94).

Auch Technik als motivierenden Kontext für den Physikunterricht führt Hofmann an. Er beschreibt, wie er im Themenbereich Optik den Diaprojektor durch einen aufgeschraubten Beamer ersetzt, wie er die Verbindung vom historischen Plattenkondensator zum Handy herstellt, die Bremsen von Zügen erklärt und wie die Funktionsweise eines Elektromotors sinnstiftend kontextualisiert wird: „elektroautos also mit autos kriegen se ja die schüler sehr oft- AUCH MÄDCHEN [Interviewer: ja] interessieren sich ja da (.) dafür- elektromobilität ist ja in allen (.) [Interviewer: mhm] mu- in aller munde“ (Patrick Hofmann, Pos. 266-269).

Gerade aktuelle technische Anwendungen sieht er als relevant an, weil sie für die Schüler*innen motivierend sind (vgl. David Jäger und Jasmin Albrecht). Er nennt aber auch Grenzen durch die Komplexität von Geräten. Kritisch sieht er stark theoretische Themen der gymnasialen Oberstufe:

> *und die KRÖNUNG is=jetzt muss man auch mal sagen, kann ich auch mal bisschen kritik üben, die KRÖnung wird jetzt der neue LEHRPLAN (.) ja? [Interviewer: mhm] wo die QUANTENMECHANIK (.) äh (.) eNORM vertieft wird, ja? [. . .] und da (.) muss ich sagen (.) hab ich (.) [. . .] ganz große (.) bauchschmerzen, dass die schüler (.) dort (.) in DEM themenjebiet (.) uns verloren gehen. weil sie DA kein praxisbezug noch nichmal mal {im entFERNtesten} [Interviewer: {mhm mhm}] herstellen können*
> (Patrick Hofmann, Pos. 647-657)

Dem Physikunterricht wird großes Potential zugeschrieben, die technisierte Welt zu erklären, wobei Hofmann seinen eigenen starken Fokus auf Technik im Interview selbst reflektiert. Er beschreibt, dass er kaum Naturphänomene beleuchtet, obwohl es schöne Sachen sind (z. B. Regenbogen) und erzählt, wie er von einer älteren Kollegin auf geeignete biologische Kontexte im Bereich Ultraschall hingewiesen wird: „und dann sach ich hach siehste, (.) hab ich gar nicht jemacht, ich hab das mit dem SCHIFF

jemacht, joa SCHIFF, das SCHIFF, [Interviewer: @(.)@] du machst immer nur das schiff ja, aber die FLEDERmäuse, GUCK DOCH MAL, guck doch mal, ja?“ (Patrick Hofmann, Pos. 757-760).

6.5.5 Heiko Winkler

Im Fall Heiko Winkler lassen sich Ausprägungen des *Typus Fatalist*in* insbesondere bezüglich seiner pessimistischen, fatalistischen Positionen zu gesamtgesellschaftlichen Entwicklungen rekonstruieren. Diese stehen in einem Spannungsverhältnis zu seinen Orientierungen an einer Mitwelt und einem Weltverstehen, welche dem *Typus Erklärer*in* zuzuordnen sind.

Heiko Winkler beschreibt im Hinblick auf seine Berufsbiographie noch vor den fachlichen Aspekten seine pädagogisch-sozialen Fähigkeiten während der Schulzeit. Positive Erfahrungen im Sport als Übungsleiter werden hervorgehoben, Fähigkeiten in Mathe und Physik erst nachgeordnet genannt und das Fach letztlich sogar als austauschbar, als mögliche Fehlentscheidung markiert: „im NACHhinein, ja, ich hätt vielleicht auch sport machen können @(3)@“ (Heiko Winkler, Pos. 15-16).

Dennoch zeigt Winkler eine positive Orientierung an der Erklärung der umgebenden Umwelt. Er berichtet von frühen, außerschulischen Experimentiererfahrungen mit einem Kompass und mit Stromkreisen. Er hebt seinen als besonders und als norm-abweichend wahrgenommenen Blick auf die Umgebung hervor: „wenn man irgendwo war und hat ne STAUmauer gesehen oder SOwas vielleicht. (.) dass ich das ANders mir angeguckt habe als (2) andre, die gesacht ham: was schwimmen da für fische drin? [Interviewer: mhm.] und ich hab halt nach der STAUmauer geguckt und gesacht: warum (.) hat die die FORM?“ (Heiko Winkler, Pos. 61-64). Es geht Winkler dabei um ein Verstehen von Phänomenen und Geräten. Von einem handwerklichen Ideal grenzt er sich klar ab: „was mich NIE interessiert hat, war, wenn der [der Vater] an seinem auto geschraubt hat“ (Heiko Winkler, Pos. 50-51).

Auch die unterrichtliche Relevanz von Alltagsphänomenen und Alltags-Technik betont Winkler und nennt z. B. Reifenprofile und Reibung. Winkler sieht dabei vor allem das Ziel, „schüler NEUgierig zu machen oder um

ihnen einfach mal den BLICK zu erweitern“ (Heiko Winkler, Pos. 402-403). Das Fach Physik soll so in Beziehung gesetzt werden zum Leben der Schüler*innen. Das Potential, Technik durch den Physikunterricht wirklich zu verstehen, sieht Herr Winkler als eher gering an und betont dies z. B. im Zusammenhang mit der Behandlung des Verbrennungsmotors im Physikunterricht: „aber wie er tatsächlich funktioniert, könnte kein physikschüler (.) also man könnte ihn jetzt nicht bauen, [Interviewer: mhm] wenn man das nur in der physik hatte, [Interviewer: (?ja?)] sondern man bräuchte JETZT nun noch (.) TECHnische details“ (Heiko Winkler, Pos. 91-94).

Nach einer nur aufzählenden, knappen Darstellung von Verantwortung im Privaten und im Beruf als Lehrkraft zeigen Winklers umfangreiche Ausführungen zu gesamtgesellschaftlichen und globalen Entwicklungen eine stark technikkritische und kulturpessimistische Position mit fatalistischer Prägung. Mit sarkastisch, ironischem Ton stellt er z. B. den Fortschritt im Bereich der fossilen Mobilität und Energieversorgung dar:

> *mobiliTÄT, SCHNELLer (2) je SCHNELLer, umso größeres WACHStum, (.) umso mehr (.) LUXus (.) LEBen, TOLL, prima. [Interviewer: @(.)@] so (.) und erst hundert jahre sp- dann KOHLEkraftwerke, verBRENNungskraftwerke, gas alles so und (?jöi?) enerGIE enerGIE enerGIE jetzt brummts. (.) aber OHNE tatsächlich zu erkennen, dass man sagt: o mein gott ja klar, diese riesen atmosphäre (.) die paar kleinen tüfftüff äh [Interviewer: hmm.] abgase und (2) es hat eben DOCH eine auswirkung*
> (Heiko Winkler, Pos. 281-287)

Technische Innovation sieht Winkler nicht als Lösungsstrategie, sondern als Symptom kapitalistischer Zwänge: „sämtliche technischen errungenschaften (.) DIENEN NUR diesem einen ZWECK, wachstum wachstum wachstum, schneller höher weiter [Interviewer: hmm.] (.) all das ist nur darauf gerichtet und NICHTS davon ist darauf gerichtet auf erhalt“ (Heiko Winkler, Pos. 309-312). Er beschreibt einen radikalen Verzicht auf Technik und Wohlstand als einzige Lösungsstrategie. Diese sieht er jedoch nicht als realistisch an: „es können auch nicht sieben milliarden in den wald zurückziehen und sagen: so, wir bleiben an der stelle STEHen [Interviewer: hmm.] (.) DAfür ist die menschliche SPEzies halt nich gemacht, ihr HIRN

nich, weil sie immer sagt, ich will besser sein als mein nebenAN“ (Heiko Winkler, Pos. 349-356).

Eine Verbindung des Physikunterrichts mit den (für Winkler hoch relevanten) gesellschaftlichen Fragen von Verantwortung im Kontext Technik wird von Winkler verneint. Dies expliziert er sehr deutlich und nennt nur die Kernphysik als Themenbereich, wo der Bau der Atombombe am Rande angesprochen wird. Die Frage nach einer konkreten Unterrichtssituation, in der die Atombombe thematisiert wurde, kann Winkler nicht beantworten: „°mm also° (5) nein, ich erinnere mich NICH genau (7) °nein°“ (Heiko Winkler, Pos. 384). Auf die Frage nach weiteren möglichen Verbindungen abseits der Kernphysik folgt ein sehr langes, 21-sekündiges Schweigen und dann, leise gesprochen und mit zahlreichen langen Pausen durchsetzt, die resignierte Antwort von Herrn Winkler: „°also bin ich ganz ehrlich (3) so gut wie nie.° (7) der (.) DER oder MEIN physikunterricht ist wirklich ZIEMlich darauf ausgerichtet, (.) physiKALische inhalte (5) zu bearbeiten“ (Heiko Winkler, Pos. 396-398).

6.5.6 Jasmin Albrecht

Jasmin Albrecht zeigt Merkmalsausprägungen des *Typus Erklärer*in*, insbesondere in ihrer positiven Orientierung an einem Verständnis der umgebenden Mitwelt. Auch die Betonung von eigenen Gestaltungsspielräumen innerhalb gesetzter Rahmenbedingungen lässt sich dem Typus Erklärer*in zuordnen, wobei sie in Abgrenzung zum Eckfall Florian Schwarz auch stark gesamtgesellschaftliche und politische Perspektiven einnimmt. Frau Albrecht zeigt auch eine Orientierung an einer reinen Naturbeobachtung (Merkmalsausprägung Reinheit des *Typus Fatalist*in*).

Die Darstellungen von Frau Albrecht sind zu großen Teilen im Handlungsrahmen Schule verortet. Die Erinnerungen und Erlebnisse werden meist in eine Klassenstufe und ein Themengebiet eingeordnet. So beschreibt Albrecht den Berufswunsch Lehrkraft anhand einer eigenen Zeichnung aus der zweiten Klasse und die Stärkung dieses Wunsches durch eine besonders prägende Physik-Lehrkraft. Diese war „auch n guten- n GUTER MENSCH [. . .] so dass er mir dann lust auf physik gemacht hat“ (Jasmin Albrecht, Pos. 10-12). Die Betonung der Ganzheitlichkeit und Vielschichtigkeit von Personen als *Menschen* und die persönliche Beziehungsebene

betont Albrecht auch mit Blick auf ihre Schüler*innen. Dabei bricht das professionelle, auf Fachlichkeit und Kompetenz beschränkte Verhältnis im Physikunterricht gerade dann auf, wenn gesellschaftlich und ethisch relevante Themen im Physikunterricht behandelt werden. Bei der Erzählung zum Unterricht über Kernenergie wird diese Merkmalsausprägung *Mitwelt* pointiert: „generell find ich solche diskussionen aber anregend weil physik sonst auch kein:: fach ist wo man viel über die SCHÜLER und ihre MEINUNG erFÄHRT und das ist dann was wo die auch nochmal MENSCHLICHER werden, das find ich dann ganz angenehm“ (Jasmin Albrecht, Pos. 352-355).

Im Hinblick auf Physik(-unterricht) betont Lehmann die erklärende Funktion für natürliche Phänomene, die für sie als Schülerin besonders wichtig war: „ich fand=s einfach faszinierend [Interviewer: ja] wie wa da erklärungen für solche (.) phänomene dann auch geFUNDen hatten“ (Jasmin Albrecht, Pos. 34-36). Technische Perspektiven des Physikunterrichts, insbesondere handwerklich-praktische, werden dagegen eher abgelehnt, wie z. B. in Bezug auf den Aufbau von Motoren. Hier beschreibt sie eine „ANschaulich[keit] glaub ich für n schüler [Interviewer: mhm] ähm (2) das hat mich allerdings wirklich (.) am ende WEniger (.) interessiert“ (Jasmin Albrecht, Pos. 57-59). Knappe Darstellungen zu Prozessen in Verbrennungsmotoren werden abgebrochen und stattdessen die Entwicklung von Sternen als Kontext für fachliche Inhalte der Thermodynamik beschrieben. Ein motivierendes Moment von Technik im Physikunterricht wird zwar genannt, aber ihm wird nur untergeordnete Relevanz zugeschrieben. Dies drückt sich auch darin aus, dass Albrecht die Grenzen des Lebensweltbezugs von veralteten, technischen Kontexten betont. Anders als David Jäger, der ähnliche Kritik äußert, sieht Albrecht vor allem Schulbuchautor*innen in der Pflicht hier Abhilfe zu schaffen und beschreibt, wie Schüler*innen selbst technische Fragen einbringen (zu Fidget-Spinnern und LED-Technik).

Neben der Orientierung an der *Mitwelt*, zeigen sich auch Perspektiven auf *Weltgesellschaft*. Physikunterricht wird dabei eine herausragende Bedeutung zugeschrieben. Im Hinblick auf die Energiewende und Kernenergie wird z. B. die Chance gesehen, „dass sie [die Schüler*innen] in ner gesellschaftlichen debatte da ne (.) öhm auch differenzierte position einnehmen können“ (Jasmin Albrecht, Pos. 253-255). Dabei betont Albrecht, dass politisch-gesellschaftliche Betrachtungsweisen einen wichtigen Bestandteil auch des Physik-Fachunterrichts darstellen. Sie berichtet z. B. von der

unterrichtlichen Behandlung der Frage, warum kerntechnische Anlagen meist an Landesgrenzen stehen.

Anders als Dennis Groß, problematisiert Jasmin Albrecht die eigene Meinung in gesellschaftsrelevanten Themen dabei weniger:

> *von irgendjemand müssen sie ja auch mal eine relativ neutrale position (.) bekommen, das muss ich ja als lehrer dann auch [Interviewer: ja] (.) öhm (.) machen [Interviewer: mhm] also MEINE EIGENE MEINUNG darf- also ich DARF SIE- man DARF sie schon sagen, das ist in ordnung, aber man muss sie nur als seine, eindeutig ähm (.) KUNDTUN, aber auch dis glaub ich hilft den dann für ihre einschätzung*
> (Jasmin Albrecht, Pos. 330-339)

6.5.7 Stefan Schumacher

Beim Fall Stefan Schumacher zeigen sich Merkmalsausprägungen des *Typus Erklärer*in*, v. a. eine Orientierung an der Erklärung der Mitwelt. Es werden sowohl gestaltende als auch pflichtbewusste Ausprägungen im Hinblick auf das konstruierte Gestaltungspotential deutlich. Biographisch zeigen sich zwar handwerklich-technisch orientierte Ausprägungen des *Typus Praktiker*in*, diese werden jedoch kaum handlungswirksam dargestellt.

Stefan Schumacher berichtet gleich zu Beginn des Interviews von seinem abgeschlossenen dualen Maschinenbaustudium. Da ihm die Arbeitsweise in der Wirtschaft nicht zusagt, probiert er ein Lehramtsstudium mit den Fächern Mathematik und Physik aus, was zum Maschinenbau passt und sich mit seinen Interessen deckt. Seine Darstellungen sind alle eher nüchtern-sachlich, so z. B. auch seine Schilderung eines Nebenjobs während des Lehramtsstudiums: Schumacher arbeitet bei einer Firma, die für die Wartung und Instandhaltung der Flugzeugflotte eines großen Logistikunternehmens zuständig ist: „und dort war quasi dann (.) mein AUFtrag gewesen, dass ich mir dann (.) äh SACHEN angeguckt hatte bei FLUGzeugen ähm (.) FEHLERmeldungen und (.) daraus dann quasi geSCHLOSSEN hab, ob das jetzt was (.) ERNSThaftes ist oder NICH sehr ernsthaft, wo man sich mehr drum kümmern muss und DA ist quasi dann schon so (.) maSCHINENbauwissen und (.) physikalisches wissen ganz

SINNvoll, wenn man da schon ein bisschen was hat“ (Stefan Schuhmacher, Pos. 34-40).

Im Hinblick auf unterrichtliche Ziele betont Schumacher die erklärende Funktion der Physik im Kontext der Mitwelt. Dabei deutet er auch unterschiedliche Perspektiven von Physik und Technik an, diese bleiben jedoch relativ unscharf: „ja wir (.) wir lernen, wie ein FLUGZEUG FLIEGT und (.) wir lernen, äh wie ein AUTO FÄHRT, wir (.) wir gucken uns an, wie (.) warum die SONNE scheint oder irgendwie sowas, da kommen ja alle möglichen ideen und (.) dann (.) sammelt man das erstmal und kann dann halt irgendwann sagen: ja, das hier (.) äh (.) das hat zwar auch was mit physik zu TUN, aber das ist mehr so der, die die ANWENDUNG der physik [. . .] im physikunterricht, wo=s dann (.) dadrum geht, (.) wie funktioniert das alles“ (Stefan Schuhmacher, Pos. 401-411).

Ethisch-normative Perspektiven im Physikunterricht werden von Schumacher anerkannt und die eigene Ausgestaltung hierbei betont. Er umreißt zum Beispiel, wie Schüler*innen ein Poster zur Energiewende entwerfen und welche möglichen Handlungskonsequenzen diese daraus ziehen. Sehr plastisch beschreibt er die Behandlung des Themas Atombombe, was er deutlich vom übrigen Unterricht abhebt:

> *NUTZ ich dann auch mal eine stunde dafür, eine ganze unterrichtsstunde, um dann über (.) hirOSHIma zu reden und (.) da schreiben schüler auch nichts auf in der stunde, da (.) ähm (.) zeige ich halt BILder und (.) nutze dann auch ein LIED von äh (.) wishful thinking, ähm das ist (.) hiROshima heißt das direkt, da geht=s quasi um diesen (.) atomangriff [Interviewer: ja] und ähm (.) übersetzen wir erst das lied und äh da kommt dann unter anderem auch so ne stelle hier (.) das ist gleich der anfang irgendwie: shadow of a man at hiroshima, [Interviewer: hmm.] da geht=s irgendwie darum, dass ja bei der atombombenexplosion von (.) von LEUTEN so SCHATTen an wänden entstanden sind, einfach nur, weil die so, so schnell verglüht sind [Interviewer: hmm.] und dann quasi so=n SCHATTen entstanden ist und (.) dann gucken wir uns noch fotos dazu an*
> (Stefan Schuhmacher, Pos. 257-269)

Erst zum Ende des Interviews erwähnt Schumacher, dass er auch Lehrkraft für das Wahlpflichtfach Technik an seiner Schule ist. Auch hier sind die Darstellungen eher nüchtern und sachlich. Eine große wahrgenommene

Wirksamkeit wird nicht deutlich, auch wenn Schumacher betont, dass er Schüler*innen für Technik begeistern möchte und im Wahlpflichtfach Inhalte selbst festlegen kann. Die Tätigkeiten im Technikkurs werden entsprechend zwar als positiv in einem affektiven Sinne geschildert, es wird ihnen aber wenig Bedeutung zugeschrieben. Bei einem Kurs mit dem Schwerpunkt Lebensmitteltechnologie und Algen beschreibt er z. B. die Aufgabe der Schüler*innen bei einem Betriebsbesuch: „da hatte %unternehmen 4% grade so=n (.) äh SNACK dabei, wo algen mit drinne waren, da konnten schüler so paar algen reinkippen und ham sich dann gefreut“ (Stefan Schuhmacher, Pos. 539-541). Auch Universitätsbesuche werden nur sehr unkonkret umrissen: „und da hammer weiter die %hochschule 1% als partner, fahren da auch wieder in (.) jedem halbjahr drei tage lang hin (.) und dann, ja lernen die (.) immer so unterschiedliche sachen, je nachdem, welcher professor grade zeit hat“ (Stefan Schuhmacher, Pos. 547-550).

6.5.8 Thomas Berger

Beim Fall Thomas Berger sind Teile des *Typus Praktiker*in* und des *Typus Universalist*in* angelegt. Charakteristisch für ihn ist die Verbindung einer systemkritischen, weltgesellschaftlichen, analytischen Perspektive mit einer eher handwerklichen Position, welche die ästhetische und nützliche Umgestaltung der Mitwelt positiv rahmt. Herr Berger ist die einzige Lehrkraft im Sample, die an einer Sekundarschule unterrichtet. Dort ist Technik nicht nur als Wahlpflicht- bzw. Profilfach, sondern als reguläres Unterrichtsfach von der 5. bis zur 10. Klassenstufe im Curriculum integriert.

Thomas Berger stellt das Bildungssystem der DDR ambivalent dar. Einerseits beschreibt er die Einschränkung seiner eigenen Berufs- und Studienwahl. Er wird zunächst Elektro-Signaltechniker mit Abitur und, weil Lehrkräfte gesucht wurden, anschließend Polytechnik-Lehrkraft. Nach der Wende studiert er ein noch nötiges Zweitfach Physik, „weil DAS son bisschen ÄHnlich is (.) und ich fand das och gUt (.) weil man [Interviewer: hm] das UNheimlich gut- äh das mitnander- kombinieren kann“(Thomas Berger, Pos. 28-31). Andererseits betont er immer wieder die geringere Bedeutung der technischen Bildung heute im Vergleich zur DDR.

Insgesamt sind seine Darstellungen stark geprägt von dieser umfassenden, auch analytischen Perspektive auf die Multidimensionalität von techni-

schen Problemlöseprozessen. Er grenzt Technik – auch angelehnt an die Praxis der technischen Bildung in der DDR – vom Werken-Unterricht ab. Die positive Orientierung an „umfangreichere[n] äh theoretische[n] betrachtungen von tech-. aufbau von typischen maschienen und [Interviewer: hm] verfAHren und (.) systEmen“ (Thomas Berger, Pos. 66-67) unterscheidet ihn vom Eckfall Kirsten Lehmann, die vor allem die Materialbearbeitung mit Werkzeugen als positiven Horizont konstruiert. Mehrfach hebt Berger jedoch auch den kompetenten Umgang mit Materialien im Hinblick auf die ästhetische Gestaltung von Artefakten als relevante Fähigkeit hervor und kritisiert die mangelnden Fähigkeiten, u. a. am Beispiel eines Elektroauto-Modellbaus, das er sowohl an der Sekundarschule als auch an einem Gymnasium durchgeführt hat: „gymnasiASTen sind zwar SCHLAUer, (.) aber haben KEINerlei TECHnische grundlagen. (.) das heißt da wurde viel gePFUSCHt mit KLEBepistole und (.) doppelseitichem KLEBeband undsoweiter ja? [Interviewer: @(.)@] und hier in MEINer schulform da wird eben wirklich ordentlich mit WERKzeuchen umjegangen ja [. . .] und da sahen die modelle wesentlich (.) ordentlicher aus (.) und waren auch funktTIONSfähiger“ (Thomas Berger, Pos. 428-436). Stolz berichtet er von einem ästhetisch gelungenen Leisten-Untersetzer, den er als Kind in seinem Werkenunterricht gebaut hat und den seine Eltern heute noch benutzen.

Andererseits wertet Berger eine reine phänomen- und erkenntnisorientierte Betrachtung von Natur deutlich ab: „wie schon göthe sachte was die welt im innersten zusAmmenHÄlt, ja? [Interviewer: ja,] sowas {sowas vermittelt man} [Interviewer: {@(.)@ }] aber das wäre natürlich für die schÜler (.) fURchtbar langweilig (.) wenn man sich nicht KONtexte schafft. (.) ja? und die KONtexte kommen LOgischeweise immer aus dem bereich der TECHnik“ (Thomas Berger, Pos. 128-133).

Die rein motivationsorientierte Einbindung von Technik als Kontext wird von Berger aber auch kritisiert, da diese ein falsches Bild von Technik zeichnen würde: „das problem is ebend oft dASS (.) wenn ne einer rEIn physik studiert hat aber von technik nIch SO viel ahnung hat, dass der das oft nur anrREIßt und dann auch (.) teilweise fAlsch macht“ (Thomas Berger, Pos. 137-140). Er betont seine technologischen – im Sinne von techniktheoretischen – Kenntnisse und grenzt sich dabei von einem oberflächlichen, gängigen Verständnis von Technik ab, wobei er z. B. die Reduktion von Technik kritisiert:

> *LEIder sacht man OFT- und das is ebend n FEHler man sacht ebend TECHnik is äh (2) °oder oder äh TECHnik is angewandte phySIK oder so ne° (.) ja, (.) aber da verGISSt man ebend das TECHnik noch n bisschen was MEHR macht als nur angewendete phySYK, sondern grad diese probLEMlöseprozess, (.) der würde in physik noch gar nicht geDACHt, aber der kommt dann ebend in technik zu tragen (.) [Interviewer: mhm] und das interesSANTe ist, dass es (.) für EIN problem nicht nur EINe lösung gibt sondern eine ganze SCHA:R von lösungen also es gibt viele viele möglichkeiten Um -sum beispieleinen stoff zu TRENN (.) und DAS ist wieder das interesSANte ja, und und das: (.) is n ganz andrer ANsatz. (.) bei phySYK wird dasDAS gesetz gesucht und es gibt dann nur DAS gesetz (.) aber bei der technik gibts immer viele lösungen*
> (Thomas Berger, Pos. 292-303)

Mehrfach betont Berger auch, dass nicht nur die Physik eine Bezugswissenschaft für die Technik darstellt, sondern auch die Chemie und Biologie relevant sind. Ein physikalisches Verständnis wird jedoch auch als Voraussetzung für bestimmte technische Tätigkeiten gesehen, z. B. in der Elektrotechnik.

Diese Betonung eigener umfassender analytischer Kenntnisse spiegelt sich auch in einer starken selbstzugeschriebenen Wirksamkeit und in systemkritischen Positionen wider als typsiche Merkmalsausprägungen des Typus Universalist*in: Berger betont Bildungserfolge der eigenen Schüler*innen und setzt ähnlich wie David Jäger ein umfassendes Verständnis und Mündigkeit als Zielperspektive: „also so meine (.) meine mission ist immer die schüler sollen alles verSTEHN- die sollen nichts sinnlos auswendig lernen. (.) verstehendes lernen“ (Thomas Berger, Pos. 716-717). Auch von eigenen innovativen Unterrichtskonzepten berichtet Jäger und stellt den Erfolg in Form von Auszeichnungen, Förderung und Verbreitung an zahlreichen Schulen heraus.

Auch bildungspolitisch betont er eine systemkritische Position, die er im Interview immer wieder unter der Zielperspektive äußert, dass seine Einschätzung durch das Interview auch politisch Gehör finden sollte. Er schildert die Wichtigkeit technischer Bildung für den Wirtschaftsstandort Deutschland einerseits und die Ermöglichung mündiger Partizipation andererseits – und verbindet dies mit einer Kritik an der untergeordneten

Rolle gerade in der gymnasialen Bildung. Dabei wird insbesondere die eigene Wirksamkeit deutlich hervorgehoben: Dies wird „in den KULtusministerien [. . .] eiglich überhaupt nicht richtig WAHRgenommen (.) wie WICHtig (.) so ein (.) entweder n KLAMMerfach is (.) oder ein alLEINstehendes fach TECHnik. [Interviewer: °ja°] (.) das is- (.) ABsolut WICHtig (.) und i- ich hab schon oft mit mit kultusministerien auch jeSPOCHen zu diesem thema, (.) ich bin ja auch in soner geSELLschaft technischer- (.) die DEUtsche gesellschaft der {TECHnischen bildung}“ (Thomas Berger, Pos. 748-754).

Auch im Hinblick auf Fragen von Verantwortung und Ethik wird Technik in den Mittelpunkt gerückt. Berger vergleicht z. B. die Kompetenzbereiche der Fächer Physik und Technik und kommt zu dem Schluss, dass Bewertungskompetenz auch in der Physik immer technikbezogen ist: „also mir fällt jetzt KEIn BEIspiel ein wo ich jetzt (.) wo ich jetz eigentlich in der phySYK ne bewertung machen muss, die rein physikalisch is“ (Thomas Berger, Pos. 179-181). Dabei umspannen die Ausführungen Bergers sowohl eine Mitweltorientierung im Sinne einer sorgsamen Gestaltung von Werkstücken und des sicheren Umgangs mit Geräten als auch eine gesamtgesellschaftliche Betrachtung z. B. kapitalistischer Praktiken, wie die Missachtung von Sicherheits- und Umweltstandards privatwirtschaftlicher Akteure zur Profitmaximierung oder der Einsatz geplanter Obsoleszenz: „äh (.) priVATe MARKTwirtschaft (.) ja, und (.) das ist ja leider SO, dass das wenn man wirklich NUR komMERZgesteuert is, dass einem erst mal das vollkommen eGAL is, welche NEGativen wirkungen das produkt haterstmal will man GELD damit verdienen“ (Thomas Berger, Pos. 653-656).

6.5.9 Holger Koch

Beim Fall Holger Koch zeigen sich Anteile des *Typus Erklärer*in* im Hinblick auf eine Orientierung am Verstehen der Mitwelt sowie Anteile des *Typus Praktiker*in*, ausgedrückt vor allem in einer Vertrautheit mit technischen Details und der Betonung von Technik für wissenschaftlichen Fortschritt. Dabei nimmt er eher eine technik-analytische Perspektive (vgl. Thomas Berger) als eine handwerklich-praktische (vgl. Kirsten Lehmann) ein.

Holger Koch betont gleich zu Beginn des Interviews, dass er schon immer Lehrer werden wollte. Er nennt Sport und Geschichte als Wunschfächer

und berichtet von den Einschränkungen der Berufswahl in der DDR. Er signalisiert eine innere Ablehnung gegen den organisatorischen Rahmen, aber auch einen eher nüchternen, pragmatischen Umgang damit. Die Wiedervereinigung wird z. B. positiv eingeschätzt, weil er dadurch nicht zur Nationalen Volksarmee musste, und im Hinblick auf die Berufswahl zeigt er sich : „hat mir zwei jahre lebenszeit jespart und n haufen ÄRger nehm ich an @(.)@ [Interviewer: @(2)@] JA: so is das jekommen (.) also (.) [Interviewer: (?ga-?)] ich war da flexibel und es hat sich angeboten“ (Holger Koch, Pos. 21-24).

Zum Studium berichtet Koch entsprechend wenig fachliche, sondern v. a. soziale Aspekte: „das (?janze?) studium hat SPAß jemacht es warn (2) unsere physikdidaktiker warn (.) das kann ich mal sagen (.) ne dufte TRUPpe (.) die da uns (.) unterrichtet hat (.) und die ham auch späße mit uns jemacht das war alles sehr angenehm s hat mir sehr viel SPAß jemacht och dieses studium“ (Holger Koch, Pos. 32-36). Er schildert konkrete Erlebnisse, beschreibt Orte, nennt Dozenten namentlich, bezeichnet Experimentierpartner als Freunde. Insgesamt zeigt er hier eine starke Orientierung an seiner sozialen Mitwelt und betont positive Erinnerungen.

Bezogen auf Unterschiede zwischen Physik und Technik beschreibt Koch sehr ausführlich und detailliert konkrete technische Details, was im Kontrast steht zu seiner wiederholten Äußerung, wenig Kenntnisse und insb. Fähigkeiten auf dem Gebiet zu haben: „ich sach jetzt ma ZAHNradübersetzu::ng und SOLCHE jeschichten, wenn ich sowas bauen will davon hab ich (.) ja, relativ WENIG ahnung kommt ja bei uns in der physik jetzt [Interviewer: mhm] nich so vor (.) also ich wüsste nich wie man jenau was man machen müsste um (.) schneckenrad mitm zahnrad zu verbinden, ich weiß wie das aussehen muss und- aber (2) das konstruieren das könnt ich nich so (.) technisch ne? physiKALISCH das dann zu erklären das ist okay aber das (.) bin da nicht so der (?praktiker?)“ (Holger Koch, Pos. 97-104). Auch in der Erzählung eines Besuchs mit der Schule im Fachbereich Physik an einer Universität betont er sehr deutlich den betriebenen technischen Aufwand, um physikalische Zusammenhänge zu untersuchen: „also das ist ja UNfassbare technik. ja dieses was=weiß=ich vakuum=raster=tunnel alles mögliche und da (.) hunderttausend schrauben und was=weiß=ich, und wenn ihnen dann erklärt wird wie lange se (.) allein für die einrichtung brauchen und justierung um dann (.) was=weiß=ich DREI messungen zu machen und dann fangen se widder von vorne an“ (Holger Koch, Pos.

118-123). Auch bei Schülerfragen zu Technik (z. B. auf Straßenbahnen) betont Koch die Begrenztheit der physikalischen Perspektive, die nur grundlegende Zusammenhänge erklären kann, aber nicht die konkrete Funktionsweise komplexer Technik.

Im Hinblick auf physikalische Forschung stellt er nicht die grundlegenden Erkenntnisse, sondern vor allem einen praktischen Nutzen ins Zentrum. Physik solle helfen, Geräte zu bauen, diese sollen die Erforschung neuer physikalischer Möglichkeiten unterstützen, die dann wiederum Eingang in die Technik finden sollen: „so würd ich mir WÜNSCHEN dass es funktioNIERT sag ich mal. (.) [Interviewer: okay?] dass man ja nicht SINNlos forscht. aber das machen se ja nicht weil für sinnlos forschen kriegen se vermutlich kein geld“ (Holger Koch, Pos. 168-171). Koch nennt angewandte Forschung im Bereich Photovoltaik und Batterietechnik als Beispiele.

Ethische Perspektiven in der Forschung nennt Koch nicht. Auf den Impuls, wie er Verantwortung mit Physik und Technik in Verbindung bringe, antwortet Koch: „(8) Koch: boah (7) °wüsst ich nicht, wie ich das in verbindung bringen soll (2) weß ich nich°“ (Holger Koch, Pos. 234-236). Er nennt schließlich noch eine innerwissenschaftliche Sorgfaltspflicht, die verlässliche Geräte und belastbare Ergebnisse garantieren soll.

Physikunterricht soll, so Koch, Physik mit praktischen Beispielen in Verbindung bringen. Er berichtet Koch ausführlich vom Bau von Flaschenzügen, der Behandlung von Motormodellen und einer Roboter-AG, die er bis vor kurzem geleitet hat: „das is TECHnik, (.) das is phySIK, (.) da is alles daBEI n bissch- und natürlich och n haufen inforMATik [. . .] und so hat manalso DA hat man (.) weil es ja alles noch (.) ich sach ma (.) GREIFBAR ist (.) was wir mit den schülern machen, zumindest bis klasse zehn, (.) öh (3) och viel TECHnik °dabei. (.) ohne dem jehts nicht. [Interviewer: ja] wenn ich dann (.) über quantenphysik und (.) relativitätstTHEORIE° rede, (.) isses TECHnisch n bisschen SCHWIERIGER, [. . .] aber das is ja dann auch nur (.) für die die wollen noch“ (Holger Koch, Pos. 281-293).

Koch zeigt hier seine Ablehnung gegenüber der theoretischen Ausrichtung der Physik-Inhalte der gymnasialen Oberstufe (auch an anderer Stelle kritisiert er die Überarbeitung des Lehrplans). Und auch die Themen der Unterstufe würde Koch gerne noch praktischer und beeindruckender gestalten. Die Behandlung des Flaschenzugs am Modell beschreibt er z. B.

als eher ernüchtern, abstrakt und würde lieber tatsächlich etwas mit großer Masse hochheben lassen: „da bedaure ichs immerno:ch, dass wir DRÜBEN sone (.) komische decke ham, das wir da nich n HAken dran hängen können, (.) [Interviewer: dann mal] und dann mal n schüler hochziehen, oder IRGendSOwas um das wirklich mal zu ZEIGen wie das, [Interviewer: ja] ja: ansonsten {sind das ja halt noch ziemlich} [Interviewer: {@(2)@}] abSTRAKte (.) drei NEWton, okay: (.) zwei rollen dududut (.) andertHALB NEWton und=soWEITer=und=sofort, dafür ist das seil LÄNGer, alles ja (.) aber [Interviewer: {ja}] (.) es wäre eben- (.) wünscht man sich als physikleherer dass es n bisschen SPEKtakulärer wird“ (Holger Koch, Pos. 306-328).

Dass Schüler*innen die Inhalte des Physikunterrichts als relevant für sich und ihren Alltag anerkennen, ist für Koch ein zentrales Ziel: „dass die hier nich RAUSjehen und sagen, pf (.) jo wir kennen die jesetze im stromKREIS und ja- (.) abo (2) b- brauch=mo eiglich nich, [Interviewer: ja] oder wissmo nüscht mit anzuFANG [Interviewer: mhm] ja? äh (2) das is aber jetzt meine perSÖNliche empfindung“ (Holger Koch, Pos. 396-400).

6.5.10 Daniel Becker

Beim Fall Daniel Becker sind vor allem Merkmale des *Typus Erklärer*in* deutlich ausgeprägt. Die erklärende Funktion von Physik wird dabei aber auf eher subtile Naturphänomene des Alltags gerichtet und weniger auf Technik (Merkmalsaufprägung *Reinheit* des *Typus Fatalist*in*). Becker nimmt vor allem nahe soziale Beziehungen in den Fokus, schlägt aber auch Brücken zu gesellschaftlichen Zusammenhängen.

Daniel Becker ist promovierter Physiker und beschreibt im Interview vor allem eine Unzufriedenheit mit der Arbeitssituation als Grund, die wiederholten Anfragen für Seiteneinsteiger*innen ins Lehramt, ernst zu nehmen: „ZU lange in ZU dunklen (.) labor [Interviewer: @(.)@] nich- (.) nich wirklich DUNKEL aber halt (.) kein FENster. [Interviewer: °kein fenster ja°] ähm (.) und einfach auch (.) so dies (2) ÜBliche frustrationslevel was man als experimentalphysiker eigentlich hat, immer wieder (.) ahm (.) es war mal zeit für n wechsel“ (Daniel Becker, Pos. 15-19).

Das Referendariat bezeichnet er als einen „verSUCH [der] genauso gut nach HINTEN losgehen“ hätte können, aber er kommt zu einer (nüchtern) positiven Einschätzung: „ich fand dann s trägt für mich, ich hoffe es trägt für @die schüler@“ (Daniel Becker, Pos. 20-22).

In Beckers Ausführungen wird eine ausgeprägte Empfindsamkeit für die physikalischen Aspekte von sinnlich wahrnehmbaren, alltäglichen Phänomenen und Kontexten deutlich. Gefragt nach einem Beispiel für Technik als bewusster Ausnutzung von Physik, beschreibt Becker z. B. ein optisches Phänomen, das er an Tropfen eines Bewässerungsschlauchs beobachtet hat: „du konnst halt schön (.) ähm (.) LICHT- (.) effekte daran sehn ne? manche von den [Interviewer: ja] tropfen sind GELB, andere sind ROT aus=m bestimmten winkel, änderst den winkel ist wieder ANDERS (.) [Interviewer: okay] SOWAS zum beispiel, aber gut das ist jetzt nicht TECHnik aber du hast halt die optischen phänomene, die auftreten können an diesen klein (.) [Interviewer: ja] an den klein TRÖPFCHEN“ (Daniel Becker, Pos. 187-193). Becker betrachtet Trägheit in der Ketchupflasche und nimmt auch beim Spezierengehen bei Glätte eine physikalische Perspektive ein. Dabei beschreibt er statt eines technischen Artefakts die körperliche Anpassung an die Gegebenheiten: „und sofort kommst du ins RUTSCHEN. (.) ne, und wenn=s n bisschen schief ist geht=s sofort ab und [Interviewer: mhm] was machste, kürzere schritte, weil wenn der VEKTOR (.) der KRAFTVEKTOR halt (.) steiler noch BLEIBT ne, LANGER schritt (.) kräftezerLEgung, lauter so=n zeugs halt“ (Daniel Becker, Pos. 210-214).

Technik sieht Becker nur eingeschränkt als geeigneten Kontext für den Physikunterricht an. „und ähm (2) die die verknüpfung zur technik SELBER (.) dann halt (2) na man man SUCHT sie natürlich schon immer (.) aber sie=s oft halt sehr punktuell, weil du sofort wieder weiter ausholen musst um zu sagen ja DA komm dann noch die schwierigkeiten mit rein (.) ahm da muss man DAS noch beachten, also (.) dieser schritt vom vom modellhaften (.) zur anwendung (.) [Interviewer: ja] der=s OFT (2) EHER n spagat“ (Daniel Becker, Pos. 42-48). Becker betont die Grenzen des erklärenden Potentials der (Schul-)Physik im Hinblick auf technische Geräte aufgrund deren Komplexität. Genannt wird das Beispiel Wirbelstrombremse, das „gehört auch mit rein [Interviewer: mhm] die kannste auch im versuch ZEIgen [Interviewer: ja] (.) und das übertragen auf=s große aber dann wieder (.) gut hast schon wieder ne ganz andere geometrie“ (Daniel Becker, Pos. 236-238). Idealisierungen der modellierenden Physik kommen bei der realen Technik

an ihre Grenzen und das z. B. schon bei artifiziellen Stoßversuchen auf einer Luftkissenbahn, wo Annahmen zu Elastizität, Zentralität etc. bei einem realen Stoß nicht gelten und das „immer zu allen möglichen erGEBnissen [führt]“ (Daniel Becker, Pos. 83-84). Auch der fachsystematische Aufbau des Physikunterrichts steht einer Behandlung technischer Alltagsgegenstände entgegen:

> *bei der technik (?einfach?) (.) wie viele sachen ZUSAMM komm auch, du hast ja kaum mal dein REINES system, sondern immer irgwelche verkoppelten sachen, [. . .] musst halt IMMER wieder reduziern dabei, ja? [Interviewer: ja] ahm und vor allem dann auch (.) oft SPRÜNGE machen wenn das irgendwo in der jahgangsstufe REINPASST, (.) ahm erklärst du n TEIL und sachst dann, das andere machen wir in zwei jahrn*
> (Daniel Becker, Pos. 94-101)

Im Sinne einer Schüler*innenorientierung wird Technik im Physikunterricht dennoch anerkannt. Einerseits als motivierendes Element und andererseits um diese ein Stück zu entzaubern: „in der siebten sind se spielerisch mit vielem dabei aber (.) ähm (2) genug sagen da ja auch hey woZU? ähm da halt aufzeigen wo das wirklich AUFtritt. ahm. [. . .] und ahm (.) dann zu erkennen, dass die technik zwar keine hexerei ist [. . .] dass man zumindest so dahin kommen sollte, dass man so die GRUNDZÜGE verstehen kann“ (Daniel Becker, Pos. 291-301). Dabei wird sowohl eine alltägliche Mitweltperspektive (z. B. Straßenverkehr, sicherer Umgang mit Lasern) eingenommen, als auch gesellschaftliche Zusammenhänge adressiert, wie Nachhaltige Entwicklung („wo man dann mal drauf kommt und dann ist man auch schon recht schnell drüber WEG“ (Daniel Becker, Pos. 392-394)) und Radioaktivität:

> *ich musste da an einen schüler denken (.) ahm (.) der hat (.) ham in der neunten dann halt so n bisschen kernphysik gemacht und dann mal ne PROBE MITgenomm und n GEIGER zähler und so und der is- hat sich quasi im hintersten ECK versteckt [Interviewer: okay] so ungefähr - ne also nicht aus seinem platz raus aber ganz deutlich so zurückgelehnt und ah bloß nicht ne, also (.) dass man eben (.) ne verNÜNFTIGe einschätzung (.) von (.) von VORgängen kriegt*
> (Daniel Becker, Pos. 314-320)

Einordnung der Ergebnisse

7

Diskussion und Ausblick

Kapitelüberblick

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Arbeit im Hinblick auf die Forschungsfragen, den dargestellten Forschungsstand und die identifizierten Desiderata eingeordnet und Limitationen diskutiert. Es werden Implikationen der rekonstruierten Typologie für die Ausrichtung des Physikunterrichts an den normativ gesetzten Zielen, insbesondere die Integration von Socioscientific Issues sowie Folgen für die Lehrer*innenbildung diskutiert. Als Ausblick werden mögliche, sich anschließende Forschungsfragen sowie methodologische Erweiterungen der Ergebnisse dieser Arbeit dargelegt.

7.1 Einordnung der Ergebnisse im Hinblick auf die Forschungsfragen

Ergebnis dieser Arbeit ist eine rekonstruierte, mehrdimensionale Typologie der Orientierungen von Physiklehrkräften. Die Typologie bildet die implizite Wissensstruktur zur unterrichtspraktischen Herausforderung, wissenschaftstheoretische (die Rolle von *Technik*) und -ethische (die Rolle von *Verantwortung*) Perspektiven in den Physikunterricht zu integrieren, ab.

Forschungsfrage 1: Welche Orientierungen von Physiklehrkräften zur Rolle von Technik und Verantwortung im Physikunterricht lassen sich rekonstruieren?

Die Dokumentarische Methode hat sich als geeigneter Zugang zur Beantwortung der fachdidaktischen Forschungsfragen erwiesen. Das methodologische Inventar wurde dabei – fachdidaktisch begründet – weiterentwickelt, um den Ansprüchen einer *fallbezogenen Offenheit* für die Relevanzsysteme der Interviewten einerseits und einer *fachdidaktischen Fokussierung* andererseits Rechnung zu tragen. Indem sowohl fachunspezifische (z. B. soziologische, professionstheoretische und allgemein-pädagogische), als auch fachspezifische Aspekte des Physiklehrens und -lernens (wie die Besonderheiten der Fachdisziplin z. B. Forschungsmethoden oder die Epistemologie) forschungspraktisch erschlossen werden, kann die Multidimensionalität von Physikunterricht angemessen berücksichtigt werden.

Aus vierzehn leitfadengestützten Interviews mit Physiklehrkräften konnten vier Eckfälle herausgearbeitet werden, anhand derer stark kontrastierende Orientierungsrahmen rekonstruiert wurden.

Es konnten Orientierungen zum *Bildungsideal* rekonstruiert werden, die eine jeweils unterschiedliche Positionierung zur Rolle von Technik im Physikunterricht integrieren. Orientierungen der Merkmalsausprägung *Weltverstehen* betonen den analytischen und emanzipatorischen Charakter von Physik. Technik wird vor allem als Gerät oder Maschine verstanden und im Physikunterricht als Anschauungsobjekt eingesetzt, das durch Physik erklärt werden kann. Damit wird über die Technik ein Lebensweltbezug der Physik konstruiert. In der Orientierung *Handwerk* dagegen wird Technik als praktische Tätigkeit mit Geräten und Materialien verstanden. Im theorieorientierten Physikunterricht spielt diese eine stark untergeordnete Rolle und wird eher im Privaten oder in einem projektartigen Technikunterricht verortet. Die Orientierung *Reinheit* beinhaltet das Ideal einer faszinierten Naturbeobachtung, bei der Technik nicht in den Fokus rückt. Maximal als Dienstleistung für Grundlagen-Forschung in kosmologischen und mikroskopischen Sphären wird Technik verstanden. Technische Kontexte im Physikunterricht werden, wenn, dann nur als Pflichtaufgabe abgearbeitet, aber nicht als zentrales Element verstanden.

Die Rolle von Verantwortung wird in den rekonstruierten grundlegenden Orientierungen abgebildet. Diese spiegeln die Struktur einer Verantwortungskonzeption wider, welche normativ begründet Beziehungen zwischen einem Subjekt und einem Objekt herstellt. So verweisen Orientierungen an *Relevanten Anderen* auf unterschiedlich relevante Verantwortungsobjekte. Orientierungen der Merkmalsausprägung Mitwelt entwerfen Beziehungen zu einem persönlichen sozialen Nahfeld (z. B. Betonung der Unversehrtheit von Mitmenschen oder von Geräten). In der Merkmalsausprägung Weltgesellschaft werden örtlich und zeitlich größere Skalen bedeutsam (z. B. Betonung von politischen, ökologischen und ökonomischen Zusammenhängen). Die Orientierungen der Typik *Gestaltungspotential* verweisen darüber hinaus auf verschiedene Normhintergründe: So wird in der Ausprägung *Pflichtbewusst* auf institutionell verordnete Aufgaben und berufliche Rollen verwiesen, während die Ausprägung *Gestaltend* stärker auf eine soziale Einbettung und ein gelingendes Miteinander gerichtet ist. In der Ausprägung *Systemkritisch* werden dagegen Normen wie Mündigkeit, Demokratie und Nachhaltigkeit betont. Die grundlegende Typik *Entwicklungsperspektive*, welche positive, negative und offene Zukunftsentwürfe umfasst, bildet dabei je nach Gestaltungspotential einen entsprechenden Horizont, der Handlungen motiviert.

Forschungsfrage 2.1: Welche fachbezogenen und grundlegenden Typiken strukturieren die rekonstruierten Orientierungsrahmen und welche Relationen bestehen zwischen diesen?

Die Orientierungsrahmen konnten in drei grundlegenden und einer fachbezogenen Typik strukturiert werden:

- Grundlegende Typiken
  - **Gestaltungspotential**: Im Hinblick auf die Konstruktion der eigenen Wirksamkeit konnten die Ausprägungen *Fatalistisch*, *Pflichtbewusst*, *Gestaltend* und *Systemkritisch* rekonstruiert werden. Die Typik umspannt damit ein breites Spektrum von Positionen: von der Negierung des eigenen Einflusses (insbesondere bei der Verortung in globalen bis kosmologischen Kontexten)

über eine Norm-Erfüllung bis hin zur Nutzung und Erweiterung von Handlungsspielräumen.
- **Relevante Andere**: Bei der Orientierung des eigenen Handelns an anderen konnten drei Ausprägungen rekonstruiert werden. Diese reichen von der Orientierung an Institutionen über das soziale Umfeld bis hin zu einer eher gesamt- bis weltgesellschaftlichen Prägung.
- **Entwicklungsperspektive**: Die Grundhaltung zur (eigenen) Entwicklung ist in der Typik Entwicklungsperspektive strukturiert. Die Fälle zeigen negative, offene und positive Perspektiven auf die jeweils als maßgeblich empfundenen Entwicklungen.

► Fachbezogene Typik
- **Bildungsideal**: In der fachbezogenen Typik *Bildungsideal* konnten drei sehr unterschiedliche Ausprägungen rekonstruiert werden. Die Position *Handwerk* konstruiert die nahe Umgebung als gestaltbar und legt einen Fokus auf praktische (Alltags-)Tätigkeiten mit Materialien und Werkzeugen. Maximal kontrastierend hierzu bildet die Position *Reinheit* einen rein kontemplativen, eher philosophischen bis achtsam-ästhetischen Weltzugang mit einer v. a. kosmologischen Perspektive. Eine vermittelnde Position bildet die Ausprägung *Weltverstehen*, welche das analytische und ermächtigende Potential von Physik betont und eine physikalische Perspektive auf die umgebende Umwelt einnimmt, womit alles physikalisch erklär- und beherrschbar wird.

Es zeigt sich, dass die in den grundlegenden Orientierungen angelegten Verantwortungskonstruktionen themenübergreifende Handlungsmuster beschreiben und z. B. in der individuellen Biographie, der beruflichen Handlungspraxis und auch bei fachbezogenen Problemen wie Socioscientific Issues strukturierend wirken. Die grundlegenden Orientierungen, als allgemeine Weltzugänge der Interviewten, reichen demnach in die fachliche Bearbeitung von Themen hinein. So sind Fälle, die als *Relevante Andere* v. a. das direkte Umfeld konstruieren und sich selbst als wenig wirksam empfinden, auch bei der Bearbeitung von ethischen Fragen im physikalisch-technischen Kontext eher auf den Nahbereich fokussiert. Statt globaler, gesellschaftlicher Zusammenhänge wird dann unterrichtlich z. B. ein sorgsamer und rücksichtsvoller Umgang mit Geräten bearbeitet.

Forschungsfrage 2.2: Welche Typen lassen sich im Hinblick auf die Bearbeitung von Technik und Verantwortung im Physikunterricht bilden?

Anhand der Eckfälle konnten vier Typen rekonstruiert werden (vgl. Kapitel 6.3):

- **Typus Erklärer*in**
  Der Typus ist geprägt durch das Bildungsideal *Weltverstehen* sowie eine *positive* und *gestaltende* Perspektive auf die *Mitwelt*. Die Bearbeitung von Technik im Physikunterricht erfolgt dabei vor allem im Modus einer „klassischen" Kontextorientierung (vgl. Kapitel 2.2.1), die insbesondere als motivierendes, lebensweltbezogenes Element dient. Technik wird dargestellt in Form materieller Alltagsgegenstände. Dabei erfolgt eine Gleichsetzung des Verstehens der physikalischen Wirkprinzipien von Geräten mit einem Verstehen von Technik. Teilweise wird Technik auch als rein illustratives Element genutzt und gerade bei komplexen technischen Zusammenhängen entweder die Verstehenserwartung enttäuscht oder eine Verstehensillusion unterstützt. Für Fälle des Typus Erklärer*in spielen Perspektiven auf Nature of Science eine untergeordnete Rolle, oder es werden eher naive Vorstellungen wie „Technik ist nur die Anwendung von Physik" (Technology as applied Science) geprägt. Damit wird Technik stark simplifiziert und die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Physik, Technik und Gesellschaft und damit zusammenhängend auch Fragen der Verantwortung in diesem Kontext werden vernachlässigt. Verantwortungskonstruktionen beziehen sich dann vor allem auf einen persönlichen Nahbereich, auf ein gelingendes Miteinander. So werden berufliche Pflichten hervorgehoben, was sowohl eine Fürsorgepflicht für Schüler*innen beim Umgang mit technischen Geräten (z. B. beim Experimentieren) als auch eine fachlich angemessene und schüler*innenorientierte Unterrichtsgestaltung umfassen kann. Schüler*innen sollen einen sorgsamen und sicheren Umgang mit Technik lernen und weniger Entstehungs- und Nutzungszusammenhänge in einem größeren, ethischen Kontext, z.B. im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung, reflektieren.

- **Typus Universalist*in**
  Der Typus ist ebenfalls geprägt durch das Bildungsideal *Weltverstehen* und eine *positive* Grundhaltung, verbindet diese Orientierungen jedoch mit einer *weltgesellschaftlichen* und *systemkritischen* Perspektive. Physikunterricht hat bei diesem Typus einen stärker emanzipatorischen Anspruch. Bestehende Praktiken des Unterrichts werden abgelehnt und der Versuch unternommen, diese zu ersetzen, indem z. B. andere Kompetenzen adressiert werden oder neue Kontexte integriert werden. Konzeptionellen Zugängen zu Nature of Science und auch gesellschaftlichen Perspektiven wie Socioscientific Issues und Bildung für nachhaltige Entwicklung gegenüber besteht eine große Offenheit. Der Typus ist dabei auch bestimmt durch eine Überhöhung der Physik: Diese wird zum Schlüssel für alle Herausforderungen stilisiert und damit andere z. B. soziologische, historische, ethische Zugänge marginalisiert.
- **Typus Fatalist*in**
  Der Typus ist gekennzeichnet durch eine *negative*, *fatalistische* Sicht auf *weltgesellschaftliche* Entwicklungen und eine Orientierung am Bildungsideal *Reinheit*. Alltags- und Praxisorientierung im Physikunterricht wird, wenn, dann nur reserviert und widerstrebend umgesetzt. Emanzipatorische Ansätze werden nicht betont, da gesellschaftlich-technische Entwicklungen als unaufhaltsam verstanden werden. Die philosophische bis ästhetisch-mystifizierende Perspektive auf kosmologische, existentielle Zusammenhänge kann im Physikunterricht nicht realisiert werden.
- **Typus Praktiker*in**
  Zentral für den Typus ist die Betonung eines *handwerklich*-praktischen Ideals und eine eher *offen*-neutrale, *pflichtbewusste* Orientierung an *institutionellen* Normen. Eine Integration von Technik in den Physikunterricht wird angestrebt, allerdings als inkompatibel mit der eher analytisch-theoretischen Ausrichtung physikalischer Bildung gesehen, welche als institutionelle Vorgabe anerkannt wird. Technik wird dabei vor allem auf einer materiellen Ebene von Maschinen und Geräten konzipiert und nicht in gesellschaftliche oder ethische Zusammenhänge gesetzt. Historische, politische oder allgemein gesellschaftliche Perspektiven und ein diskursiver Zugang hierzu werden mit Verweis auf institutionelle Vorgaben als Ausnahme dargestellt.

7.2 Einordnung der Ergebnisse in den Forschungsstand

Die in (halb-)quantitativ ausgerichteten Studien bereits beschriebene Vorstellung von Lehrer*innen zur linearen Beziehung zwischen Naturwissenschaft und Technik als deren Anwendung (Technology as applied Science, vgl. Antink-Meyer und Meyer, 2016; Rubba und Harkness, 1993) konnte als Teil impliziter Wissensstrukturen von Physiklehrkräften identifiziert werden und durch die relationale Typologie in einen Sinnzusammenhang mit fachbezogenen und grundlegenden Orientierungen gebracht werden. Die Position „Technik als Anwendung von Physik“ ist besonders charakteristisch für die Ausprägung der fachbezogenen Typik *Weltverstehen*, am deutlichsten beim *Typus Erklärer*in*, aber auch beim *Typus Universalist*in* rekonstruierbar. Dabei zeigt sich bei einigen Fällen, dass gerade die Rolle der Physik im Kontext Technik hervorgehoben wird und anderen Naturwissenschaften weniger Relevanz zugesprochen wird. Bei den Merkmalsausprägungen *Reinheit* und *Handwerk* dagegen werden eher die Unterschiede zwischen den Sphären Technik und Physik betont. Diese trennende Position zwischen technischer und physikalischer Bildung weist Parallelen zu „demarcationist view“ (zu dt. Abgrenzungs-Position) auf (Gardner, 1994b). Insgesamt schließen die Ergebnisse an die Befunde zu eher naiven Vorstellungen bei Lehramtsstudierenden an (Constantinou et al., 2010).

Im Hinblick auf den Umgang mit ethischen Perspektiven auf z. B. Fragen einer nachhaltiger Entwicklung konnten Orientierungen, die in anderen Studien bei Schüler*innen als relevant identifiziert wurden, auch bei Physik-Lehrkräften rekonstruiert und inhaltlich erweitert werden. Da inhaltlich und methodisch keine vergleichbaren Studien mit Lehrkräften bekannt sind, sollen die Orientierungen der Lehrer*innen daher an dieser Stelle mit denen von Schüler*innen in Beziehung gesetzt werden. Aspekte der von Sander (2017) rekonstruierten Typiken zur Zeitorientierung konnten in der Typik *Entwicklungsperspektive* bestätigt werden. Die Typik *Wertorientierung* bei Sander (z. B. praktisches Tun, theoretische Komplexität) spiegelt sich teilweise in der Typik des *Bildungsideals* wider. Die bei den Lehrkräften im Sample dieser Arbeit rekonstruierte Typik der *Relevanten Anderen* und des *Gestaltungspotentials* zeigt Parallelen zur Typik „Das Selbst und die

Anderen“ bei Sander, z. B. in den Ausprägungen „Feststehende Rahmenbedingungen“, „Das Selbst als Gestalter“ oder „Das Selbst als Tüftler“ (Sander & Höttecke, 2018, S. 92–93). Analog zu Sanders Typus „Der pessimistische Fatalist“ bei Schüler*innen, ließ sich dieser Typus auch bei Lehrkräften rekonstruieren. Die Typen dieser Arbeit erweitern aufgrund der Ausrichtung auf unterrichtliche Praxis die rationalen Typen bei Sander.

Das rekonstruierte Bildungsideal der Lehrkräfte in dieser Arbeit zeigt auch Parallelen zu den Orientierungen von Schüler*innen zum Wert der Naturwissenschaften bei J. Krüger (2016). Die dort gefundene Orientierung des „Persönliche[n] Wert[s]“ hat Anklänge der Merkmalsausprägung *Reinheit*, bei der Wissenschaft ein rein auf persönliches Interesse, Faszination und Begeisterung ausgerichtetes Unterfangen darstellt (J. Krüger, 2016, S. 327). Auch Anteile der Ausprägung „allgemeiner Wert“ von Naturwissenschaften (insbesondere „Produkte bereitstellen“, „Handlungswissen“ und „Erklärungswissen“) zeigen sich in der Merkmalsausprägung *Weltverstehen*.

Von den bei Wettstädt und Asbrand (2014) beschriebenen Strategien zum Umgang mit Themen der globalen Entwicklung ist die Verantwortungsattribution an als mächtig wahrgenommene Institutionen im *Typus Praktiker*in* angelegt.

Damit konnten Ergebnisse aus methodologisch ähnlichen, aber inhaltlich anders gelagerten Studien mit Schüler*innen in ähnlicher Ausprägung in der Typologie bei Physiklehrkräften rekonstruiert werden, was für die tiefe Verankerung als implizites, geteiltes Wissen und auch für eine mögliche Übertragbarkeit und Abstraktion weg vom Einzelfall spricht.

7.3 Diskussion der Ergebnisse im Hinblick auf Güte und Limitationen

Abweichend von den „klassischen“ Gütekriterien quantitativer Sozialforschung wie Objektivität, Reliabilität sowie Validität und den damit verbundenen methodischen Maßnahmen und Instrumenten, sind in der qualitativ-rekonstruktiven Sozialforschung vor allem folgende Gütekriterien etabliert, anhand derer der Prozess der Datenerhebung und -analyse

reflektiert werden soll (Flick, 2014; Kruse, 2015; Rabe et al., 2023; Strübing et al., 2018):

- **Qualitative Repräsentation**
  Wie in Kapitel 5.3.2 dargestellt, wird in qualitativer Sozialforschung keine Repräsentativität angestrebt mit dem Ziel, Schlüsse auf die Verteilung von gefundenen Merkmalen in einer Grundgesamtheit zu ziehen. Stattdessen wird versucht, eine möglichst große Heterogenität im Untersuchungssample zu realisieren, um so den Merkmalsraum in seiner Vielfalt aufspannen zu können. Die Güte der gefundenen Ergebnisse ist anhand der Grenzen der qualitativen Repräsentation zu diskutieren.
- **Intersubjektivität**
  Durch ein komparatives Vorgehen sollen fallimmanent und fallübergreifend Interpretationen abgesichert werden. Darüber hinaus soll eine Kontrolle der eigenen Standortgebundenheit insbesondere durch Multiperspektivität auf Daten und Interpretationen in Interpretationswerkstätten gewährleistet werden. Diese Form der Expert*innenvalidierung sieht vor, dass entweder eine Einigung über Lesarten hergestellt wird oder aber verschiedene Lesarten mit Bezug zur Textgrundlage kommunikativ nachvollziehbar gemacht werden müssen.
- **Konsistenz und Transparenz**
  Alle Interpretationen sind am Text zu belegen. Lesarten sollen über fallimmanente Vergleiche abgesichert werden, was nicht heißt, dass es innerhalb eines Interviewtextes keine Ambivalenzen oder Widersprüchlichkeiten geben darf. Das methodische Vorgehen ist dabei nachvollziehbar zu dokumentieren.

Kruse (2015) betont, dass die Gütekriterien bei rekonstruktiver Forschung nicht nur auf den Analyseprozess bezogen werden dürfen, sondern schon bei der Datengenerierung Berücksichtigung finden sollten.

Eine weitere mögliche Steigerung der Güte der Forschungsergebnisse durch eine Triangulation von Daten, wie sie Flick (2014) diskutiert, wird im Ausblick in Kapitel 7.6 skizziert.

Diskussion der Datenerhebung

Vor und während der Datenerhebung wurde eine umfangreiche Projektberatung zur Sicherung der Qualität des Forschungsdesigns realisiert. Ziele und mögliche methodische Ausrichtung der Arbeit konnten in diversen naturwissenschaftsdidaktischen Kolloquien sowie in interdisziplinären Methoden-Workshops präsentiert und diskutiert werden. Hierdurch wurde die Gegenstandsangemessenheit des Forschungszugangs über Interviews und die Auswertung mit der Dokumentarischen Methode gesichert.

Die Strukturierung des Interviews durch den Leitfaden stellt einen zentralen, kritisch einzuordnenden Punkt dar, insbesondere vor dem Hintergrund der generellen Kritik an Leitfadeninterviews im Kontext der Dokumentarischen Methode (Flick, 2014, S. 417). Um trotz der inhaltlichen Steuerung eine Offenheit für die Relevanzsysteme der Interviewten zu gewährleisten, wurde der Leitfaden co-kreativ im Hinblick auf Offenheit, Möglichkeit zur Erzählung und Passung zum Forschungsinteresse entwickelt (vgl. ausführlich Kapitel 5.3.1). Die Eignung des Leitfadens wurde nach den ersten geführten Interviews intersubjektiv abgesichert, indem Interviewausschnitte in einem physikdidaktischen Kolloquium zur Diskussion gestellt wurden. Die starken Kontraste gerade der Eckfälle bestätigen, dass verschiedene Relevanzsysteme trotz des Leitfadens zum Tragen kommen konnten.

Dennoch stellen einige Stimuli starke Propositionen dar, welche teilweise abstrakte und nicht handlungspraktische Ebenen ansprechen. Die Interviews sind daher auch geprägt von argumentativen, theoretisierenden Passagen. Erzählungen konnten teilweise nicht evoziert werden. Nohl (2017) folgend wurden die Passagen entsprechend nicht auf den wörtlichen Sinn hin analysiert. So wurden z. B. auf den Frage-Impuls zu den Unterschieden zwischen Physik und Technik nicht die konkreten genannten Unterscheidungskategorien, sondern der Handlungsrahmen der Antwort analysiert (z. B. Referenz auf Lehrpläne, eine fachliche Erklärung von Alltagsgegenständen oder eine historisch-gesellschaftliche Reflexion). Die Vorstellungen zu Unterschieden und zur Beziehung zwischen Physik und Technik wurden dann als Teil der rekonstruierten Orientierungen zum Bildungsideal identifiziert. Bei der Merkmalsausprägung *Weltverstehen* dient Physik dem Verständnis der technisierten Umwelt, womit vor allem das Bild von Technik als angewandter Physik (Technology as applied Science) transportiert wird. Eine starke Trennung von Technik und Physik

ist dagegen immanent bei den Merkmalsausprägungen *Handwerk* und *Reinheit*.

Neben der Form der Datenerhebung ist auch der Feldzugang für das Zustandekommen der Ergebnisse zu reflektieren: Alle interviewten Lehrkräfte haben ohne (Aussicht auf) eine Entschädigung freiwillig und in ihrer Freizeit an der Studie teilgenommen. Dem Sample ist demnach eine prinzipielle Offenheit gegenüber und Wertschätzung von (fachdidaktischer) Forschung zuzuschreiben sowie eine Hilfsbereitschaft anderen gegenüber. Darüber hinaus war der Zugang stark geprägt durch einzelne Gatekeeper. Das Sample weist außerdem eine geringe bis keine Heterogenität im Hinblick auf die heuristischen Merkmale Wohn- bzw. Arbeitsort, Nationalität, naturwissenschaftliche und geisteswissenschaftliche Zweitfächer und Gender auf.

Gerade in den Gesprächen mit älteren Interviewteilnehmer*innen ist der konjunktive Erfahrungsraum der DDR immer wieder relevant. Hier fehlen im Sample entsprechend gleichaltrige Lehrkräfte, welche in den alten Bundesländern sozialisiert sind, als Vergleichsfälle. Dies kann zu einer geringeren Repräsentation der tatsächlichen Heterogenität des Feldes beitragen, so dass weitere Typiken oder noch kontrastreichere Merkmalsausprägungen und Eckfälle im realisierten Sample nicht sichtbar werden.

Außerdem sind die Ergebnisse in ihrem zeitlichen Entstehungszusammenhang zu verstehen. Die Interviews wurden 2017 und 2018 geführt und damit vor der deutlichen Prägung des Erfahrungsraums Schule durch die Corona-Pandemie oder der Verbreitung generativer Large Language Models.

Diskussion des Analyseprozesses

Im Hinblick auf die Analyse, insbesondere auf die interpretative Arbeit, wurde dem Gütekriterium der Intersubjektivität entsprechend Interviewmaterial in unterschiedlichen Interpretationswerkstätten bearbeitet. Die Arbeit in den Werkstätten wurde audiographiert und bildet die Grundlage für die reflektierenden Interpretationen. Um eine möglichst große Multiperspektivität auf das Material zu gewährleisten, wurden fachlich-inhaltlich und methodisch sehr unterschiedliche Interpretationsgruppen gewählt.

Auch wenn bei der Analyse und der Arbeit in Interpretationswerkstätten eine rein beschreibende Haltung den Fällen gegenüber eingenommen werden soll, kann die eigene Standortgebundenheit nicht vollständig abgelegt werden. Die Interpretation ist also auch immer von eigenen normativen Vorstellungen von z. B. gutem Physikunterricht geprägt. Durch die Arbeit in Interpretationsstätten und die Textfokussierung können diese Einflüsse nur minimiert werden. Die jeweilige Verortung und der Umfang der Textarbeit in den verschiedenen Werkstätten sind in Abbildung 7.1 schematisch dargestellt.

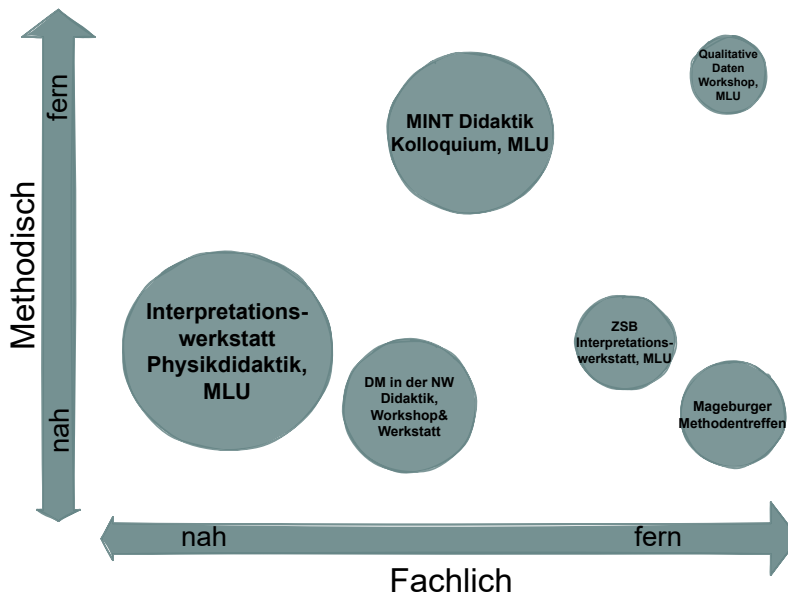


Abbildung 7.1: Interpretationsgruppen, in welchen Auszüge aus dem Material interpretiert wurden. Die Gruppen wurden charakterisiert nach ihrer methodischen Nähe zur Dokumentarischen Methode und ihrer fachlichen Nähe zum Forschungsgegenstand. Die Größe der Kreise symbolisiert den Umfang der gemeinsamen Analysearbeit.

Die rekonstruierten Orientierungen wurden fallimmanent auf Konsistenz überprüft. Der Analyseprozess wurde in MAXQDA strukturiert und dokumentiert und alle Interpretationen und Analysen so direkt mit dem Textmaterial verknüpft. Die softwaregestützte Analyse bietet viele Vorteile,

wie die Möglichkeit, Daten zu durchsuchen, zu filtern und zu verknüpfen, hat jedoch auch Grenzen: So wird z. B. nicht die iterative Genese der Interpretationen abgebildet, sondern nur das Ergebnis des bisherigen Prozesses.

Die Interpretationen sind stets textbezogen und vor allem durch die fallübergreifende Kontrastierung begründet. Die Falldarstellungen der Eckfälle folgen den Verläufen der Interviews, so dass die unterschiedlichen Strukturierungen und Orientierungen maximal nachvollziehbar sind.

7.4 Diskussion der Ergebnisse im Hinblick auf gelingenden Physikunterricht

Diese Arbeit ist eine grundlagenorientierte Forschungsarbeit. Insofern kann sie keine empirisch gesicherten Aussagen über z. B. die Lernwirksamkeit konkreter Unterrichtssettings geben, wie dies eine Wirksamkeits- oder Interventionsstudie könnte. Dennoch ist die Arbeit in einen normativen Rahmen eingebettet, der bestimmte Zielvorstellungen von Physikunterricht, davon was dieser leisten soll und was Kinder für ein gelingendes Miteinander in einer globalisierten, technisierten, demokratischen Welt brauchen, prägt (vgl. Kapitel 2.2). Vor dem Hintergrund dieser Ziele sollen die Ergebnisse daher noch einmal eingeordnet werden.

Bearbeitung von Socioscientific Issues

In den Interviews werden unterschiedliche Socioscientific Issues und deren Einbettung in den Unterricht dargestellt. Durch den Leitfaden wurden insbesondere die Themen Radioaktivität und Energieversorgung häufig thematisiert, seltener Mobilität und Klimawandel. In den Darstellungen werden einige themenübergreifende unterrichtliche Bearbeitungsmodi dieser Inhalte sichtbar, die im Hinblick auf die mit Socioscientific Issues verbundenen Ziele kritisch zu sehen sind (vgl. Bub und Rabe, 2023a):

Im *Modus der Begrenzung* werden gesellschaftliche, politische oder ethische Themen nicht als (Kern-)Bestandteil des Physikunterrichts verstanden und z. B. an andere Fächer delegiert. So verweist Kirsten Lehmann bei einer

aufkommenden Diskussion zum Klimawandel die Schüler*innen explizit an den Geographielehrer (vgl. Falldarstellung auf S.266). Bei anderen Fällen wird die gesellschaftliche Perspektive häufig von den zentralen, inhaltlichen Vorgaben des Physikunterrichts abgegrenzt, also als ein Randthema verstanden und mit Verweis auf die zeitlichen Rahmenbedingungen nicht realisiert. Damit einher geht auch der *Modus des Ungeplanten*, bei dem die ethische Perspektive nicht Teil der Unterrichtsvorbereitung ist, sondern spontan und reaktiv aufgegriffen wird, wenn diese z. B. von Schüler*innen angebracht wird.

Im *Modus des Besonderen* wird der Unterricht zu Socioscientific Issues klar abgegrenzt von der vorherrschenden Norm des üblichen Physikunterrichts. Dies passiert insbesondere auf einer methodischen Ebene: Stefan Schuhmacher beschreibt eindrücklich, wie in der Stunde zur Atombombe nichts aufgeschrieben wird und stattdessen ein Lied gehört und gemeinsam übersetzt wird. Kirsten Lehmann erzählt vom Quiz vor Weihnachten, in dem historische Persönlichkeiten aus Naturwissenschaft und Technik thematisiert werden. Aber auch auf einer Interaktionsebene wird die Besonderheit dieser Themen betont: Bei zwei Fällen wird beschrieben, wie sich das Nähe-Distanz-Verhältnis zwischen Lehrkräften und Schüler*innen hierbei von dem im „klassischen" Physikunterricht unterscheidet (vgl. Antinomien nach Helsper, 2011.) Besonders eindrücklich ist dies bei Jasmin Albrecht:

> *generell find ich solche diskussionen aber anregend weil physik sonst auch kein:: fach ist wo man viel über die SCHÜLER und ihre MEINUNG erFÄHRT und das ist dann was wo die auch nochmal MENSCHLICHER werden, das find ich dann ganz angenehm*
> (Jasmin Albrecht, Pos. 352-355)

Der Physikunterricht prägt demnach ein von Distanz und Professionalität bestimmtes Verhältnis zu Schüler*innen. Das strikt Fachliche des Unterrichts, das sich auf Formalismen und Analysen fokussiert und dabei Emotionen, Wünsche, Visionen oder Ängste ausblendet, bestimmt auch das Verhältnis zwischen Schüler*innen und Lehrkräften. Dieses wird aufgebrochen bei der Behandlung von Socioscientific Issues. Schüler*innen werden dabei nicht mehr in ihrer Rolle als Physikschüler*innen wahrgenommen, sondern als ganze Person mit eigener Biographie, familiärem Hintergrund, Wünschen etc. Dabei wird auch der *Modus der begründeten Sorge* relevant. Die Lehrkräfte versuchen dabei, Schüler*innen unbegründete

Sorgen zu nehmen und bei einer aus Sicht der Lehrkräfte unbegründeten Sorglosigkeit hierfür zu sensibilisieren. Das Beispiel Radioaktivität sticht mehrfach hervor, bei dem Lehrkräfte betonen, Radioaktivität an sich sei natürlich und eine generelle Angst unbegründet. Andererseits wird die Perspektive der Schüler*innen auf z. B. radioaktiven Abfall als leichtsinnig bezeichnet. Der Rollenwechsel zu einem näheren, umfassenderen Lehrer*innen-Schüler*innen-Verhältnis scheint für die Lehrkräfte ein irritierendes, krisenhaftes Moment darzustellen, wird aber auch als interessant und positiv dargestellt.

Dieser Rollenwechsel wird auch in einem *Modus der normativen Überforderung* deutlich: Dabei wird der Umgang mit dem eigenen normativen Standpunkt im Physikunterricht problematisiert. Dennis Groß und Jasmin Albrecht betonen z. B., dass sie entweder keine eigene Meinung äußern oder dies nur zurückhaltend tun dürfen, um so Schüler*innen in ihrer Meinungsbildung maximale Freiheit zu ermöglichen. David Jäger als Typus Universalist dagegen sieht bestimmte normative Ziele (wie beispielsweise eine erneuerbare Energieversorgung) als gesellschaftlich ausgehandelt und damit nicht mehr diskutabel:

> *so zu aktuellen problemen der gesellschaft stellung beziehen, das ist auf jeden fall DRIN [Interviewer: ja], das MUSS auch sein und das ist auch PFLICHT*
> (David Jäger, Pos. 686-688)

Einordnung vor dem Hintergrund von Bildung für nachhaltige Entwicklung

Eine politische, globale, gesamtgesellschaftliche Perspektive für den Physikunterricht wird im Sample vor allem vom Typus Universalist*in elaboriert – in den anderen Typen nimmt diese eine stark untergeordnete Rolle ein. Gerade unter dem normativ verankerten Leitbild einer Bildung für nachhaltige Entwicklung und der steigenden Relevanz von Bewertungskompetenz ist diese Perspektive jedoch zentral (Asbrand, 2008; Bub et al., 2025; Sander & Höttecke, 2018; Wodzinski et al., 2025). Bildung für nachhaltige Entwicklung, nicht als „Ausweitung des Themenspektrums, sondern [als] stärkeren (z. T. auch stärker zukunftsorientierten) Realitätsbezug fachlicher

Inhalte“ verstanden (Engagement Global, 2016), betont neben den expliziten fachlichen, kognitiven Wissensbeständen insbesondere die impliziten, grundlegenden und nur teilweise fachbezogenen Orientierungen (Asbrand & Martens, 2013). Für BNE, insbesondere in den Naturwissenschaften, sind vor allem systemisch vernetzende, globale Sichtweisen integrierende Ansätze von zentraler Bedeutung (Engagement Global, 2016, S. 335).

Vor diesem Hintergrund kann insbesondere die rekonstruierte Orientierung *Weltgesellschaft* als günstige Voraussetzung für gelingende BNE identifiziert werden. Diese setzt das Individuum in gesellschaftliche Zusammenhänge und erkennt deren Komplexität an. Beim *Typus Fatalist*in* wird diese Komplexität allerdings ins Undurchschaubare und Unveränderbare gesteigert. Das Individuum wird nicht mehr als Gestalter*in anerkannt, sondern zum Spielball einer schicksalhaften, systembedingten Entwicklung. Kritisch am *Typus Universalist*in* im Hinblick auf gelingende BNE ist die Überhöhung der physikalisch-naturwissenschaftlichen Perspektive gegenüber gesellschaftswissenschaftlichen und ethischen. Die Herausforderungen einer nachhaltigen Entwicklung sind nur multiperspektivisch zu erschließen und zu lösen, so dass die Integration interdisziplinärer Ansätze für BNE zentral ist.

7.5 Implikationen der Ergebnisse für die Lehrer*innenbildung

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse dieser Arbeit erscheint eine stärkere Integration der in Kapitel 2 dargestellten Bildungsansätze zur Wissenschaftstheorie (Nature of Science) und -ethik (Socioscientific Issues, Bildung für nachhaltige Entwicklung und ethisches Bewerten) in der Lehrer*innenbildung naheliegend (vgl. auch Constantinou et al., 2010, S. 186).

Ein Ausbau des inhaltlichen Fokus auf z. B. Socioscientific Issues in allen Phasen der Lehrer*innenbildung kann einen Beitrag darstellen (Dow, 2006) und die trotz zahlreicher Reformen immer noch randständige Rolle dieser Perspektiven stärken (Kircher et al., 2015, S. 27). Dabei können Materialien und Formate hilfreich sein, welche verschiedene Zugänge zu ethischen und wissenschaftstheoretischen Themen ermöglichen und so

differenziert Brücken für die in dieser Arbeit gefundenen Typen bauen. Für den Typus Praktiker*in z. B. könnten Citizen Science und Maker-Ansätzen (Hacking, Makerspaces, Mikrocontroller etc.) praktische Tätigkeiten mit wissenschaftlichen und gesellschaftsrelevanten Fragestellungen verbinden. Für den Typus Erklärer*in und Universalist*in könnte eine Verbindung von Alltagsphänomenen und Alltags-Technik mit globalen Zusammenhängen einen Zugang bilden, z. B. Änderungen im Stadtklima in den Kontext Klimawandel zu setzen.

Auch eine veränderte Praxis im Umgang mit Experimenten in der Physik-Lehrer*innenbildung kann die von Jadrich und Bruxvoort (2013) beschriebene unreflektierte Übernahme eher technischer Handlungsweisen (wie das Optimieren im Hinblick auf einen gewünschten Wert oder Zustand) auf eigentlich naturwissenschaftliche Kontexte reduzieren. Eine Reflexion der Experimentierpraxis und Irritationen durch bewusste Brüche mit etablierten Experimentiersettings (z. B. durch Formen des offenen Experimentierens, vlg. Reinhold, 1996, und einen anderen Umgang mit Messunsicherheiten, vgl. Heinicke und Holz, 2020) können angemessenere Vorstellungen von Nature of Science und damit auch fachlich angemessene Unterscheidungen zwischen Physik und Technik unterstützen.

Lehrer*innenbildung kann Lehrkräfte auf den Umgang mit Normativität und Ethik im Physikunterricht stärker vorbereiten, denn: „classrooms can not be value free, but value-fair" (Sadler et al., 2006, S. 371). In Zeiten populistischer und demokratiefeindlicher Angriffe auch auf das Bildungssystem sollten Lehrkräfte kompetent gesellschaftliche Werte vertreten können und nicht die gebotene Überparteilichkeit als Wertneutralität fehlinterpretieren (Cremer, 2019). Im Hinblick auf Bildung für nachhaltige Entwicklung kann gerade die in Nachhaltiger Entwicklung angelegte Wertekonkurrenz und ein Umgang mit unauflösbaren Zielkonflikten betont werden, so dass ethische Themen nicht auf eine simplifizierte Pro-/ Kontra-Betrachtung reduziert werden (Sadler et al., 2006).

Aber der Einfluss der Lehrer*innenbildung auf habitualisiertes Wissen ist begrenzt (Brickhouse, 1989, S. 448). Eine Förderung des v. a. fachlichen Teils des Professionswissens von Lehrkräften im Bereich Technik und Verantwortung allein wird, so lässt es die Studienlage vermuten, nicht ausreichen, um die unterrichtliche Praxis zu verändern (Bartos & Lederman, 2014), die

geprägt ist von impliziter Regelhaftigkeit basierend auf habitualisierten Orientierungen, wie den in dieser Arbeit rekonstruierten.

Daher ist neben der inhaltlichen Stärkung vor allem Reflexivität als Ziel der Lehrer*innenprofessionalisierung in den Blick zu nehmen (Aufschnaiter et al., 2019). Die kognitive Entlastung durch das routinisierte, habituelle Handeln schafft zwar in der Praxis häufig überhaupt erst Handlungsfähigkeit (Keller, 2011b, S. 44). Für die Professionalisierung der Lehrpersonen ist jedoch die Ausbildung einer Reflexionsfähigkeit zentral, um einen analytischen Blick auf die eigenen Urteile, deren Genese und die eigenen Post-hoc Rationalisierungsstrategien zu entwickeln und damit überhaupt Bildung im Sinne einer Transformation von Selbst- und Weltbeziehungen zu ermöglichen (Gebhard et al., 2017; Geimer, 2012). Diese von Cramer et al. (2019) als Meta-Reflexivität bezeichnete Fähigkeit ist wesentlich für die in allen Professionalisierungstheorien herausgearbeiteten charakteristischen Herausforderungen von Unterricht (vgl. Kapitel 3.2).

Insbesondere der Umgang mit Unsicherheit und nicht rezeptartig zu lösenden Problemen wird hierbei immer wieder betont. Die Trias Physik-Technik-Verantwortung stellt hier auf zwei Ebenen eine besondere Herausforderung dar: Auf einer unterrichtspraktischen Ebene sehen sich Physiklehrkräfte z. B. mit einer für den Unterricht sonst unüblichen Meinungs- und Perspektivenvielfalt und damit Komplexität im Klassenzimmer konfrontiert (inkl. der Relevanz ihrer eigenen, subjektiven Position). Auf der fachlich-inhaltlichen Ebene sind die ethischen Verantwortungsprobleme der technisierten und globalisierten Gesellschaft auch durch Komplexität und Uneindeutigkeit geprägt. Für eine Förderung von Multiperspektivität und Perspektivwechsel in der Lehrer*innenbildung auf diesen beiden Reflexionsebenen – Unterrichtsgestaltung und Unterrichtsgegenstand – sind geeignete Anlässe nötig, wie sie zum Beispiel durch kasuistische Lehr-Lernformate geschaffen werden können (Kramer et al., 2025; Wittek et al., 2021). Eine meta-reflexive Haltung kann dann für die unterrichtliche Realisierung von ethisch relevanten Themen im Physikunterricht zentral sein, da hierbei die Fähigkeit zur Reflexion moralischer Intuitionen ein zentrales Element darstellt (Dittmer et al., 2016). Eine Lehrer*innenprofessionalisierung durch Förderung von Reflexionskompetenz kann auch einen angemessenen Umgang mit den im Interviewmaterial angedeuteten Antinomien, insbesondere von Nähe und Distanz und zwischen institutionellen und individuellen Bildungszielen, unterstützen.

7.6 Ausblick

Wie in Kapitel 4 bereits dargelegt, ist eine rekonstruktive, fachdidaktische Forschung insb. mit der Dokumentarischen Methode ein noch kleines, aber dynamisches Feld (Rabe et al., 2023). Entsprechend vielfältig sind die unbearbeiteten Forschungsfragen, die sich an die Befunde dieser Arbeit anschließen können. Einige (subjektiv) zentrale Linien im Hinblick auf eine methodische und inhaltliche Weiterentwicklung des Forschungsfeldes sollen hier umrissen werden.

Vor dem Hintergrund der diskutierten Limitation des Interview-Leitfadens (Kapitel 7.3) könnten Interviews mit Physiklehrkräften mit anderer Schwerpunktsetzung geführt werden. Zwei mögliche Foki liegen hierbei nahe:

Erstens ein stärker kontextorientierter Zugang zu konkreten Socioscientific Issues des Unterrichts und damit ein noch stärkerer Fokus auf Unterrichtsgeschehen statt der dekontextualisierten Rahmung des Gesprächs. Beispielsweise könnte konkret die Bearbeitung der Themen Klimawandel oder Energiewende im Fokus von Interviews stehen. Gerade das Thema Klimawandel im Physikunterricht erfährt durch eine stärkere curriculare Verankerung (z. B. als eigener Kompetenzschwerpunkt im Physik-Lehrplan Sachsen-Anhalt seit 2022) und ein dynamisches Forschungsfeld starke Relevanz (Höttecke et al., 2025; Ministerium für Bildung Sachsen-Anhalt, 2022a).

Zweitens wäre ein stärker biographischer Fokus denkbar. In einigen Interviews dieser Arbeit wurde z. B. die biographische Relevanz des Systembruchs durch das Ende der DDR deutlich. Dabei deutete sich auch die unterschiedliche Relevanz technischer Bildung im geteilten Deutschland an. Ein stärker biographischer Fokus könnte auch eine soziogenetische Typenbildung ermöglichen (vgl. Kapitel 5.1.4) und darüber hinaus weitere im Material angedeutete Perspektiven vertiefen. So wird z. B. die Perspektive Gender in einigen Interviews manifest, insbesondere bei Kirsten Lehmann, die das Praktisch-Handwerkliche als klar männlich konzipiert, obwohl sie selbst mit dieser Norm bricht. Unter dem methodologischen Dach der Identitätsforschung und mit Blick auf eine identitätssensible Unterrichtsgestaltung (gerade beim Thema Technik) könnte die Perspektive auf die angedeuteten Aushandlungsprozesse von Gender und Technik im

Physikunterricht vertieft werden (Avraamidou, 2014; Rabe & Krey, 2018; Schmid, 2023).

Neben der Vertiefung von inhaltlichen Aspekten dieser Studie ist auch eine Erweiterung des Samples naheliegend, um weitere Kontraste herauszuarbeiten und das Feld noch besser zu erschließen. Die bereits genannten Einflüsse der politischen Systeme im geteilten Deutschland berücksichtend könnten mit einer Erweiterung um (insb. ältere) Physiklehrkräfte aus Westdeutschland weitere Details herausgearbeitet werden. Auch durch Interviews mit Lehrkräften anderer (naturwissenschaftlicher) Fächer könnte das Fachspezifische der rekonstruierten Orientierungen noch klarer herausgearbeitet werden.

Auch eine Triangulation mit anderen Arten von Daten kann die Befunde dieser Studie vertiefen und zu deren Einordnung beitragen. Zwei mögliche Triangulationen sollen hier umrissen werden.

Eine diskursanalytische Perspektive auf Schulbücher könnte die in diesen festgeschriebene „Kondensierung von Beobachtungen" zur Trias Physik-Technik-Verantwortung die ein „soziales Wissen aus einem Universum möglicher Beschreibungen [darstellt]", in den Blick nehmen (Höhne, 2003, S. 67). Das Schulbuchwissen hat im Kontext Schule eine besondere Stellung inne, da diesem ein „Wissen um die Repräsentativität, die soziale Relevanz, die Objektivität [. . .] stets schon eingeschrieben [ist]" (Höhne, 2003, S. 71). Gardner bemerkt im Hinblick auf die Darstellung von Technik in Science-Schulbüchern: „textbooks juxtapose a physics principle and a technological artefact as if there was a simple and obvious relationship between the two, they misrepresent the complexity of the relationship between science and technology, and thereby help perpetuate a myth that serious scholars have long ago demolished" (Gardner, 1999, S. 338). Die Darstellungen im Schulbuch, gerade von Technik und ethisch relevanten Aspekten, sind dabei auch ein Spiegel des gesellschaftlichen Diskurses und eines politischen Agendasettings, wie Heusler und Heinicke am Beispiel der Schulbuch-Darstellungen zur Kernenergie diskutieren (Heusler & Heinicke, 2017).

Schließlich ist die Unterrichtspraxis selbst in den Blick zu nehmen. Videographische Studien können implizite Muster des Physik-Anfangsunterrichts, der Klimabildung oder auch des projektorientierten, fächerübergreifenden Lernens, die gerade im Kontext Bildung für nachhaltige Entwicklung gefordert sind (vgl. Ministerium für Bildung Sachsen-Anhalt, 2022b),



Abbildung 7.2: Der Kranichzug. Foto von Richard Lee auf Unsplash

aufklären. Darüber hinaus können Interventionsstudien z. B. einem Design-Based-Research-Ansatz folgend, gezielt praxisnahe Materialien zur Trias Physik-Technik-Verantwortung entwickeln. Damit können sowohl für die Lehrer*innenbildung als auch für den Physikunterricht selbst Zugänge gefunden werden, welche der Komplexität und Vernetzheit von Physik, Technik und Verantwortung angemessen sind. So könnte den Bildungsansprüchen, welche die Präambeln der politischen Papiere zum Physikunterricht prägen, ein Stück mehr genügt werden und unser Umgang mit Natur (vgl. Abbildung 7.2 in Anspielung an Wagenschein, 1976) und Technik zukunftsfähiger gemacht werden.

Anhang

A

Interviewleitfaden

Tabelle A.1: Interviewleitfaden

0	**Organisatorisches**
	Aufzeichnung, Transkription, Widerspruch jederzeit möglich, Veröffentlichung nur nach Anonymisierung, Subjektive Einschätzung von Interesse
I	**Berufsbiographie**
	Ich würde zunächst einmal gern mehr über Sie erfahren. Erzählen Sie mir doch mal, wie es dazu gekommen ist, dass Sie *Physik*lehrer/in geworden sind. Fallen Ihnen konkrete Erlebnisse ein, die Sie mit Physik oder Technik verbinden? Erinnern Sie sich an konkrete Situationen, die vielleicht prägend für Ihre Berufswahl waren?
II	**Physik und Technik**
	Nun habe ich schon die Begriffe Physik und Technik in den Raum geworfen. Mich interessiert, worin Sie Unterschiede zwischen Physik und Technik sehen. Nun habe ich Sie schon nach den Unterschieden zwischen Physik und Technik gefragt. Welche Verbindungen zwischen Physik und Technik sind denn aus Ihrer Sicht bedeutend? Gibt es noch etwas, was Ihnen sonst noch wichtig ist zu dem Feld Physik und Technik?
III	**Verantwortung im Kontext Physik-Technik**

	Neben Physik und Technik interessiere ich mich ja für den Begriff Verantwortung. Was fällt Ihnen denn spontan ein bei dem Begriff? Kommen wir wieder zurück auf Physik und Technik. Wie bringen Sie Verantwortung damit in Verbindung?
IV	**Physik-Technik-Verantwortung im Physikunterricht**
	Jetzt haben Sie mir schon erzählt von der Beziehung zwischen Physik und Technik und die Rolle von Verantwortung. Mich interessiert nun noch, wie Sie dieses Themenfeld mit Physikunterricht in Verbindung bringen? Wo sehen Sie Möglichkeiten, im Physikunterricht daran anzuknüpfen? Fallen Ihnen (noch mehr) Beispiele ein, wo man das Feld Physik, Technik, Verantwortung thematisieren könnte? Erinnern Sie sich vielleicht an Situationen, in denen Technik und Verantwortung Thema Ihres Unterrichts war? Wie haben Sie das Thema behandelt?
Aufrechterhaltung: Können Sie das genauer beschreiben? Haben Sie (noch) ein Beispiel dafür, damit ich mir das besser vorstellen kann? Was meinen Sie damit? Wie meinen Sie das? Wie habe ich mir das vorzustellen? Was ist Ihnen sonst noch wichtig hierbei?	
Gibt es noch etwas, das Ihnen wichtig ist, was aber noch nicht zur Sprache gekommen ist? Ich danke Ihnen herzlich für das offene Gespräch!	
Einverständnis, Biographische Daten, Weiterempfehlung	

B

Transkriptionsrichtlinien

Tabelle B.1: Transkriptionsrichtlinien

Transkript(-Beispiele)	*Transkriptionsregel*
Pausen	
(.)	Kurze Pause (bis 1 Sekunde)
(2), (3), ...	Längere Pause von 2,3, ... Sekunden Länge
Betonungen	
UNbedingt	Betonte Silben werden GROß geschrieben
°leise°	Sehr leise gesprochen
Wortabb-	Wort- oder Satzabbruch
La::::::nge	Dehnung; Anzahl der : entspricht der Länge der Dehnung
Oh=nee, Ham=se	Wortverschleifung
Überlappungen	
Das war [Interviewer: mhm] eine	Kurzer Einwurf eines*einer Sprecher*in
A: Da {haste Recht.} B: {Ja klar} ist das	Gleichzeitiges Sprechen beim Sprecher*innenwechsel
Parasprachliche Äußerungen	
((stöhnt))	Beschreibung parasprachlicher, nichtverbaler oder gesprächsexterner Ereignisse
@(.)@	kurzes Auflachen

@(3)@	Längeres Lachen mit Zeitangabe in Sekunden
@(nein)@	Lachend gesprochen
Endintonationen	
.	Stark sinkende Intonation
,	schwach steigende Intonation
?	Stark steigende Intonation
Schreibweise	
Groß- und Kleinschreibung	Es wird grundsätzliche klein geschrieben. Einzige Ausnahme: Interviewer und Pseudonyme
Lautgerechte Schreibweise	Z. B. det is keen problem. wie spät issn?
(?den kindern?)	Unverständliche Passage ggf. mit der vermuteten Äußerung in Klammern
Anonymisierung	
%stadt%, %person 1%	Namen von Personen, Orten, Einrichtungen u.ä. werden wie nebenstehend anonymisiert und ggf. nummeriert.

C

Beispieltranskript

Um einen Eindruck vom gesamten Interviewverlauf zu ermöglichen und somit Transparenz über die Rohdaten zu erhöhen, wird hier als Beispiel das Transkript des Falls *Dennis Groß* vollständig abgedruckt. Die übrigen Transkripte sind beim Autor einsehbar.

Tabelle C.1: Volltranskript Dennis Groß

Pos.	Transkript
1	Interviewer: ja, einmal (.) STARTen und würde zum äh (.) zum einstieg erst
2	gern nochmal bisschen was über DICH erfahren, wissen, wie es denn dazu
3	@gekommen@ ist, dass du phySIKlehrer geworden bist.
4	Groß: A:::CH ja (.) wie ists dazu gekommen? naja (.) [Interviewer: @(.)@]
5	vielleicht so auf verSCHLUNGenen PFAden [Interviewer: okay] also, abi
6	gemacht ähm mathe physik leistungskurs. [Interviewer: Ja] Und da liegt das
7	schon NA::H [Interviewer: @(.)@] aber irgenwie ä::hm hab ich letztendlich
8	die ZEIT nicht ghabt mich richtig zu imformiern. was ich denn so studiern
9	will und hab dann erstma was (.) kurzschlussmäßiges studiert (.) so
10	kurzschlusshandlung war WIRTSCHAFTSinformatik, das war so 2005 rum total
11	IN. [Interviewer: okay @(.)@] U:::nd (.) war so GAR nich meins total
12	trocken u:::nd ja sehr RECHTSlastig und hab dann schon nachn ersten
13	semester so für mich entschieden, dass das wohl nix wird. in %stadt 1% hab
14	ich da studiert (.) [Interviewer: Mhm] u::nd bin dann nachm zweiten
15	semester och RÜBERgwechselt zu:: lehramt. ich hab letztendlich mal n
16	praktikum ausprobiert (.) [Interviewer: Mhm.] U::nd (.) weil ich so

LÖSungen halt sondiert hab. so das zweite semester da (.) verwendet paar
opTIONen mir anzugucken. naja und war ganz GUT. [Interviewer: Ja] also es (.)
ist halt was, wo de sachst, na gut, wenn de vor ner klasse stehst (.)
meiner erfahrung, manche könns, manche könns nich. hat SPAß gemacht (?den
kindern?) eigentlich och u::nd (.) ja, hab dann für mich entschieden, dass
ich das mal mache un in %stadt 2% studiert [Interviewer: wo? In %stadt 2%
(.) in %stadt 2%?] In %stadt 2%. [Interviewer:Ja] JA genau fü::r (2) neun
semester? keine ahnung, also ich glaub n semester über der
regelstudienzeit. (.) u::nd ja dann referen-daria::t hier in %stadt 3%
gemacht (.) also ürsprünglich komme ich aus, muss ich vielleicht
dazusachen, %stadt 4%, %stadt 5% da die ecke, das is hier (.) östliches
%bundesland 1% [Interviewer: %stadt 4%, gibts n %produkt 1%, oder? %stadt 4%er] gibts-
%produkt 2%stadt is des. [Interviewer: {Ach ja, genau stimmt %stadt 4%er %produkt 2%.
ja, mhm}] {%produkt 2% kommt da her.} ja::: und (.) ja hats mich danne jetz nach
%bundesland 2% (.) mindest zur ZEIT verschlagen, sach ich mal @(.)@ u::nd
ja bin jetzt schon an der schule seit vier jahren (.) nachn referendariat
gleich gelandet. hat halt ne ganz gute anbindung, dass war so (.) MEIN
beweggrund für die schule. mint hört sich ganz gut an. (.) Ja.
[Interviewer: mhm.] hört sich zumindest @(an)@. [Interviewer: @(.)@] JA. ja
ansonsten. is eigentlich SCHÖN, ich meine ländliche gegend (.) schüler (.)
alle mehrheitlich lieb (.) [Interviewer:okay.@(.)@] Also, GIBT sicherlich
schlimmere ecken. (2) joa. (.)[Interviewer: mhm.] Das ist so mein
beRUFliches. @(.)@
Interviewer: Ä:::M. (2) kannst du vielleicht (.) äh (.) son paar kon-
konkrete erlebnisse beschreiben, die vielleicht irgendwie (.) PRÄgend
waren und die du irgendwie ganz konkret mit mit phySIK irgendwie
verbindest und vielleicht auch mit na soll dann noch um technik gehen. die
vielleicht so physikalsisch und technisch waren. und die irgendwie (.) so
aha-momente waren vielleicht im studium oder davor in der schule, wenn du

sagst du hast schon leistungskurs gehabt, ne?
Groß: mich geprägt ham physiKAlisch? pfu::h [Interviewer: @(.)@] is eher so
die SUMme des ganzen also WAS mich immer WAHNsinnig so fasziniert hat auch
so in der schule war schon so, JA relativitÄT u:::nd raumzeit und schwarze
löcher. vor allem so diese KOSmologie dieser aspekt. so himmelsmechanik
fand ich immer WAHNsinnig spannend das da sozusachen auch so diesen aspekt
berührt, wo man sach ich mal so über seine eigene existenz nachdenkt. wo
dann auch so (.) philoSOphische fragen sich anknüpfen. [Interviewer:Ja.]
U::nd ja so diese RANDgebiete (.) ähm (.) der physik. sach ich jetzt
einfach mal randgebiete is vielleicht n bisschen (.) sach ich ma WEIT
gegriffen, aber in der schule sind ja schon RANDgebiete [Interviewer: mhm.]
aber äh (.) dass wenn mer sach ich mal die physik konsequent zuende denkt
man dann wirklich vor solche (.) SACHen stößt wo mer einfach nur noch mit
KOPF schüttelt in was für ner wahnsinnig TOLlen WELT wir leben und was es
für ein riesen GLÜCK ist [Interviewer: @(.)@] oder ZUfall oder intelliGENTES
deSIGN, dass es uns GIBT [Interviewer: Jaa.] und das ist so ne sache, DA::
beschäftige ich mich hin und wieder gerne mit, sach ich mal auf
popuLÄRwissenschaftlicher ebene jetzt pf- (.) die Formel brauch ich jetzt
nicht UNbedingt @(2)@ [Interviewer: @(2)@] @(Ich glaub den das, {dass die
richtig rechnen.})@ [Interviewer: {@(die menschheitsformel)@}] geNAU, also
des des hat mich schon sach ich ma von der schulzeit an fasziniert und hat
sich dann sag ich mal auch durchs studium geZOgen.
Interviewer: hattest- hattest du im studium so (.) kosmologische (.)
{anknüpfungspunkte, ja?}
Groß: {himmelskosmologie, ja.} also das war WAHLpflicht. [Interviewer:
mhm.] das musstest de jetzt nicht, mar konnt dann entscheiden (.) und ja

(.) war eigentlich spannend. also [Interviewer: ja] letztendlich wars dann viel mechanik (.) ZWEIkörperproblem, @(DREIkörperproblem)@ [Interviewer: @(.)@] @(.)@ und [Interviewer: mhm] sach ich mal (.) wenn man NICHT so viel von der theorie weiß, isses schöner @(.)@ aber das wird dann vielleicht wieder n=bisschen spannend, wenn mer dann (.) sich nicht mehr so an der mathematik stößt.
Interviewer: okay, wie meinst du SCHÖner, wenn mans nicht (.) so genau weiß?
Groß: ja, wahrscheinlich, weil weil es ja dann DOCH die mathematik n bisschen komPLEX ist dahinter. (.) und bis mer die durchsteigt und man denkt so OCH geil, jetzt kann ich ausrechnen. schwarze löcher und so. [Interviewer: jaa.] u::nd dann und dann kommt mer vor die mathematik und denkt sich oh NEE ((stöhnt)) das hab ich @(mir aber ANders vorgestellt)@ [Interviewer: @(.)@] u::nd ja, mer brauch halt ne weile bis mer damit WARM wird. also is wie mit ALlen. also für die schüler zum beispiel, wie mit INtegrieren, DIFFerenzieren [Interviewer: ja] und irgendwann macht mers dann ganz naTÜRlich. und da kann mer eben die physik dahinter verstehen.
also das is ja auch das WICHtige, dass so die mathematik erst STEHT. (.) und dann kannste dich ja eigentlich erst mit de richtig interessanten fragen beschäftigen. [Interviewer: Mhm.] joa.
Interviewer: mhm. und wo, also=du=sachst, du tust dich außerhalb jetzt von (.) unterricht oder beruf sozusagen damit beschäftigen. wo (2) liest du oder schaust du ähm {sozusagen dazu} @(.)@
Groß: {Oh Gott } (.) ha (.) diverse literatur. [Interviewer:mhm] also stephen hawking hat da ja schöne sachen geschrieben. ähm warte. eine kleine geschichte der ZEIT hieß es glaub ich. dann äh
Interviewer: dann gabs nochmal ähm glaub ich die kürzeste oder die noch {kürzere geschichte @(.)@}
Groß: (ja (.)} äh richard feynman ist ja auch ein ganz toller physiker,

de::r so sachen beschreibt auf:: auch sach ich ma auf ne art des äh allgemeinverständlich wird ähm, ja (.) ähm queen, irgendwas mit queen macht tolles°. ich weiß es grad nich wie er hieß ähm irgendso ein amerikaner.° ja also DIverse literatur. [Interviewer: ja ja, das is ja schon] mal so, aber sach ich mal schon auf ner popülärwissenschaftlichen (.) [Interviewer: ja, naja] art und weise, also feynman dann jetzt geht schon in die FORmel, aber nimmt sich halt auch SEHR viel (.) zeit zum beschreiben. Und (.) ja videos gibt ja ne tolle reihe, unser kosmos die dann sach ich mal so (.) ÜBERbrückend ist sach ich mal jetzt nicht nur physik und das ist ja auch interessSANT, wenns dann sach ich mal auch so
(.) in die anderen themengebiete mitREINgeht °das de sachst° okay, also unsere existenz an sich ist ja was TOLles und (? ?) sach ich mal der ausgangspunkt IST ja die physik, aber geht natürlich auch in die chemie, die biologie dann irgendwann und so weiter [Interviewer: mhm.] und ja, ich
mein ich finde das eigentlich interessant, dass mer so, an dem was draußen
so vor sich geht schon interessiert ist. dass mer das NICH was mer so ham
als geGEben hinnimmt. des versuch ich so ein BISSchen den schülern mitzugeben aber mhm. @(.)@
Interviewer: @(.)@ mhm. was- was für fächer hast du? Bist du-
Groß: mathe, {physik mhm.}
Interviewer: {mathe, physik} ah ok, ja. mhm. (2) ä::hm ja super spannend. ich hab auch ein buch von Stephen Hawkings auf dem nachttisch liegen aber
es is @(.)@ [Groß: @(.)@] immer mal dann doch nur (.) bleibt man dann HÄNGen und dann oder nicht weiter aber (.) {der große entwurf oder so heißt es. ja genau}
Groß: {jaa (.) man muss meistens so in einem rutsch lesen}
Interviewer: ä::hm. (.) JA. schön äh ich hab diese (.) die beiden beGRIFfe für die ich mich irgendwie interssiere so die ich äh (.) ähm. hat ich jetzt schon geworfen. physik und eben TECHnik so diese beiden Felder die
da irgendwie AUFgespannt werden und würd mich jetzt (.) erstmal- oder
°würd dich jetzt erstmal fragen°, was denn so sponTAN dir einfällt wo de-
wo du vielleicht UNterschiede siehst zwischen eben (.) physik und der

technik auf der anderen seite?
Groß: na gut die TECHnik an sich ((räuspern)) is ja mehr so ne sache (.)
für ingenieure. [Interviewer: mhm.] also so die REIne physik, die schert
sich relativ wenig für die ANwendung, also dann wirds halt speziell und
dann guckt man in die anwendung. aber wenn ich jetzt so (.) wenn ich mir
jetzt (.) sach ich mal physikalisch grundlagen erarbeite oder so, dann hab
ich jetzt erstmal nicht die anwendung im SINN. [Interviewer: mhm.] dann
kann ich mir natürlich ähm anwendungen überLEGen an den modellen, aber das
ist dann ne sache, wo dann die physiker sagen, ach das machen ma die
ingenieure. und naTÜRlich gibts da ja äh schnittpunkte. also jeder
ingenieur hat och physik in seinem studium gehört, is ja klar. und (.)
ähm. (2) ja, also es ist halt schwierig, also es sind halt für mich (.)
schon (.) sie gehören zusammen, aber es es ist halt jetzt nicht, physik
ist gleich technik, also ich würd jetzt keine gleichung aufmachen wollen,
was [Interviewer: @(.)@] weils das nich ist. [Interviewer:ja.] physik (.)
beschäftig sich halt wirklich mit naTURgesetzen und wenn dann sach ich mal
ANwendungen abfallen ist das ja schön und GUT (.) u::nd sicherlich dem
physiker RECHT u::nd (.) letztendlich ist das sowieso immer so das
dilemma, dass du erstmal so diese GRUNDlagenforschung machst und
irgendwann paar (.) jahrzehnte, jahrhunderte später gibts dann mal
konkrete ANwendungen dafür. u:::nd ja ich meine, Einstein, als er seine
theorie aufgestellt hat, hatte er ja nicht nen quantencomputer im sinn.
Interviewer: mhm. das stimmt {wohl @(.)@}
Groß: {also, von} von daher äh kannst du nicht sagen, okay, kannst auch
nicht sagen, dass du hast auf der einen ecke die physik und auf der
anderen ecke die technik. du kannst in jeder technik findet sich physik
und die physik trägt zur technik bei. und du KANNST auch nicht so klar
TRENnen, also es ist halt ein übergang. (.) ein spektrum, wenn mer so
will. @(2)@ [Interviewer: @(2)@] dann wären wir wieder bei der physik.
{@(2)@}
Interviewer: {ja @(.)@} ä::hm magst du es mal, oder kannst du
versuchen es zu- an einem beispiel mal irdendwie so die äh die

unterschiede aus deiner sicht noch mal so zu diskutieren vielleicht,
also war jetzt ja (.) allgeMEIN abSTRAKT so ähm (.) {wo das für dich
irgendwie deutlich ist}
Groß: {naja was weiß ich.} jetzt nehm ich mal ein ganz einfaches beispiel.
n AUto [Interviewer: mhm.] (.) so als physiker sach ich okay ähm ich hab
jetzt meine mesCHAnik, ich hab jetzt mein modell der PUNKTmasse, das
bewegt sich von a nach B das DING. ich kann die beWEgung analysieren und
so weiter und so fort, aber ich kann natürlich auch mich interessieren,
wie funktioniert der verbrennungsprozess im MOtor. ich kann mir so diverse
sachen RAUSgreifen von den diversen (.) sachen mach ich sozusagen mein
themenfeld in der phySIK auf [Interviewer:mhm] und guck dann, WIE lauten
da (.) die gleichungen, was sind die physikalischen effekte, was sind die
sachen, die ich erwarten könnte. so, und die technik sagt eben, okay, ich
muss das ding BAUen u::nd jetzt nehm ich mir die physik und die physik
sacht, was weß ich, wenn die brennkammer so und so groß ist, hab ich (.)
den und den zu erwartenden verbrauch und so weiter und sofort und bau das
ding danach. [Interviewer: mhm.] u::nd bedient sich dann natürlich der
physik u:nd dann schaut wahrscheinlich dann irgendwann wieder n physiker
drauf und sagt, naja gut, aber in der und der formel steckt ja noch dies
und jenes, versuch ma (.) vielleicht n bisschen mehr betriebstemperatur,
vielei bringt das ja o was. [Interviewer: ja] (.) u::nd ja das sind
sozusagen die zwei sachen. also mit technik willst- machste ja
letztendlich für LEUte. (2) [Interviewer: mhm.] also für MENschen.
menschen nutzen ja technik, damit ma irgendwie vorankommt. das is-
dass es uns nützt. und als physiker scherst dich ja (.) bist ja (.) [Interviewer:
@(.)@] @ich sach jetzt ma@ n bisschen egoistisch, also du scherst dich jetzt
nicht so sehr um die MENschen, also dich dich interessiert sozusachen die
naTUR. [Interviewer: mhm] un und techniker sacht, ich ich will was BAUen.
also jetzt für die menschen. ich bin jetzt mal nett. [Interviewer: @(2)@]
nicht für meinen arbeitgeber @(2)@ bmw-ingenieure die bauen bmws damits

der menschheit gut geht, aber letztendlich steckt das ja dahinter, dass das sozuagen dann für menschen ist. [Interviewer: mhm. (2) ja.] äh und da da is so dieser entDECKergeist nicht dahinter. als physiker, würd ich sachen, machste- also wenn wir jetzt wirklich wieder von diesen beiden spektren reden, wenn des so willst [Interviewer: ja, also] also dann hast diesem physikalischen @spektrum sach ich mal so@ eher so, das ich will was verSTEHen. [Interviewer: mhm] bei dem technischen ich, ich will WAS (.) nützliches BAUen. (.) [Interviewer: mhm] und des geht halt (.) hand in hand, weil wenn ich nix verstehe, kann ich nix nützliches bauen und die nützlichen sachen die kann ich natürlich och versuchen zu verstehen.
Interviewer: mhm. (2) ja jetz ha- (.) mhm. schön das SPEKtrum {@(.)@} [Groß: {@(.)@}] ä::hm hast jetzt glaub ich die (.) ähm meine- meinen zweiten punkt auf den ich eingehen wollte, hast du glaube ich jetzt auch schon mit (.) beantwortet, aber kann ja auch nochmal fragen. also es ging jetzt erstmal so um die UNterschiede so wie wie grenzen sich vielleicht die gebiete so ein bisschen ab? das haste ja diskutiert ähm zweite frage wie (.) beZIEhen sie sich sozusagen aufeinander? also vielleicht kannst du es nochmal umSCHREIben, aber du hasts glaube ich auch schon {v::iel (.) genannt}
Groß: {ja (.) also ich würd sagen} die (.) die physik ist zwingend NÖtig für die technik. [Interviewer: mhm] also, dass ich was BAUe und es funktionNIERT einfach ohne dass ich ne ahnung hab, was ich gemacht hab, das ist höchst selten. ich meine KLAR, du hast manchmal so n grundgefühl. ich hab jetzt grad schiefe ebene gemacht und ich meine JEden ist klar (.) dass irgendwie, je je FLACHer dieser weg ist, umso leichter fällts mir dann da HOCH zu gehen, wie flacher diese schiefe ebene ist, je weniger kraft brauche ich, aber ich muss halt au mehr weg gehen das ist offenSICHtlich. also da muss ich die phySIK nicht mal so verstanden haben. es ist mehr auch so ALLtagsgefühl [Interviewer: ja] aber wenn ich jetzt (.) wirklich so nach technik gehe, wenn ich jetzt (.) mir vorstelle, was macht so (.) ein moderner Ingenieur, [Interviewer: mhm.] zusammenbauen, dann muss der sach ich ma (.) auch sich auf die physik berufen. da kann

der nicht so pi ma daumen vorgehen, wobei ich ich weiß es jetzt nicht WIRKlich, ich steckt jetzt nicht DRIN in der materie, also die werden sicherlich auch viel ausprobieren, vielleicht so gerad so WINDkanäle und so, ist ja auch so ne sache mit strömungslehre [Interviewer:mhm] wo wo wo die gleichung vielleicht SO kompliziert wern, wo die dann auch einfach ma proBIERN. [Interviewer:ja.] was so gut ist. wa- was hab ich gelesen, dass die irgendwie so n auto so, wie so ne FISCHform, das sah dann total beSCHISSen aus, aber es [Interviewer: äh @(.)@] der der fisch hatte n guten strömungswiederstand und dann hat mer eben das AUto so gebaut. also, dass man eben einfach auch mal n bisschen probiert. also das gehört sicherlich auch dazu. [Interviewer:ja.] aber letztendlich ähm (.) denk ich, der techniker braucht die physik. der phy- physiker der kann eigentlich auch (.) ohne (.) die (.) technik (.) naja , mhh (.) eigentlich kann auch nicht mehr ohne die technik, also (.) der braucht ja au die technik. also wenn wir ganz (.) KLEIN schauen wollen oder ganz GROß schauen wollen, dann brauch ich auch gute technik (.) also von daher, wenn ich sozusagen immer genauer in die natur schauen will, dann (.) brauch ich auch die- den techniker, den ingenieur, der mir das zeugs baut. da hammer ja so nen schönen (.) zirkelschluss, dann passt=s ja @schön, also@ @(.)@

Interviewer: ja (.) w- noch ma- mit klein und groß, was meinst du da {damit (? ?)}

Groß: {naja, wenn ich ganz KLEIN} mir sachen angucken will, wenn ich rastertunnelmikroskop hab oder so zeugs, [Interviewer: ja ok] dann brauch ich halt au die gute technik und (.) ja ich meine VIEle theorien waren ja äh sind ja sach ich mal dadurch erst MÖglich geworden, DASS ich letztendlich die TECHnik hab [Interviewer:°okay ja°], um die experimente MACHen zu können, also was weß- was haben wir jetzt als neustes? gravitationswellen. (.) [Interviewer: mhm] w- wenn wenn ich da nicht so genau MESsen könnte, dann könnte ichs vergessen. also ich meine, dann bringt mir die ganze theorie nix, wenn ich nich beweisen kann. also technik ist schon wichtig fürs experiment.

Interviewer: °ja (.) mhm. (.) ja. damit ham=wir=s.° @(.)@ (.)

Groß: wunderbar @(.)@
Interviewer: @(.)@ ä::hm. ja. bevor ich zum zum nächsten teil komme (.) ähm gibts noch irgendwas was dir (.) jetzt vielleicht gerade durch den kopf gegangen ist, wenn wir über dieses SPEKtrum physik technik gesprochen haben, was dir vielleicht {irgendwie}
Groß: {boar NEE} ich hab dann nur immer irgendwie diese spektrums-FOLie die bei uns da hängt [Interviewer: @(.)@] im kopf. ein lichtspektrum. immer wenns SPEKtrum kommt bei mir {lichtSPEKtrum} [Interviewer: {@ja,ja.@}] weil ich das so oft sehe. [Interviewer:ja.] ist furchtbar (.) [Interviewer: @(.)@] an jedem Physikraum hängt so dieses lichtspektrum. ja das ist so wie=s TAFELwerk der physik. so=n bisschen (.) [Interviewer: das periodensystem so die-] ja ja. [Interviewer: ja.] das periodensystem, genau.
Interviewer: °der physik, ja, okay.° (.) JA, dann würde ich zu äh zum nächsten teil übergehen und zwar der also neben diesem (.) WECHselspiel physik, technik irgendwie interessiere ich mich noch für ähm di::e die rolle von verANTwortung und ich würde erstmal GANZ offen und GANZ frei
w::as assozierst du, wenn du den begriff (.) verantwortung hörst? woran denkst du da zuerst? (.) ((Groß atmet laut ein)) ganz allgemein.
Groß: verantwortung. naja (3) [Interviewer: @(.)@] ja, wenn mist gebaut wird muss einer (.) dafür haften. @(.)@ [Interviewer: @(.)@ (.) ja.] (.) ja. (.) also verantwortung. [Interviewer:mhm {kannst du-}] {also man kann} natürlich sagen, okay, jeder ist für seine eigene handlung SELBST verantwortlich. ICH bin für die handlung meiner SCHÜler verantworlich, aber damit wird ja immerhin (.) impliziert (.) wenn er scheiße baut (.) wer muss sozusagen dafür gerade stehen? das ist verantwortung für mich.
[Interviewer: mhm.] also ich habs jetzt ma ein bisschen [Interviewer: @(.)@] du @schreibst das ja?@ [Interviewer: alles gut. @(2)@ ähm.] °darf man das sagen?° @(.)@
Interviewer: genau. ä::hm (2) genau. okay dann ä::hm (.) beziehen wir es vielleicht nochmal zurück, auf dieses auf dieses spektrum physik, technik

verant- also die verantwortung, wo spielt das, spielt verantwortung aus deiner sicht da vielleicht ne rolle [Groß:oh.] in diesem bereich. Groß: naja, ich meine (.) interessante (.)sache hat man ja geschichtlich (.) beim bau der atombombe. [Interviewer: mhm.] u::nd ich weiß nicht, ob du die geschichte KENNST, wo dann ähm TATsächlich äh da ja viele physiker gewarnt haben das zu bauen, ähm die atombombe und ähm wo es dann tatsächlich gelang, dann äh- oder wo dann einige der führenden forscher informationen RAUSgegeben haben ÜBER die atombombe u::nd ähm ich weiß jetzt gar nicht, spion oder sonst wen ähm und die haben das an die russen weitergegeben, dass DIE sozusagen auch die technik hatten um die atombombe zu BAUen. und das haben die amis spitz bekommen und entsprechend diese leute auch hingerichtet und die [Interviewer: ok] wissenschaftler die ham=se dann (.) letztendlich noch befracht und äh der gedanke war, (.) dass ähm man sozusagen nicht wollte, dass ähm (.) also dass wir ne bipolare welt wollte- dass man nicht wollte, dass sozusagen dieses MITtel der atombombe so missBRAUCHT wird, dass- ähm. ich müsstes nach rechrechieren, aber dann äh sozusagen (.) diese leute sich auch der verantwortung (.) bewusst waren und in diesem projekt erst wahrscheinlich entDECKT haben, was da fürn gefahrenpotential für die MENSCHheit entsteht. wir SIND jetzt mittlerweile auch an nem PUNKT (.) natürlich durch die physik und die technik, die damit kommt, dass wir ebend (.) ja, letztendlich uns selbst vernichten KÖNnen. und vielleicht ist das unser schicksal. vielleicht ist das schicksal JEDER (.) intelligenten zivilisation, dass se irgendwann mal MÄCHtig genug wird (.) sich selber hochzujagen und dann brauchste nur genug spinner an=er richtigen position (.) dass das realisiert wird, aber ähm (.) dass is=ne sache, (2) de- die die pasSIERT. also die passiert einfach mit zunehmenden FORTschritt. das des lässt sich gar nicht (.) verHINdern. also es ist einfach nur (2) logisch zu ende gedacht. [Interviewer: mhm.] ich meine, am anfang haben wir uns mit knüppeln bekriegt und dann kam immer ausgefeilteres ZEUG.

[Interviewer:ja.] u::nd (.) ich mein die verantwortung des EINzelnen ist naTÜRlich zu sagen, ok ähm (.) ich versuch da jetzt {nicht BEIzutragen} {((pausengong))}, aber das DING ist, ich erkenn ja nicht (.) welche erfindung von mir (.) mal irgendwie potential hätte benutzt zu werden. [Interviewer: mhm.] ich meine es gibt relativ klare sachen auch die rumforschung an der ballistik und so das sind ja sachen wo de sachst, okay die wollen jetzt wahrscheinlich mit kanonen rumschießen. [Interviewer: s- ja.] aber ich meine (.) das sind jetzt nicht ALle sachen also ich meine radioaktivität und so ähm letztendlich marie curie hätte sich das beSTIMMT nicht vorstellen können, dass dann mal geZIELT radioaktivität eingesetzt wird um leute zu vernichten oder uranmunition das man da sachen unbewohnbar macht. also, dass sind dass sind so sachen (.) die man vielleicht als individuum gar nicht überblicken kann. also [Interviewer: ja.] ich finde, mer sollte dann wirklich sagen für sich, wenn man in der forschung steckt, okay ich versuche jetzt äh nicht beizutragen da irgendwie ähm irgendwie kriegerisch dann irgendwie n staat voranzubringen, aber ob man das überhaupt immer überblicken kann, was dann in hundert, zwohundert jahren passiert. [Interviewer: mhm.] mit dem, was ich gemacht hab. das glaub ich nicht. [Interviewer:ja.] u::nd ja, also (.) und das ist letztendlich die verantwortung, find ich, dass mer sacht (.) ich verusche jetzt nicht (.) irgendwie die welt (.) noch schlimmer zu machen [Interviewer @(.)@] und noch mehr MACHT zu geben, als mer jetzt schon hätten. (.) u::nd [Interviewer:ja.] vielleicht versuchen, das wissen, sag ich mal, so zu benutzen, dass es leuten HILFT und nicht leuten SCHAdet. Interviewer: °ja.° (.) (?gibts?) da irgendwie- also wir hatten ja (.) das SPEKtrum so physik und, also physiker und techniker ist des dann- ähm (.) macht=s n unterschied, ob man eben in der physik dann letztenendes tätig ist oder in der technik für die verantwortung die man vielleicht selbst trägt. aus deiner (.) {deiner sicht} Groß: {naja ich glaube} schon, weil ich meine die technik geht ja dann in

die anwendung. also und ich meine der schritt ist ja die GRUNDlage, dann
kommt die TECHnik und dann kommt die ANwendung der technik. [Interviewer:
mhm.] und ich steh sozusagen näher am ENDprodukt, also ich ich se-
überblicke eher das ZIEL als als physiker, wenn ich irgendwie an
grundlagen rumforsche. [Interviewer: ja.] da weiß ich ja noch nicht wo die
reise hingeht. ((atmet laut ein)) (2) [Interviewer:ja. (.) mhm.] und ich
meine als techniker bin ich bei irgendnem unternehmen angestellt und ja.
dann weiß ja auch,wenn ich für %firma% irgendwelche algorithmen entwerfe
um leute auszuspionieren, also m::uss ich mir ja nichts vorgaukeln.
Interviewer: ja. (2) ja. (.) mhm. (?ein?) spannendes großes ((Tür wird
geöffnet)) thema. @(.)@
Groß: grüß dich.
Person 2: macht ihr irgendetwas privates?
Interviewer & Groß: @(2)@
Groß: sieht verdächtig aus? @(.)@ [Interviewer: @(.)@] ja, wir quatschen n
bisschen. @(.)@
Person 2: ich will bloss mal was probieren.
Groß: nee, alles gut, kannst weiter machen.
Interviewer: okay, ähm (.) genau, dann würde ich (.) den den Kreis jetz-
also wir ham physik und techik dieses spektrum und welche rolle
verantwortung eben dadrin irgendwie spielt hast du hast du umrissen. jetzt
würde ich das ganze nochmal auf ähm (.) den (.) physikunterricht beziehen.
wie wie bringst du das, was wir jetzt vielleicht hier diskutiert haben so
ähm damit in verbindung?
Groß: okay. (.) ähm. meinst du jetzt nur den teil mit der
verantwortung?
Interviewer: wir können- also beides. also man kann erstmal sozusagen
dieses wechselspiel physik, technik diskutieren und [Groß:mhm.] dann auch
nochmal {die verantwortung}
Groß: {ah gut, also dieses Wechselspiel} physik, technik, [Interviewer:
ja.] das ist ja schon in der schule deutlich enger verKNÜPFT, [Interviewer:

mhm.] weil (.) in den physikalischen gesetzen die man macht, steckt die anwendung mit drin. also da fängst=e an und sachst, HIER das ist, was weß
ich die goldene regel und jetzt nennt mal anwendungen. ha=mer nen zweiseitigen hebel, nennt mal anwendungen [Interviewer: mhm.] u::nd das
ist ja auch ne sache, die machen die schüler, die können gut. u::nd da haben sie sozusagen auch ihr konKRETes, weil das abstrAKte ist jetzt nix so für die schüler, also die phySIK (.) und noch schlimmer die mathematik,
die dahintersteckt. ähm. °sehr schön als mathelehrer kann man das einschätzen° @(.)@ [Interviewer: @(.)@] aber wenn=s dann ins konkrete geht,
dann können die halt auch mitreden und auch schüler, die sach ich mal (.)
vielleicht jetzt nicht so die, ja die beGABtesten sind [Interviewer: mhm.] ums mal nett zu formulieren, die können dann mitreden.[Interviewer: ja.]
die die ham dann vielleicht auch ganz viel praktisches verständnis. also kommt öfter mal vor, dass da jemand sag ich mal, mit den formalismen und
so nicht zurande kommt, aber dann, sag ich mal, mitdenken kann.
handwerkliche fähigkeiten hat und eben sich für diese technik
interessiert. [Interviewer: mhm.] also, in der schule ist es schon,
kannst=e wirklich sagen ähm (.) dass diese technik eigentlich, dass es da zu sehr vermischt wird. also du, du sagst nicht, das ist physik, das ist technik. [Interviewer: ja.] du betrachtest das als EINS.
Interviewer: okay hast- (.) ähm. (.) so ein beisp- ein beispiel aus=m physikunterricht, wo du=s vielleicht ähm. (.) [Groß: naja ähm.] was jetzt irgendwie aktuell vielleicht gerade bei dir war oder so. @(.)@ wo technik irgendwie rankam.
Groß: ja naja, wie gesagt, also grad zweiseitiger hebel, das ist ja so ne sache, wo du sachst ((Geräusche durch Person 2 im Hintergrund, Schlüsselklappern)) das IST ja eigentlich schon ne ANwendung, wo du sachst, okay eigentlich steckt da ja energieerhaltung irgendwo drin.
eigentlich machen=mer hier ähm arbeitserhaltung [Interviewer: mhm.] ähm und
dann sacht=mer ebend okay, das sind jetzt diese kraftumformenden einrichtungen und dann gehen wir eben zu beispielen für zweiseitigen-hebel

und dann kommen die eben mit so was weiß ich für geschichten ((Pausengong)) (.) kran ((Person 2 schließt Tür hinter sich)) na gut ist einseitiger, aber was flaschenöffner und ähm (.) ja das sind so sachen, die benennst=e, die diskutierst=e [Interviewer: ja.] und machst halt aufgaben drumrum.[Interviewer: mhm.] also, das ist letztendlich DIrekt (.) sag ich mal, der bogen um diese (.) physik, die du vorher hattest, zu ÜBen. (.) [Interviewer:ja] und im prinzip kann=s auch aufhänger sein. also nimmst auch so ne anwendung auch oft als aufhänger. also, dass du sachst, okay, hier guck=mer uns ma (.) den an und überlegen ma wie der funktioniert. wie kann=s denn sein, dass ich mit so=ner hebebühne mit=ner relativ geringen KRAFT schon so=n riesen auto nach oben bewegen kann? [Interviewer: mhm.] WIE geht das? und dann versuchst=e die auf das gesetz zu führen, also das geht halt in beide richtungen, aber irgendwie verknüpfst=es schon miteinander und die schüler, die merken das auch nicht, also für die ist das schon, physik gleich technik. also, [Interviewer: okay.] du könntest dann in höheren klassen trennen. °ja, (.) aber das wird eigentlich auch nicht gemacht, auch was so die literatur betrifft.° [Interviewer:ja, okay.] sagst nicht, okay hier is physik und jetzt is da ein technikteil. das geht dann ineinander über. Interviewer: ja, mhm (.) okay. °spannend.° u::nd (.) genau- kommen wir mal zu dem, zu der der rolle von verantwortung in diesem in diesem spektrum, wo wo siehst du da eben vielleicht verbindungen zum physikunterricht? Groß: naja gut, also wenn wir jetzt über den verantwortungsbegriff (.) sehen, den wir diskutieren, dann gibts da relativ wenig übersschneidungspunkte, also ich meine, du kannst halt im unterricht das an der einen oder anderne stelle diskutieren, wenn wir grad so bei ähm (.) der atomphysik sind, [Interviewer: mhm.] da kannst=e das bringen. ansonsten, wenn de jetzt von dieser abstrakten verantwortung spricht (.) und dann -(.) hast=e das eigentlich jetzt nicht wirklich. ähm. (.) ja. [Interviewer: aber.] ich als LEHRperson gibts natürlich schon=ne

verantwortung, die ich trage, ich denke um die gehts jetzt aber auch nicht.
Interviewer: genau, also was was sozusagen dir wichtig ist erstmal. genau und dieses, du hat=st gesagt, also den den begriff den du diskutiert hattest, oder den wir diskutiert hatten, im bereich atomphysik, dass der da sozusagen dann doch (.) beDEUtung hat irgendwie. kannst du ma aus
so=ner stunde erzählen, wie du- wie das irgendwie da wichtig wurde vielleicht, ja?
Groß: naja, also was mer auf jedenfall gerne machen kann is=n streitgespräch, du machst halt hier. ich meine das kannste in physik sonst nie. macht halt @(.)@ [Interviewer: @(.)@] machst halt hier atomkraftbeFÜRworter, atomkraftGEGner und lässt die dann so gegen=nander
argumentieren. es fällt dann natürlich n=bisschen schwierig, weil (.) mer selber mit ner gefärbten meinung sicherlich rangeht an das thema (2) u::nd
neutral bleiben muss. also ich glaub sozialkundelehrer wär nix für mich. @(.)@ [Interviewer: @(.)@] ähm. aber letztendlich is es mal spannend, sach
ich mal so, die argumente zu hören (.) u::nd [Interviewer: mhm. von den kids? was sozusagen] genau und auch zu sehen, ähm (.) wie weit letztendlich diese moralische vorstellung eigentlich entwickelt ist, weil ähm JA (.) physik hat eigentlich für die nix mit moral zu tun. für die ist physik, ja mathe (.) mit (.) technik im prinzip. [Interviewer:ja. @(ok)@] darauf läufts hinaus. u::nd ähm (.) ja. ist dann mal, sind dann, sag ich mal, interessante aspekte die da kommen. also letztendlich so diese geFAHRen, die werden n=bisschen unterSCHÄTZT. also, es ist vielleicht noch
so die SORGlosigkeit der jugend, dass mer, sag ich ma, (.) ja auch sacht. ja. weiß nicht. also (.) na klar, als kind is=mer oder als jugendlicher is=mer halt unbedachter, da denkst =e dir- da denkste ja nicht drüber nach
was passiert jetzt hier ma in paar tausend jahren mit dem radioaktiven material und so weiter und sofort. ich mein, da ist das n punkt auf der liste, aber das ist jetzt nicht DER punkt. [Interviewer:ja.] wenn der strom zehn cent billiger ist, na um so besser. @(.)@ [Interviewer: mhm?] wenn der strom n=paar cent billiger ist, ist=halt beSSER. also, es is (.)
Interviewer: mhm. (.) und bei, bei den streitgesprächen, wenn du sachst

es=is interessant, was für argumente kommen. also, wie- was hat dich da vielleicht mal überRASCHT? oder wie {argumentieren die KIDS so?} Groß: {ja, also mich überrascht=s} wirklich. also, wie gesagt ich, ich- liegt vielleicht auch so an MEInem milieu, aber so in meinem milieu ist halt kaum jemand der meinung, dass mer das weiterführen sollte mit dieser atomkraft. aber bei den kids ist das schon fifty fifty, wenn=mer da so hört. [Interviewer: okay.] und das wundert mich doch stark. also, zumindest jetzt bei vielen klassen, die ich jetzt schon hatte. also so viel hatte ich jetzt auch noch nich, aber bei- (.) ich hatte jetzt schon drei vier zehnte klassen. [Interviewer: ja.] naja so die drehe, aber da war es immer so fifty fifty und das hat mich schon total überrascht, weil ich hab auch so das gefühl, so von MEDien her und allen, dann (.) schwappt das so langsam auf die seite der atomkraftGEgner. [Interviewer: mhm.] u::nd (.) wahrscheinlich ist das bei den kindern noch nicht so angekommen, oder allgemein ist das so=ne gleichverteilung. ja, wenn mein bester freund dafür ist, bin ich auch dafür. [Interviewer: @(mhm)@] ich weiß es nicht. aber, (.) müssten mal anoNYM das befragen. also, das wär was, was vielleicht spannend {wär, dass man dann sagt} [Interviewer: {so klassendynamik dann}] okay, mer lässt das mal außen vor, weil sonst fragt man immer nur so mal HANDzeichen. wer is=n jetzt dafür, wer dagegen, nachdem mer fertig ist. genau, dann ist das erstmal die reaktion. [Interviewer: nach links und rechts. erstmal gucken. jaja. mhm.] ja. Interviewer: ja. (.) ähm. (.) du hast noch eine spannende sache, dass sie sozusagen, gesagt, dass sie ähm physik (.) nicht mit moral sozusagen in verbindung bringen.[Groß:ja.] dass es irgendwie ne rolle spielt. ähm. dann nochmal vielleicht erstmal an DICH die Frage, wie DU das in verbindung BRINGST so und ob du das gefühl hast, dass es sich vielleicht auch bei den schülern irgendwie entWICKelt im (.) im laufe der schulzeit vielleicht, ja? Groß: okay, die zweite frage kann ich relativ [Interviewer: @(.)@] einfach beantworten mit nein. @(.)@ [Interviewer: @(ja okay)@] also es is=nich in den rahmrichtlinien vorgesehen ähm das ist natürlich ne schöne bequeme ausrede

für mich, aber es ist natürlich auch schwierig, also wenn ma sich
sach=ich=ma so die themen anguckt. ich mach jetzt (.) flaschenzug, schiefe
ebene, optik (2) moral der lichtbrechung? [Interviewer: @(ja)@] wird
@(schwierig (.) also)@ [Interviewer:absolut. ja ja, versteh ich.] ich glaub,
dass ist dann bei abstrakteren themen eher der fall und (.) das kannst du
vielleicht machen, wenn du klasse elf zwölf bist, dann kannst du
vielleicht mal drüber reden, aber selbst dann ähm musst du dann wirklich
zu konkreten- musst du ja erst zur TECHnik kommen, [Interviewer: mhm.] um
dann letztendlich ähm über moral zu reden, weil wenn du von dem abstrakten
gehst, dann is=es halt wirklich nur die kernphysik die dir da bleibt.
[Interviewer: na.] u::nd ja bei der mechanik, gut, wenn=mer jetzt schiefer
wurf macht, dann könnte=mer sagen, okay, wenn ich jetzt hier raketen
abfeuere oder sonst wie, dann (.) und dann kann=mer drüber reden, aber
dann sacht=mer sich, ja (.) ZEIT, die müssen abitur machen und dann ist
das=n aspekt. [Interviewer: ja.] ähm (.) und es ja vorallem auch n
randaspekt in der physik. also, ich glaub das betrifft ja auch das ist ja
so=ne betriebsblindheit, die ham=ja auch viele forscher, die dann wirklich
nicht nach links und rechts schauen, ihr gebiet und dann [Interviewer:
ja.] vielleicht auch nicht sehen, was es da für wechselwirkungen gibt.
ähm. ja und die erste frage war @(nochmal)@?
Interviewer: mmmh wie DU sozusagen die die verbindung moral und
Physik {letztenendes} [Groß: {ah okay. mhm.}]vielleicht wo du die
siehst? ja.
Groß: naja also wie gesagt ähm (.) is=halt (.) schon so, dass man nach
links und rechts schauen sollte, aber ich ich kann=s total nachvollziehen,
dass (.) leute ähm dann handlungen bereuen, die sie vielleicht gemacht
ham. dass ähm leute zu entwicklung beigetragen ham, die sich nich kommen
sehen haben (2) [Interviewer: ja.] u::nd (.) mer sollte schon, sag ich
mal, da offen bleiben, versuchen seine handlung zu überblicken, soweit das
MÖGlich ist. also ich denk, manchmal IS es sehr konkret möglich,
n=arbeitgeber und so weiter und sofort, manchmal is=es eben NICH konkret
möglich und je weiter man sozu- je abstrakter man ist, also je steckt-
mehr man in der physik steckt und weniger in der anwendung, um so

schwieriger wird=s dann halt für den einzelnen, das zusehen. [Interviewer:
ja] ich meine für MICH an sich kann ich nur sagen, okay ich (.) versuche
jetzt eigentlich (.) also ich ich mache eigentlich nich viel mit moral,
muss ich sagen, ist vielleichteicht auch so (.) un veranwortung im
unterricht is vielleicht auch so MEINS, verantwortung ham=se beim
experimentieren, klar und das ist halt auch wieder=ne andere verantwortung
von der wir hier reden (.) u::nd ich glaub das ist auch was, wo eher so
der wertbildende un- wertebildende unterricht na @verantwortung@
[Interviewer:{@(.)@ yeah. es steckt überall dieser begriff drin.}]
{@verantwortung trägt@ äh ja weil letztendlich,} wenn wenn wenn ich
sach=ich=ma ähm moralisch orientierter mensch is und dann- jeder mensch
ist ja von SICH überzeugt, dass er gut HANdelt.[Interviewer: mhm.] dann
ähm (.) sollte ich überall meine handlung überdenken, ob das jetzt nun
mein arbeitsleben ist, ob das im umgang mit anderen ist, ob das sonst wo,
überall. u:::nd das ist ja schon n=interessante (.) frage, also ich meine,
wie wie=s denn kommt, dass es dann trotzdem genuch böse handlungen gibt in
der welt, [Interviewer: mhm.] wobei jeder von sich überzeugt ist er ist n
guter MENSCH. niemand sacht von sich bin=n schlechter mensch.
[Interviewer:°ja.°] u::nd ja, das=is sowas, wo mer sacht, mer sollte
aufjedenfall(.) die schüler zu erziehen ihr eigenes handeln zu
reflektieren. [Interviewer: mhm.] ja und das=is was (.) reflektieren (.)
da trägt der physikunterricht doch schon zu bei. [Interviewer: °mhm.
bestimmt.°] vielleicht jetzt n=bisschen auf n=andere art und weise, aber
reflektieren is halt wichtig und das muss mer halt üben, is halt ne
fähigkeit. [Interviewer: mhm. (.) mhm.] so.
Interviewer: mhm. ja. cool. ich wäre mit mit MEINnen fragen DURCH. war
SUper spannend, was du alles erzählt hast. gibt=s noch irgendwas was dir
vielleicht WICHtig wäre zu diesem [Groß: °puh°] komplex, was wir jetzt,
oder was dir durch den KOPF gegangen ist, was wir jetzt noch nicht zur
sprache gekommen ist? @(.)@
Groß: ((stöhnt)) zu kopf- naja eigentlich nicht. ich glaub ich hab auch
schon so das MEIste [Interviewer: @(.)@] was weiß ich. ich hab=s mir ganz

anders VORgestellt. [Interviewer:ja. witzig.] ich dachte es geht so mehr
um SCHUle [Interviewer:ja.] und hab=mir so gedacht och @(.)@ schu::le::.
ich bin @froh, wenn ich jetzt schluss hab und heim fahren kann.@
[Interviewer: @(.)@ genau also s-] und äh worüber schreibst dann äh genau,
also is=es jetzt wirklich nur physik und technik oder is=es äh oder hat
das hat das baby schon=n namen?
Interviewer: @(.)@ äh der arbeitstitel der arbeit heißt erstmal zur rolle
von also ganz allgemein zur rolle von technik und physik führt zur rolle
von technik und verantwortung im physikunterricht und das geht eben also
im prinzip, dass das wir diskutiert haben.[Groß: ja.] das erste eben äh
dieses wechselspiel physik und technik, ja? [Groß: mhm.] wie wie sie-, wie
hab=ich mir das vorzustellen? wie wie hängt das miteinander zusammen? und
wie kommt=s eben dann vielleicht im unterricht an? so physik und technik
und diese verantwortung ä::hm ist deswegen so bisschen meine auch so mein
treibende @(.)@ treibendes interesse, weil ich eben und glaube, dass eben,
was wir ja im prinzip auch diskutiert haben, dass eben durch diese
verbindung physik, technik, dass da verantwortung eben irgendwie äh
WICHtig und releVANT wird, ja? durch eben anwendung und durch äh [Groß:
mhm.] ähm ja geräte, wie auch immer, also es=is ja unsere ganze welt ist
technisch irgendwie geprägt. [Groß: das stimmt.] so, ja, müssen wir ja gar
nicht zur atombombe gucken, so alle infom- hast ja facebook hast du ja
auch angesprochen. also alle digitalisierung und informationsmedien prägen
uns ja unglaublich und (.) geNAU.
Groß: ist halt die frage, was die schule dazubeitragen kann. ich meine auf
gefahren HINweisen.
Interviewer: ja? [Groß: ja.] das=is halt genau das das DING, ja? wie wie
wie soll der physikunterricht, der so VOLL ist mit mit erstmal inhalten so
und erstmal verstehen, was sind die prozesse so die da ablaufen,[Groß:

mhm.] ja? ähm ka=mer das überhaupt also LEISten, dass man dann irgendwie verantwortungsvoller mit diesen geräten umgeht oder so. {ja, dass is-}
Groß: {ich weiß es nicht.} ich glaub das is=eher ne=sache, äh die die informatik berührt. also das wär [Interviewer: {die Digitalisierung}]{auch mal interessant.} %person% kam grad hier rein. [Interviewer: ah der is, okay. @(2)@] @(2)@ nur so als hinweis. ja ja naja, ich ich glaub, da is=mer dann schon deutlich näher daran, weil ich muss nicht wissen wie=mer programmiert. ich muss die algorithmen von facebook oder google nicht verstehen, um letztendlich zu wissen was die machen. [Interviewer: ja.] und da ka=mer immernoch und da ka=mer auch schön diskutieren über moral, weil letztendlich ähm muss ich wirklich nicht verstehen wie das funktioniert. ich weiß, was ist macht und dann kann ich drüber diskutieren. find=ich gut oder find=ich nicht gut. und [Interviewer: genau. eigentlich-] was sind die aspekte daran? in der physik wird=s halt schwieriger. das kann ich wirklich nur an=m thema machen, wo ich sache, okay es ist jetzt die atombombe oder sonst was. [Interviewer: mhm.] bei de=andern sachen, dann ist das halt so=n langer weg von da nach da [Interviewer: ja ja ja das stimmt.] un und so viel themeninhalte, die da dazwischenliegen. ich komm sozusagen gar nicht zur anwendung mit den schülern. ich bin dann irgendwo zu an- bei anwendung die=sin dreihundert jahre alt. [Interviewer: ja:: mhm.] und wo die sind heutzutage gar nicht mehr gefährlich.
Interviewer: ja. genau, dass die sozusagen die technik, die HEUte irgendwie unser leben PRÄGT, genau, da haste recht, dass die sozusagen eher durch die informatik eigentlich bestimmt ist, [Groß: ja.] als durch die die physik die dahinter abläuft. ja, wo man halt früher sagen würde, okay, der moTOR ja? der irgendwie vielleicht prägend war. die dampfmaschine, die irgendwie [Interviewer: jaja.] aufeinmal die ERste industrielle revolution hervorgerufen hat [Interviewer: ja.] und jetzt is=es halt irgendwie die die digitalisierung, die irgendwie alles umwirft. ja, [Groß: genau da könnte man-] ist die frage, welche rolle physik da noch spielt. ja. weiß=es auch nicht. @(.)@
Groß: ja, also mer kann da sagen, hier was weiß ich, hier der motorantrieb

für kampfpanzer und dann bist dann dort, aber wenn ich damit jetzt komme,
dann ist das sach=ich=ma so=n riesen sprung, ich meine [Interviewer: ja.]
denn mer diskutiert ja nicht wirklich mehr über den sinn und unsinn von
elektrischen motoren. [Interviewer: mhm.] also, das=is ja, oder von
verbrennungsmotoren. ja, wenn=s keine verbrennungsmotoren gäbe, da gäb=s
keine panzer. @(.)@ [Interviewer: @(.)@] also, die argumentation hört sich
auch schon total fremd an. {also, des is- des is- (.) genau (.)}
[Interviewer: {ja das=is dann zu fern, von dem was man eigentlich spricht
jaja}] das=is schon das=is passiert vor zwohundert jahren oder hundert
jahren, das das ding is DURCH [Interviewer: mhm.] und das was GRAD
passiert, is=ja das interessante, das spielt sich glaub=ich in andern
bereichen ab. das=is informatik. un=ob jetzt die physiker noch ne bombe
bauen, [Interviewer: mhm.] die noch hundert oder zwohundert ma stärker is
als die in hiroshima, das=is egal, wenn die die zünden, sin wir breit.
also das, da brauch=mer gar nicht mehr drüber zu diskutieren.
[Interviewer: die bomben ham=wer schon, ja.] genau.
Interviewer: mhm. (.) ja. (2) ((stöhnt)) ja, spannend. es hat mir total
spaß gemacht. also, war super [Groß: freut mich.] interessant mit äh
[Groß: mir auch.] mit dir zu quatschen.

D

Beispiel-Sequenzierung

Um Transparenz im Hinblick auf die Analyseschritte zu schaffen, wir hier exemplarisch die Sequenzierung des im vorigen Kapitel abgedruckten Volltranskripts zum Eckfall *Dennis Groß* angegeben.

Tabelle D.1: Sequenzierung Dennis Groß

Pos.	Sequenz-Titel
1 – 3	Frage nach Berufsbiographie
4 – 5	Auf verschlungenen Pfaden zum Lehrerberuf
5 – 7	Beruf war bei Mathe- und Physikleistungskurs naheliegend
7 – 9	Kurzschlusshandlung bei Studienwahl
9 – 14	Studium Wirtschaftsinformatik war nichts für Herrn Groß
14 – 18	Wechsel nach Sondierung ins Lehramtsstudium
18 – 20	Persönliche Eignung entscheidend für Lehrerberuf
20 – 26	Berufsstationen: Studium und Referendariat
26 – 30	Groß erzählt, wo er ursprünglich herkommt
30 – 39	Zufriedenheit mit Schule und Beruf
40 – 46	Frage nach konkreten Erlebnissen mit Physik oder Technik
47 – 53	Interesse an kosmologischen und philosophischen Fragen
54 – 57	Randgebiete der Physik (bezogen auf Schule)
57 – 61	Faszination von existenziellen Fragen
61 – 67	Beschäftigung auf populärwissenschaftlicher Ebene
68 – 69	Frage nach Kosmologie im Studium
70 – 74	Himmelsmechanik im Studium
74 – 77	Ohne Theorie und Mathematik ist Kosmologie schöner
78 – 79	Nachfrage, was mit „schön“ gemeint ist
80 – 86	Komplexe Mathematik als Hürde
86 – 91	Mathematik nötig für die interessanten Fragen
92 – 94	Frage nach privater Beschäftigung mit Kosmologie

95 – 99	Buch: Die kurze Geschichte der Zeit
100 – 108	Feynman und andere populärwissenschaftliche Autoren
108 – 114	Disziplinübergreifende Fragen der Kosmologie
114 – 120	Schüler*innen sollen Welt nicht als gegeben hinnehmen
121 – 126	Interviewer hat auch ein Buch von Hawking
127 – 133	Frage nach Unterschieden zwischen Physik und Technik
134 – 142	Die „REIne physik“ schert sich wenig um Anwendungen
142 – 144	Schnittpunkte zum Beispiel im Ingenieursstudium
144 – 150	Physik beschäftigt sich mit Naturgesetzen, nicht Anwendungen
150 – 156	Grundlagenforschung und Anwendungen am Beispiel Quantencomputer
157 – 163	Physik und Technik bilden ein Spektrum
164 – 168	Frage nach Beispiel zur Unterscheidung Physik und Technik
169 – 178	Physikalische Analyse eines technischen Gegenstandes
178 – 187	Entwicklung von Technik unter Rückgriff auf Physik
187 – 203	Physik will verstehen, Technik muss nützen
203 – 206	Verstehen und Nutzen gehen Hand in Hand
207 – 210	Zweite Frage des Interviewers schon beantwortet
210 – 215	Frage nach Beziehung zwischen Physik und Technik
216 – 219	Physik ist notwendig für Technik
220 – 225	Bei einfacher Technik ist ein Grundgefühl ausreichend
225 – 229	Moderner Ingenieur muss sich auf Physik berufen
229 – 240	Rolle von „ausprobieren“ in der Technik – Beispiel: Strömung
240 – 247	Physiker*innen brauchen auch die Techniker*innen
247 – 248	Schöner „zirkelschluss“ zur Beziehung Physik und Technik
249 – 250	Nachfrage, was mit „groß“ und „klein“ gemeint ist
251 – 262	Technik wichtig für Experimente und Theorien
263 – 266	Frage nach Ergänzungen zu Physik und Technik
267 – 274	Lichtspektrum im Physikraum
275 – 280	Frage nach Assoziation zum Begriff Verantwortung
281 – 287	Wenn Mist gebaut wird, muss einer dafür haften
288 – 290	Verunsicherung, ob flapsige Formulierung angemessen ist
291 – 294	Frage nach Verantwortung im Bereich Physik, Technik
295 – 297	Bau der Atombombe als interessante Geschichte
297 – 311	Wissenschaftler gegen Missbrauch der Atombombe

312 – 314	Selbstvernichtung ist möglich geworden durch Physik und Technik
314 – 318	Untergang der Gesellschaft ist Schicksal
318 – 321	Das unausweichliche Schicksal kommt mit zunehmendem Fortschritt
321 – 322	Historische Entwicklung von Kriegsführung
323 – 325	Verantwortung ist, zu versuchen, nicht beizutragen
325 – 327	Das Potential von Erfindungen ist nicht zu erkennen
327 – 330	Manche Forschungsbereiche haben klar (militärische) Ziele
330 – 333	Marie Curie konnte Ausnutzung ihrer Forschung nicht absehen
334 – 335	Begrenzter Überblick des Individuums
335 – 340	Verhaltenskodes von Forschern
341 – 346	Verantwortung für eine gute Welt
347 – 351	Frage zu unterschiedlicher Verantwortung in Technik und Physik
352 – 358	Techniker*in weiß eher, „wo die reise hingeht“, als Forschende
358 – 361	Techniker*in arbeitet für Unternehmen, das klare Ziele verfolgt
362 – 370	Unterbrechung durch weitere Lehrperson
371 – 376	Frage nach Physik, Technik, Verantwortung im Physikunterricht
377 – 381	Frage nach Wechselspiel Physik-Technik im Unterricht
382 – 385	Anwendung steckt in Gesetzen mit drin
385 – 387	Schüler*innen sollen Anwendung von Physik nennen
387 – 393	Konkrete Technik liegt Schülern eher als Abstraktes
393 – 400	Technik geeignet für weniger begabte Schüler*innen
400 – 403	Physik und Technik wird im Unterricht als eins betrachtet
404 – 407	Frage nach Beispiel aus dem Unterricht mit Technikbezug
408 – 419	Aufgaben zu kraftumformenden Einrichtungen
419 – 427	Technik als Aufhänger oder als Anwendungsbeispiel
427 – 433	Physik und Technik verschmelzen in der Schule
434 – 437	Frage nach der Rolle von Verantwortung im Physikunterricht
438 – 444	Wenig Anknüpfungspunkte für Verantwortung (z. B. Atomphysik)
444 – 447	Verantwortung als Lehrperson nicht Thema

448 – 453	Frage nach Unterrichtsstunde zur Atomphysik
454 – 458	Streitgespräch im Physikunterricht zur Atomkraft
458 – 461	Herr Groß versucht seine eigene Meinung zurückzuhalten
461 – 467	Schüler*innen sehen Physik nicht als moralisches Thema
467 – 478	Schüler*innen sind unbedarft in Bezug auf Atomkraft
479 – 481	Frage nach überraschender Argumentation der Schüler*innen
482 – 493	Groß ist überrascht über hohen Anteil an Atomkraftbefürwortern
494 – 501	Einfluss von Klassendynamik beim Streitgespräch
502 – 508	Frage nach Moral in der Physik bei Groß und bei Schülern
509 – 515	Themen des Lehrplans haben keinen Bezug zu Moral
515 – 521	Verantwortung vielleicht in höheren Klassen oder Atomphysik
522 – 531	Keine Zeit für überfachliche Themen
532 – 534	Frage, wie Groß Moral mit Physik verbindet
535 – 546	Einzelner soll Wirkungen seiner Handlung überdenken
546 – 554	Moral als Thema des wertebildenden Unterrichts
554 – 559	Als moralischer Mensch sollte man seine Handlungen überdenken
559 – 563	Warum gibt es böse Handlungen?
563 – 569	Schüler*innen sollen zur Reflektion befähigt werden
570 – 574	Frage nach Ergänzungen
575 – 580	Groß hatte mehr Schulbezug im Interview befürchtet
580 – 582	Frage nach Dissertationsthema
583 – 589	Wechselspiel Physik und Technik (im Unterricht)
589 – 599	Verantwortung in technisch geprägter Welt
600 – 607	Was kann Schule dazubeitragen?
608 – 619	Informatik ist für aktuelle moralische Fragen relevant
619 – 627	Physikunterricht und Anwendungen keine aktuellen Probleme
628 – 637	Physik spielt untergeordnete Rolle bei Digitalisierung
638 – 648	Moralische Argumentationen zum Verbrennungsmotor
648 – 654	Atomare Bedrohung ist alt, neue Bedrohung durch Informatik
655 – 657	Danke für spannendes Gespräch

E

Auszug formulierende Interpretation

Für den biographischen Einstieg des Interviews mit *Dennis Groß* werden hier zur Illustration des Analyseprozesses die formulierenden Interpretationen gegeben:

Tabelle E.1: Formulierende Interpretationen Dennis Groß

Pos.	Formulierende Interpretation
1 – 3	Der Interviewer fragt Herrn Groß, wie es dazu gekommen ist, dass er Physiklehrer geworden ist.
4 – 5	Herr Groß sagt, dass er „auf verschlungenen Pfaden“ Physiklehrer geworden ist.
5 – 7	Mit Mathematik- und Physik-Leistungskurs ist es naheliegend, Physik (und Mathe-) Lehrer zu werden, so Herr Groß.
7 – 9	Herr Groß beschreibt, dass er keine Zeit hatte, sich über ein Studium zu informieren, und dann „erstma was Kurzschlussmäßiges studiert“ hat.
9 – 14	Herr Groß hat angefangen Wirtschaftsinformatik zu studieren, aber schon nach einem Semester entschieden, dass das „wohl nix wird.“ Das „trocken[e]“ und „rechtslastig[e]“ Studium war nichts für ihn.
14 – 18	Herr Groß hat im zweiten Semester verschiedene Optionen ausprobiert und ein Praktikum absolviert und ist dann ins Lehramtsstudium gewechselt. Das „war ganz gut.“
18 – 20	Herr Groß sagt, dass man seiner Erfahrung nach die Fähigkeit, „vor [ei]ner Klasse“ zu stehen, hat oder nicht.

20 – 26	Da es Herrn Groß und „den Kindern eigentlich auch“ Spaß gemacht hat, hat er sich für das Lehramtsstudium entschieden. Er erzählt, dass er in %Stadt2% ein Semester über Regelstudienzeit studiert hat und dann in %Stadt 3% sein Referendariat gemacht hat.
26 – 30	Herr Groß sagt, dass er „vielleicht dazusagen“ muss, dass er ursprünglich aus %Stadt 4% kommt. Der Interviewer und Herr Groß sprechen darüber, wofür %Stadt 4% bekannt ist.
30 – 39	Herr Groß erzählt, dass es ihn nach dem Referendariat an seine aktuelle Schule in %bundesland 2% „verschlagen“ hat. Er schätzt die gute Anbindung, die schöne ländliche Gegend und die „mehrheitlich lieb[en]“ Schüler. Auch das „MINT“-Profil der Schule hört sich zumindest gut an.
40 – 46	Der Interviewer fragt Herrn Groß nach konkreten, prägenden Erlebnissen, die er mit Physik oder Technik verbindet.
47 – 53	Herr Groß nennt kein konkretes Erlebnis, sondern die „Summe des Ganzen“ als prägend. Er war schon immer fasziniert von Kosmologie, da man bei diesem Thema auf existenzielle Frage stößt und sich philosophische Fragen anknüpfen.
54 – 57	Herr Groß nennt diese Gebiete Rangebiete der Physik, insbesondere in Bezug auf den Physikunterricht.
57 – 61	Wenn man die „Physik konsequent zu Ende denkt“ stößt man auf erstaunliche Fragen, die eigene Existenz betreffend.
61 – 67	Mit diesen Themen beschäftigt sich Herr Groß auf „populärwissenschaftlicher Ebene“ schon seit Schulzeit und Studium.
68 – 69	Der Interviewer fragt nach, ob Herr Groß Kosmologie im Studium hatte.
70 – 74	Herr Groß hatte Himmelskosmologie als Wahlpflichtfach. Das war „eigentlich spannend“, aber „letztendlich“ viel Mechanik.
74 – 77	Herr Groß sagt, dass das Thema schöner ist, wenn man nicht so viel von der Theorie weiß. Wenn man sich nicht mehr „an der Mathematik stößt“, wird es, so Herr Groß, „vielleicht wieder n bisschen spannend.“
78 – 79	Der Interviewer fragt nach, was Herr Groß damit meint, dass es schöner ist, wen man es nicht so genau weiß.

80 – 86	Herr Groß nennt die komplexe Mathematik als Herausforderung in der Beschäftigung mit z.B. schwarzen Löchern.
86 – 91	Auch die Schüler*innen müssen erst mathematische Fähigkeiten verinnerlichen, um sich dann mit den „richtig interessanten Fragen“ zu beschäftigen und „die Physik“ dahinter zu verstehen.
92 – 94	Der Interviewer fragt, was Herr Groß außerhalb des Unterrichts zu dem Thema liest oder schaut.
95 – 99	Herr Groß nennt ein Buch von Stephen Hawking. Der Interviewer ergänzt ein weiteres.
100 – 108	Herr Groß nennt weitere Autoren populärwissenschaftlicher Literatur mit unterschiedlichem Anspruch.
108 – 114	Die Filmreihe „Unser Kosmos“ überbrückt mehrere Gebiete. Herr Groß findet das interessant, wenn neben der Physik z.B. auch Chemie und Biologie bei Fragen nach unserer Existenz behandelt werden. Ausgangspunkt ist die Physik.
114 – 120	Herr Groß möchte die Schüler*innen dazu anregen, die Welt nicht „als gegeben“ hinzunehmen, sondern sich dafür zu interessieren.
121 – 126	Der Interviewer sagt, dass er auch ein Buch von Stephen Hawking hat, es aber noch nicht ganz gelesen hat. Herr Groß antwortet, dass man es „in einem Rutsch lesen“ muss.

Publikationsliste

Aus der Dissertation hervorgegangene Publikationen

Bub, F., Rabe, T., & Krey, O. (2017). Das Verhältnis von Physik, Technik und Verantwortung. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Zürich 2016* (S. 636–669, Bd. 37). Universität Regensburg.

Bub, F., Rabe, T., & Krey, O. (2018a). Physik-Technik-Beziehungen im Kontext Verantwortung. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie - und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Regensburg 2017* (S. 297–300, Bd. 38). Universität Regensburg.

Bub, F., Rabe, T., & Krey, O. (2018b). Views on Interrelations Between Physics and Technology in the Context of Responsibility. In O. E. Finlayson, E. McLoughlin, S. Erduran & P. Childs (Hrsg.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2017 Conference. Research, Practice and Collaboration in Science Education.* (S. 787–795).

Bub, F., & Rabe, T. (2020). Orientierungen zu Technik und Verantwortung im Physikunterricht. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019* (S. 258–261, Bd. 40).

Bub, F., & Rabe, T. (2021). Physik ist Mathe mit Technik? - Typologien aus einer Interviewstudie. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik online Jahrestagung 2020* (S. 246–249, Bd. 41). Universität Duisburg-Essen.

Bub, F., & Rabe, T. (2023a). Klima, Energiewende und Kernwaffen - Zur Rolle von SSI im Physikunterricht. In H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt* (S. 202–205, Bd. 43). Universität Duisburg-Essen.

Bub, F., & Rabe, T. (2023b). Orientierungen von Physiklehrkräften zur Rolle von Technik und Verantwortung im Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *29*(7). https://doi.org/10.1007/s40573-023-00156-x

Weitere Publikationen

Publikationen im Bereich Klimabildung

Bub, F., & Rabe, T. (2021). Klimafakten statt Klimamythen: It's real. It's us. It's bad: Scheinargumente von Klimawandel- und Wissenschaftsleugnerinnen und -leugnern entkräften lernen. In S. Heinicke, D. Höttecke, T. Rabe & M. Sach (Hrsg.), *Naturwissenschaften im Unterricht Physik: Klimawandel - im Spannungsfeld zwischen Wissenschaft und Gesellschaft* (Bd. 183–184). Friedrich Verlag.

Rabe, T., & Bub, F. (2021). Planspiele zum Klimawandel: Klimahandeln multiperspektivisch erleben und reflektieren. In S. Heinicke, D. Höttecke, T. Rabe & M. Sach (Hrsg.), *Naturwissenschaften im Unterricht Physik: Klimawandel - im Spannungsfeld zwischen Wissenschaft und Gesellschaft* (Bd. 183–184). Friedrich Verlag.

Zimmermann, C., Rabe, T., & Bub, F. (2021). "Frischhalte"-Folie für Carlo: Ein Mystery zum Treibhauseffekt. In S. Heinicke, D. Höttecke, T. Rabe & M. Sach (Hrsg.), *Naturwissenschaften im Unterricht Physik: Klimawandel - im Spannungsfeld zwischen Wissenschaft und Gesellschaft* (Bd. 183–184). Friedrich Verlag.

Baierl, F., & Bub, F. (2025). Zeitreise durch die Klimaphysik. Mit künstlicher Intelligenz und realen Experimenten auf den Spuren von Eunice Newton Foote. In S. Heinicke & T. Rabe (Hrsg.), *Naturwissenschaften im Unterricht Physik: Elektromagnetisches Spektrum* (Bd. 206). Friedrich Verlag.

Baierl, F., Bub, F., & Rabe, T. (2025). Experimentieren zur Klimaphysik. In D. Höttecke, S. Heinicke, H. Martens, A. Nehring & T. Rabe (Hrsg.), *Handbuch Klimabildung* (S. 719–754). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-48374-6_27

Bub, F., Höger, E., & Rabe, T. (2025). Die Bewertung des Klimawandels in den Medien als Perspektive für den Physikunterricht. In C. Hößle & W. Rathje (Hrsg.), *Bioethik unterrichten - Urteilsfähigkeit fördern* (1. Aufl., S. 167–188). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-69707-8_13

Publikationen im Bereich Bildung für nachhaltige Entwicklung

Birke, J., Bub, F., Lindau, A.-K., & Keil, A. (2020). BNE in der Lehrkräftebildung. Umfragen in Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt. In A. Keil, M. Kuckuck & M. Faßbender (Hrsg.), *BNE-Strukturen gemeinsam gestalten: Fachdidaktische Perspektiven und Forschungen zu Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Lehrkräftebildung* (1. Aufl., S. 185–201, Bd. 13). Waxmann.

Bub, F., & Rabe, T. (2023). BNE in Schule und Hochschule. *Pädagogik*, (4), 54–57. https://doi.org/10.3262/PAED2304054

Bub, F., Lindau, A.-K., & Schütz, S. (Hrsg.). (2024). *Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Lehrer*innenbildung. Perspektiven und Beiträge aus der universitären Praxis* (Bd. 6). Zentrum für Lehrer*innenbildung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. https://doi.org/10.25673/116983

Bub, F., & Rabe, T. (2024). Physikalische Bildung für nachhaltige Entwicklung - Fachdidaktische Bezüge und Beiträge. In F. Bub, A.-K. Lindau & S. Schütz (Hrsg.), *Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Lehrer*innenbildung. Perspektiven und Beiträge aus der universitären Praxis* (S. 61–67, Bd. 6). Zentrum für Lehrer*innenbildung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

Wodzinski, R., Bub, F., Wackermann, R., & Schmidt, D. (2025). Fachkapitel Physik. In Engagement Global (Hrsg.), *KMK/ BMZ Orientierungsrahmen Globale Entwicklung - Bildung für nachhaltige Entwicklung in der gymnasialen Oberstufe* (S. 670–697).

Publikationen im Bereich Physik-Identität

Christ, L.-M., Krey, O., Bub, F., & Rabe, T. (2023). Identitätsaushandlungen von Schüler*innen zu MINT im Anfangsunterricht. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 433–437.

Bub, F., Rabe, T., Christ, L.-M., & Krey, O. (2024). MINT-Identität im Anfangsunterricht: Eine quantitative Annährung. In *Frühe naturwissenschaftliche Bildung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Hamburg 2023* (Bd. 44). Universität Duisburg-Essen.

Christ, L.-M., Bub, F., Krey, O., & Rabe, T. (2024). Physik und Ich? - Identitätsaushandlungen als Forschungsperspektive. In H. van Vorst (Hrsg.), *Frühe naturwissenschaftliche Bildung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Hamburg 2023* (Bd. 44). Universität Duisburg-Essen.

Bub, F., Rabe, T., Christ, L.-M., & Krey, O. (2025). Entwicklung von MINT-Identität im Anfangsunterricht Physik. In H. van Vorst (Hrsg.), *Entdecken, lehren und forschen im Schülerlabor. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Bochum 2024* (Bd. 45). Universität Duisburg-Essen.

Christ, L.-M., Krey, O., Bub, F., & Rabe, T. (2025). Identität und Anfangsunterricht Physik – ein qualitativer Zugang. In H. van Vorst (Hrsg.), *Entdecken, lehren und forschen im Schülerlabor. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Bochum 2024* (Bd. 45). Universität Duisburg-Essen.

Curriculum Vitae

Persönliche Daten

Name:	Frederik Bub
Nationalität:	deutsch

Berufserfahrung

11/2020 - 11/2023	**Projektkoordinator**, Stabsstelle Vielfalt und Chancengleichheit, MLU Halle-Wittenberg
seit 01/2016	**Wissenschaftlicher Mitarbeiter**, Fachgruppe Didaktik der Physik, MLU Halle-Wittenberg

- seit 08/2022: IdentMINT (Identitätsaushandlungen zu MINT im Kontext von Anfangsunterricht Physik und Chemie, BMBF)
- 2022: DPG-Lehrer*innenfortbildung „Klima(wandel) im Physikunterricht“
- 2019-2022: Mitglied Rektoratskommission zur Zukunft von Studium und Lehre
- 2017: BNE in der Lehrer*innenbildung; Befragung und Tagungsleitung für das Zentrum für Lehrer*innenbildung
- 2018-2023: Sprecher des Arbeitskreises BNE am Zentrum für Lehrer*innenbildung

Akademische Ausbildung

06/2015	**Master of Science** Physik (1,1), MLU Halle-Wittenberg
09/2012	**Bachelor of Science** Physik (1,4), MLU Halle-Wittenberg
2010 - 2015	**Stipendium**, Evangelisches Studienwerk Villigst
06/2009	**Allgemeine Hochschulreife** (1,4), Celts-Gymnasium, Schweinfurt

Nebenberufliche Tätigkeit

Seit 04/2021	Berufenes Mitglied des KMK/BMZ-Facharbeitskreis Physik & BNE in der gymnasialen Oberstufe
2014-2016	Coach im Projekt „Zukunftsfähige Hochschulen gestalten“ des netzwerk n e.V. (BMBF)
2012-2018	Projektleiter ASQ und Ringvorlesung Nachhaltigkeit SFI e.V. (ab 2018 wiss. Beratung)

Literaturverzeichnis

Aduríz-Bravo, A. (2013). School science as intervention: Conceptual and material tools and the nature of science. In P. Heering, S. Klassen & D. Metz (Hrsg.), *Enabling scientific understanding through historical instruments and experiments in formal and non-formal learning environments* (S. 283–301). Flensburg University Press.

Aikenhead, G. S. (1988). An analysis of four ways of assessing student beliefs about sts topics. *Journal of Research in Science Teaching*, *25*(8), 607–629. https://doi.org/10.1002/tea.3660250802

Aikenhead, G. S. (2002). STS Education: A Rose by Any Other Name. In R. Cross (Hrsg.), *A vision for science education: Responding to Peter Fensham's work* (S. 1–21). RoutledgeFalmer.

Aikenhead, G. S., Fleming, R., & Ryan, A. G. (1987). High-school graduates' beliefs about science-technology-society. I. methods and issues in monitoring student views. *Science Education*, *71*(2).

Aikenhead, G. S., & Ryan, A. G. (1992). The Development of a New Instrument: 'Views on Science-Technology-Society' (VOSTS). *Science Education*, *76*(5), 477–491.

Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, *95*(3), 518–542. https://doi.org/10.1002/sce.20432

Allchin, D. (2017). Beyond the Consensus View: Whole Science. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, *17*(1), 18–26. https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1271921

Ankiewicz, P., Swardt, E., & Vries, M. (2006). Some Implications of the Philosophy of Technology for Science, Technology and Society (STS) Studies. *International Journal of Technology and Design Education*, *16*(2), 117–141. https://doi.org/10.1007/s10798-005-3595-x

Antink-Meyer, A., & Meyer, D. Z. (2016). Science Teachers' Misconceptions in Science and Engineering Distinctions: Reflections on Modern Research Examples. *Journal of Science Teacher Education*, *27*(6), 625–647. https://doi.org/10.1007/s10972-016-9478-z

Arndt, L. (2024). *Scienfic Literacy, Nature of Science und Wissenschaftsverständnis – Bilanz der naturwissenschasdidaktischen Forschungsdesiderate* [Diss., Pädagogische Hochschule Heidelberg].

Arndt, L., Billion-Kramer, T., Wilhelm, M., & Rehm, M. (2019). Antinomien der Naturwissenschaft – Chance zum produktiven und reflektierten Meinungsbildungsprozess im naturwissenschaftlichen Unterricht. *CHEMKON*, *26*(8), 355–359. https://doi.org/10.1002/ckon.201900020

Asbrand, B. (2008). Wie erwerben Jugendliche Wissen und Handlungsorientierungen in der Weltgesellschaft? Globales Lernen aus der Perspektive qualitativ-rekonstruktiver Forschung. *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, *31*(1), 4–8. https://doi.org/10.25656/01:9977

Asbrand, B. (2014). Die dokumentarische Methode in der Governance-Forschung. Zur Rekonstruktion von Rekontextualisierungsprozessen. In K. Maag Merki, R. Langer & H. Altrichter (Hrsg.), *Educational Governance als Forschungsperspektive. Strategien, Methoden, Ansätze* (S. 183–205). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-06443-3_8

Asbrand, B., & Martens, M. (2013). Qualitative Kompetenzforschung im Lernbereich Globale Entwicklung: Das Beispiel Perspektivenübernahme. In B. Overwien & H. Rode (Hrsg.), *Bildung für nachhaltige Entwicklung: Lebenslanges Lernen, Kompetenz und Gesellschaftliche Teilhabe* (S. 47–67). Barbara Budrich-Esser.

Asbrand, B., & Martens, M. (2018). *Dokumentarische Unterrichtsforschung* (1. Aufl.). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-10892-2

Aufschnaiter, C., Fraij, A., & Kost, D. (2019). Reflexion und Reflexivität in der Lehrerbildung. *Herausforderung Lehrer*innenbildung - Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion*, *2*(1), 144–159. https://doi.org/10.4119/hlz-2439

Avraamidou, L. (2014). Studying science teacher identity: current insights and future research directions. *Studies in Science Education*, *50*(2), 145–179. https://doi.org/10.1080/03057267.2014.937171

Bartos, S. A., & Lederman, N. G. (2014). Teachers' knowledge structures for nature of science and scientific inquiry: Conceptions and classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, *51*(9), 1150–1184. https://doi.org/10.1002/tea.21168

Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *9*(4), 469–520.

Baur, N., & Blasius, J. (Hrsg.). (2014). *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-18939-0

Beck, U. (1986). *Risikogesellschaft: Auf dem Weg in eine andere Moderne* (1. Aufl.). Suhrkamp.

Beck, U. (1988). *Gegengifte. Die organisierte Unverantwortlichkeit* (1. Aufl). Suhrkamp.

Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, *91*(3), 347–370.

Berger, R. (2002). Einfluss kontextorientierten Physikunterrichts auf Interesse und Leistung in der Sekundarstufe II. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *8*(1), 119–132.

Billion-Kramer, T., Lohse-Bossenz, H., Dörfler, T., & Rehm, M. (2020). Professionswissen angehender Lehrkräfte zum Konstrukt Nature of Science (NOS): Entwicklung und Validierung eines Vignettentests (EKoL-NOS). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *26*(1), 53–72. https://doi.org/10.1007/s40573-020-00112-z

Blom, N., & Abrie, A. L. (2021). Students' perceptions of the nature of technology and its relationship with science following an integrated curriculum. *International Journal of Science Education*, *43*(11), 1726–1745. https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1930273

Bohnsack, R. (2012). Orientierungsschemata, Orientierungsrahmen und Habitus. Elementare Kategorien der Dokumentarischen Methode mit Beispielen aus der Bildungsmilieuforschung. In K. Schittenhelm (Hrsg.), *Qualitative Bildungs- und Arbeitsmarktforschung. Grundlagen, Perspektiven, Methoden* (S. 119–153). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-531-94119-6_5

Bohnsack, R. (2014). *Rekonstruktive Sozialforschung: Einführung in qualitative Methoden* (9., überarb. und erw. Aufl). Verlag Barbara Budrich.

Bohnsack, R., Nentwig-Gesemann, I., & Nohl, A.-M. (Hrsg.). (2013). *Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis: Grundlagen qualitativer Sozialforschung* (3., aktualisierte Aufl.). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-19895-8

Bonnet, A. (2009). Die Dokumentarische Methode in der Unterrichtsforschung: ein integratives Forschungsinstrument für Strukturrekonstruktion und Kompetenzanalyse. *Zeitschrift für Qualitative Forschung*, *10*(2), 219–240.

Bormann, I., & de Haan, G. (Hrsg.). (2008). *Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung. Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Befunde*. VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-90832-8

Bouras, A., & Albe, V. (2008). Viewpoints of higher education teachers about technologies. *International Journal of Technology and Design Education*, *18*(3), 285–305. https://doi.org/10.1007/s10798-007-9027-3

Bourdieu, P. (1993). *Sozialer Sinn: Kritik der theoretischen Vernunft*. Suhrkamp.

Brickhouse, N. W. (1989). The teaching of the philosophy of science in secondary classrooms: case studies of teachers' personal theories. *International Journal of Science Education*, *11*(4), 437–449. https://doi.org/10.1080/0950069890110408

Brickhouse, N. W. (1990). Teachers' Beliefs About the Nature of Science and Their Relationship to Classroom Practice. *Journal of Teacher Education*, *41*(3), 53–62. https://doi.org/10.1177/002248719004100307

Brooks, H. (1994). The relationship between science and technology. *Research Policy*, *23*(5), 477–486. https://doi.org/10.1016/0048-7333(94)01001-3

Brown, P. (1995a). American martyrs to radiology. Clarence Madison Dally (1865-1904). *American Journal of roentgenology*, *164*(1), 237–239.

Brown, P. (1995b). American martyrs to radiology. Elisabeth Fleichman Ascheim (1859-1905). *American Journal of roentgenology*, *164*(2), 497–499.

Bub, F., Höger, E., & Rabe, T. (2025). Die Bewertung des Klimawandels in den Medien als Perspektive für den Physikunterricht. In C. Hößle & W. Rathje (Hrsg.), *Bioethik unterrichten - Urteilsfähigkeit fördern* (1. Aufl., S. 167–188). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-69707-8_13

Bub, F., & Rabe, T. (2020). Orientierungen zu Technik und Verantwortung im Physikunterricht. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019* (S. 258–261, Bd. 40).

Bub, F., & Rabe, T. (2021). Physik ist Mathe mit Technik? - Typologien aus einer Interviewstudie. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik online Jahrestagung 2020* (S. 246–249, Bd. 41). Universität Duisburg-Essen.

Bub, F., & Rabe, T. (2023a). Klima, Energiewende und Kernwaffen - Zur Rolle von SSI im Physikunterricht. In H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt* (S. 202–205, Bd. 43). Universität Duisburg-Essen.

Bub, F., & Rabe, T. (2023b). Orientierungen von Physiklehrkräften zur Rolle von Technik und Verantwortung im Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *29*(7). https://doi.org/10.1007/s40573-023-00156-x

Bub, F., Rabe, T., & Krey, O. (2017). Das Verhältnis von Physik, Technik und Verantwortung. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Zürich 2016* (S. 636–669, Bd. 37). Universität Regensburg.

Bub, F., Rabe, T., & Krey, O. (2018a). Physik-Technik-Beziehungen im Kontext Verantwortung. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie - und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Regensburg 2017* (S. 297–300, Bd. 38). Universität Regensburg.

Bub, F., Rabe, T., & Krey, O. (2018b). Views on Interrelations Between Physics and Technology in the Context of Responsibility. In O. E. Finlayson, E. McLoughlin, S. Erduran & P. Childs (Hrsg.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2017 Conference. Research, Practice and Collaboration in Science Education.* (S. 787–795).

Busch, U. (Hrsg.). (2020). *Wilhelm Conrad Röntgen: Ein leuchtendes Leben für die Wissenschaft*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61350-4

Cajas, F. (2001). The science/technology interaction: Implications for science literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, *38*(7), 715–729.

Carson, R. (1962). *Silent Spring*. Penguin Books.

Cheung, K. K. C., & Erduran, S. (2022). A Systematic Review of Research on Family Resemblance Approach to Nature of Science in Science Education. *Science & Education*, 1–37. https://doi.org/10.1007/s11191-022-00379-3

Constantinou, C., Hadjilouca, R., & Papadouris, N. (2010). Students' Epistemological Awareness Concerning the Distinction between Science and Technology. *International Journal of Science Education*, *32*(2), 143–172.

Cramer, C., Harant, M., Merk, S., Drahmann, M., & Emmerich, M. (2019). Meta-Reflexivität und Professionalität im Lehrerinnnen- und Lehrerberuf. *Zeitschrift für Pädagogik*, *65*(3), 401–423. https://doi.org/10.25656/01:23949

Cremer, H. (2019). *Das Neutralitätsgebot in der Bildung. Neutral gegenüber rassistischen Positionen von Parteien?* Deutsches Institut für Menschenrechte.

Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (2nd ed.). SAGE Publications.

de Haan, G., Kamp, G., & Lerch, A. (2008). *Nachhaltigkeit und Gerechtigkeit: Grundlagen und schulpraktische Konsequenzen* (1. Aufl, Bd. 33). Springer.

Demtröder, W. (2015). *Experimentalphysik: 1: Mechanik und Wärme* (7., neu bearb. und aktualisierte Aufl., Bd. 1). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-46415-1

Dikmentepe, E., & Yakar, Z. (2015). Preservice Science Teachers' Views on Science-Technology-Society. *International Journal of Higher Education*, *5*(2). https://doi.org/10.5430/ijhe.v5n2p183

Dittmer, A., & Gebhard, U. (2012). Stichwort Bewertungskompetenz: Ethik im naturwissenschaftlichen Unterricht aus sozial-intuitionistischer Perspektive. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *18*(1), 81–98.

Dittmer, A., Gebhard, U., Höttecke, D., & Menthe, J. (2016). Ethisches Bewerten im Naturwissenschaftlichen Unterricht: Theoretische Bezugspunkte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *22*(1), 97–108. https://doi.org/10.1007/s40573-016-0044-1

Dörner, O., & Schäffer, B. (2012). Zum Verhältnis von Gegenstands- und Grundlagentheorien zu Methodologien und Methoden in der Erwachsenen- und Weiterbildungsforschung. In B. Schäffer & O. Dörner (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Erwachsenen- und Weiterbildungsforschung*. Barbara Budrich.

Dow, W. (2006). The need to change pedagogies in science and technology subjects: A European perspective. *International Journal of Technology and Design Education*, *16*(3), 307–321.

Duit, R. (2010). *Piko-Briefe: Der fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst* (Techn. Ber.).

Duit, R., & Mikelskis-Seifert, S. (2010). Piko-Brief Nr. 5 Kontextorientierter Physikunterricht. In *Piko-Briefe: Der fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst*.

DUK. (2014). *UNESCO Roadmap zur Umsetzung des Weltaktionsprogramms "Bildung für nachhaltige Entwicklung"*. Deutsche UNESCO-Kommission.

Dutz, K., Meiners, R., & Reich, G. (2010). Die Integration der Technikbewertung in den Technikunterricht. In W. Bienhaus (Hrsg.), *Inhalte zeitgemäßen Technikunterrichts – Strukturierung und Präzisierung* (S. 178–198).

Düwell, M., Werner, M. H., & Hübenthal, C. (2006). *Handbuch Ethik* (2. Auflage). J.B. Metzler'sche Verlagsbuchhandlung und Carl Ernst Poeschel Verlag GmbH.

Eggert, S., & Bögeholz, S. (2006). Göttinger Modell der Bewertungskompetenz: Teilkompetenz "Bewerten, Entscheiden und Reflektieren" für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *12*, 177–197.

Engagement Global. (2016). *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung*.

Erlebach, R., & Frank, C. (2021). Fachdidaktische Modellierung Technischen Wissens als Grundlage zur Analyse technischer Repräsentationen. *Journal of Technical Education*, *9*(2). https://doi.org/10.48513/joted.v9i2.205

Fives, H., & Gill, M. G. (Hrsg.). (2015). *International Handbook of Research on Teachers' Beliefs*. Routledge.

Fleming, R. (1987). High-school graduates' beliefs about science-technology-society. II. the interaction among science, technology and society. *Science Education*, *71*(2), 163–186. https://doi.org/10.1002/sce.3730710204

Fleming, R. (1989). Literacy for a technological age. *Science Education*, *73*(4), 391–404. https://doi.org/10.1002/sce.3730730402

Flick, U. (2014). Gütekriterien qualitativer Sozialforschung. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 533–547). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-18939-0

Freise, G. (1994). *Für einen politischen Unterricht von der Natur* (Bd. 7). Redaktionsgemeinschaft Soznat.

Gardner, P. L. (1994a). The Relationship between Technology and Science: Some Historical and Philosophical Reflections. Part I. *International Journal of Technology and Design Education*, *4*, 123–153.

Gardner, P. L. (1994b). Representations of the Relationship between Science and Technology in the Curriculum. *Studies in Science Education*, *24*(1), 1–28.

Gardner, P. L. (1995). The Relationship between Technology and Science: Some Historical and Philosophical Reflections. Part II. *International Journal of Technology and Design Education*, *5*, 1–33.

Gardner, P. L. (1999). The representation of science-technology relationships in Canadian physics textbooks. *International Journal of Science Education*, *21*(3), 329–347.

Gebhard, U., Höttecke, D., & Rehm, M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-531-19546-9

Geimer, A. (2012). Bildung als Transformation von Selbst- und Weltverhältnissen und die dissoziative Aneignung von diskursiven Subjektfiguren in posttraditionellen Gesellschaften. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, *2*(3), 229–242. https://doi.org/10.1007/s35834-012-0045-1

Getzin, S., & Singer-Brodowski, M. (2016). Transformatives Lernen in einer Degrowth-Gesellschaft. *Journal of Science-Society Interfaces*, *1*(1), 33–46. https://doi.org/10.5167/UZH-135963

Girwidz, R., & Ziegelbauer, S. (2010). Piko-Brief Nr. 15 Moderne Technologien: Neue Themen für den Unterricht. In *Piko-Briefe: Der fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst*.

Gräber, W., Nentwig, P., Koballa, T., & Evans, R. (Hrsg.). (2002). *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (1. Aufl.). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-322-80863-9

Graube, G. (2014). Wissenschaft und Technik. Zur Reflektion von Technoscience und Interdisziplinarität in der Allgemeinbildung. *Journal of Technical Education*, *2*(1), 129–148.

Grunwald, A. (Hrsg.). (1999). *Rationale Technikfolgenbeurteilung: Konzeption und methodische Grundlagen* (Bd. 1). Springer Berlin Heidelberg.

Grunwald, A., & Simonidis-Puschmann, M. (2013). *Handbuch Technikethik*. J.B. Metzler. https://doi.org/10.1007/978-3-476-05333-6

Hadjilouca, R., Constantinou, C. P., & Papadouris, N. (2011). The Rationale for a Teaching Innovation About the Interrelationship Between Science and Technology. *Science & Education*, *20*(10), 981–1005. https://doi.org/10.1007/s11191-010-9332-1

Hadjilouca, R., Papadouris, N., & Constantinou, C. P. (2023). Teaching aspects of the interrelationship between science and technology: explicit or implicit approach? *Research in Science & Technological Education*, *41*(2), 482–504. https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1912726

Hadjilouca, R. (2018). *Promoting Student Understanding of the Interaction between Science and Technology* [Diss.].

Hadjilouca, R., & Constantinou, C. (2019). Teaching aspects of the interrelationship between science and technology: a research report on the design, enactment and evaluation of a teaching proposal. *Research in Science & Technological Education*, *37*(4), 446–470. https://doi.org/10.1080/02635143.2018.1554560

Harms, U., & Riese, J. (2018). Professionelle Kompetenz und Professionswissen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 283–298). Springer Berlin Heidelberg.

Häußler, P., Hoffmann, L., Langeheine, R., Rost, J., & Sievers, K. (1996). Qualitative Unterschiede im Interesse an Physik und Konsequenzen für den Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *2*. https://doi.org/10.25656/01:31494

Heering, P., & Kremer, K. (2018). Nature of Science. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 105–119). Springer Berlin Heidelberg.

Heidbrink, L. (2003). *Kritik der Verantwortung: Zu den Grenzen verantwortlichen Handelns in komplexen Kontexten* (1. Aufl.). Velbrück Wissenschaft.

Heidbrink, L., Langbehn, C., & Loh, J. (Hrsg.). (2017). *Handbuch Verantwortung*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-06110-4

Heinicke, S., & Holz, C. (Hrsg.). (2020). *Naturwissenschaften im Unterricht Physik: Fehlerkultur* (Bd. 177–178). Friedrich Verlag.

Helfferich, C. (2009). *Die Qualität qualitativer Daten. Manual für die Durchführung qualitativer Interviews* (3., überarb. Aufl.). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-91858-7

Hellberg-Rode, G., & Schrüfer, G. (2016). Welche spezifischen professionellen Handlungskompetenzen benötigen Lehrkräfte für die Umsetzung von Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE)?: Ergebnisse einer explorativen Studie. *Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB) - Biologie Lehren und Lernen*, *20*(1), 1–29. https://doi.org/10.4119/UNIBI/ZDB-V20-I1-330

Helsper, W. (2011). Lehrerprofessionalität - der strukturtheoretische Professionsansatz zum Lehrberuf. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 149–170). Waxmann.

Heusler, S., & Heinicke, S. (2017). Der geheime politische Lehrplan um Schulbuch. Eine Textanalyse japanischer und deutscher Physik-Schulbücher als Spiegel politischen, historischen und pädagogischen Umgangs mit dem Thema Kernenergie. In L. Wigger, B. Platzer & C. Bünger (Hrsg.), *Nach Fukushima?: Zur erziehungs- und bildungstheoretischen Reflexion atomarer Katastrophen : internationale Perspektiven* (S. 15–16). Verlag Julius Klinkhardt. https://doi.org/10.15358/9783800642960_15

Höhne, T. (2003). *Schulbuchwissen: Umrisse einer Wissens- und Medientheorie des Schulbuches* (Bd. 2). Fachbereich Erziehungswissenschaften der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität.

Hostenbach, J., Fischer, H. E., Kauertz, A., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2011). Modellierung der Bewertungskompetenz in den Naturwissenschaften zur Evaluation der Nationalen Bildungsstandards. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *17*, 261–288. https://doi.org/10.25656/01:31695

Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der "Natur der Naturwissenschaften". *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *7*. https://doi.org/10.25656/01:31535

Höttecke, D. (Hrsg.). (2008). *Naturwissenschaften im Unterricht Physik. Was ist Physik: Über die Natur der Naturwissenschaften unterrichten* (Bd. 103). Friedrich Verlag.

Höttecke, D., & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, *104*(4), 641–666. https://doi.org/10.1002/sce.21575

Höttecke, D., Heinicke, S., Martens, H., Nehring, A., & Rabe, T. (Hrsg.). (2025). *Handbuch Klimabildung*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-48374-6

Hubig, C. (1993). *Technik- und Wissenschaftsethik: Ein Leitfaden*. Springer.

Hubig, C., Huning, A., & Ropohl, G. (Hrsg.). (2001). *Nachdenken über Technik: Die Klassiker der Technikphilosophie* (2., unveränd. Aufl., Bd. 2). Ed. Sigma.

Jadrich, J., & Bruxvoort, C. (2013). Confusion in the Classroom about the Natures of Science and Technology. In M. P. Clough, J. K. Olson & D. S. Niederhauser (Hrsg.), *The Nature of Technology: Implications for Learning and Teaching* (S. 411–426). SensePublishers.

Jonas, H. (1984). *Das Prinzip Verantwortung: Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation* (1. Aufl.). Suhrkamp.

Jones, A., & Carr, M. (1992). Teachers' perceptions of technology education: Implications for curriculum innovation. *Research in Science Education*, *22*(1), 230–239. https://doi.org/10.1007/BF02356900

Jung, W. (1983). *Anstöße: Ein Essay über die Didaktik der Physik und ihre Probleme*. Diesterweg.

Kelle, U., & Kluge, S. (2010). *Vom Einzelfall zum Typus: Fallvergleich und Fallkontrastierung in der qualitativen Sozialforschung* (2., überarb. Aufl.). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92366-6

Keller, R. (2011a). *Diskursforschung. Eine Einführung für SozialwissenschaftlerInnen* (4. Aufl.). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92085-6

Keller, R. (2011b). *Wissenssoziologische Diskursanalyse: Grundlegung eines Forschungsprogramms* (3. Aufl.). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92058-0

Kimball, M. E. (1967). Understanding the Nature of Science: A Comparison of Scientists and Science Teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, *5*(1), 110–120.

Kircher, E., Girwidz, R., & Häußler, P. (Hrsg.). (2015). *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (3. Aufl.). Springer Berlin Heidelberg.

Klafki, W. (1996). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik* (5., unveränd. Aufl.). Beltz.

Kluge, S. (1999). *Empirisch begründete Typenbildung: Zur Konstruktion von Typen und Typologien in der qualitativen Sozialforschung*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Kluge, S. (2000). Empirisch begründete Typenbildung in der qualitativen Sozialforschung. *Forum Qualitative Sozialforschung*, *1*(1).

KMK. (2020). *Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife*. Kultusministerkonferenz.

KMK. (2024). *Weiterentwickelte Bildungsstandards in den Naturwissenschaften für das Fach Physik (MSA)*. Kultusministerkonferenz.

KMK & DUK. (2007). *Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Schule*. Kultusministerkonferenz und Deutsche UNESCO-Kommission.

Kramer, R.-T. (2011). *Abschied von Bourdieu?: Perspektiven ungleichheitsbezogener Bildungsforschung* (1. Aufl., Bd. 39). VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Kramer, R.-T. (2013). "Habitus(-wandel)" im Spiegel von "Krise" und "Bewährung": strukturtheoretische Überlegungen zu einer dokumentarischen Längsschnittforschung. *Zeitschrift für Qualitative Forschung*, *14*(1), 13–32.

Kramer, R.-T., Helsper, W., Thiersch, S., & Ziems, C. (2009). *Selektion und Schulkarriere: Kindliche Orientierungsrahmen beim Übergang in die Sekundarstufe I* (1. Aufl., Bd. 29). VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Kramer, R.-T., Rabe, T., & Wittek, D. (Hrsg.). (2025). *Fallverstehen und Reflexivität? Beiträge der QLB zur Professionalisierung im Lehramtsstudium*. Verlag Julius Klinkhardt. https://doi.org/10.35468/6156

Krauss, S. (2011). Das Experten-Paradigma in der Forschung zum Lehrberuf. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 171–191). Waxmann.

Krüger, D., Parchmann, I., & Schecker, H. (Hrsg.). (2014). *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Imprint: Springer Spektrum.

Krüger, J. (2016). *Schülerperspektiven auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften: Theoretische Grundsatzüberlegungen und empirische Erkenntnisse* (Bd. 221). Logos.

Kruse, J. (2015). *Qualitative Interviewforschung: Ein integrativer Ansatz* (A. Henningsen, E. Tuider & S. Timmermanns, Hrsg.). Beltz Juventa.

Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., & Neubrand, M. (Hrsg.). (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Waxmann.

Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, *84*(1), 71–94. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:1%3C71::AID-SCE6%3E3.0.CO;2-C

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. 831–880). Routledge. https://doi.org/10.1093/owc/9780199675647.003.0029

Lederman, N. G., Bartos, S. A., & Lederman, J. S. (2014). The Development, Use, and Interpretation of Nature of Science Assessments. In M. R. Matthews (Hrsg.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (S. 971–997). Springer Netherlands.

Lederman, N. G., McComas, W. F., & Matthews, M. R. (1998). Editorial. *Science & Education*, *7*(6), 507–509.

Lenger, A., Schneickert, C., & Schumacher, F. (2013). *Pierre Bourdieus Konzeption des Habitus: Grundlagen, Zugänge, Forschungsperspektiven* (A. Lenger, C. Schneickert & F. Schumacher, Hrsg.). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-18669-6

Lenk, H. (1988). Verantwortung in, für, durch Technik. In W. Bungard & H. Lenk (Hrsg.), *Technikbewertung. Philosophische und psychologische Perspektiven* (1. Aufl.). Suhrkamp.

Lenk, H. (1993). Über Verantwortungsbegriffe und das Verantwortungsproblem in der Technik. In H. Lenk & G. Ropohl (Hrsg.), *Technik und Ethik* (2., rev. und erw. Aufl., S. 112–148, Bd. 8395). Reclam.

Lipkowsky, F. (2011). Theoretische Perspektiven und empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfort- und weiterbildung. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 398–417). Waxmann.

Lucius-Hoene, G., & Deppermann, A. (2002). *Rekonstruktion narrativer Identität. Ein Arbeitsbuch zur Analyse narrativer Interviews* (1. Aufl.). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-663-11291-4

Mannheim, K. (1980). *Strukturen des Denkens*. Suhrkamp.

Mansour, N. (2009). Science-Technology-Society (STS): A New Paradigm in Science Education. *Bulletin of Science, Technology & Society*, *29*(4), 287–297. https://doi.org/10.1177/0270467609336307

Maring, M. (Hrsg.). (2011). *Fallstudien zur Ethik in Wissenschaft, Wirtschaft, Technik und Gesellschaft* (Bd. 4). KIT Scientific Publishing.

Marotzki, W. (1990). *Entwurf einer strukturalen Bildungstheorie: biographietheoretische Auslegung von Bildungsprozessen in hochkomplexen Gesellschaften*. Dt. Studien-Verl.

Martens, M., & Asbrand, B. (2018). Dokumentarische Unterrichtsforschung. In M. Heinrich & A. Wernet (Hrsg.), *Rekonstruktive Bildungsforschung: Zugänge und Methoden* (S. 11–23). Springer Fachmedien Wiesbaden.

Martens, M., Asbrand, B., Buchborn, T., & Menthe, J. (Hrsg.). (2022). *Dokumentarische Unterrichtsforschung in den Fachdidaktiken. Theoretische Grundlagen und Forschungspraxis* (1. Aufl., Bd. 31). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32566-4

Maxelon, L., Piva, F., Jörke, D., & Nagel, F. (2018). Argumentation als Teil sozialer Praxis. Zur Rehabilitation einer unterschätzten Textsorte. In M. S. Maier, C. I. Keßler, U. Deppe, A. Leuthold-Wergin & S. Sandring (Hrsg.), *Qualitative Bildungsforschung. Methodische und methodologische Herausforderungen in der Forschungspraxis* (1. Aufl., S. 169–189, Bd. 68). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-18597-8_10

McComas, W. F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, *17*(2-3), 249–263. https://doi.org/10.1007/s11191-007-9081-y

McComas, W. F. (Hrsg.). (2020). *Nature of Science in Science Instruction. Rationales and Strategies* (1. Aufl., Bd. 6). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57239-6

McComas, W. F., & Olson, J. (1998). The Nature of Science in International Science Education Standards Documents. In W. F. McComas (Hrsg.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (S. 41–52). Kluwer.

Meuser, M., & Nagel, U. (2002). ExpertInneninterviews - vielfach erprobt, wenig bedacht: Ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion. In A. Bogner, B. Littig & W. Menz (Hrsg.), *Das Experteninterview: Theorie, Methode, Anwendung*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Ministerium für Bildung Sachsen-Anhalt. (2016). *Fachlehrplan Gymnasium Physik* (Techn. Ber.).

Ministerium für Bildung Sachsen-Anhalt. (2022a). *Fachlehrplan Gymnasium Physik*.

Ministerium für Bildung Sachsen-Anhalt. (2022b). *Lehplan Gymnasium. Kompetenzentwicklung und Unterrichtsqualität. Grundsatzband*.

MNU. (1993). *Der notwendige Beitrag des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts zur Umweltbildung*. Verein zur Förderung des mathematisch-naturwissenschafltichen Unterrichts.

Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext: Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*. Cornelsen.

Nawrath, D. (2010). *Kontextorientierung: Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht* [Diss.].

Nawrath, D., & Komorek, M. (2013). Kontextorientierung aus Sicht von Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *19*(1), 233–257.

Nentwig-Gesemann, I. (2013). Die Typenbildung der dokumentarischen Methode. In R. Bohnsack, I. Nentwig-Gesemann & A.-M. Nohl (Hrsg.), *Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis: Grundlagen qualitativer Sozialforschung* (3., aktualisierte Aufl.). Springer VS.

Netzwerk LeNa. (2014). *LehrerInnenbildung für eine nachhaltige Entwicklung – von Modellprojekten und Initiativen zu neuen Strukturen! Ein Memorandum zur Neuorientierung von LehrerInnenbildung in Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Deutschsprachiges Netzwerk LehrerInnenbildung für eine nachhaltige Entwicklung.

Neuweg, G. H. (2002). Lehrerhandeln und Lehrerbildung im Lichte des Konzepts des impliziten Wissens. *Zeitschrift für Pädagogik*, *48*(1), 10–29.

Neuweg, G. H. (2011). Das Wissen der Wissensvermittler: Problemstellungen, Befunde und Perspektiven der Forschung zum Lehrerwissen. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 421–477). Waxmann.

Neuweg, G. H. (2015). *Das Schweigen der Könner: Gesammelte Schriften zum impliziten Wissen* (1. Aufl.). Waxmann Verlag GmbH.

Nida-Rümelin, J. (2011). *Verantwortung* (1. Aufl., Bd. 18829). Reclam.

Nohl, A.-M. (2013). *Relationale Typenbildung und Mehrebenenvergleich: Neue Wege der dokumentarischen Methode*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-01292-2

Nohl, A.-M. (2017). *Interview und Dokumentarische Methode: Anleitungen für die Forschungspraxis* (5. Aufl.). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-90002-5

Nohl, A.-M. (2019). Zur Bedeutung der relationalen Typenbildung für die Dokumentarische Methode. In S. Amling, A. Geimer, A. Schondelmayer, K. Stützel & S. Thomasen (Hrsg.), *Jahrbuch Dokumentarische Methode* (S. 51–64, Bd. Heft 1/2019). https://doi.org/10.21241/SSOAR.65692

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. https://doi.org/10.1002/tea.10105

Pajares, M. F. (1992). Teachers' Beliefs and Educational Research: Cleaning Up a Messy Construct. *Review of Educational Research*, *62*(3), 307–332. https://doi.org/10.3102/00346543062003307

Pedersen, J. E., & Totten, S. (2001). Beliefs of Science Teachers Towards the Teaching of Science/Technological/Social Issues - Are We Addressing National Standards. *Bulletin of Science, Technology & Society*, *21*(5), 376–393.

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. https://doi.org/10.1002/tea.3660040317

Pfenning, U. (2013). Technikbildung und Technikdidaktik - ein soziologischer Über-Ein- und Ausbilck. *Journal of Technical Education*, *1*(1).

Poser, H. (2016). *Homo Creator: Technik als philosophische Herausforderung*. Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-08152-2

Przyborski, A., & Wohlrab-Sahr, M. (2014). *Qualitative Sozialforschung: Ein Arbeitsbuch* (4., erw. Aufl.). Oldenbourg Verlag.

Quinn, H., Schweingruber, H., & Keller, T. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. National Academies Press: Washington D.C. https://doi.org/10.17226/13165

Rabe, T., Abels, S., & Menthe, J. (2023). Naturwissenschaftsdidaktik und Dokumentarische Methode: Anwendungen und Ausschärfungen der Dokumentarischen Methode für die naturwissenschaftsdidaktische Forschung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN*, *29*. https://doi.org/10.1007/s40573-023-00165-w

Rabe, T., & Krey, O. (2018). Identitätskonstruktionen von Kindern und Jugendlichen in Bezug auf Physik – Das Identitätskonstrukt als Analyseperspektive für die Physikdidaktik? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *24*(1), 201–216. https://doi.org/10.1007/s40573-018-0083-x

Rauch, F., Steiner, R., & Streissler, A. (2008). Kompetenzen für Bildung für nachhaltige Entwicklung von Lehrpersonen: Entwurf für ein Rahmenkonzept. In I. Bormann & G. de Haan (Hrsg.), *Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung. Operationalisierungen, Messungen, Rahmenbedingungen, Befunde* (1. Aufl., S. 141–157). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-90832-8_11

Raworth, K. (2017). A Doughnut for the Anthropocene: humanity's compass in the 21st century. *The Lancet Planetary Health*, *1*(2). https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30028-1

Reinhold, P. (1996). *Offenes Experimentieren und Physiklernen* (Bd. 149). IPN.

Reitscher, K., & Hössle, C. (2007). Wie Schüler ethisch bewerten. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *13*, 125–143.

Rocha Fernandes, G. W., Rodrigues, A. M., & Ferreira, C. A. (2018). Conceptions of the Nature of Science and Technology: a Study with Children and Youths in a Non-Formal Science and Technology Education Setting. *Research in Science Education*, *48*(5), 1071–1106. https://doi.org/10.1007/s11165-016-9599-6

Röntgen, W. C. (1895). Über eine neue Art von Strahlen. *Sitzung Physikal-Medicin Gesellschaft*, *137*, 132–141.

Ropohl, G. (1999). *Allgemeine Technologie: Eine Systemtheorie der Technik* (2. Aufl.). Hanser.

Rost, J. (2002). Umweltbildung - Bildung für nachhaltige Entwicklung. Was macht den Unterschied? *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, *25*(1), 7–12.

Rubba, P. A., & Harkness, W. L. (1993). Examination of preservice and in-service secondary science teachers' beliefs about science-technology-society interactions. *Science Education*, *77*(4), 407–431.

Rubba, P. A., & Schoneweg, C. (1993). *An Examination of Views about Science-Technology-Society Interactions among College Students in General Education physics and STS Courses* (Techn. Ber.).

Ryan, A. G., & Aikenhead, G. S. (1992). Students' Preconceptions about the Epistemology of Science. *Science Education*, *76*(6), 559–580.

Sadler, T. D., Amirshokoohi, A., Kazempour, M., & Allspaw, K. M. (2006). Socioscience and Ethics in Science Classrooms: Teacher Perspectives and Strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, *43*(4), 353–376.

Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, *42*(1), 112–138. https://doi.org/10.1002/tea.20042

Sander, H. (2017). *Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung: Eine rekonstruktive Perspektive auf Bewertungskompetenz in der Didaktik der Naturwissenschaft* (Bd. 216). Logos.

Sander, H., & Höttecke, D. (2018). Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *24*(1), 83–98. https://doi.org/10.1007/s40573-018-0076-9

Scheffczik, W. (2003). *Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung - ein Beitrag zur Entwicklung des Technikunterrichts an allgemeinbildenden Schulen* [Diss.].

Schmid, A. M. (2023). *Authentische Kontexte für MINT-Lernumgebungen*. Logos Verlag Berlin. https://doi.org/10.30819/5605

Schoneweg Bradford, C., Rubba, P. A., & Harkness, W. L. (1995). Views about science - technology - society interactions held by college students in general education physics and sts courses. *Science Education*, *79*(4), 355–373.

Solomon, J. (1993). *Teaching Science, Technology and Society*. Open University Press.

Solomon, J., Scott, L., & Duveen, J. (1995). Large-scale exploration of pupils understanding of the nature of science. *Tijdschrift voor Didactiek der ß-wetenschappen*, *13*(2), 73–84.

Spiegel, R. (1999). *Technikbezug im Physikunterricht der mittleren und höheren Schulen: Eine Untersuchung zu den historischen Wurzeln, zum didaktischen Anspruch und zur Realität* [Diss.].

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015). The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, *2*(1), 81–98. https://doi.org/10.1177/2053019614564785

Stern, E. (2009). Implizite und explizite Lernprozesse bei Lehrerinnen und Lehrern. In K. Beck & O. Zlatkin-Troitschanskaia (Hrsg.), *Lehrerprofessionalität. Bedingungen, Genese, Wirkungen und ihre Messung* (S. 355–364). Beltz Bibliothek.

Strübing, J., Hirschauer, S., Ayaß, R., Krähnke, U., & Scheffer, T. (2018). Gütekriterien qualitativer Sozialforschung. Ein Diskussionsanstoß. *Zeitschrift für Soziologie*, *47*(2), 83–100. https://doi.org/10.1515/zfsoz-2018-1006

Tairab, H. H. (2001). How do Pre-service and In-service Science Teachers View the Nature of Science and Technology? *Research in Science & Technological Education*, *19*(2), 235–250. https://doi.org/10.1080/02635140120087759

Tala, S. (2009). Unified View of Science and Technology for Education: Technoscience and Technoscience Education. *Science & Education*, *18*(3-4), 275–298. https://doi.org/10.1007/s11191-008-9145-7

Terhart, E., Bennewitz, H., & Rothland, M. (Hrsg.). (2011). *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf*. Waxmann.

Tesch, M. (2010). Experimentieren oder Konstruieren?: Zur Differenzierung naturwissenschaftlicher und technischer Bildung aus fachdidaktischer Perspektive. In *Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*.

Tillmann, K.-J. (2011). Konzepte der Forschung zum Lehrerberuf. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 232–240). Waxmann.

UNESCO. (2020). *Education for Sustainable Development. A roadmap*.

VDI. (2012). *Technische Allgemeinbildung stärkt den Standort Deutschland*. Verein Deutscher Ingenieure.

Vesterinen, V.-M., Manassero-Mas, M.-A., & Vázquez-Alonso, Á. (2014). History, Philosophy, and Sociology of Science and Science-Technology-Society Traditions in Science Education: Continuities and Discontinuities. In M. R. Matthews (Hrsg.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (S. 1895–1925). Springer Netherlands.

Vogelsang, C. (2014). *Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften: Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz* (1. Aufl., Bd. 174). Logos Verlag Berlin.

Wagenschein, M. (1976). *Die pädagogische Dimension der Physik* (4. Aufl.). Westermann.

Wettstädt, L., & Asbrand, B. (2014). Handeln in der Weltgesellschaft. Zum Umgang mit Handlungsaufforderungen im Unterricht zu Themen des Lernbereichs Globale Entwicklung. *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, *37*(1), 4–12.

Wilkinson, J. W. (1999). Teachers' perceptions of the contextual approach to teaching VCE physics. *Australian Science Teachers Journal*, *45*(2), 58–65.

Williams, P. J. (2002). *Processes of Science and Technology: A Rationale for Cooperation or Separation* (Techn. Ber.).

Wittek, D., Rabe, T., & Ritter, M. (Hrsg.). (2021). *Kasuistik in Forschung und Lehre: Erziehungswissenschaftliche und fachdidaktische Ordnungsversuche*. Klinkhardt.

Wodzinski, R., Bub, F., Wackermann, R., & Schmidt, D. (2025). Fachkapitel Physik. In Engagement Global (Hrsg.), *KMK/ BMZ Orientierungsrahmen Globale Entwicklung - Bildung für nachhaltige Entwicklung in der gymnasialen Oberstufe* (S. 670–697).

Yalvac, B., Tekkaya, C., Cakiroglu, J., & Kahyaoglu, E. (2007). Turkish Pre-Service Science Teachers' Views on Science–Technology–Society Issues. *International Journal of Science Education*, *29*(3), 331–348. https://doi.org/10.1080/09500690600708667

Yenilmez Turkoglu, A., Aydin, F., & Es, H. (2022). Science teacher's perceptions of the nature of technology: a Q-methodology study. *International Journal of Technology and Design Education*, *32*(5), 2671–2696. https://doi.org/10.1007/s10798-021-09713-2

Zeidler, D. L., & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, *21*(2), 49–58. https://doi.org/10.1007/BF03173684

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A Research-Based Framework for Socioscientific Issues Education. *Science Education*, *89*(3), 357–377. https://doi.org/10.1002/sce.20048

Zoller, U., & Ben-Chaim, D. (1994). Views of Prospective Teachers Versus Practising Teachers about Science, Technology and Society Issues. *Research in Science & Technological Education*, *12*(1), 77–89. https://doi.org/10.1080/0263514940120109

Glossar

B
Bewertungskompetenz . 27, 29, 33–35, 37–41, 47, 48, 289, 311
BNE Bildung für nachhaltige Entwicklung. 29, 48, 50, 302, 311–313, 316

D
Dokumentarische Methode . 84, 91, 104, 107, 298, 306

E
ESD Education for Sustainable Development. 49

H
Habitus . 68, 70, 74, 78, 92, 93

K
KMK Kultusministerkonferenz. 33

M
MINT Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik. 31, 123

N
NoS Nature of Science. 29, 35, 36, 40–42, 44, 45, 81–83, 301, 312, 313
NoSiS Nature of Science in Society. 23, 44

O
Orientierungsrahmen . 85, 92, 93, 104, 107–110, 112, 298, 299

P
PIKO Physik im Kontext. 30
PISA Programme for International Student Assessment. 41
Professionalisierung . 40, 208, 212, 314
Professionswissen . 51, 73, 76, 79, 93, 313

S
SDG Sustainable Development Goals. 48
SSI Socioscientific Issues. 29, 38, 46–48, 56, 64, 82, 120, 297, 300, 309, 310, 312

STS Science-Technology-Society. 29, 32, 46–48, 52, 56, 58, 82, 83

T

TAS Technology as applied Science. 3, 14, 57, 58, 82, 142, 301, 303, 306

V

VOSTS Erhebungsinstrument Views on Science-Technology-Society. 57

Bisher erschienene Bände der Reihe
Studien zum Physik- und Chemielernen

ISSN 1614-8967

Vollständige Übersicht auf unserer Website

https://www.logos-verlag.de/spcl

Aktuelle Bände

311 Marvin Rost (2021): Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Entwicklung und quantitative Dimensionalitätsanalyse eines Testinstruments aus epistemologischer Perspektive
ISBN 978-3-8325-5256-5 44.00 EUR (open access)

312 Christina Kobl (2021): Förderung und Erfassung der Reflexionskompetenz im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-5259-6 41.00 EUR (open access)

313 Ann-Kathrin Beretz (2021): Diagnostische Prozesse von Studierenden des Lehramts. eine Videostudie in den Fächern Physik und Mathematik
ISBN 978-3-8325-5288-6 45.00 EUR (open access)

314 Judith Breuer (2021): Implementierung fachdidaktischer Innovationen durch das Angebot materialgestützter Unterrichtskonzeptionen. Fallanalysen zum Nutzungsverhalten von Lehrkräften am Beispiel des Münchener Lehrgangs zur Quantenmechanik
ISBN 978-3-8325-5293-0 50.50 EUR (open access)

315 Michaela Oettle (2021): Modellierung des Fachwissens von Lehrkräften in der Teilchenphysik. Eine Delphi-Studie
ISBN 978-3-8325-5305-0 57.50 EUR (open access)

316 Volker Brüggemann (2021): Entwicklung und Pilotierung eines adaptiven Multistage-Tests zur Kompetenzerfassung im Bereich naturwissenschaftlichen Denkens
ISBN 978-3-8325-5331-9 40.00 EUR (open access)

317 Stefan Müller (2021): Die Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Kritische Reflexion, empirische Befunde und fachdidaktische Konsequenzen für die Chemielehrer*innenbildung
ISBN 978-3-8325-5343-2 63.00 EUR

318 Laurence Müller (2021): Alltagsentscheidungen für den Chemieunterricht erkennen und Entscheidungsprozesse explorativ begleiten
ISBN 978-3-8325-5379-1 59.00 EUR

319 Lars Ehlert (2021): Entwicklung und Evaluation einer Lehrkräftefortbildung zur Planung von selbstgesteuerten Experimenten
ISBN 978-3-8325-5393-7 41.50 EUR (open access)

320 Florian Seiler (2021): Entwicklung und Evaluation eines Seminarkonzepts zur Förderung der experimentellen Planungskompetenz von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-5397-5 47.50 EUR (open access)

321 Nadine Boele (2021): Entwicklung eines Messinstruments zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung von (angehenden) Chemielehrkräften hinsichtlich der Lernunterstützung
ISBN 978-3-8325-5402-6 46.50 EUR

322 Franziska Zimmermann (2022): Entwicklung und Evaluation digitalisierungsbezogener Kompetenzen von angehenden Chemielehrkräften
ISBN 978-3-8325-5410-1 49.50 EUR

323 Lars-Frederik Weiß (2021): Der Flipped Classroom in der Physik-Lehre. Empirische Untersuchungen in Schule und Hochschule
ISBN 978-3-8325-5418-7 51.00 EUR

324 Tilmann Steinmetz (2021): Kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium Physik. Theorie und Evaluation eines Lehrkonzepts
ISBN 978-3-8325-5421-7 51.50 EUR

325 Kübra Nur Celik (2022): Entwicklung von chemischem Fachwissen in der Sekundarstufe I. Validierung einer Learning Progression für die Basiskonzepte „Struktur der Materie“, „Chemische Reaktion“ und „Energie“ im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“
ISBN 978-3-8325-5431-6 55.00 EUR

326 Matthias Ungermann (2022): Förderung des Verständnisses von Nature of Science und der experimentellen Kompetenz im Schüler*innen-Labor Physik in Abgrenzung zum Regelunterricht
ISBN 978-3-8325-5442-2 55.50 EUR

327 Christoph Hoyer (2022): Multimedial unterstütztes Experimentieren im webbasierten Labor zur Messung, Visualisierung und Analyse des Feldes eines Permanentmagneten
ISBN 978-3-8325-5453-8 45.00 EUR

328 Tobias Schüttler (2022): Schülerlabore als interessefördernde authentische Lernorte für den naturwissenschaftlichen Unterricht nutzen
ISBN 978-3-8325-5454-5 50.50 EUR

329 Christopher Kurth (2022): Die Kompetenz von Studierenden, Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren
ISBN 978-3-8325-5457-6 58.50 EUR

330 Dagmar Michna (2022): Inklusiver Anfangsunterricht Chemie. Entwicklung und Evaluation einer Unterrichtseinheit zur Einführung der chemischen Reaktion
ISBN 978-3-8325-5463-7 49.50 EUR

331 Marco Seiter (2022): Die Bedeutung der Elementarisierung für den Erfolg von Mechanikunterricht in der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-5471-2 66.00 EUR

332 Jörn Hägele (2022): Kompetenzaufbau zum experimentbezogenen Denken und Arbeiten. Videobasierte Analysen zu Aktivitäten und Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern der gymnasialen Oberstufe bei der Bearbeitung von fachmethodischer Instruktion
ISBN 978-3-8325-5476-7 56.50 EUR (open access)

333 Erik Heine (2022): Wissenschaftliche Kontroversen im Physikunterricht. Explorationsstudie zum Umgang von Physiklehrkräften und Physiklehramtsstudierenden mit einer wissenschaftlichen Kontroverse am Beispiel der Masse in der Speziellen Relativitätstheorie
ISBN 978-3-8325-5478-1 48.50 EUR (open access)

334 Simon Goertz (2022): Module und Lernzirkel der Plattform FLexKom zur Förderung experimenteller Kompetenzen in der Schulpraxis. Verlauf und Ergebnisse einer Design-Based Research Studie
ISBN 978-3-8325-5494-1 66.50 EUR

335 Christina Toschka (2022): Lernen mit Modellexperimenten. Empirische Untersuchung der Wahrnehmung und des Denkens in Analogien beim Umgang mit Modellexperimenten
ISBN 978-3-8325-5495-8 50.00 EUR (open access)

336 Alina Behrendt (2022): Chemiebezogene Kompetenzen in der Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht der Primarstufe und dem Chemieunterricht der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-5498-9 40.50 EUR (open access)

337 Manuel Daiber (2022): Entwicklung eines Lehrkonzepts für eine elementare Quantenmechanik. Formuliert mit In-Out Symbolen
ISBN 978-3-8325-5507-8 48.50 EUR

338 Felix Pawlak (2022): Das Gemeinsame Experimentieren (an-)leiten. Eine qualitative Studie zum chemiespezifischen Classroom-Management
ISBN 978-3-8325-5508-5 46.50 EUR

339 Liza Dopatka (2022): Konzeption und Evaluation eines kontextstrukturierten Unterrichtskonzeptes für den Anfangs-Elektrizitätslehreunterricht
ISBN 978-3-8325-5514-6 69.50 EUR

340 Arne Bewersdorff (2022): Untersuchung der Effektivität zweier Fortbildungsformate zum Experimentieren mit dem Fokus auf das Unterrichtshandeln
ISBN 978-3-8325-5522-1 39.00 EUR (open access)

341 Thomas Christoph Münster (2022): Wie diagnostizieren Studierende des Lehramtes physikbezogene Lernprozesse von Schüler*innen?. Eine Videostudie zur Mechanik
ISBN 978-3-8325-5534-4 44.50 EUR (open access)

342 Ines Komor (2022): Förderung des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses in der Physikalischen Chemie
ISBN 978-3-8325-5546-7 46.50 EUR

343 Verena Petermann (2022): Überzeugungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Fachinhalten und Fachmethoden und deren Beziehung zu unterrichtsnahem Handeln
ISBN 978-3-8325-5545-0 47.00 EUR (open access)

344 Jana Heinze (2022): Einfluss der sprachlichen Konzeption auf die Einschätzung der Qualität instruktionaler Unterrichtserklärungen im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-5553-5 42.00 EUR (open access)

345 Jannis Weber (2022): Mathematische Modellbildung und Videoanalyse zum Lernen der Newtonschen Dynamik im Vergleich
ISBN 978-3-8325-5566-5 68.00 EUR (open access)

346 Fabian Sterzing (2022): Zur Lernwirksamkeit von Erklärvideos in der Physik. Eine Untersuchung in Abhängigkeit von ihrer fachdidaktischen Qualität und ihrem Einbettungsformat
ISBN 978-3-8325-5576-4 52.00 EUR (open access)

347 Lars Greitemann (2022): Wirkung des Tablet-Einsatzes im Chemieunterricht der Sekundarstufe I unter besonderer Berücksichtigung von Wissensvermittlung und Wissenssicherung
ISBN 978-3-8325-5580-1 50.00 EUR

348 Fabian Poensgen (2022): Diagnose experimenteller Kompetenzen in der laborpraktischen Chemielehrer*innenbildung
ISBN 978-3-8325-5587-0 48.00 EUR

349 William Lindlahr (2023): Virtual-Reality-Experimente. Entwicklung und Evaluation eines Konzepts für den forschend-entwickelnden Physikunterricht mit digitalen Medien
ISBN 978-3-8325-5595-5 49.00 EUR

350 Bert Schlüter (2023): Teilnahmemotivation und situationales Interesse von Kindern und Eltern im experimentellen Lernsetting KEMIE
ISBN 978-3-8325-5598-6 43.00 EUR

351 Katharina Nave (2023): Charakterisierung situativer mentaler Modellkomponenten in der Chemie und die Bildung von Hypothesen. Eine qualitative Studie zur Operationalisierung mentaler Modell-komponenten für den Fachbereich Chemie
ISBN 978-3-8325-5599-3 43.00 EUR

352 Anna B. Bauer (2023): Experimentelle Kompetenz Physikstudierender. Entwicklung und erste Erprobung eines performanzorientierten Kompetenzstrukturmodells unter Nutzung qualitativer Methoden
ISBN 978-3-8325-5625-9 47.00 EUR (open access)

353 Jan Schröder (2023): Entwicklung eines Performanztests zur Messung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung bei Lehramtsstudierenden im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-5655-6 46.50 EUR

354 Susanne Gerlach (2023): Aspekte einer Fachdidaktik Körperpflege. Ein Beitrag zur Standardentwicklung
ISBN 978-3-8325-5659-4 45.00 EUR

355 Livia Murer (2023): Diagnose experimenteller Kompetenzen beim praktisch-naturwissenschaftlichen Arbeiten. Vergleich verschiedener Methoden und kognitive Validierung eines Testverfahrens
ISBN 978-3-8325-5657-0 41.50 EUR (open access)

356 Andrea Maria Schmid (2023): Authentische Kontexte für MINT-Lernumgebungen. Eine zweiteilige Interventionsstudie in den Fachdidaktiken Physik und Technik
ISBN 978-3-8325-5605-1 57.00 EUR (open access)

357 Julia Ortmann (2023): Bedeutung und Förderung von Kompetenzen zum naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten in universitären Praktika
ISBN 978-3-8325-5670-9 37.00 EUR (open access)

358 Axel-Thilo Prokop (2023): Entwicklung eines Lehr-Lern-Labors zum Thema Radioaktivität. Eine didaktische Rekonstruktion
ISBN 978-3-8325-5671-6 49.50 EUR

359 Timo Hackemann (2023): Textverständlichkeit sprachlich variierter physikbezogener Sachtexte
ISBN 978-3-8325-5675-4 41.50 EUR (open access)

360 Dennis Dietz (2023): Vernetztes Lernen im fächerdifferenzierten und integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht aufgezeigt am Basiskonzept Energie. Eine Studie zur Analyse der Wirksamkeit der Konzeption und Implementation eines schulinternen Curriculums für das Unterrichtsfach „Integrierte Naturwissenschaften 7/8“
ISBN 978-3-8325-5676-1 49.50 EUR

361 Ann-Katrin Krebs (2023): Vielfalt im Physikunterricht. Zur Wirkung von Lehrkräftefortbildungen unter Diversitätsaspekten
ISBN 978-3-8325-5672-3 65.50 EUR (open access)

362 Simon Kaulhausen (2023): Strukturelle Ursachen für Klausurmisserfolg in Allgemeiner Chemie an der Universität
ISBN 978-3-8325-5699-0 37.50 EUR (open access)

363 Julia Eckoldt (2023): Den (Sach-)Unterricht öffnen. Selbstkompetenzen und motivationale Orientierungen von Lehrkräften bei der Implementation einer Innovation untersucht am Beispiel des Freien Explorierens und Experimentierens
ISBN 978-3-8325-5663-1 48.50 EUR (open access)

364 Albert Teichrew (2023): Physikalische Modellbildung mit dynamischen Modellen
ISBN 978-3-8325-5710-2 58.50 EUR (open access)

365 Sascha Neff (2023): Transfer digitaler Innovationen in die Schulpraxis. Eine explorative Untersuchung zur Förderung der Implementation
ISBN 978-3-8325-5687-7 59.00 EUR (open access)

366 Rahel Schmid (2023): Verständnis von Nature of Science-Aspekten und Umgang mit Fehlern von Schüler*innen der Sekundarstufe I. Am Beispiel von digital-basierten Lernprozessen im informellen Lernsetting Smartfeld
ISBN 978-3-8325-5722-5 53.50 EUR (open access)

367 Dennis Kirstein (2023): Individuelle Bedingungs- und Risikofaktoren für erfolgreiche Lernprozesse mit kooperativen Experimentieraufgaben im Chemieunterricht. Eine Untersuchung zum Zusammenhang von Lernvoraussetzungen, Lerntätigkeiten, Schwierigkeiten und Lernerfolg beim Experimentieren in Kleingruppen der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-5729-4 50.50 EUR (open access)

368 Frauke Düwel (2024): Argumentationslinien in Lehr-Lernkontexten. Potenziale englischer Fachtexte zur Chromatografie und deren hochschuldidaktische Einbindung
ISBN 978-3-8325-5731-7 63.00 EUR (open access)

369 Fabien Güth (2023): Interessenbasierte Differenzierung mithilfe systematisch variierter Kontextaufgaben im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-5737-9 48.00 EUR (open access)

370 Oliver Grewe (2023): Förderung der professionellen Unterrichtswahrnehmung und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen hinsichtlich sprachsensibler Maßnahmen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Konzeption und Evaluation einer video- und praxisbasierten Lehrveranstaltung im Masterstudium
ISBN 978-3-8325-5738-6 44.50 EUR (open access)

371 Anna Nowak (2023): Untersuchung der Qualität von Selbstreflexionstexten zum Physikunterricht. Entwicklung des Reflexionsmodells REIZ
ISBN 978-3-8325-5739-3 59.00 EUR (open access)

372 Dominique Angela Holland (2023): Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) kooperativ gestalten. Vergleich monodisziplinärer und interdisziplinärer Kooperation von Lehramtsstudierenden bei der Planung, Durchführung und Reflexion von Online-BNE-Unterricht
ISBN 978-3-8325-5760-7 47.00 EUR (open access)

373 Renan Marcello Vairo Nunes (2024): MINT-Personal an Schulen. Eine Untersuchung der Arbeitssituation und professionellen Kompetenzen von MINT-Lehrkräften verschiedener Ausbildungswege
ISBN 978-3-8325-5778-2 51.00 EUR (open access)

374 Mats Kieserling (2024): Digitalisierung im Chemieunterricht. Entwicklung und Evaluation einer experimentellen digitalen Lernumgebung mit universeller Zugänglichkeit
ISBN 978-3-8325-5786-7 45.50 EUR

375 Cem Aydin Salim (2024): Die Untersuchung adaptiver Lernsettings im Themenbereich „Schwimmen und Sinken“ im naturwissenschaftlichen Unterricht
ISBN 978-3-8325-5787-4 49.00 EUR (open access)

376 Novid Ghassemi (2024): Evaluation eines Lehramtsmasterstudiengangs mit dem Profil Quereinstieg im Fach Physik. Erkenntnisse zu Eingangsbedingungen, professionellen Kompetenzen und Aspekten individueller Angebotsnutzung
ISBN 978-3-8325-5789-8 41.50 EUR (open access)

377 Martina Flurina Cavelti (2024): Entwicklung und Validierung eines Messinstruments zur Erfassung der Schülerkompetenzen im Bereich des wissenschaftlichen Skizzierens im Fach Chemie in der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-5829-1 45.00 EUR (open access)

378 Tom Bleckmann (2024): Formatives Assessment auf Basis von maschinellem Lernen. Eine Studie über automatisiertes Feedback zu Concept Maps aus dem Bereich Mechanik
ISBN 978-3-8325-5842-0 46.50 EUR (open access)

379 Jana Marlies Rehberg (2024): Das physikspezifische Mindset zum Studienbeginn. Fragebogenentwicklung und Aufbau einer Online-Intervention
ISBN 978-3-8325-5850-5 59.50 EUR (open access)

380 Florian Trauten (2024): Entwicklung und Evaluation von automatisierten Feedbackschleifen in Online-Aufgaben im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-5859-8 46.00 EUR (open access)

381 Johanna Dejanovikj (2024): Reflexion als Lerngegenstand im Unterricht zur Förderung von Bewertungskompetenz
ISBN 978-3-8325-5860-4 41.00 EUR (open access)

382 Katharina Flieser (2024): Verständlichkeit physikalischer Sachtexte. Untersuchungen zum Wirkungsgefüge zwischen sprachlicher Textgestaltung und der Behaltensleistung sowie der Textwahrnehmung im Schulfach Physik
ISBN 978-3-8325-5858-1 44.00 EUR (open access)

383 Stephanie Neppl (2024): Perspektivenübernahme im Physikunterricht. Explorative Interviewstudie zu einer Seminarkonzeption mit dem Schwerpunkt Perspektivenübernahme bei der Planung von Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-5865-9 48.00 EUR (open access)

384 Katja Plicht (2024): Ein Physikübungskonzept zur Förderung der Problemlösekompetenz. Entwicklung und empirische Evaluation eines Strategietrainings auf der Basis von Expertisemerkmalen
ISBN 978-3-8325-5875-8 45.00 EUR (open access)

385 Svenja Boegel (2024): Feedback beim Experimentieren: Zur Rolle von Cognitive Load und Motivation
ISBN 978-3-8325-5911-3 45.50 EUR (open access)

386 Laura Pannullo (2025): Wahlmöglichkeiten beim Experimentieren: Entwicklung und Erprobung eines Konzeptes für Experimente in inklusiven Lerngruppen im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-5916-8 46.50 EUR (open access)

387 Matthias Schweinberger (2025): „Stumme Videos“. Aufmerksamkeitslenkende Moderation von Demonstrationsexperimenten
ISBN 978-3-8325-5930-4 50.50 EUR

388 Rike Große-Heilmann (2025): Entwicklung fachdidaktischen Wissens zum Einsatz digitaler Medien im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-5943-4 51.00 EUR (open access)

389 Lion Cornelius Glatz (2025): Eine vergleichende Betrachtung der Überzeugungskraft von Experimenten zum Teilchenmodell
ISBN 978-3-8325-5954-0 42.00 EUR (open access)

390 Rasmus Viefers (2025): Förderung der Variablenkontrollstrategie im Sachunterricht
ISBN 978-3-8325-5968-7 44.50 EUR (open access)

391 Luc Broder Albrecht (2025): Kritisches Denken in der Chemielehrer*innenbildung. Eine konzeptionell-empirische Studie zur Integration und Operationalisierung
ISBN 978-3-8325-5970-0 57.00 EUR (open access)

392 Anna Weißbach (2025): Reflexion von Physikunterricht. Entwicklung und Validierung eines Testinstruments mit Assessment-Feedback zur Reflexionsfähigkeit Physik-Lehramtsstudierender
ISBN 978-3-8325-5977-9 51.50 EUR (open access)

393 Robert Gieske (2025): Förderung fachwissenschaftlicher und kommunikativer Kompetenzen von Schüler*innen durch Disaggregate Instruction im Fach Chemie. Konzeption und Durchführung einer vergleichenden Interventionsstudie zur Analyse der Wirksamkeit sprachsensibler Unterrichtsansätze in der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-5984-7 51.00 EUR (open access)

394 Thomas Sean Weatherby (2025): Talking Circuits. The Development and Assessment of a Digitally-Scaffolded, Collaborative Method for Teaching and Learning Electrical Circuits in Early Secondary Schools
ISBN 978-3-8325-6008-9 57.00 EUR (open access)

395 Julia Welberg (2025): Wen interessiert's? Quantitative Untersuchungen der Zusammenhänge der Neigungen zu empathisierender und systematisierender Denkweise und Interesse an Physik
ISBN 978-3-8325-6021-8 42.00 EUR (open access)

396 Sebastian Nickel (2026): Repräsentationskompetenzen im Fach Chemie. Eine empirische Untersuchung zur Dimensionalität des Konstrukts und zu dessen Zusammenhang mit Fachwissen und räumlichen Fähigkeiten
ISBN 978-3-8325-6074-4 55.00 EUR (open access)

397 Manuel Becker (2026): Der Energie-Feld-Ansatz: Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes für den Energieunterricht der Sekundarstufe II
ISBN 978-3-8325-6079-9 53.50 EUR (open access)

398 Sevan Khagy (2026): Lernen durch Erklären – Entwicklung und Evaluation eines Seminarkonzepts zur Förderung der Sach- und Erklärkompetenz von Chemie-Lehramtsstudierenden
ISBN 978-3-8325-6081-2 52.50 EUR (open access)

399 Büşra Tonyalı (2026): Untersuchung der Bedingungen und Wirkungen von Feedback auf die professionelle Kompetenz von angehenden Lehrkräften im Vorbereitungsdienst zum Einsatz externer Repräsentationen
ISBN 978-3-8325-6112-3 46.50 EUR (open access)

400 Lotte Hahn (2026): Physik-Erklärvideos: Qualitätsanalyse und Erhebung von Einstellungen von (angehenden) Physiklehrkräften
ISBN 978-3-8325-6128-4 54.00 EUR (open access)

401 Rebecca Paulin Möller (2026): Mikro-Perspektiven auf Physikunterricht im Kontext sprachlicher Diversität. Eine Fallstudie zu deutsch-türkischer Mehrsprachigkeit
ISBN 978-3-8325-6143-7 49.00 EUR (open access)

402 Laura Goldhorn (2026): Mindsets von Schüler*innen im Physikunterricht. Entwicklung eines Fragebogens und Pilotierung einer Intervention
ISBN 978-3-8325-6146-8 53.50 EUR (open access)

403 Frederik Bub (2026): Zur Rolle von Technik und Verantwortung im Physikunterricht. Eine rekonstruktive Perspektive auf die Orientierungen von Lehrkräften
ISBN 978-3-8325-6151-2 47.00 EUR (open access)

Vollständige Übersicht unter: https://www.logos-verlag.de/spcl

Alle erschienenen Bücher können unter der angegebenen ISBN direkt online (http://www.logos-verlag.de) oder telefonisch (030 - 42 85 10 90) beim Logos Verlag Berlin bestellt werden.

Studien zum Physik- und Chemielernen

Herausgegeben von Martin Hopf und Mathias Ropohl

Die Reihe umfasst inzwischen eine große Zahl von wissenschaftlichen Arbeiten aus vielen Arbeitsgruppen der Physik- und Chemiedidaktik und zeichnet damit ein gültiges Bild der empirischen physik- und chemiedidaktischen Forschung im deutschsprachigen Raum.
Die Herausgeber laden daher Interessenten zu neuen Beiträgen ein und bitten sie, sich im Bedarfsfall an den Logos-Verlag oder an ein Mitglied des Herausgeberteams zu wenden.

Kontaktadressen:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf
Universität Wien,
Österreichisches Kompetenzzentrum
für Didaktik der Physik,
Porzellangasse 4, Stiege 2,
1090 Wien, Österreich,
Tel. +43-1-4277-60330,
e-mail: martin.hopf@univie.ac.at

Prof. Dr. Mathias Ropohl
Didaktik der Chemie,
Fakultät für Chemie,
Universität Duisburg-Essen,
Schützenbahn 70, 45127 Essen,
Tel. 0201-183 2704,
e-mail: mathias.ropohl@uni-due.de

Physikunterricht soll zur Partizipation in einer technisierten und vernetzten Welt befähigen. Diese Arbeit nimmt die hierbei relevanten, aber bisher kaum erforschten impliziten, habituellen Orientierungen von Physiklehrkräften in den Blick.

Ausgehend von leitfadengestützten Interviews mit $N = 14$ Physiklehrkräften konnte mit der Dokumentarischen Methode eine mehrdimensionale Typologie zur Rolle von Technik und Verantwortung im Physikunterricht rekonstruiert werden. Anhand kontrastierender Fälle wurden vier Typen identifiziert:

Der Typus Erklärer*in fokussiert auf die Erklärung von Alltagstechnik und Verantwortung im persönlichen Umfeld. Der Typus Universalist*in dagegen betont die gesellschaftlichen Zusammenhänge technischer Entwicklungen und eine globale Verantwortungsdimension. Beide Typen konzipieren Physik als Schlüssel zu einer analytisch-rationalen Welterschließung und reduzieren dabei Technik auf die Anwendung von Physik. Der Typus Fatalist*in sieht Verantwortungsübernahme durch die unaufhaltsame Technikentwicklung als unmöglich an und stellt dem eine andächtige Faszination für Natur und Kosmos entgegen. Der Typus Praktiker*in kritisiert die mangelnde Alltagsrelevanz einer als lebensfremd empfundenen Physik. Für den Typus sind statt ethischer Verantwortung vor allem institutionelle Anforderungen und Pflichten relevant. Die Studie diskutiert die Typologie vor dem Hintergrund der Bildungsziele naturwissenschaftlichen Unterrichts und der Lehrkräfteprofessionalisierung.

Logos Verlag Berlin

ISBN 978-3-8325-6151-2