



Orientierungen von Physiklehrkräften zur Rolle von Technik und Verantwortung im Physikunterricht

Frederik Bub¹ · Thorid Rabe¹

Eingegangen: 30. März 2022 / Angenommen: 13. März 2023

© Der/die Autor(en) 2023

Zusammenfassung

Physik ist auf vielfältige Weise verknüpft mit technischer Entwicklung, gesellschaftlichen Implikationen und ethischen Fragen von Verantwortung. Ein Verständnis dieser Beziehungen als zentrales Element von Socioscientific Issues, Nature of Science, Bewertungskompetenz und von Bildung für nachhaltige Entwicklung ist von hoher fachdidaktischer Relevanz. In der vorgestellten Studie werden handlungsleitende, implizite Orientierungen von Lehrpersonen zu der Trias Physik-Technik-Verantwortung rekonstruiert. Dazu wurden Interviews mit 14 Physiklehrkräften mit Hilfe der Dokumentarischen Methode ausgewertet. Eine mehrdimensionale Typologie aus grundlegenden und aus fachbezogenen Orientierungen mit jeweils unterschiedlichen Reichweiten wird als sinnvolle fachdidaktische Weiterentwicklung der Dokumentarischen Methode konzipiert. Die rekonstruierten grundlegenden Orientierungen sind in drei Typiken systematisiert: das eigene Gestaltungspotential, die Konstruktion der relevanten Anderen und die Bewertung individueller und gesellschaftlicher Entwicklung. Die rekonstruierte fachbezogene Typik bildet ab, welches spezifische Weltverhältnis die Lehrkräfte konstruieren, welches Bildungsideal sie anstreben und wie dieses unterrichtlich realisiert werden kann. Der Typus Universalist*in z. B. orientiert sich optimistisch an einem emanzipatorischen Ideal des Physikunterrichts, zeigt systemkritische Züge und betont gesamtgesellschaftliche, globale Zusammenhänge. In der Analyse wird dieser mit den weiteren Typen Erklärer*in, Praktiker*in und Fatalist*in kontrastiert. Der Beitrag stellt die Typologie an vier Eckfällen dar und diskutiert fachdidaktische Implikationen im Hinblick auf die Rolle der Trias Physik-Technik-Verantwortung im Unterricht.

Schlüsselwörter Dokumentarische Methode · Ethisches Bewerten · Interview · Natur der Naturwissenschaften · Technik

✉ Frederik Bub
frederik.bub@physik.uni-halle.de

¹ Institut für Physik, Didaktik der Physik,
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Hoher
Weg 8, 06120 Halle (Saale), Deutschland

Orientations of Physics Teachers On the Role of Technology and Responsibility in Physics Education

Abstract

Physics is linked in many ways with technical development, social implications and ethical questions of responsibility associated with these. An understanding of these relationships is of high relevance for science education as a central element of Socioscientific Issues, Nature of Science, Assessment Competence and Education for Sustainable Development. In this study, implicit orientations of teachers regarding the triad of physics-technology-responsibility are reconstructed. For this purpose, interviews with 14 physics teachers were analyzed using the Documentary Method. A multi-dimensional typology of general and subject-related orientations, each with a different range, was conceived as a suitable refinement of the Documentary Method for research in science education. The reconstructed basic orientations are systematised into three types: one's own creative potential, the construction of relevant others and the evaluation of individual and social development. The reconstructed subject-related typology maps which specific world relationship the teachers construct, which educational ideal they strive for and how this can be realised in the classroom. The type universalist, for example, is optimistically oriented towards an emancipatory ideal of physics education, shows system-critical tendencies and emphasises overall social, global connections. In the analysis, this is contrasted with the other types explainer, practitioner and fatalist. The article depicts the typology in four key cases and discusses implications with regard to the role of the triad of physics-technology-responsibility in physics education.

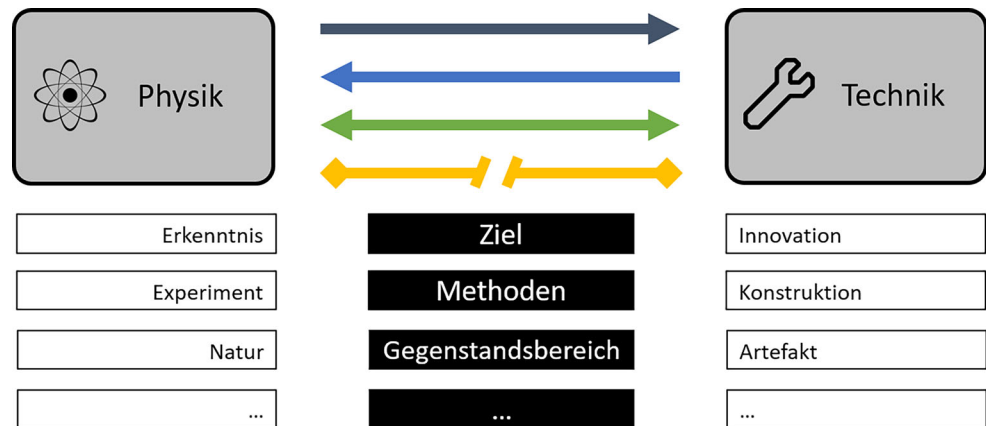
Keywords Documentary Method · Engineering · Interview · Nature of Science · Socioscientific Issues

Einleitung

Physikunterricht soll die „für eine verantwortungsvolle gesellschaftliche Teilhabe“ notwendigen naturwissenschaftlichen Kompetenzen fördern (KMK 2020, S. 9). Hierzu gehört unter anderem, „zu erkennen und zu reflektieren, wie Naturwissenschaften und Technik unsere Umwelt [...] stetig verändern“ und die „gesellschaftlichen Folgen von Entscheidungen, die in naturwissenschaftlichen Kontexten und deren Anwendungszusammenhängen getroffen wurden, anhand von Kriterien zu beurteilen“ (KMK 2020, S. 9). Eine so verstandene Bewertungskompetenz geht über die rein innerfachliche Bewertung z. B. zur Güte von Ergebnissen hinaus (KMK 2020, S. 17). Dittmer et al. (2016) betonen, dass die Bearbeitung der „Probleme, die durch Naturwissenschaft und Technik aufgeworfen werden, im Unterricht nur durch ein explizites und fachübergreifendes Einbeziehen ethischer Reflexion gelingen kann, wobei naturwissenschaftliches Wissen und Wissen über die Naturwissenschaften gleichermaßen eine Rolle spielen“ (Dittmer et al. 2016, S. 98). Sowohl eine ethische Perspektive auf die Naturwissenschaft Physik, welche v. a. Fragen der Verantwortung umfasst, als auch eine wissenschaftstheoretische Perspektive, welche die grundlegenden Beziehungen zwischen Physik und Technik in den Blick nimmt, sind demnach für den Physikunterricht und für das professionelle Handeln von Physiklehrkräften relevant. Häufig bleibt diese Relevanz, wie sie sich z. B. in den eingangs genannten Zielvorstellungen der KMK niederschlägt, aber nur eine Legitimationsfigur für Physik- und Naturwissenschaftsunterricht. Eine inhaltliche Verhältnisbestimmung und Integration in Bildungspraxis finden nicht umfassend statt (Leder-

man et al. 1998). Obwohl dem Wissen von Lehrpersonen eine Schlüsselrolle bei der Förderung dieser Perspektiven im Unterricht zugeschrieben wird, bleibt es unzureichend (Billion-Kramer et al. 2020). Ein Desiderat fachdidaktischer Forschung in diesem Kontext ist die Klärung des (häufig empirisch nicht nachweisbaren) Zusammenhangs zwischen Wissen der Lehrpersonen und der unterrichtlichen Praxis zu wissenschaftstheoretischen Aspekten wie Nature of Science (Bartos und 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 theoretischen Grundlagen des Faches die Handlungspraxis der Lehrpersonen strukturieren und sich damit in der Planung und Durchführung von Unterricht niederschlagen (Neuweg 2011). Diese im Begriffsrahmen der Dokumentarischen Methode als Orientierungen bezeichneten Wissensstrukturen sind dementsprechend von wachsendem Interesse in der fachdidaktischen Forschung (Martens et al. 2022a). Zur impliziten Wissensstruktur von Lehrkräften zu der Schnittstelle zwischen Wissenschaftstheorie und -ethik ist bisher noch wenig bekannt. Die in diesem Beitrag vorgestellte Interviewstudie zielt deshalb auf die Rekonstruktion der Orientierungen von Physiklehrkräften zur Trias Physik-Technik-Verantwortung im Kontext von Unterricht ab. Mit der Dokumentarischen Methode wurde eine mehrdimensionale Typologie erarbeitet, die die rekonstruierten impliziten Wissensbestände der Lehrkräfte in ihrer Struktur abbildet und somit einen Beitrag zum Verständnis der Interdependenzen zwischen fachlichen und nichtfachlichen Sinnebenen unterrichtlichen Handelns leistet (Martens et al. 2022b).

Abb. 1 Schematische Darstellung ausgewählter Unterscheidungskriterien zwischen Physik und Technik mit verschiedenen Ausprägungen und der Konzeption verschiedener Beziehungsmuster. Konzeption der Beziehungen zwischen Technik und Physik nach Gardner (1994): Anwendungsposition (grau), materialistische Position (blau), interaktionistische Position (grün), Abgrenzungsposition (gelb)



Physik, Technik und Verantwortung – eine theoretische Annäherung

Die Verbindungen zwischen Physik und Technik und die aus dieser Beziehung entstehenden ethischen Fragen von gesellschaftlicher Verantwortung sind schon lange Gegenstand physikdidaktischer Forschung: Wagenschein stellt bereits 1976 in „Die pädagogische Dimension der Physik“ das Entdecken der Physik dem Erfinden der Technik gegenüber. Er beschreibt ein Ende des Technikoptimismus und die Herausforderung, wie der Physikunterricht dieser gesellschaftlichen Dimension der Physik begegnen kann. Während Schulbücher heute in diesem Kontext häufig die ambivalente Wirkung der Kernphysik thematisieren, illustriert Wagenschein das Problem in den siebziger Jahren am Beispiel des „kulturzerstörerischen Gebrauchs“ des Fernsehapparats (Wagenschein 1976, S. 44). Physikalisches Fachwissen und technisches Know-how allein sind demnach nicht hinreichend, um der gesellschaftlichen Dimension der Physik gerecht zu werden. Entsprechend erweitert wird der fachdidaktische Blick auf die Trias Physik-Technik-Verantwortung um Perspektiven der Wissenschaftstheorie und der gesellschaftlichen Implikationen von Forschung. Im Folgenden werden zunächst die Beziehungen zwischen Physik und Technik und die Bedeutung von Verantwortung in diesem Feld skizziert. Daran anknüpfend wird die Rolle der Lehrperson für die unterrichtliche Einbindung der Trias Physik-Technik-Verantwortung erläutert.

Physik-Technik-Beziehungen

Um einen theoretischen Bezugsrahmen für die empirischen Ergebnisse der Studie mit Lehrkräften aufzustellen, werden im Folgenden Grundzüge der Unterscheidung und Beziehung von Physik und Technik skizziert. Durch diesen Vergleich werden auch die Felder selbst inhaltlich geklärt. Kriterien zur Unterscheidung wurden der technikdidaktischen (Erlebach und Frank 2021; Graube 2014; Cajas 2001), der

naturwissenschaftsdidaktischen (Spiegel 1999; Tesch 2010; Gardner 1994; Hadjilouca et al. 2011; Quinn et al. 2012) und der technikphilosophischen (Poser 2016; Hubig et al. 2001) Literatur entnommen. Die Kriterien stellen Pole auf einem Spektrum dar und bilden gerade in aktueller Forschung und Entwicklung keine trennscharfen Unterscheidungskategorien. In Abb. 1 sind die in der Literatur am häufigsten genannten Unterscheidungskriterien aufgelistet: Die Zielausrichtung, die Methoden/Arbeitsweise und der Gegenstandsbereich. Während die Physik auf Erkenntnisse über Zusammenhänge und Ursachen für Beobachtungen der (unbelebten) Natur mit Hilfe von Experimenten gerichtet ist, ist das Ziel der Technik als Transdisziplin (Ropohl 2010) unter Ausnutzung der Bezugswissenschaften (Erlebach und Frank 2021), Artefakte zu konstruieren und zu optimieren. Diese Innovation, also das Schaffen von neuen Artefakten, ist demnach nicht auf die Erkenntnis von Zusammenhängen und Ursachen gerichtet, sondern auf eine Zweck-Mittel-Relation: Der Technikentwicklung liegt damit die Intention zu Grunde, mit geeigneten Mitteln ein bestimmtes Bedürfnis zu befriedigen.¹

Ausgehend von diesen Schwerpunkten können Physik und Technik auf unterschiedliche Weise miteinander in Beziehung stehen und sich auf verschiedenen Ebenen (wie z. B. den Methoden oder dem Zielbereich) beeinflussen. Diese Wechselwirkungen können Gardner (1994) folgend so systematisiert werden, wie in Abb. 1 schematisch angedeutet wird: Die Anwendungsposition (in Abb. 1 als grauer Pfeil dargestellt) konzipiert Technik als angewandte Physik. Die materialistische Position (blau) fasst physikalischen Fortschritt als Folge technischer Entwicklungen auf. Die interaktionistische Position (grün) sieht enge Interdependenzen zwischen beiden Feldern bis hin zur Auflösung der Grenze zwischen Physik und Technik (Tala 2009; Graube

¹ Dabei werden in dieser definitorischen Idealisierung Tendenzen des Schaffens von Bedürfnissen durch Technik (vgl. Poser 2016) nicht betrachtet.

2014). Die abgrenzende Position (gelb) sieht Physik und Technik als getrennte, unabhängig voneinander ablaufende Unternehmungen, was vor allem von historischer Relevanz für die Wissenschafts- und Technikentwicklung vor dem 20. Jahrhundert ist (Poser 2016).

Technikbezüge im naturwissenschaftlichen und insbesondere im Physikunterricht sind in vielfältiger Weise feststellbar (Spiegel 1999). Die wissenschaftstheoretische Betrachtung der Beziehungen zwischen Physik und Technik als Bestandteil von Nature of Science wird u. a. von McComas (2008) und Osborne et al. (2003) angeführt: Als relevantes Lernziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts wird die Fähigkeit genannt, zwischen Naturwissenschaft und Technik zu unterscheiden, sowie gegenseitige Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zwischen Physik und Technik zu erkennen (Gardner 1999). Technik soll demnach nicht nur interessensfördernder Kontext für physikalische Inhalte sein, sondern es soll ein konzeptionelles Verständnis gefördert werden, das im Sinne einer Scientific Literacy zur gesellschaftlichen Mitgestaltung naturwissenschaftlich-technischer Entwicklungen befähigt (Vesterinen et al. 2014).

Verantwortung im Kontext physikalisch-technischer Bildung

Aufgrund der Wirkmächtigkeit, die aus der Verflechtung der naturwissenschaftlichen und technischen Entwicklung erwächst, sind Physik und Technik zunehmend Gegenstand ethischer Reflexionen geworden (Born 1969; Hubig 1993), in denen insbesondere die Rolle der Verantwortung an Relevanz gewonnen hat (Jonas 1979 / 1992; Zimmerli 1993). Im Folgenden soll die Konzeption des (veränderten) Verantwortungsbegriffes im Kontext von Physik und Technik skizziert werden und davon ausgehend die Anschlussfähigkeit an Bildungsansätze im naturwissenschaftlichen Unterricht dargelegt werden.

Zur vertieften theoretischen Klärung des komplexen Konstrukts Verantwortung sei auf die Überblicksarbeiten von Nida-Rümelin (2011) und Heidbrink et al. (2017) verwiesen. Allen Verantwortungskonzeptionen ist gemein, dass eine Beziehung zwischen Verantwortungssubjekt, Verantwortungsgegenstand und der Verantwortungsinstanz vor einem bestimmten Normhintergrund konstruiert wird (Düwell et al. 2006). Zusammenfassen lässt sich dies folgendermaßen: Jemand (Subjekt) ist für jemanden oder etwas (Objekt) gegenüber einer Instanz aufgrund bestimmter normativer Standards (Normhintergrund) verantwortlich.

Verantwortung im Kontext von Wissenschaft kann im engeren Sinne als Verantwortung zu guter wissenschaftlicher Praxis konzipiert werden. Der Verantwortungsbereich umfasst dabei nur die eigenen Erkenntnisse, für deren Belastbarkeit Wissenschaftler*innen vor der Wissenschafts-

gemeinschaft 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). Auch auf der Ebene der Verantwortungssubjekte findet in einem erweiterten Verantwortungsbegriff eine Entgrenzung statt. Neben den Wissenschaftler*innen werden Akteur*innen aus Technik, Politik, Ökonomie und Gesellschaft relevant. Die Zuschreibung von Verantwortung löst hierbei klassische, objektive Pflicht- und Rechenschaftsverhältnisse ab. Mit Bezug auf Verantwortung 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 sind Verantwortungssubjekt und -objekt in heutigen Gesellschaften häufig sowohl zeitlich als auch örtlich auseinandergerückt, der Grad der Vernetztheit von Handlungen und deren Folgen ist gestiegen und gleichzeitig weniger direkt erfahrbar. Und schließlich sind Handlungen, welche einzeln betrachtet keine ethische Relevanz hätten, in der Summe durchaus von großer ethischer Bedeutung (Heidbrink 2003; Maring 2011).

Naturwissenschaftlicher Unterricht steht vor der Herausforderung, in einer dynamischen, hochtechnisierten und globalisierten Wissensgesellschaft sowohl im Sinne einer Allgemeinbildung mündige Bürger*innen zur individuellen und politischen Mitgestaltung (in ökologischer, sozialer und ökonomischer Verantwortung) zu befähigen, als auch im Sinne einer wissenschaftspropädeutischen Zielsetzung zum verantwortungsvollen Einsatz wissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen hinzuführen. Diesen Zielen entsprechend erweitern die Bildungsansätze Socioscientific Issues (SSI) (Zeidler et al. 2005), ethisches Bewerten (Dittmer et al. 2016) und Bildung für nachhaltige Entwicklung (Engagement Global 2016) den naturwissenschaftlichen Unterricht um eine ethische Perspektive, unter der Verantwortungskonzeptionen thematisiert und reflektiert werden.

Anknüpfend an Ansätze des Science-Technology-Society-Konzepts, das die sozialen Verflechtungen und Wirkungen innerhalb der Naturwissenschaft und darüber hinaus ins Zentrum rückt, fördern Socioscientific Issues explizit eine ethische Perspektive im naturwissenschaftlichen Unterricht: „The SSI instruction stresses the factors associated with formal reasoning (argumentation) and the moral principles underlying science-based issues, and it focuses on controversial social issues with conceptual and/or procedural links to science and technology. The socioscientific cases used in SSI instruction are usually open-ended problems, the so-

lutions to which can be informed by scientific principles, theories, and data, though they are not fully determined by scientific or technological considerations“ (Vesterinen et al. 2014, S. 1900). Neben dem inhaltlichen Fokus auf moralische, offene Probleme im naturwissenschaftlichen Kontext, wird hier bereits auf eine argumentativ-bewertende Kompetenz verwiesen, die Schüler*innen im Umgang mit diesen ausbilden sollen. Bewertungskompetenz ist prominent als eigener Kompetenzbereich der Bildungsstandards für den Physikunterricht verankert (KMK 2020, S. 17–18). Fachdidaktisch wurden zahlreiche Konzeptualisierungen und theoretische Fundierungen für ethisches Bewerten im naturwissenschaftlichen Unterricht entwickelt, die unterschiedlichen Paradigmen folgen und unter anderem auch einen Fokus auf intuitiv-habitualisiertes Bewerten legen (Dittmer et al. 2016). Dabei wird die Beziehung zwischen Physik und Technik als relevanter Ausgangspunkt für Kontroversen angenommen: Diese kann Quelle von Problemen sein, aber auch Wissen über Folgen und Prognosen erweitern oder sogar Lösungen liefern. Jede normative Bewertung konstruiert dabei implizit oder explizit Verantwortungsbeziehungen zwischen Akteur*innen, Handlungen und Folgen. Eine globale und auf die Zukunft gerichtete Perspektive dieser Verantwortungsattribution wird durch den Ansatz der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) gestärkt (Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland & Deutsche UNESCO-Kommission 2007). BNE als umfassendes Bildungsprogramm soll dazu befähigen, globale Entwicklungen nach dem Leitbild inter- und intragenerationeller Gerechtigkeit mitzugestalten. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht wird hierfür insbesondere die Förderung einer systemischen Sichtweise und analytischer Kompetenzen als relevant herausgearbeitet und es werden inhaltliche Bezüge zu globaler Umweltveränderung und der Energieversorgung hergestellt (Engagement Global 2016).

Zur Rolle der Lehrperson

Die Lehrerprofessionalisierungsforschung nimmt die Lehrperson als zentrale Instanz für die Planung und Gestaltung von Unterricht auf vielfältige Weise in den Blick (Cramer 2020; Terhart et al. 2011). Dabei wird sowohl im kompetenzorientierten Paradigma (Kunter et al. 2011) als auch in strukturtheoretischen Ansätzen (Helsper 2011) die Professionalität der Lehrpersonen und damit verbunden deren Wissensstrukturen betont. Beide, sonst eher widerstreitende Positionen (vgl. Tillmann 2011), stimmen in der Annahme überein, dass neben explizitem Wissen (z.B. Fachwissen) auch implizite Wissensanteile für unterrichtliches Handeln relevant sind (Baumert und Kunter 2006, S. 483–484; zur Unterscheidung von explizitem und implizitem Wissen aus fachdidaktischer Perspektive vgl. Rabe et al. im Druck).

Im Sinne eines Angebots-Nutzungs-Modells sind diese Wissensstrukturen eingebettet in komplexe unterrichtliche Wirkzusammenhänge z. B. mit (expliziten) organisationalen Rahmenbedingungen oder (impliziten) sozialen Praktiken (vgl. Harms und Riese 2018; Lipowsky 2006). Gerade für Unterricht im Kontext von Wissenschaftstheorie und -ethik, für den inhaltlich z. B. durch Lehrpläne vergleichsweise wenig konkrete Vorgaben formuliert sind, wird die Lehrperson besonders relevant, da deren Wissen hier nicht nur im Hinblick auf die Effektivität von Unterricht von Interesse ist, sondern auch im Hinblick auf die Relevanzsetzung von Lehrzielen und Lehrinhalten (Neuweg 2011). Die Implementation der Trias Physik-Technik-Verantwortung in den naturwissenschaftlichen Unterricht wird demnach maßgeblich geprägt durch die Lehrperson und deren explizite, aber vor allem auch implizite, stabile Wissensbestände (Dow 2006).

Fachlich unangemessene Vorstellungen zur Beziehung zwischen Technik und Physik und zu der Verbindung zu ethischen Fragestellungen wurden bei Lehrkräften (Antink-Meyer und Meyer 2016; Rubba und Harkness 1993; Sadler et al. 2006), aber auch bei Studierenden (Schoneweg Bradford et al. 1995) und Schüler*innen (Constantinou et al. 2010) beobachtet. Häufig wird von einer Reduktion der Physik-Technik-Relation auf eine Linearität berichtet: Technik ist demnach die Anwendung von Physik. Diese Sicht wird häufig durch die Einbindung von Technik in Schulbüchern in rein kontextualisierender und illustrierender Funktion unterstützt (Gardner 1999; Schoneweg Bradford et al. 1995), die schwer erfüllbare Erwartungen hinsichtlich des praktischen Nutzens physikalischer Kenntnisse und Fähigkeiten in Alltagskontexten mit sich bringen kann (Jung 1995).

Die Erweiterung der Physik-Technik-Beziehungen um eine ethische Dimension wird von Lehrkräften sehr unterschiedlich bearbeitet – von einer expliziten Einbindung über das Scheitern an externen Rahmenvorgaben bis hin zur Ablehnung der normativen Dimension der Naturwissenschaften (Sadler et al. 2006). Neben fachübergreifendem Wissen zur ethischen Dimension der Naturwissenschaften sind vor allem implizite Wissensstrukturen der Lehrpersonen bedeutend für die Integration der ethischen Perspektive in den Unterricht (Dittmer und Gebhard 2012; Zeidler und Keefer 2003).

Mehrere standardisierte Erhebungsmethoden (vgl. Überblick über Instrumente bei Lederman 2007) zur Untersuchung der Perspektive Lehrender zu Nature of Science sind etabliert und geben einen guten Einblick in einen Teil der expliziten Wissensbestände der Lehrkräfte. Da die Testinstrumente häufig entweder auf Aspekte der Naturwissenschaft oder der Technik fokussieren, gerät die Schnittstelle zwischen beiden nur in begrenztem Maße in den Blick (Antink-Meyer und Meyer 2016). Außerdem werden habituelle,

nicht reflektierte Wissensbestände im Sinne von Orientierungen, die die Praxis des Unterrichtens strukturieren, hierbei nicht erfasst, was möglicherweise die mangelnde empirische Evidenz zum Zusammenhang zwischen dem Wissen der Lehrperson zur Natur der Naturwissenschaften und der Unterrichtspraxis hierzu erklärt (Bartos und Lederman 2014). Diese Wissensbestände sind gerade für professionelle Handlungskontexte, die nicht rezeptartig zu bearbeiten sind und zu denen auch die Gestaltung von Physikunterricht gehört, von hoher Relevanz (Helsper 2011). Implizite Wissensstrukturen, wie die Orientierungen im Sinne der Dokumentarischen Methode (vgl. ausführlich Rabe et al. im Druck), stellen damit einen wesentlichen Bestandteil des Lehrer*innenwissens dar (Neuweg 2011). Die festgestellte Diskrepanz zwischen explizitem Expert*innenwissen und Handlungspraxis (Baumert und Kunter 2006) lässt Forschungsmethoden, die sich auf implizite Regelmäßigkeiten und habitualisierte Wissensbestände beziehen, geeignet erscheinen, um diese Lücke zu schließen (Vogelsang 2014).

Mit dieser Studie fokussieren wir daher auf implizite Wissensstrukturen, um folgende Forschungsfragen zu beantworten: Welche Orientierungen zur Trias Physik-Technik-Verantwortung sind bei Physiklehrpersonen rekonstruierbar? Welche fallübergreifenden Typologien bilden die habituell geprägten Bearbeitungsmuster (Modi Operandi) im Kontext Physik-Technik-Verantwortung?

Methodologischer Rahmen und methodische Umsetzung

Zur Rekonstruktion der Orientierungen von Physiklehrpersonen zur Rolle von Technik und Verantwortung im Physikunterricht wurden 14 leitfadengestützte Interviews mit Physiklehrkräften geführt. Die Interviewpartner*innen wurden v. a. über den Autor*innen bekannte Gatekeeper, in diesem Fall Lehrer*innen und Bildungsakteur*innen im schulischen Umfeld, gewonnen (Kruse 2015). Direkte Kontakte ermöglichten sechs Interviews, vermittelt über Gatekeeper konnten weitere acht Interviews arrangiert werden, nach denen eine thematische Sättigung festgestellt wurde. Aus dem Sample unterrichtet eine Person an einer Gemeinschaftsschule, 13 Personen an einem Gymnasium. Eine Lehrkraft ist älter als 51 Jahre, die anderen Teilnehmer*innen teilen sich gleichmäßig auf die Altersgruppen 41–50 Jahre ($n=4$), 31–40 Jahre ($n=4$) und 21–30 Jahre ($n=5$) auf. Drei der Teilnehmenden sind weiblich. Die Bildungsbiographien sind bei $n=8$ der Fälle linear, die anderen Teilnehmer*innen haben zunächst andere Berufswege eingeschlagen und sind z. B. über Quer- und Seiteneinstiege zum Lehramt gekommen. Mit Ausnahme einer Person, die in Süddeutschland unterrichtet, sind alle Interviewteilnehmer*innen an Schulen in Mitteldeutschland tätig. Das Sample weist demnach

im Hinblick auf die heuristischen Differenzierungsmerkmale Geschlecht, Alter und Bildungswege eine ausgeprägte Heterogenität auf. Limitationen und mögliche Erweiterungen des qualitativen Samples werden unten diskutiert. Die anonymisierten Transkripte der 20- bis 60-minütigen Interviews wurden in heterogen zusammengesetzten Interpretationswerkstätten (vgl. Przyborski und Wohlrab-Sahr 2014 und ausführlich bei Graalman et al. 2021) analysiert, die physik- und naturwissenschaftsdidaktisch, aber auch sozial- und bildungswissenschaftlich ausgerichtet waren. Die Auswertung erfolgte mit Hilfe der Dokumentarischen Methode (vgl. zur Einordnung rahmender Beitrag Rabe et al. im Druck). Diese folgte den etablierten Analyseschritten (vgl. z. B. Nohl 2017; Bohnsack et al. 2013) und wurde mit Hilfe qualitativer Datenanalysesoftware durchgeführt. Die transkribierten Interviews wurden in Sinneinheiten sequenziert und formulierend im Hinblick auf den Inhalt und reflektierend im Hinblick auf die impliziten Modi Operandi interpretiert. Dem Vorgehen der Dokumentarischen Methode entsprechend wurden die Analysen sowohl fallimmanent (u. a. über komparative Analysen des berufsbiographischen Einstiegs und Passagen zur eigenen Unterrichtspraxis) als auch fallübergreifend (u. a. durch Kontrastierung anhand der Eckfälle) abgesichert (Nohl 2013a). Ein exemplarischer Einblick in die interpretative Arbeit am Interviewmaterial wird am Eckfall David Jäger im Abschn. 4.2 gegeben, ohne den Forschungsprozess dabei in der zeitlichen Abfolge der Analyseschritte abzubilden. Im Folgenden werden die Spezifika des fachdidaktischen Forschungssettings, in dem die Orientierungen zur Trias Physik-Technik-Verantwortung erhoben worden sind, beschrieben und es wird dargestellt, welche methodischen Anpassungen für die Auswertung abgeleitet wurden.

Professionelle Praxis der Beforschten

Das Forschungsinteresse an den Lehrkräften ist nicht auf die Gesamtperson mit ihrer vollumfänglichen Biographie gerichtet, sondern bezieht sich in besonderem Maße auf ihre Berufsbiographie und -praxis (Meuser und Nagel 2002). Das spezifisch fachdidaktische Interesse an diesem Teilausschnitt der Lebenswirklichkeit – Physik-Technik-Verantwortung – steht im Spannungsverhältnis zur prinzipiellen Offenheit gegenüber den Relevanzsystemen der Beforschten, die für die Dokumentarische Methode konstitutiv ist. Der Standortgebundenheit (vgl. Bohnsack 1999) des Erkenntnisinteresses und der Erkenntnisse ist im Forschungsprozess reflexiv zu begegnen. Dies geschieht im Erhebungsprozess durch eine Orientierung am Prinzip „vom Offenen zum Strukturierenden“ (Kruse 2015, S. 213–214). Der Interviewleitfaden beginnt dementsprechend mit einem thematisch und strukturell sehr offenen Block, der den Interviewten verschiedene eigene Themen-

setzungen und Modi der Beantwortung (z. B. narrative, argumentative, reflexive oder affektive Modi) ermöglicht. Der Eröffnungstimulus „Ich würde zunächst einmal gern mehr über Sie erfahren. Erzählen Sie mir doch mal, wie es dazu gekommen ist, dass Sie Physiklehrer*in geworden sind.“ wird folglich von den Interviewten sehr unterschiedlich bearbeitet. Der zweite, hierauf folgende Stimulus soll (weitere) Erzählungen evozieren, nimmt aber auch schon die Beziehung zwischen Physik und Technik stärker in den Blick: „Fallen Ihnen konkrete Erlebnisse ein, die Sie mit Physik oder Technik verbinden und die vielleicht prägend waren für Ihre Berufswahl?“ Die spezifischen, stärker dem fachdidaktischen Forschungsinteresse zuzuordnenden Interviewabschnitte zur Beziehung zwischen Physik und Technik, zur Rolle von Verantwortung im Kontext Physik-Technik und zu konkreten Unterrichtssituationen zu Physik-Technik-Verantwortung sind diesen offenen Impulsen nachgelagert und folgen in ihrem Aufbau selbst wiederum der Struktur von offenem Einstiegsimpuls und nachgelagerten spezifischen Impulsen. Auch werden in den Interviews zunächst immanente Nachfragen genutzt, bevor exmanente Fragen den Gesprächsverlauf stärker steuern (Nohl 2017). In der Analyse der Daten werden die offenen Passagen (u. a. die Intervieweinstiege) in besonderem Maße berücksichtigt. Im komparativen Vergleich mit thematisch engeren Passagen dienen sie der Überprüfung, ob es sich bei Rekonstruktionen um themenübergreifende Orientierungen oder um kontextgebundenes, kommunikatives Wissen handelt.

Strukturierung des Erfahrungsraumes durch Fachlichkeit

Eine physikdidaktische Perspektive auf das Forschungsfeld Unterricht erkennt die maßgebliche Prägung des Physikunterrichtes durch den Lerngegenstand *Physik* an und nimmt diese gezielt in den Blick. Wir gehen davon aus (vgl. Asbrand und Martens 2018; Bonnet 2009), dass die fachliche

Prägung des Physikunterrichtes nicht nur auf kommunikativer Ebene im Sinne der Dokumentarischen Methode zu verorten ist, z. B. als konsensuell ausgehandeltes Fachwissen, sondern sich auch auf der impliziten, konjunktiven Ebene einer habituellen Fachlichkeit niederschlägt. Die fachbezogenen Orientierungen der Akteur*innen beziehen sich in ihrer Genese und ihrem Wirkungsfeld zwar auf einen spezifischen Teil-Weltzugang, dennoch sind sie als Strukturmuster themenübergreifend angelegt und damit als Wissensstrukturen mittlerer Reichweite zu verstehen (vgl. Bohnsack 1999, S. 132 zu den unterschiedlich gelagerten Erfahrungsräumen wie Milieus, Gruppen, Lebenswelten und den damit verbundenen Prägungen unterschiedlicher Reichweite). Die fachbezogenen und grundlegenden Orientierungen stehen in einem wechselseitigen Wirkungsverhältnis. Dabei können die fachbezogenen Orientierungen einerseits als spezifische Ausprägung eines Allgemeinen stehen oder andererseits in einem Spannungsverhältnis, wenn fachbezogene und grundlegende Orientierungen einander widerstrebende Modi des Weltzugangs bedeuten (vgl. auch interferierende Praktiken im Unterricht nach Breidenstein 2021).

Diesen methodologischen Spezifika des physikdidaktischen Forschungssettings wird in einem Mehrebenenmodell des Orientierungsrahmens (siehe Abb. 2) in Anlehnung an Martens und Asbrand (2018) und Nohl (2019) Rechnung getragen. In diesem werden fachbezogene und grundlegende Orientierungen in jeweils eigenen Typiken zusammengefasst. Orientierungen als Ausprägung einer Typik bilden in der Gänze den Orientierungsrahmen. Spezifische Muster von Orientierungen (Typen) werden dann als mehrdimensionale Typologie zusammengefasst. Die Bildung der Typiken basiert auf einer komparativen Analyse des Materials (Nohl 2013a). Zunächst bilden die in der formulierenden Interpretation identifizierten Themen einen ersten Vergleichshorizont. Ein gleiches Thema (z. B. Verantwortung im Physikunterricht) in unterschiedlichen Fällen dient dann in der anschließenden reflektierenden Interpretation

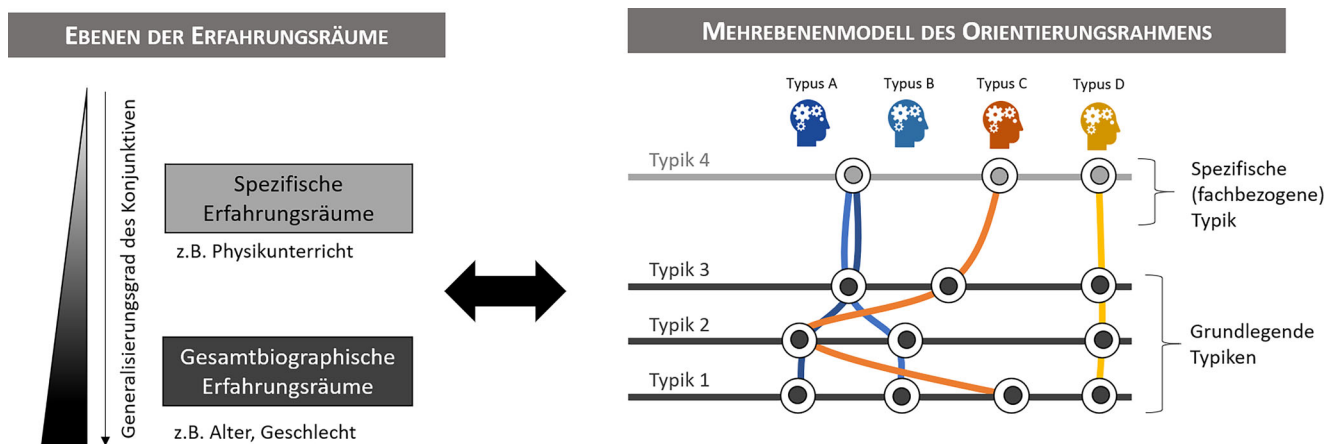


Abb. 2 Ebenen der konjunktiven Erfahrungsräume und damit verbundenes Mehrebenenmodell des Orientierungsrahmens

der Rekonstruktion unterschiedlicher Orientierungen, die sich in zugrundeliegenden, impliziten Bearbeitungsmustern realisieren. Durch die inhaltliche Strukturierung dieser Orientierungen in verschiedenen Dimensionen (vgl. Nentwig-Gesemann 2013) werden Typiken (z. B. die Konstruktion von Gestaltungspotential) gebildet, die nun selbst als Vergleichshorizonte für die Interpretation der einzelnen Fälle dienen.

Mit der Einführung verschiedener Ebenen einer Typologie wird auch den unterschiedlichen Generalisierungsgraden der konjunkativen Erfahrungsräume entsprochen, welche von grundlegenden Kategorien wie Geschlecht oder Alter, aber auch über bestimmte Peergruppen oder spezifische Lebenssituationen aufgespannt werden (vgl. Abb. 2 links). Grundlegende Typiken strukturieren demnach Orientierungen, die sich auf für das Untersuchungssetting unspezifische Kontexte beziehen. Fachbezogene Typiken strukturieren dagegen eher kontextbezogene Orientierungen, welche auf spezifischere Erfahrungsräume verweisen (vgl. auch Martens und Asbrand 2009). Letztere beziehen sich auf einen Teilausschnitt der sozialen Wirklichkeit, welche im Gegenstandsbereich der physikdidaktischen Forschung durch das Lehren und Lernen von Physik geprägt ist. Eine relationale Typologie, die zeigt, „in welchem systematischen Zusammenhang unterschiedliche Dimensionen von typischen Orientierungen stehen“ (Nohl 2013b, S. 61), dient gerade bei der physikdidaktischen Arbeit mit der Dokumentarischen Methode der Synthese aus fallbezogener Offenheit und fachbezogenem Forschungsinteresse.

Ergebnisse

Im Folgenden werden zunächst die einzelnen grundlegenden Typiken und dann die fachbezogene Typik dargestellt. Im Anschluss wird an einem Eckfall (David Jäger) ausführlich der Typus *Universalist*in* diskutiert. An drei anderen Eckfällen werden schließlich die weiteren Typen überblicksartig beschrieben.

Grundlegende und fachbezogene Typiken

(1) Grundlegende Typik: Gestaltungspotential² Die Interviewten konstruieren verschiedene Gestaltungspotentiale ihrer selbst. Die eigene Wirksamkeit wird von den interviewten Lehrkräften dabei nicht nur berufsbiographisch gefasst, sondern auf die gesamte Biographie bezogen

² Zur besseren Lesbarkeit und Übersichtlichkeit haben wir den Typiken und den jeweiligen Ausprägungen plakative, pointierte Bezeichnungen gegeben, statt diese nur durchnummerieren. Die Bezeichnungen verkürzen stark und spiegeln die Analysen nicht in ihrem vollen Umfang wider.

und dabei auch von der eigenen Person übertragen auf gesellschaftliche Wirkzusammenhänge. Im Sample der interviewten Lehrkräfte wurden vier verschiedene Ausprägungen dieser Typik gefunden, welche verschiedene Qualitäten der konstruierten Wirksamkeit widerspiegeln:

- **Fatalistisch:** *Die individuellen Handlungen werden als unwirksam wahrgenommen. Das Geschehen passiert mehr oder weniger selbstläufig, ohne den Einfluss des Individuums. Der schicksalhafte Fortgang der Geschehnisse kann nicht mitgestaltet werden.*
- **Pflichtbewusst:** *Die Orientierung richtet sich vor allem auf gesetzte Normen und Vorgaben. Der positive Horizont ist deren Erfüllung. Die eigene Person wird dabei nicht als gestaltend konstruiert, sondern als innerhalb eines vorgegebenen Rahmens Vorgaben erfüllend.*
- **Gestaltend:** *Die eigenen Handlungsspielräume innerhalb des gegebenen Rahmens werden betont. Die eigene Aktivität und der Einfluss des Individuums auf Geschehnisse werden hervorgehoben. Eine aktive Mitgestaltung oder Veränderung von Gegebenem werden positiv konstruiert.*
- **Systemkritisch:** *Die bestehenden Normen und Verhältnisse an sich werden in Frage gestellt. Das Individuum wird konstruiert als eine Instanz, welche die Verhältnisse selbst grundlegend umgestalten kann und auch sollte.*

(2) Grundlegende Typik: Relevante Andere Die Interviewten orientieren sich bei ihren Handlungen an anderen. Sie gleichen sich ab und setzen ihre Handlungen in einen Zusammenhang mit den Handlungen anderer. Im Sample wurden drei unterschiedliche Ausprägungen gefunden:

- **Mitwelt:** *Betont wird die Relevanz des direkten, persönlichen Umfelds. Die Familie, Freunde, Kolleg*innen sind entscheidende Akteur*innen, mit welchen sich das Individuum in Beziehung setzt. Diese prägen die deskriptiven Normen, welche zu den eigenen Entscheidungen und Handlungen ins Verhältnis gesetzt werden, sei es, dass die Normen abgelehnt oder im positiven Sinn angestrebt werden.*
- **Weltgesellschaft:** *Ein großes, gesamtgesellschaftliches Kollektiv wird als relevante Bezugsgröße konstruiert. Das Individuum sieht sich selbst als Teil dieses Kollektivs, das nicht durch persönliche Kontakte, sondern über komplexe Wechselwirkungen miteinander verbunden ist. Die eigenen Handlungen werden damit in einen größeren Kontext gesetzt.*
- **Institution:** *Nicht Personengruppen werden als Bezugsgröße herangezogen, sondern das eigene Handeln orientiert sich vor allem an systemisch-institutionellen, eher abstrakten Entitäten, wie Vorgaben, Anweisungen oder Regeln.*

(3) Grundlegende Typik: Entwicklungsperspektive Die Interviewten positionieren sich und ihre Handlungen in einer zeitlichen Entwicklung beziehungsweise setzen sich selbst in den Zusammenhang einer z.B. gesellschaftlichen Entwicklung. Diese Entwicklungen erfahren durch die persönliche Grundhaltung eine Bewertung. Im Sample konnten drei Ausprägungen hierzu rekonstruiert werden:

- **Optimistisch:** *Der Blick auf Entwicklungen ist positiv geprägt. Der Blick in die Zukunft ist optimistisch.*
- **Pessimistisch:** *Der Blick auf Entwicklungen ist negativ geprägt. Es werden teilweise düstere Zukunftsszenarien entworfen.*
- **Offen:** *Entwicklungen werden so, wie sie sind, wahrgenommen und akzeptiert. Es ist keine eindeutige Bewertung der Zukunftsszenarien identifizierbar.*

Diese rekonstruierten grundlegenden Typiken spiegeln die oben dargestellten Verantwortungs-Relationen (Subjekt, Objekt, Norm) wider: Es wird z.B. ein Nahbereich konstruiert, wobei Verantwortungsobjekte alle im persönlichen Umfeld (*Typik Relevante Andere: Mitwelt*) liegen, oder der Verantwortungsbereich ist ausgeweitet auf größere Entitäten (*Typik Relevante Andere: Weltgesellschaft*). Es zeigt sich, dass diese Verantwortungskonstruktion nicht nur auf die individuelle Biographie und berufliche Handlungspraxis bezogen ist, sondern auch die Bearbeitung von fachbezogenen Problemen, wie Socioscientific Issues, strukturiert.

Neben den grundlegenden Typiken konnte eine fachbezogene Typik rekonstruiert werden, die sich auf das *Bildungsideal* der Interviewten bezieht und dabei das Verhältnis physikalischer und technischer Bildung mitstrukturiert. Diese Typik konnte als tragfähig über die Fälle hinweg rekonstruiert werden. Es hat sich in der Analyse der Interviews gezeigt, dass vor allem Orientierungen zur technischen und physikalischen *Bildung* rekonstruierbar sind. Aussagen zur Unterscheidung von Physik und Technik an sich waren dabei stärker auf explizit-kommunikativer Ebene verortet. Die jeweils rekonstruierten positiven Horizonte der *Bildungsideale* lassen jedoch auch auf habitualisierte Orientierungen zu Beziehungen zwischen Physik und Technik schließen, welche mit den explizierten Vorstellungen zum Teil übereinstimmen, zum Teil aber auch divergieren.

(4) Fachbezogene Typik: Bildungsideal Die fachbezogene Typik *Bildungsideal* integriert drei Facetten der rekonstruierten Orientierungen (vgl. Bub und Rabe 2021):

- Ein spezifisches Weltverhältnis, 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* kon-

struiert. Zum Beispiel werden das praktische Tätigsein bzw. die aktive Gestaltung angestrebt oder aber ein Verständnis der umgebenden (technisierten) Umwelt oder die Beschäftigung mit existentialistischen, 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 einer Ausprägung erfüllt Physikunterricht das eigene Ideal, hier des *Weltverstehens*.

Die Typik ist in ihrer Struktur damit komplexer als die rekonstruierten grundlegenden Orientierungen. Sie integriert verschiedene Aspekte, wie z. B. Wissenschaftsverständnis und Zielvorstellungen von Unterricht, welche interdependent fachunterrichtliches Handeln strukturieren und daher hier als *eine* fachbezogene Orientierung zusammengefasst werden. Im Sample wurden drei Ausprägungen dieser Typik rekonstruiert:

- **Handwerk:** *Die handwerkliche Position orientiert sich an einem praktischen Bildungsideal. Die selbständige, aktive Gestaltung der direkten Umwelt u. a. mit Materialien und Werkzeugen wird als positiver Horizont konstruiert. Gleichzeitig wird Physikunterricht als disjunkt hierzu wahrgenommen: Physikunterricht ist theoretisch und lebensfremd. Schüler*innen sind im Physikunterricht nicht aktiv gestaltend oder kreativ tätig, sondern vollziehen Vorgegebenes nach. Das eigene positive Ideal einer praktischen Erfahrung wird nicht erfüllt.*
- **Reinheit:** *Die Position einer reinen Wissenschaft orientiert sich an einem eher philosophischen, kontemplativen Ideal. Das Bestaunen der Natur, das Wundern über die eigene Existenz und die Beschäftigung mit den Grenzen der Erkenntnis sind positive Horizonte der Orientierung an Reinheit. Durch die Beschäftigung mit alltagsnahen Belangen wird Physikunterricht diesem Ideal nicht gerecht. Die Rolle der Mathematik ist dabei eine ambivalente: Einerseits bildet sie den Schlüssel zu den zentralen Fragen der Existenz, aber ihr wird andererseits auch das Potenzial zugeschrieben, die Faszination an der Welt zu stören.*
- **Weltverstehen:** *Bei der Orientierung am Weltverstehen werden die Ideale einer technischen und physikalischen Bildung verbunden. Dem Physikunterricht wird das emanzipatorische Potenzial zugesprochen, ein Verstehen der durchtechnisierten Umwelt zu ermöglichen. Die darin enthaltene Induktion vom „Physik verstehen“ zum „Technik verstehen“ reduziert in Teilen Technik auf*

die Anwendung physikalischer Prinzipien. Physik wird dabei zum zentralen Weltzugang idealisiert.

Exemplarische Falldarstellung: David Jäger

Im Folgenden wird die Ausprägung der dargestellten Typiken am Eckfall David Jäger illustriert. Die Darstellung erfolgt exemplarisch an Transkriptausschnitten³ und bildet damit die Fallanalyse nur zusammenfassend ab.

David Jäger: Typus *Universalist*in* David Jäger unterrichtet nach einem Seiteneinstieg Physik, Mathematik und Technik an einem Gymnasium. Zuvor hat er Physik studiert und darin auch eine Promotion begonnen. Er ist zum Zeitpunkt des Interviews 31 Jahre alt und seit einem Jahr als Lehrer tätig. Auf den berufsbiographischen Eingangsstimulus, wie es dazu gekommen sei, dass er Physiklehrer geworden ist, antwortet Jäger:

„tja das war ne sehr VIELschichtige entscheidung [Interviewer: mh] ja“ (Jäger, Z. 6).

Als positiver Horizont wird hier schon eine analytisch gelagerte, rationale Grundhaltung deutlich. Jäger nimmt mit der einordnenden Aussage eine die eigene Biographie bewertende Grundhaltung ein. Die Biographie Jägers wird damit als bewusst abgewogene Entscheidung dargestellt. Jäger erläutert hieran anschließend die Unzufriedenheit mit seinem vorherigen Berufsfeld (u. a. mit Bezug auf die Rolle von Reputation im Wissenschaftsbetrieb und Rahmenbedingungen wie dem Wissenschaftszeitgesetz) und pointiert seine Unzufriedenheit dann mit der Aussage:

„also ich bin einfach daran interessiert alles (.) breit-schichtig (.) 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“ (Jäger, Z. 55–59).

Hierin wird die eingangs angedeutete analytisch-rationale Grundhaltung spezifiziert: Nicht die vertiefte Analyse eines begrenzten Weltausschnittes wird als Ideal konstruiert, sondern ein Verstehen in der Breite. Diese Haltung spiegelt sich auch in seinem Bild des Wissenschaftlers (von ihm als früherer „Traumberuf“ bezeichnet) wider, der als von Neugier getriebener Freigeist beschrieben wird.

³ Die Transkription erfolgte in Anlehnung an Bohnsack et al. (2013); Kruse (2015); Nohl (2017). Auszug aus den Regeln: Betonungen sind durch Großbuchstaben markiert, sonst wird klein geschrieben; kurze Pausen: (.); Pausen mit Angabe der Dauer: (3); Auflachen mit Angabe der Dauer: @(2)@; lachend Gesprochenes: @nein@; unverständliche Äußerungen: ?aussage?.

In diesen berufsbiographischen Ausführungen sind die grundlegenden und fachbezogenen Orientierungen, welche sich durch das Interview hinweg rekonstruieren lassen, bereits angedeutet: In Bezug auf das Gestaltungspotential zeigt sich Herr Jäger als *systemkritisch*. Die bestehenden Normen wie die Arbeitsweise und die organisationalen Rahmenbedingungen des Wissenschaftssystems versucht er nicht zu erfüllen, sondern lehnt diese ab. Der Berufswechsel wird entsprechend auch nicht als Misserfolg gerahmt. Hierin ist die *optimistische* Orientierung zu rekonstruieren. Die Orientierung an *relevanten Anderen* ist in diesem Intervieweinstieg noch nicht eindeutig rekonstruierbar: Einerseits werden institutionelle Normen abgelehnt, andererseits deutet sich auch eine eher egozentrische Perspektive an, indem die eigenen Fragen und das selbstständige Beantworten dieser ins Zentrum gerückt werden. Als Ausprägung der fachbezogenen Typik ist hier bereits die Orientierung *Weltverstehen* angedeutet. Jägers Darstellungen zeigen eine Orientierung an einer analytischen, rationalen und von Neugier geprägten Grundhaltung. Dieser positive Horizont des *Weltverstehens* ist für Jäger derart prägend, dass seine Ausführungen zur eigenen Berufsbiographie und zu den unterrichtlich verfolgten Zielen in analoger Weise strukturiert sind. Das stärkt den Befund, dass es sich um eine kontextübergreifende Orientierung und nicht (nur) um deklaratives Wissen handelt.

Seine Orientierung des *Weltverstehens* wird im Folgenden durch die Abgrenzung von einem praktischen Weltzugang konkretisiert. Auf den Stimulus hin, ob ihm „beim reden über physik und technik irgendwie noch [etwas] EINgefallen oder WICHTig ist?“ (Jäger, Z. 227–229) bevor es inhaltlich um etwas anderes geht, antwortet Jäger:

„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 IRGNENDWO DRAN RUMzuschrauben und (.) irgendwas AUFzubauen (.) irgendwie nen MOTOor SUMMEN zu hören [Interviewer: hm hm] und ich denk mir nur boah, das ist GÄHNend langweilig. (2) ja, das war schon IMMER so“ (Jäger, Z. 236–242).

Herr Jäger distanziert sich hier 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, das ihm nicht als relevantes Vorbild dient. Die Begeisterung der anderen für technische Belange wird als irrationale Neigung dargestellt, der er mit Unverständnis begegnet.

Seine analytische Grundhaltung bildet für Herrn Jäger auch die Basis seines Bildungsverständnisses. Auf den Im-

puls „*woran denkst du zuerst, wenn du den Begriff [Verantwortung] hörst?*“ (Jäger, Z. 271) hin skizziert er zunächst die Pflicht der Wissenschaft, durch angemessene Kommunikation Verschwörungstheorien und Wissenschaftsfeindlichkeit Einhalt zu gebieten und beschreibt daran anknüpfend, dass es die Aufgabe der naturwissenschaftlichen Fächer sei, den Schüler*innen ein analytisches und rationales Denkvermögen beizubringen. Dies führt er weiter aus, indem er sich deutlich von bestehenden Normen abgrenzt und neue setzt:

„*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.*“ (Jäger, Z. 299–305).

Herr Jäger wechselt hier in eine szenische Erzählung und spricht die Schüler*innen in direkter Rede an. Mit plakativen Formulierungen („*mir egal*“, „*mir nicht wichtig*“) grenzt sich Jäger von der konstruierten Norm der Curricula ab. Er nimmt eine *systemkritische* Position ein, die zunächst als seine subjektive Position markiert wird (s. oben), dann aber eine absolute Gültigkeit erhält, wenn Herr Jäger sagt „*Das ist einfach nicht wichtig*“ (*Typik Gestaltungspotential: Systemkritisch*). In auffällig bildhafter Sprache („*haut euch übers Ohr*“, „*lacht sich ins Fäustchen*“) wird das analytisch-rationale Denkvermögen zum universellen Werkzeug für die Bewältigung von Aufgaben der Schüler*innen in der von der Schule abgegrenzten Welt (*Typik Bildungsideal: Weltverstehen*). Wie er diese Fähigkeiten bei den Schüler*innen fördern möchte, beschreibt Herr Jäger unter anderem, als er berichtet, wie er den Schüler*innen Aufgaben stellt, in denen unbekannte Größen (im Beispiel Masse und Größe eines LKW und eines Flugzeugs) selbst abgeschätzt werden müssen. Naturwissenschaftlicher Unterricht wird dabei weniger von fachlichen Inhalten geleitet, sondern zielt auf bestimmte übergreifende, analytische Fähigkeiten ab. Dabei sorgen die von Jäger neu gesetzten Normen zunächst für Irritationen bei den Schüler*innen, werden aber schließlich akzeptiert (*Typik Entwicklungsperspektive: Optimistisch*).

Auch im Hinblick auf technische Bezüge im Physikunterricht zeigt Herr Jäger seine Ablehnung gegenüber bestehenden Normen und Verhältnissen. Etablierte Kontexte des Physikunterrichts (z.B. eine Schmelzsicherung) werden als irrelevant gerahmt, da ihre Behandlung nicht zum Ideal des *Weltverstehens* beiträgt. Am Beispiel der Halbleitertechnik wird deutlich, wie Jäger versucht diesem Anspruch gerecht zu werden. Jäger erzählt auf den Impuls zu konkreten Unterrichtssituationen mit Technikbezug hin

(Interviewer: „*ja. fällt dir irgendwie ne situation aus deinem unterricht ein, wo du sozusagen explizit irgendwie was TECHNisches behandelt hast? und kannst du mal beschreiben {wie das sozusagen}*“), wie er einen Computerchip in den Unterricht mitgebracht hat und wie er diesen dort einsetzt:

„*also ich hab denen dann ne LUpe gegeben, hab dann diesen CHIP rungegeben, dann konnten = se des SEHEN [...] 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?*“ (Jäger, Z. 576–582).

Hier wird analog zur als irrelevant abgelehnten Schmelzsicherung ein technisches Artefakt als Anschauungsobjekt eingesetzt. Dieses wird lediglich betrachtet, es soll bzw. kann im schulischen Kontext nicht analysiert oder verstanden werden, sondern nur bestaunt („*wie klein das alles ist*“). In analoger Weise wird auch die unterrichtliche Einbindung von medizinisch genutzter Radioaktivität beschrieben: „*ja. also das hab ich denen versucht ein bisschen näherzubringen und hab dann bilder von diesem ding gezeigt*“ (Jäger, Z. 644–646). Die Technik dient dabei nur als Nachweis, dass der Physikunterricht Relevanz für die technisierte Umwelt hat, während technikeigene Prozesse und die gesellschaftliche Dimension hier nicht thematisiert werden. Solche Verknüpfungen von Technik mit gesellschaftlicher und ökologischer Umwelt zeigt Jäger an anderer Stelle deutlich bei der Frage nach der Verbindung von Technik und Verantwortung (Interviewer: „*wenn wir nochmal auf den begriff te- technik zurückkommen [Jäger: mh]. wie, wie bringst du, oder wie bringst du das zusammen vielleicht oder {verantwortung und technik?}*“, Jäger, Z. 364–366):

„*was mir jetzt nur SPONtan einfällt ist erstmal natürlich 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 [Interviewer: @(.)@ ernsthaft?] ja und so nen HUMbug. oder diese, was ich auch schon ein bisschen overengineered finde sind diese FRIXion stifte (.) auch vor kurzem drüber gelesen. äh damit rennen jetzt die SCHÜler halt alle rum*“ (Jäger, Z. 369–376).

Herr Jäger stellt sich auch hier wieder ablehnend gegen die gängige Praxis („*damit rennen [...] alle rum*“) und wertet diese ab („*Humbug*“). Die Handlungen werden in gesellschaftliche Zusammenhänge (Overengineering) eingeordnet und kritisiert (*Typik Gestaltungspotential: Systemkritisch*). Die Orientierung, zwischen der persönlichen Wirkosphäre Verbindungen zu weitreichenden, gesellschaft-

lichen Zusammenhängen herzustellen (*Typik Relevante Andere: Weltgesellschaft*), welche hier angedeutet ist, wird auch an anderen (hier nicht zitierten) Stellen immer wieder deutlich: Jäger diskutiert die ambivalenten Wirkungen von Informationstechnologien im Zusammenhang mit Globalisierung, ebenso wie die individuelle Mediennutzung. Er analysiert Mechanismen von Wissenschaftsfeindlichkeit und Falschinformationen und wie Schüler*innen vor Verschwörungsmysen z. B. im Zusammenhang mit Impfungen durch naturwissenschaftlichen Unterricht geschützt werden sollen. Organisationale Grenzen, z. B. durch zeitliche, curriculare oder auch zielgruppenspezifische Rahmenbedingungen werden von Jäger zwar wahrgenommen, aber dennoch konstruiert er ein positives Bild von Physikunterricht, in dem er sein *Bildungsideal* realisieren kann.

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, neben der Gestaltung von Unterricht auch auf den persönlichen Umgang mit Fragen gesellschaftlicher Verantwortung. Seine Normen und Vorstellungen orientieren 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 Verschwörungsmysen). In seiner ablehnenden Haltung gegenüber vielfältigen gängigen Praxen sieht er zwar Missstände, zeigt sich aber 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.

Mehrdimensionale Typologie

Ausgehend von dieser ausführlichen Fallanalyse wird im Folgenden anhand weiterer Eckfälle die rekonstruierte Ty-

pologie (vgl. Tab. 1) dargestellt und schlaglichtartig anhand von Interviewauszügen illustriert.

Florian Schwarz: Typus *Erklärer*in* Florian Schwarz als Vertreter des Typus *Erklärer*in* kann ebenfalls der fachbezogenen *Orientierung Weltverstehen* zugeordnet werden. Diese Orientierung zeigt sich gleich im Intervieweinstieg zur Berufsbiographie deutlich. Schwarz schildert seine Faszination für Physik und dass er wissen wollte „*wie die DINGE (.) die so passieren, [...] waRUM sie passieren und WIE sie funktionieren*“ (Schwarz, Z. 6–8). Dieser positive Horizont wird auch in seinen Schilderungen von Physikunterricht deutlich. Anders als Herr Jäger problematisiert Herr Schwarz die tradierten technischen Kontexte des Physikunterrichts nicht, sondern bringt diese gezielt und häufig in den Unterricht ein: „*zum beispiel bei (.) bei dem kompetenzschwerpunkt druck und AUFtrieb [...] da wer = mer verstehen, wie zum beispiel, wie so ne HEBEbhühne beim sein bei AUTOS funktionieren KANN [...] oder wie funktioniert so ne piPETe? oder warum können denn FLUGzeuge, [...] fliegen?*“ (Schwarz, Z. 54–68). Auch hier wird Technik insbesondere als Anwendungsgebiet physikalischer Prinzipien konzipiert, die Frage nach dem „Warum“ bezieht sich nicht auf gesellschaftliche oder ökonomische Ursachen, sondern auf das physikalische Wirkprinzip. Physik wird damit zum universellen Schlüssel zum Verstehen der (technisierten) Welt. Die von Herrn Jäger abweichende Bearbeitung dieser Kontexte kann v. a. durch Unterschiede in den grundlegenden Orientierungen erklärt werden: Bestehende Normen, wie z. B. Lehrpläne, werden von Herrn Schwarz nicht ablehnend, sondern als akzeptierter Rahmen positiv dargestellt, wobei Herr Schwarz der Orientierung *Gestaltend* entsprechend trotzdem innerhalb dessen eigene Handlungsspielräume betont. Insbesondere die relevanten Anderen sind für Herrn Schwarz – im Gegensatz zu Herrn Jäger – im Nahbereich zu verorten (*Typik Relevante Andere: Mitwelt*): So sind auch seine Bewertungen von Technik(folgen) und Anwendungsfällen der Technik in seiner alltäglichen, direkten Umwelt und nicht in globalen Wirkzusammenhängen zu verorten (zum Beispiel der sorgsame Umgang mit teuren Geräten im Physikunterricht, um diese für andere Schüler*innen zu erhalten: „*die haben schon EINige schüler vor euch benutzt und wollen noch VIELe schüler nach euch benutzen*“, Schwarz, Z. 315–316). Analog zu Herrn Jäger ist auch Herr Schwarz *optimistisch* im Hinblick auf die eigene Wirkmächtigkeit und auf gesellschaftliche Entwicklungen.

Dennis Groß: Typus *Fatalist*in* Dennis Groß vertritt im Hinblick auf die Typik *Gestaltungspotential* eine *fatalistische* Position, welche auch für den gesamten Typus prägend und damit namensgebend ist: Die persönliche Biographie und insbesondere gesamtgesellschaftliche Entwicklungen sind selbstläufig und kaum beeinflussbar. Gerade die zivilisatori-

sche, technologische Entwicklung ist aus Herrn Groß Sicht unabwendbar: „*das is = ne sache, (2) de- die die pasSIERT. also die passiert einfach mit zunehmenden FORTschritt. das des lässt sich gar nicht (.) verHINdern*“ (Groß, Z. 318–320). Hierbei wird auch Herrn Groß Orientierung an gesellschaftlichen Zusammenhängen deutlich (*Typik Relevante Andere: Weltgesellschaft*): Groß spricht viel über gesellschaftliche Entwicklungen, über historisch relevante Ereignisse und deren Wirkung in die Gegenwart, sowie über Prognosen für die Zukunft der Menschheit. Hier ist seine Sprache lebhaft, seine Schilderungen sind detailliert. Alltägliche Belange und technische Kontexte des Physikunterrichts werden zwar auch explizit genannt, deren Schilderung bleibt aber schlagwortartig und nüchtern. Gerade mit Blick auf die gesellschaftlichen Zusammenhänge vertritt Herr Groß eine stark negative Sicht (*Typik Entwicklungsperspektive: Pessimistisch*). Technische Entwicklungen werden letztlich zur existentiellen Bedrohung der Menschheit, Verantwortung (welche Groß immer im weltgesellschaftlichen Zusammenhang konstruiert) kann in dem verzweigten Netz von Wechselwirkungen letztlich nicht übernommen werden. Der pessimistischen Sicht auf gesellschaftliche Zusammenhänge setzt Herr Groß in der fachbezogenen Typik mit der Ausprägung *Reinheit* eine Orientierung an philosophischen Fragen entgegen: „*relativität u.:nd raumzeit und schwarze löcher. [...] fand ich immer WAHNSinnig spannend das da sozusachen auch so diesen aspekt berührt, wo man sach ich mal so über seine eigene existenz nachdenkt*“ (Groß, Z. 49–52). Die rein kontemplative Beschäftigung mit den Grundzügen der Welt, das Bestaunen der Natur sind hier deutlich positive Horizonte. Eine analytische Durchdringung (wie sie in der Orientierung *Weltverstehen* bei David Jäger und Florian Schwarz positiv entworfen wird) wird eher abgelehnt, da dies den Reiz zerstören würde: „*wenn man nicht so viel von der Theorie weiß, isses schöner*“ (Groß, Z. 74–75). Der Physikunterricht kann seinem Ideal nicht gerecht werden. Die in seiner Sicht interessanten Belange, sowohl die Faszination für existentielle Fragen als auch die *pessimistisch, fatalistisch* geprägte Sicht auf zivilisatorisch-technische Entwicklungen, sind nur „*Randgebiete*“ des Physikunterrichts (Groß, Z. 54).

Kirsten Lehmann: Typus Praktiker*in Kirsten Lehmann zeigt eine Orientierung an der Erfüllung von institutionellen Normen und Vorgaben (*Typiken Gestaltungspotential: Pflichtbewusst; Relevante Andere: Institution*). Diese Orientierung wird sowohl in der Schilderung ihrer Berufsbiographie deutlich, als auch in Bezug auf unterrichtliches Handeln. Ihre Ausführungen werden dabei vor allem strukturiert durch Bezüge auf Anforderungen wie Regelstudienzeiten, die Länge des Referendariats, die Umlenkung in den Lehrberuf und schließlich auf Rahmenrichtlinien und Lehrpläne. Die geschilderten Vorgaben wirken anonym

und systembedingt. Die Entwicklungen der äußeren Bedingungen werden dabei weder stark positiv noch negativ bewertet, sondern als gegeben hingenommen (*Typik Entwicklungsperspektive: Offen*). Bezüge zu institutionellen Normen werden ebenfalls bei der Bearbeitung des Themas Verantwortung deutlich: In Form einer Aufgabenverantwortung schildert Lehmann hier berufsbedingte Pflichten. 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). Schlagwortartig und allgemein beschreibt Lehmann hier die für die Physik zentralen „*theoretischen Grundlagen*.“ Diese Darstellung steht im Kontrast zu Lehmanns ausführlichen und lebhaften Darstellungen von handwerklichen, praktischen Tätigkeiten, die sie biographisch prägen und ihre fachbezogene Orientierung *Handwerk* widerspiegeln: „*wir hatten damals noch richtig werken, oder:: praktische tätigkeiten im unterricht, das gibt = s ja heut KAUM noch am gymnasium*“ (Lehmann, Z. 35–37). Die Arbeit mit Material und Werkzeugen und die praktische Erfahrung der Drechsler, welche als Lehrer an ihrer Schule tätig waren, bilden einen positiven Horizont. Der Physikunterricht scheitert an diesem Ideal, er bleibt lebensfremd und theorie-lastig. Die Experimente des Physikunterrichts können an die Konstruktion und Bearbeitung von Materialien in der Technik nicht heranreichen: „*wer setzt sich denn zuhause hin, nimmt ne = kleine glasscheibe und guckt, was wie da der brechungswinkel un = einfallswinkel ist oder so?*“ (Lehmann, Z. 83–85). Ethische Dimensionen des physikalisch-technischen Komplexes und die Verantwortung von Wissenschaft werden von Lehmann außerhalb des institutionell gegebenen Unterrichtsrahmens verortet und haben daher nur dort Platz, wo diese Praxis kurzzeitig aufbricht, z. B. im „*QUIZ [...] zu weihnachten*“ (Lehmann, Z. 282).

Einordnung der übrigen Fälle in die Typologie Die vier dargestellten Eckfälle bilden ebenso wie vier weitere Fälle des Samples die aufgespannten Typologien klar ab. Sechs weitere Fälle weisen jeweils Merkmale verschiedener Typen auf und werden demnach nicht nur einem Typus zugeordnet (vgl. in Tab. 1 schwarz für nur diesem einen Typus zugeordnete Fälle und schwarz-grau für Fälle, welche mehreren Typen zugeordnet werden). Beispielsweise verbindet der Fall Thomas Berger Elemente des *Universalisten*, insbesondere in der *systemkritischen* und *weltgesellschaftlichen* Perspektive, mit einer eher *handwerklichen* Position, welche die aktive, praktische Gestaltung positiv rahmt. Im Fall Hei-

Tab. 1 Rekonstruierte mehrdimensionale Typologie

	TYPEN			
	Universalist*in	Erklärer*in	Fatalist*in	Praktiker*in
<i>Fachbezogene Typik</i>				
Bildungsideal	Weltverstehen	Weltverstehen	Reinheit	Handwerk
<i>Grundlegende Typiken</i>				
Gestaltungspotential	Systemkritisch	Gestaltend	Fatalistisch	Pflichtbewusst
Relevante Andere	Weltgesellschaft	Mitwelt	Weltgesellschaft	Institution
Entwicklungsperspektive	Optimistisch	Optimistisch	Pessimistisch	Offen
Eckfall	David Jäger	Florian Schwarz	Dennis Groß	Kirsten Lehmann
<i>Vertreter des Typus</i>	●●	●●●●●●●●●●	●●●●	●●●●●
●				
= Fall dieses Typs				
●				
= Fall mit Ausprägungen weiterer Typen				

ko Winkler werden Ausprägungen des Typus *Fatalist*in* insbesondere im Hinblick auf *pessimistische, fatalistische* Positionen zu gesamtgesellschaftlichen Entwicklungen rekonstruiert. Diese stehen in einem Spannungsverhältnis zu seinen Orientierungen an einer *Mitwelt* und *Weltverstehen*, welche dem Typus *Erklärer*in* zuzuordnen sind. Mit welcher Häufigkeit die verschiedenen Ausprägungen einzelner Typiken im Sample rekonstruiert werden konnten, ist in Abb. 3 durch die Größe der jeweiligen Kreise dargestellt. Deutlich wird, dass die für den Typus *Erklärer*in* zentralen Orientierungen *Weltverstehen*, *Positiv*, *Mitwelt* und *Gestaltend* das Sample dominieren. Entsprechend konnte bei vier Fällen der reine Typus *Erklärer*in* rekonstruiert werden. Fünf weitere Fälle teilen Merkmale des *Erklärers/ der Erklärerin*.

Diskussion

Unsere Analyse mit der Dokumentarischen Methode konnte über eine mehrdimensionale Typenbildung divergente Modi rekonstruieren hinsichtlich der Bearbeitung der unterrichtspraktischen Herausforderung, wissenschaftstheoretische und -ethische Perspektiven in den Physikunterricht zu integrieren.

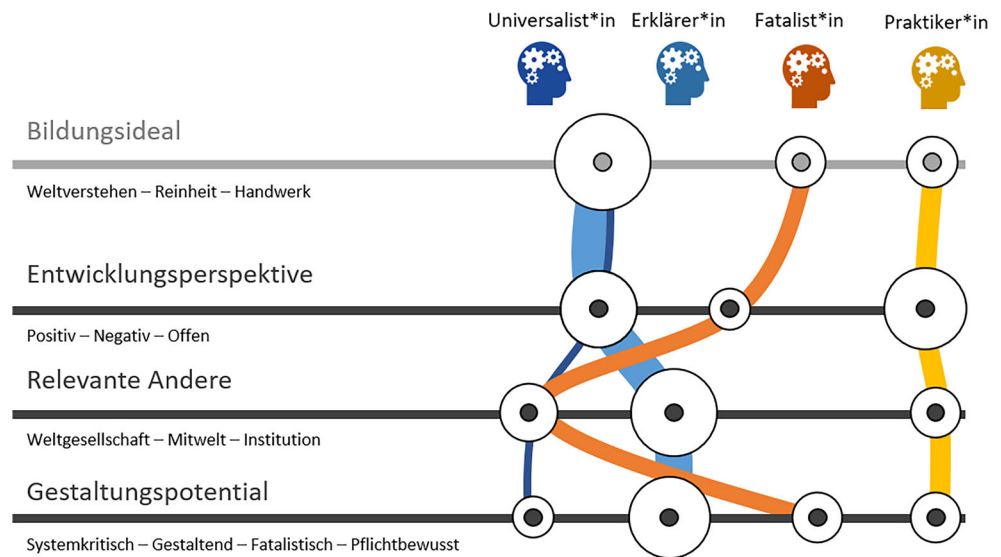
Die Ergebnisse konnten fallimmanent und fallübergreifend sowie über die Arbeit in Interpretationsgruppen abgesichert werden, unterliegen aber empirischen Limitationen, die im Forschungsprozess kritisch reflektiert wurden und hier dargelegt werden sollen. Der Feldzugang basierte auf der Freiwilligkeit der interviewten Lehrkräfte. Diese zeigen sich also der empirischen Forschung prinzipiell offen gegenüber und schätzen diese auch durch die Teilnahme in ihrer Freizeit wert. Dies kann zu einer geringeren Repräsentation der tatsächlichen Heterogenität im Sample beitragen, so dass weitere Unterscheidungskategorien im realisierten

Sample nicht sichtbar werden. Außerdem ist der Feldzugang stark durch Gatekeeper geprägt und regional relativ eng gefasst. Daneben ist die Erhebungssituation stark durch den Interviewleitfaden geprägt. Dieser wurde zwar co-kreativ im Hinblick auf Offenheit, Möglichkeit zur Erzählung und Passung zum Forschungsinteresse entwickelt (vgl. Leitfadeneentwicklung bei Kruse 2015), 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.

Anhand des erhobenen Materials konnten, die genannten Limitationen im Interpretationsprozess reflektierend, sowohl grundlegende als auch fachbezogene Orientierungen als relevant und tragfähig über das Sample hinweg herausgearbeitet werden. Die grundlegenden Orientierungen, als allgemeine Weltzugänge der Interviewten, reichen dabei in die fachliche Bearbeitung der 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 (Socioscientific Issues) eher auf den Nahbereich fokussiert. Statt globaler, gesellschaftlicher Zusammenhänge wird dann unterrichtlich z. B. ein sorgsamer und rücksichtsvoller Umgang mit Geräten bearbeitet.

Die hierbei nicht elaborierte *globale* Perspektive rückt aber gerade unter dem auf vielen Ebenen normativ verankerten Leitbild einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) immer stärker in den Fokus (Asbrand 2008; Sander und Höttecke 2018). Hierbei ist insbesondere der Blick auf die impliziten Orientierungen der Lehrenden bedeutend. BNE – nicht als „Ausweitung des Themenspektrums, sondern [als] stärkeren (z. T. auch stärker zukunftsorientierten) Realitätsbezug fachlicher Inhalte“ (Engagement Global 2016, S. 17) verstanden – betont neben den expliziten fach-

Abb. 3 Ergebnis der Typologiebildung über das gesamte Interviewsample. Der Typus „Erklärer*in“ mit den Ausprägungen Weltverstehen, Positiv, Mitwelt und Gestaltend ist am ausgeprägtesten im Sample



lichen, kognitiven Wissensbeständen insbesondere die impliziten, grundlegenden und nur teilweise fachbezogenen Orientierungen der Lehrpersonen (Asbrand und Martens 2013). Für BNE, insbesondere in den Naturwissenschaften, sind wie eingangs ausgeführt systemisch vernetzende, vor allem 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 eine BNE identifiziert werden. Diese setzt das Individuum in gesellschaftliche Zusammenhänge und erkennt deren Komplexität an. In der relationalen Typologie mit einer *fatalistischen Position*, 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. Die Betonung systemischer Faktoren für gesellschaftliche Entwicklungen in Abgrenzung zur Orientierung an individuellen (Alltags-)Entscheidungen (vgl. z. B. analog die Abgrenzung von BNE zur Umweltbildung bei Rost 2002) kann zwar im Sinne einer BNE produktiv gewendet werden, aber in ihrer Übersteigerung auch zu Resignation und zu einem Auseinanderfallen von Naturwissenschaft und gesellschaftlicher Mitbestimmung führen, wie in der Orientierung *Reinheit* angedeutet.

Insgesamt konnten in unserer Analyse Orientierungen, die in Studien bei Schüler*innen als relevant für den Umgang mit ethischen Problemen im Kontext von Nachhaltigkeit identifiziert wurden, bestätigt und 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* (z. B. praktisches Tun, theoretische Komplexität) findet sich in der Typik des *Bildungsideals* wieder. Die bei den Lehrkräften in unserer Studie rekonstruierte Typik der *Relevanten Anderen* grenzt sich von der ähnlich bezeichneten Typik bei Sander jedoch durch eine stärkere inhaltliche Systematisierung der wahrgenommenen Wirkzusammenhänge betreffend ab. Analog zu Sanders Typus des pessimistischen Fatalisten bei Schüler*innen lässt sich dieser Typus auch bei Lehrkräften rekonstruieren. Der Typ *Praktiker*in* bei den Lehrkräften grenzt sich durch die Orientierung am praktischen Tun von den Typen Bastler und Optimierer ab, die sich in Sanders Studie an theoretischer Komplexität orientieren. Die Typen *Erklärer*in* und *Universalist*in* erweitern die rationalen Typen bei Sander mit Bezug auf die professionelle Praxis der Beforschten. 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 Typ *Praktiker*in* wiederzufinden.

Die grundlegenden Typiken bilden den in Abschn. 2.2 skizzierten mehrstelligen Relationsbegriff Verantwortung (Düwell et al. 2006) insofern ab, als sie insbesondere über die Konstruktion des Gestaltungspotentials (von *fatalistisch* über *pflichtbewusst*, *gestaltend* bis *systemkritisch*) einen Rahmen für die Verantwortungsobjekte abstecken, zu denen sich das Subjekt entsprechend seines Gestaltungspotentials verhält. Verantwortungsinstanzen werden über die relevanten Anderen gebildet (*Institution*, *Mitwelt* bis zur *Weltgesellschaft*). Entsprechend eng oder weit wird auch Verantwortung im physikalisch-technischen Kontext konzipiert. Der Verantwortungsbegriff birgt dabei das teilweise ungenutzte Potenzial, die Vernetztheit der technisierten Welt abzubilden, die Komplexität und auch die Fallstricke in der Lösung gesellschaftlicher Herausforderungen

(z. B. Verantwortungsdiffusion, siehe Dittmer et al. 2016; Heidbrink 2003) widerzuspiegeln. Das macht Verantwortung zu einem geeigneten Konzept, um daran anknüpfend wissenschaftsethische Perspektiven im Physikunterricht einzunehmen (Wettstädt und Asbrand 2014).

Die wissenschaftstheoretische Perspektive der Lehrenden im Hinblick auf Physik-Technik-Beziehungen konnte im Material über die fachbezogene Typik aufgeklärt werden, die die Zielvorstellungen des Fachunterrichts strukturiert. Hier konnten die Pole der *Reinheit* (kontemplative Naturbetrachtung) und des *Handwerks* (praktische Umweltgestaltung) sowie die vermittelnde Position des *Weltverstehens* (Durchschauen von Natur und Technik) rekonstruiert werden. In der letztgenannten Ausprägung wird das emanzipatorische Potenzial des Physikunterrichts betont. Die dabei angedeutete Reduktion der Technik auf die Anwendung von Physik simplifiziert die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Physik, Technik und Gesellschaft und damit zusammenhängend auch Fragen der Verantwortung in diesem Kontext stark. Auch die im Sample am stärksten vertretene Position des *Weltverstehens* bildet also keine Synthese, die der Komplexität der Technisierung der fortschreitenden Naturwissenschaften (Tala 2009) angemessen wäre. Die in (halb)quantitativ ausgerichteten Studien bereits beschriebene Vorstellung von Lehrer*innen zur linearen Beziehung zwischen Naturwissenschaft und Technik als deren Anwendung (Antink-Meyer und Meyer 2016; Rubba und Harkness 1993) konnte hiermit als Teil impliziter Wissensstrukturen identifiziert werden und durch die relationale Typologie in einen Sinnzusammenhang gebracht werden mit fachbezogenen und grundlegenden Orientierungen. Es konnten auch zwei divergierende Positionen (*Reinheit* und *Handwerk*) rekonstruiert werden. Diese betonen eher die Unterschiede und eine trennende Position der Sphären Technik und Physik. Ein praktisches Ideal wird von einem theoretischen abgegrenzt, wobei der Physikunterricht beide nicht hinreichend erfüllen kann: Weder für eine alltagspraktisch-gestaltende Perspektive noch für eine epistemologisch-existentialistische sehen die Lehrpersonen im Physikunterricht geeignete Realisierungschancen.

Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse sollten die eingangs skizzierten, elaborierten Bildungsansätze zur Wissenschaftstheorie (Nature of Science) und -ethik (Socioscientific Issues, ethisches Bewerten, BNE) in der Lehrer*innenbildung gestärkt werden und in den institutionellen Rahmenvorgaben auch über die Präambeln hinaus konkretisiert und ausgeweitet werden (Dow 2006). Eine Förderung des Professionswissen von Lehrkräften in diesem Bereich allein wird jedoch, so lässt es die Studienlage vermuten, nicht ausreichen, um die unterrichtliche Praxis zu verändern (Bartos und Lederman 2014), die geprägt ist von impliziten Regelmäßigkeiten basierend auf habitualisierten Orientierungen, wie den in unserer Studie rekonstruierten.

Daher ist neben der inhaltlichen Stärkung vor allem Reflexivität als Ziel der Lehrer*innenprofessionalisierung (Aufschnaiter et al. 2019) in den Blick zu nehmen. Die kognitive Entlastung durch das routinisierte, habituelle Handeln schafft zwar in der Praxis häufig überhaupt erst Handlungsfähigkeit (Keller 2011, 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 Weltzugängen zu ermöglichen (Geimer 2012; Gebhard et al. 2017). Diese von Cramer et al. (2019) als Meta-Reflexivität bezeichnete Fähigkeit ist wesentlich für die in allen Professionalisierungstheorien herausgearbeitete charakteristische Herausforderung des Lehrberufs, mit Ungewissheit im Hinblick auf die Wirkzusammenhänge im Unterricht umzugehen. Die Trias Physik-Technik-Verantwortung bildet hier eine doppelte Unsicherheit: Auf einer unterrichtspraktischen Ebene, aber auch auf einer inhaltlichen, da wie in der Fundierung zu Socioscientific Issues ausgeführt wurde, gerade ethische Verantwortungsprobleme der technisierten und globalisierten Gesellschaft nicht rezeptartig zu lösen sind. Für eine Förderung von Multiperspektivität (vgl. für Handlungsperspektiven im Kontext globalen Lernens auch Asbrand 2008) 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 (Schmidt und Wittek 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).

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Interessenkonflikt F. Bub und T. Rabe geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- 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>.
- 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.
- 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*. Schriftenreihe, Ökologie und Erziehungswissenschaft der Kommission Bildung für nachhaltige Entwicklung der DGE. (S. 47–67). Leverkusen-Opladen: Barbara Budrich.
- Asbrand, B., & Martens, M. (2018). *Dokumentarische Unterrichtsforschung*. Wiesbaden: Springer.
- von 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>.
- 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.
- Billion-Kramer, T., Lohse-Bossenz, H., Dörfler, T., & Rehm, M. (2020). Professionswissen angeheurer Lehrkräfte zum Konstrukt Nature of Science (NOS): Entwicklung und Validierung eines Vignetentests (EkoL-NOS). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 26(1), 53–72. <https://doi.org/10.1007/s40573-020-00112-z>.
- Bohnsack, R. (1999). *Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in Methodologie und Praxis qualitativer Forschung* (3. Aufl.). Wiesbaden: VS.
- Bohnsack, R., Nentwig-Gesemann, I., & Nohl, A.-M. (Hrsg.). (2013). *Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. Grundlagen qualitativer Sozialforschung* (3. Aufl.). Wiesbaden: Springer VS.
- Bonnet, A. (2009). Die Dokumentarische Methode in der Unterrichtsforschung: ein integratives Forschungsinstrument für Strukturrekonstruktion und Kompetenzanalyse. *Zeitschrift für Qualitative Forschung*, 10(2), 219–240.
- Born, M. (1969). Die Zerstörung der Ethik durch die Naturwissenschaft: Überlegungen eines Physikers. In H. Kreuzer (Hrsg.), *Literarische und naturwissenschaftliche Intelligenz* (S. 179–186).
- Breidenstein, G. (2021). Interferierende Praktiken. Zum heuristischen Potenzial praxeologischer Unterrichtsforschung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 24(4), 933–953. <https://doi.org/10.1007/s11618-021-01037-0>.
- Cajas, F. (2001). The science/technology interaction: Implications for science literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 715–729.
- 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. (2020). Professionstheorien. Überblick, Entwicklung und Kritik. In M. Harant, P. Thomas & U. Küchler (Hrsg.), *Theorien! Horizonte für die Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (S. 111–128). Tübingen: University Press. <https://doi.org/10.15496/publikation-45602>.
- Cramer, C., Harant, M., Merk, S., Drahmman, M., & Emmerich, M. (2019). Meta-Reflexivität und Professionalität im Lehrerinnen- und Lehrerberuf. *Zeitschrift für Pädagogik*, 65(3), 401–423. <https://doi.org/10.25656/01:23949>.
- 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>.
- 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.
- Düwell, M., Werner, M.H., & Hübenthal, C. (2006). *Handbuch Ethik* (2. Aufl.). Stuttgart, Weimar: J.B. Metzler'sche Verlagsbuchhandlung, Carl Ernst Poeschel.
- Engagement Global (2016). *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung*. Bonn: Engagement Global.
- 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>.
- Gardner, P.L. (1994). 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. (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*. Wiesbaden: Springer.
- 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.
- Graalmann, K., Jäde, S., Katenbrink, N., & Schiller, D. (Hrsg.). (2021). *Dokumentarisches Interpretieren als reflexive Forschungspraxis*. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-33515-1>.
- Graube, G. (2014). Wissenschaft und Technik. Zur Reflektion von Technoscience und Interdisziplinarität in der Allgemeinbildung. *Journal of Technical Education*, 2(1), 129–148.
- 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>.
- 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). Berlin Heidelberg: Springer.
- Heidbrink, L. (2003). *Kritik der Verantwortung. Zu den Grenzen verantwortlichen Handelns in komplexen Kontexten* (1. Aufl.). Ethische Anthropologie. Weilerswist: Velbrück Wissenschaft.
- Heidbrink, L., Langbehn, C., & Loh, J. (2017). *Handbuch Verantwortung*. Wiesbaden: Springer.

- Helsper, W. (2011). Lehrerprofessionalität – der strukturtheoretische Professionsansatz zum Lehrberuf. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrberuf* (S. 149–170). Münster: Waxmann.
- Hubig, C. (1993). *Technik- und Wissenschaftsethik: Ein Leitfaden*. Berlin: Springer.
- Hubig, C., Huning, A., & Ropohl, G. (Hrsg.). (2001). *Nachdenken über Technik: Die Klassiker der Technikphilosophie*. Berlin: Ed. Sigma.
- Jonas, H. (1992). *Das Prinzip Verantwortung: Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation* (2. Aufl.). Bibliothek Suhrkamp, Bd. 1005. Suhrkamp. Erstveröffentlichung 1979
- Jung, W. (1995). Hat Physikunterricht eine Zukunft? Überlegungen zum Verhältnis von Physik und Technik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1, 5–14.
- Keller, R. (2011). *Wissenssoziologische Diskursanalyse: Grundlegung eines Forschungsprogramms*. Wiesbaden: VS.
- KMK (2020). *Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife*. KMK.
- Kruse, J. (2015). *Qualitative Interviewforschung. Ein integrativer Ansatz*. Weinheim: Beltz Juventa. Grundlagentexte Methoden
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., & Neubrand, M. (Hrsg.). (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Waxmann.
- 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.
- Lederman, N. G., McComas, W. F., & Matthews, M. R. (1998). Editorial. *Science & Education*, 7(6), 507–509.
- Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an. Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. *Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern. Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft*. <https://doi.org/10.25656/01:7370>.
- Maring, M. (Hrsg.). (2011). *Fallstudien zur Ethik in Wissenschaft, Wirtschaft, Technik und Gesellschaft*. Karlsruhe: KIT Scientific.
- Martens, M., & Asbrand, B. (2009). Rekonstruktion von Handlungswissen und Handlungskompetenz – auf dem Weg zu einer qualitativen Kompetenzforschung. *Zeitschrift für Qualitative Forschung*, 10(2), 201–217.
- Martens, M., & Asbrand, B. (2018). Dokumentarische Unterrichtsforschung. In M. Heinrich & A. Wernet (Hrsg.), *Rekonstruktive Bildungsforschung. Zugänge und Methoden* (S. 11–23). Wiesbaden: Springer.
- Martens, M., Asbrand, B., Buchborn, T., & Menthe, J. (Hrsg.). (2022a). *Dokumentarische Unterrichtsforschung in den Fachdidaktiken*. Bd. 31. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-32566-4>.
- Martens, M., Asbrand, B., Buchborn, T., & Menthe, J. (2022b). Fokus auf Fachlichkeit: Zur Erforschung von Fachunterricht mit der Dokumentarischen Methode. In M. Martens, B. Asbrand, T. Buchborn & J. Menthe (Hrsg.), *Dokumentarische Unterrichtsforschung in den Fachdidaktiken*. Wiesbaden: Springer.
- 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>.
- 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* (S. 71–93). Wiesbaden: VS.
- 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. Aufl. Wiesbaden: Springer VS.
- Neuweg, G. H. (2011). Das Wissen der Wissensvermittler: Problemstellungen, Befunde und Perspektiven der Forschung zum Lehrwissen. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrberuf* (S. 421–477). Münster: Waxmann.
- Nida-Rümelin, J. (2011). *Verantwortung*. Stuttgart: Reclam.
- Nohl, A.-M. (2013a). Komparative Analyse. Forschungspraxis und Methodologie dokumentarischer Interpretation. In R. Bohnsack, I. Nentwig-Gesemann & A.-M. Nohl (Hrsg.), *Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. Grundlagen qualitativer Sozialforschung* (3. Aufl. S. 241–270). Wiesbaden: Springer VS.
- Nohl, A.-M. (2013b). *Relationale Typenbildung und Mehrebenenvergleich. Neue Wege der dokumentarischen Methode*. Wiesbaden: Springer.
- Nohl, A.-M. (2017). *Interview und Dokumentarische Methode. Anleitungen für die Forschungspraxis* (5. Aufl.). Wiesbaden: Springer VS.
- Nohl, A.-M. (2019). Zur Bedeutung der relationalen Typenbildung für die Dokumentarische Methode. In S. Amling, A. Geimer, A. Schondelmayer, K. Stützel & S. Thomassen (Hrsg.), *Jahrbuch Dokumentarische Methode* (S. 51–64). Heft 1/2019.
- 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>.
- Poser, H. (2016). *Homo Creator: Technik als philosophische Herausforderung*. Wiesbaden: Springer VS.
- Przyborski, A., & Wohlrab-Sahr, M. (2014). *Qualitative Sozialforschung: Ein Arbeitsbuch* (4. Aufl.). Lehr- und Handbücher der Soziologie. Oldenbourg.
- 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* (Bd. 41, S. 246–249).
- Quinn, H., Schweingruber, H., & Keller, T. (2012). *A framework for K-12 science education*. Washington, D.C.: National Academies Press.
- Rabe, T., Abels, S., & Menthe, J. Naturwissenschaftsdidaktik und Dokumentarische Methode. Anwendungen und Ausschärfungen der Dokumentarischen Methode für die naturwissenschaftsdidaktische Forschung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. im Druck.
- Ropohl, G. (2010). *Jenseit der Disziplinen – Transdisziplinarität als neues Paradigma*. LIFIS ONLINE.
- 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.
- 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.
- Sander, H. (2017). *Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung: Eine rekonstruktive Perspektive auf Bewertungskompetenz in der Didaktik der Naturwissenschaft*. Dissertation. Berlin: 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>.
- Schmidt, R., & Wittek, D. (2021). Ziele und Modi von Fallarbeit in der universitären Lehre. In D. Wittek, T. Rabe & M. Ritter (Hrsg.), *Kasuistik in Forschung und Lehre* (S. 171–190). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- 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.
- Spiegel, R. (1999, 09. August). *Technikbezug im Physikunterricht der mittleren und höheren Schulen. Eine Untersuchung zu den historischen Wurzeln, zum didaktischen Anspruch und zur Realität*. Dissertation, Universität zu Köln. Köln.
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland & Deutsche UNESCO-Kommission (2007). *Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Schule*
- 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*. Hannover.
- 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.
- 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.
- Vogelsang, C. (2014). *Validierung Eines Instruments Zur Erfassung der Professionellen Handlungskompetenz Von (angehenden) Physiklehrkräften: Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz*. Berlin: Logos.
- Wagenschein, M. (1976). *Die pädagogische Dimension der Physik* (4. Aufl.). Grundthemen der pädagogischen Praxis. Braunschweig: Westermann.
- Wettstädt, L., & Asbrand, B. (2014). Handeln in der Weltgesellschaft. Zum Umgang mit Handlungsaufforderungen im Unterricht zu Themen des Lernbereichs Globale Entwicklung. *ZEP: Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 37(1), 4–12.
- Zeidler, D.L., & Keefer, M. (2003). The role of moral reasoning and the status of socioscientific issues in science education. In D.L. Zeidler (Hrsg.), *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education* (S. 7–38). Dordrecht: Springer.
- 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>.
- Zimmerli, W.C. (1993). Wandelt sich die Verantwortung mit dem technischen Wandel? In H. Lenk & G. Ropohl (Hrsg.), *Technik und Ethik* (S. 92–111). Stuttgart: Reclam.