

Dierk Suhr



Konzepte einer MINT-Didaktik

Fachdidaktische Analyse
und Versuch einer Synthese

Dierk Suhr
Konzepte einer MINT-Didaktik

Dierk Suhr

Konzepte einer MINT-Didaktik

Fachdidaktische Analyse
und Versuch einer Synthese

Budrich Academic Press
Opladen • Berlin • Toronto 2023

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

Zugleich Dissertation:

Dierk Suhr
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd
Schwäbisch Gmünd, Deutschland
2022

Die Dissertation wurde unter dem Titel „Konzepte einer MINT-Didaktik. Vergleichende Analyse der Mathematik-, Informatik-, Biologie-, Chemie-, Physik-, Geographie- und Technikdidaktik und Versuch einer Synthese“ im Jahr 2022 an der Pädagogischen Hochschule Schwäbisch Gmünd eingereicht.

Gedruckt auf säurefreiem und alterungsbeständigem Papier.

Alle Rechte vorbehalten.

© 2023 Budrich Academic Press GmbH, Opladen, Berlin & Toronto
www.budrich-academic-press.de

ISBN 978-3-96665-067-0 (Paperback)
eISBN 978-3-96665-928-4 (PDF)
DOI 10.3224/96665067

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Umschlaggestaltung: Bettina Lehfeldt, Kleinmachnow – www.lehfeldtgraphic.de
Satz: Angelika Schulz, Zülpich
Druck: Books on Demand GmbH, Norderstedt
Printed in Europe

Vorwort

„Wenn du einen Teil deiner Kraft darauf verwendest, innerhalb des Bereichs, in dem du dich auskennst, scharf darüber nachzudenken, was andere tun, dann werden Interessierte erfahren wollen, was du tust, innerhalb des Bereichs, in dem sie sich auskennen.“

Prof. Dr. Ian Hacking, *Verteidigung der Disziplin* (Hacking, 2013)

Wie kommt ein Mensch fortgeschrittenen Alters dazu, sich wissenschaftlich mit der Technik- und anderen Didaktiken zu beschäftigen und sich nebenberuflich an die Synthese einer interdisziplinären MINT-Didaktik zu wagen? Da meine eigene Geschichte vielleicht symptomatisch für die Technikferne selbst unter naturwissenschaftlich formal gebildeten Menschen und damit auch für den Zustand der MINT-Bildung in Deutschland sein mag, erlaube ich mir an dieser Stelle ein persönliches Vorwort.

Die erste Begegnung mit dem Akronym „MINT“ hatte ich im Frühjahr des Jahres 2009. Als Geschäftsführer der Ernst Klett Vertriebsgesellschaft suchte ich auf der Bildungsmesse „Didacta“ in Hannover nach Anregungen für neue Geschäftsfelder. Dabei stach mir eine Messehalle ins Auge, die im Gegensatz zu allen anderen Hallen fast vollständig besucherlos war – hier stellten Unternehmen, unternehmensnahe Stiftungen und Verbände ihre Angebote und Dienstleistungen aus. Neugierig geworden, ging ich von Stand zu Stand und fragte das beschäftigungslose Standpersonal, was sich die Aussteller eigentlich vom Besuch einer Bildungsmesse versprächen und warum offenbar kaum Interesse an einem Austausch mit ihnen bestünde. Die Antworten, die ich erhielt, waren an jedem Stand ähnlich: Um dem drohenden Fachkräftemangel „im MINT-Bereich“, also in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik, zu begegnen, müsse das Thema „MINT“ verstärkt in die Schulen getragen werden. Allerdings bestünden dort offensichtlich starke Vorbehalte gegen eine Einmischung der Wirtschaft in die Curricula wie in die Schulpraxis, weshalb der Diskurs leider kaum stattfände.

Die Anregung fiel auf fruchtbaren Boden. Im Jahr 2010 gründete die Stuttgarter Klett Gruppe, Deutschlands größtes Bildungsunternehmen, daraufhin auf mein Betreiben eine neue Firma – die Klett MINT GmbH, deren Geschäftsführer zu sein ich in den nächsten Jahren das Vergnügen haben sollte. Ziel des Unternehmens war und ist, dem in der Wirtschaft wahrgenommenen Fachkräftemangel dadurch zu begegnen, dass aktuelle Inhalte, Methoden und Berufsbilder aus Forschung und Entwicklung betroffener Industrien durch die „Bildungsprofis von Klett“ werbefrei, bildungsplankonform und didaktisch kompetent aufbereitet und den Schulen auf Kosten der Wirtschaft zur Verfügung gestellt werden sollten – ein, wie es mir schien, ebenso ethisch wertvoller Beitrag zu einer verbesserten mathematischen, informatischen, naturwissenschaftlichen und technischen Bildung in Deutschland wie ein attraktives neues Geschäftsfeld für meinen Arbeitgeber, die Klett Gruppe.

Von Mathematik und Naturwissenschaften hatte ich durch meine akademischen Erfahrungen breitgefächerte Kenntnisse: Als Diplom-Biologe war ich Ende der 1980er-Jahre zur Promotion in die Abteilung Biophysik des damaligen Biologischen Institutes der Universität Stuttgart und dort auf das interdisziplinäre Feld der Medizintechnik geraten. Hier erforschten wir zusammen mit Chemikern, Physikerinnen, Medizinerinnen und Ingenieurinnen die Wirkmechanismen der Nierensteinzertrümmerung mittels extrakorporal erzeugter Stoßwellen (Suhr, 1994). So fühlte ich mich also auch inhaltlich fit für „MINT“ – musste mich aber, was das „T“ angeht, in den Folgejahren mehrfach eines Besseren belehren lassen.

Die ersten Berührungspunkte zur Technikdidaktik hatte ich gleich im Gründungsjahr der Klett MINT GmbH anno 2010, als wir begannen, Materialien und Lehrerfortbildungen für einen großen Stuttgarter Automobilhersteller und dessen Bildungsinitiative „Genius“ zu konzipieren und zu erstellen. Verstärkung hatten wir uns dazu in Person von Dr. Stefan Kruse geholt, seinerzeit Akademischer Oberrat und kommissarischer Leiter der Abteilung Technik des Instituts für Bildung, Beruf & Technik der Pädagogischen Hochschule Schwäbisch Gmünd und heute Professor für Technik und Ingenieurspädagogik an der Pädagogischen Hochschule Weingarten. Den mehrperspektivischen Blick, den Stefan Kruse in unsere Entwürfe hineinbrachte, fand ich anfangs sehr befremdlich – war Technik etwa doch mehr, als das bekannte „Engineering Flowchart“ suggerierte, welches ausgehend von den Fragen „Bewegt es sich?“ und „Soll es?“ alle Probleme auf die Lösungen „Gewebeklebeband“ oder „rostlösendes Schmiermittelspray“ reduzierte?

Im Jahr 2015 erschien in der Zeitschrift „tu – Technik im Unterricht“ ein Beitrag des Technikdidaktik-Granden Prof. Burkhard Sachs – der immerhin auf 50 Jahre Technikdidaktik zurückblicken kann (Sachs, 2021a) – mit dem Titel „Technische Bildung in der Naturwissenschaftsfalle!?“ (Sachs, 2015). Dieser Artikel berührte mich äußerst unangenehm, da er die Klett MINT GmbH als „aus einem gediegenen Schulbuchverlag mutiert“ sah (Sachs, 2015 S. 5) und unter den Verdacht der „Beihilfe zum Kindesmissbrauch“, der „Freiheitsberaubung“ oder doch mindestens einer „Art geistiger Überwältigung“ stellte (Sachs, 2015 S. 6) – bis dahin war ich der festen Überzeugung gewesen, mit der Umlenkung von Industriegeldern in die schulische Bildung ausschließlich Gutes zu tun!

Was mich andererseits an dem Beitrag von Burkhard Sachs faszinierte, war seine Aussage, dass man „in der erziehungswissenschaftlichen und fachdidaktischen Diskussion eine Auseinandersetzung mit dem MINT-Konzept fast vergebens“ suche (Sachs, 2015 S. 5). Nach dem mittlerweile erfolgreichen Aufbau von Klett MINT bekam ich 2015 Lust auf eine neue intellektuelle Herausforderung und beschloss daher, mich nebenberuflich an einem fächerübergreifenden MINT-Konzept zu versuchen. Ein erster Versuch nahm sich der „Frankfurter Evolutionstheorie“ an, welche den Artwandel nicht nur durch Mutation und Selektion getrieben, sondern stets auch unter Berücksichtigung des mechanisch, vornehmlich hydraulisch funktionierenden Körpergefüges von Lebewesen sieht, welches bei jeder Veränderung des Organismus‘ in seiner ganzen Funktionsfähigkeit erhalten werden müsse (Gutmann, 1989). Hier, so schien es mir, ließen sich zunächst einmal Technik und Biologie trefflich zusammenführen.

Meine offensichtlich immer noch abgründige Ahnungslosigkeit wurde peinlich offenbar, als ich diesen Entwurf meinem zukünftigen Doktorvater, Prof. Dr. Lars Windelband, Professur für Technik und ihre Didaktik an der Pädagogischen Hochschule Schwäbisch Gmünd, vorstellte: Mit der Bemerkung, dass Technik nach allgemeinem Verständnis menschliche Bedürfnisse und Probleme einer Lösung zuführe und daher Phänomene der tierischen Evolution, selbst wenn sie mechanisch-hydraulische Aspekte aufwiesen, per Definition keine Technik sein könnten, wischte er meinen Vorschlag vom Tisch. Bis heute bin ich ihm äußerst dankbar, dass er mich anschließend nicht einfach höflich hinauskomplimentierte. Stattdessen ergab sich eine konstruktive Diskussion, in der Lars Windelband das Desiderat skizzierte, einzelne der jeweiligen MINT-Didaktiken auf ihre grundlegenden Konzepte hin zu untersuchen und daraus vielleicht den theoretischen Unterbau einer interdisziplinären MINT-Didaktik zumindest in Teilen aufzeichnen zu können. Immer noch beschämt, aber auch inspiriert von der Aussicht auf unberührtes Neuland, das es mutig zu betreten galt, machte ich mich an die Arbeit...

Sechs Jahre später lege ich nun diese Arbeit zu „Konzepten einer MINT-Didaktik“ vor. Meine Ahnungslosigkeit hat sich inzwischen hoffentlich weitgehend gelegt. Auch wenn ich während mehrerer Präsentationen zum Zwischenstand der Arbeit harsche Kritik einzelner Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker einstecken musste, so glaube ich doch, dass sich der zunächst unbedarfte, von Zwängen der einzelnen Disziplinen und Fakultäten freie Blick auf „MINT“ gelohnt hat. Ich wünsche mir, dass das inzwischen auch Lars Windelband so sehen kann und hoffe, damit einen kleinen Beitrag zur Theorie der Technischen wie der MINT-Bildung leisten zu können. Prof. Dr. Martin Lindner, der „MINT“ an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg aus der Sicht des Biologie- und Geographie-Didaktikers weiterdenkt und sich zur Übernahme des Mithberichts an dieser Arbeit bereit erklärt hat, hatte es da vermutlich leichter mit mir – trotzdem danke ich ihm natürlich nicht weniger herzlich.

Nicht zuletzt ist mir in den vergangenen Jahren immerhin klargeworden, wie unübertrefflich verkürzt das „Engineering Flowchart“ mit Klebeband und Rostlöser den Wesenskern der Technik darstellt – nämlich die Entwicklung hilfreicher Lösungen für menschliche Probleme.

St. Michaelisdonn, Herbst 2021

Dierk Suhr

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Abbildungsverzeichnis	13
Tabellenverzeichnis	17
Abkürzungsverzeichnis	21
Zusammenfassung	23
1 Einleitung	25
1.1 Das „T“ in „MINT“ – unterrepräsentiert.....	28
1.1.1 Kaum Technikinhalte in deutschen Curricula	29
1.1.2 Hingegen: Bedeutung der Technik als „Ur-Humanum“	31
1.2 Das „N“ in „MINT“ – wenig Interesse	32
1.3 Das „I“ in „MINT“ – aktuell diskutiert	36
1.4 Das „M“ in „MINT“ – wo verorten?.....	37
2 Forschungsfragen	39
3 Forschungsstand	41
3.1 Fächerübergreifender Unterricht und Fächerverbünde	41
3.2 MINT – Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik	44
3.3 STEM – Science, Technology, Engineering, Mathematics.....	47
4 Forschungsmethodisches Vorgehen	49
4.1 Analyisierte Quellen.....	49
4.1.1 Lehr- und -Arbeitsbücher der Fachdidaktiken	49
4.1.2 Bildungsstandards der Fachdidaktiken	52
4.1.3 Überblick der analysierten Quellen.....	54
4.2 Qualitative Inhaltsanalyse	56
4.2.1 Grounded Theory	57
4.2.2 Deduktive Extraktion der Items	58
4.2.3 Kategoriensystem.....	59
4.2.4 Induktive Konzeptzuordnung.....	60
4.2.5 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	61
4.2.6 Interrating und Intersubjektivität.....	63
5 Ergebnisse	65
5.1 Deduktive Extraktion der Items	65
5.2 Kategoriensystem.....	66
5.3 Induktive Konzeptzuordnung.....	68
5.3.1 Rangfolge und Häufigkeit der 100 häufigsten Konzepte aller Fachdidaktiken.....	69
5.3.2 Rangfolge und Häufigkeit der 50 häufigsten Konzepte der Mathematikdidaktik	72

5.3.3	Rangfolge und Häufigkeit der 50 häufigsten Konzepte der Informatikdidaktik	74
5.3.4	Rangfolge und Häufigkeit der 50 häufigsten Konzepte der Biologiedidaktik.....	76
5.3.5	Rangfolge und Häufigkeit der 50 häufigsten Konzepte der Chemiedidaktik.....	78
5.3.6	Rangfolge und Häufigkeit der 50 häufigsten Konzepte der Physikdidaktik.....	80
5.3.7	Rangfolge und Häufigkeit der 50 häufigsten Konzepte der Geographiedidaktik.....	82
5.3.8	Rangfolge und Häufigkeit der 50 häufigsten Konzepte der Technikdidaktik	84
5.4	Interrating und Intersubjektivität.....	86
5.5	Analyse der häufigsten Konzepte.....	88
5.5.1	Normierung der Konzepthäufigkeit	88
5.5.2	Konzept „Aufgabenbeispiele“.....	91
5.5.3	Konzept „Arbeitsweisen“.....	92
5.5.4	Konzepte „Kompetenzorientierung“, „Bildungsstandards“, „Kompetenzbereiche“ und „Anforderungsbereiche“	93
5.5.5	Konzept „Medien“ und „Digitale Medienkonzepte“	97
5.5.6	„Fachwissenschaftliche Konzepte“	100
5.5.7	Konzept „Mehrperspektivität“	101
5.5.8	Konzept „Lehr-Lern-Theorien“	102
5.5.9	Konzept „Unterrichtsverfahren“	103
5.5.10	Konzepte „Experimentieren“ und „Technisches Experiment“	106
5.5.11	Konzept „Pädagogische Psychologie“	108
5.5.12	Konzept „Inhaltsauswahl“	109
5.5.13	„Bildungstheoretische Konzepte“	110
5.5.14	Konzept „Lebensweltorientierung“	111
5.5.15	Konzept „Schülervorstellungen“.....	112
5.5.16	Konzept „Lehrkräfteprofessionalisierung“	116
5.5.17	Konzepte „Unterrichtsformen“ und „Sozialformen“	117
5.5.18	„Kognitions- und entwicklungspsychologische Konzepte“	119
5.5.19	Konzept „Schülerorientierung“.....	120
5.5.20	Konzept „Fachgeschichte“	121
5.5.21	Konzept „Nature of Science“	122
5.5.22	Konzept „Bildungsbeitrag des Faches“	126
5.5.23	Konzept „Soziologische Perspektive“	127
5.5.24	Konzept „Lernorte“.....	128
5.5.25	Konzept „Problemorientierung“.....	131
5.5.26	Konzept „Motivation und Interesse“.....	132
5.5.27	„Basiskonzepte“	136
5.5.28	Konzept „Projektorientierter Unterricht“	143
5.5.29	„Fächerübergreifende Konzepte“	144
5.5.30	Konzept „Historische Perspektive“	147

5.5.31	Konzept „Erkenntnisgewinnung“	148
5.5.32	Konzept „Differenzierung“	149
5.5.33	Konzept „Handlungsorientierung“	150
5.5.34	Konzept „Problemlösekompetenz“	151
5.5.35	„Technisch orientierte Konzepte“	152
5.5.36	Konzept „sprachsensibler Fachunterricht“	153
6	Diskussion	155
6.1	MINT: Fächerübergreifend, inter- oder transdisziplinär?	155
6.2	MINT, Motivation und Interesse	160
6.2.1	Theorien von Motivation und Interesse	164
6.2.2	Entwicklungsaufgaben im Jugendalter	164
6.2.3	Entwicklungsaufgaben im Bildungsgang	165
6.2.4	Identitätskongruente Nutzung des schulischen Angebots	167
6.2.5	Interesse im Bildungsgang durch Imagewechsel zur Welttretung?... ..	168
6.3	MINT und Geographie	169
6.3.1	Geographie als „Brücke“ zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaften	169
6.3.2	Interdisziplinarität – Markenzeichen der Geographie	170
6.4	Das T in MINT – warum „echte“ Technikbildung integraler Bestandteil jeder MINT-Konzeption sein muss	171
6.4.1	Zur „Natur der Technik“	171
6.4.2	Die wissenschaftstheoretische Perspektive	174
6.4.3	Die anthropologische Perspektive	175
6.4.4	Die techniksoziologische Perspektive	177
6.4.5	Die bildungstheoretische Perspektive	177
6.4.6	Die schultheoretische Perspektive	178
6.5	Konzepte einer MINT-Didaktik	179
6.5.1	Bildungsverständnis der Fachdidaktiken und Bildungsbeitrag des Faches	179
6.5.2	Bildungsstandards für die untersuchten Unterrichtsfächer	182
6.5.3	Kompetenzorientierung der Fachdidaktiken	186
6.5.4	MINT-Konzept I: Mehrperspektivität	198
6.5.5	Gemeinsame „Basiskonzepte“ der Fachdidaktiken	213
6.5.6	MINT-Konzept II: „Basiskonzepte“	222
6.5.7	MINT-Konzept III: „Arbeitsweisen“	226
6.5.8	MINT-Konzept IV: „Problemorientierung“/ „Problemlösekompetenz“	239
6.5.9	MINT-Konzept V: „TBNE“ – Technische Bildung für nachhaltige Entwicklung	248
6.5.10	MINT-Konzeptfragmente	253
6.5.11	Konzepte einer „Allgemeinen Fachdidaktik“ der GFD	262

6.6	Internationale „MINT“-Konzepte im Vergleich	275
6.6.1	STEM – „Science, Technology, Engineering, Mathematics“	275
6.6.2	STS – „Science, Technology, Society“	276
6.6.3	STSE – „Science, Technology, Society, Environment“	279
7	Praxischeck: „MINT-Konzepte“ und realisierte MINT-Entwürfe.....	281
7.1	Unterrichtseinheit „Reaktionstest“	282
7.2	Unterrichtseinheit „Wind-Wasser-Pumpe“	283
7.3	Unterrichtsprojekt „Raumluftreiniger“	284
7.4	Ergebnis „Praxischeck“	285
8	Grenzen und Schwächen der Arbeit.....	287
9	Fazit und Ausblick	289
	Literaturliste.....	291
	Danksagung	309

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4-1:	Induktive Konzeptzuweisung	61
Abbildung 4-2:	WENN-ODER-Abfrage zur Analyse der zugeordneten Konzepte	61
Abbildung 4-3:	PivotTable-Analyse	62
Abbildung 4-4:	Darstellung der tabellarischen Häufigkeiten als Säulendiagramme	62
Abbildung 4-5:	Überprüfung der Intersubjektivität der Item-Extraktion	64
Abbildung 4-6:	Überprüfung der Intersubjektivität der induktiven Konzeptzuweisung	64
Abbildung 5-1:	Häufigkeitsverteilung extrahierter „konzepthaltiger“ Items aus den untersuchten Quellen und Fachdidaktiken	66
Abbildung 5-2:	Häufigkeitsverteilung der insgesamt 23.880 induktiv zugeordneten Konzepte auf die einzelnen Fachdidaktiken	68
Abbildung 5-3:	Absolute Häufigkeit des Konzepts „Aufgabenbeispiele“ in den untersuchten Fachdidaktiken	90
Abbildung 5-4:	Relative Häufigkeit des Konzepts „Aufgabenbeispiele“ in den untersuchten Fachdidaktiken	90
Abbildung 5-5:	Häufigkeit des Konzeptes „Aufgabenbeispiele“ in den untersuchten Fachdidaktiken	91
Abbildung 5-6:	Häufigkeit des Konzeptes „Arbeitsweisen“ in den untersuchten Fachdidaktiken	92
Abbildung 5-7:	Häufigkeit des Konzeptes „Kompetenzorientierung“ in den untersuchten Fachdidaktiken	93
Abbildung 5-8:	Häufigkeit des Konzeptes „Bildungsstandards“ in den untersuchten Fachdidaktiken	94
Abbildung 5-9:	Häufigkeit des Konzeptes „Kompetenzbereiche“ in den untersuchten Fachdidaktiken	95
Abbildung 5-10:	Häufigkeit d. Konzeptes „Anforderungsbereiche“ in d. untersuchten Fachdidaktiken	96
Abbildung 5-11:	Häufigkeit des Konzeptes „Medien“ in den untersuchten Fachdidaktiken	97
Abbildung 5-12:	Häufigkeit „Digitaler Medienkonzepte“ in den untersuchten Fachdidaktiken	98
Abbildung 5-13:	Vergleich der Häufigkeiten der Konzepte „Medien“ und „Digitale Medienkonzepte“ in den untersuchten Fachdidaktiken	99
Abbildung 5-14:	Häufigkeit „fachwissenschaftlicher Konzepte“ in den untersuchten Fachdidaktiken	100
Abbildung 5-15:	Häufigkeit des Konzeptes „Mehrperspektivität“ in den untersuchten Fachdidaktiken	101
Abbildung 5-16:	Häufigkeit des Konzeptes „Lehr-Lern-Theorien“ in den untersuchten Fachdidaktiken	102
Abbildung 5-17:	Häufigkeit d. Konzeptes „Unterrichtsverfahren“ in den untersuchten Fachdidaktiken	103
Abbildung 5-18:	Häufigkeit des Konzeptes „Experimentieren“ in den untersuchten Fachdidaktiken	106
Abbildung 5-19:	Häufigkeit des Konzeptes „Technisches Experiment“ in den untersuchten Fachdidaktiken	107
Abbildung 5-20:	Häufigkeit des Konzeptes „Pädagogische Psychologie“ in den untersuchten Fachdidaktiken	108
Abbildung 5-21:	Häufigkeit des Konzeptes „Inhaltsauswahl“ in den untersuchten Fachdidaktiken	109
Abbildung 5-22:	Häufigkeit „bildungstheoretischer Konzepte“ in den untersuchten Fachdidaktiken	110

Abbildung 5-23:	Häufigkeit des Konzepts „Lebensweltorientierung“ in den untersuchten Fachdidaktiken	111
Abbildung 5-24:	Häufigkeit des Konzepts „Schülervorstellungen“ in den untersuchten Fachdidaktiken	112
Abbildung 5-25:	Häufigkeit des Konzepts „Didaktische Rekonstruktion“ in den untersuchten Fachdidaktiken	113
Abbildung 5-26:	Häufigkeit des Konzepts „Conceptual Change“ in den untersuchten Fachdidaktiken	114
Abbildung 5-27:	Häufigkeit „konstruktivistischer Konzepte“ in den untersuchten Fachdidaktiken	115
Abbildung 5-28:	Häufigkeit des Konzepts „Lehrkräfteprofessionalisierung“ in den untersuchten Fachdidaktiken	116
Abbildung 5-29:	Häufigkeit des Konzepts „Unterrichtsformen“ in den untersuchten Fachdidaktiken	117
Abbildung 5-30:	Häufigkeit des Konzepts „Sozialformen“ in den untersuchten Fachdidaktiken	118
Abbildung 5-31:	Häufigkeit „kognitions- und entwicklungspsychologischer Konzepte“ in den untersuchten Fachdidaktiken	119
Abbildung 5-32:	Häufigkeit des Konzepts „Schülerorientierung“ in den untersuchten Fachdidaktiken	120
Abbildung 5-33:	Häufigkeit des Konzepts „Fachgeschichte“ in den untersuchten Fachdidaktiken	121
Abbildung 5-34:	Häufigkeit des Konzepts „Nature of Science“ in den untersuchten Fachdidaktiken	122
Abbildung 5-35:	Häufigkeit des Konzepts „Natur der Technik“ in den untersuchten Fachdidaktiken	123
Abbildung 5-36:	Häufigkeit d. Konzepts „Technikphilosophie“ in den untersuchten Fachdidaktiken	124
Abbildung 5-37:	Häufigkeit des Konzepts „Natur der Mathematik“ in den untersuchten Fachdidaktiken	125
Abbildung 5-38:	Häufigkeit des Konzepts „Bildungsbeitrag des Faches“ in den untersuchten Fachdidaktiken	126
Abbildung 5-39:	Häufigkeit des Konzepts „Soziologische Perspektive“ in den untersuchten Fachdidaktiken	127
Abbildung 5-40:	Häufigkeit des Konzepts „Lernorte“ in allen untersuchten Fachdidaktiken	128
Abbildung 5-41:	Häufigkeit des Konzepts „Außerschulische Lernorte“ in den untersuchten Fachdidaktiken	129
Abbildung 5-42:	Häufigkeit von „Fachraum-Konzepten“ in den untersuchten Fachdidaktiken	130
Abbildung 5-43:	Häufigkeit des Konzepts „Problemorientierung“ in den untersuchten Fachdidaktiken	131
Abbildung 5-44:	Häufigkeit des Konzepts „Motivation und Interesse“ in den untersuchten Fachdidaktiken	132
Abbildung 5-45:	Häufigkeit des Konzepts „Interesse“ in den untersuchten Fachdidaktiken	133
Abbildung 5-46:	Häufigkeit des Konzepts „Motivation“ in den untersuchten Fachdidaktiken	134
Abbildung 5-47:	Häufigkeit des Konzepts „Genderorientierung“ in den untersuchten Fachdidaktiken	135
Abbildung 5-48:	Häufigkeit von „Basiskonzepten“ (inklusive „Leitideen“, „Inhaltsbereichen“ und „Ordnungskriterien“) in den untersuchten Fachdidaktiken	137
Abbildung 5-49:	Häufigkeit des Konzepts „Leitideen“ in den untersuchten Fachdidaktiken	138

Abbildung 5-50:	Häufigkeit des Konzepts „Inhaltsbereiche“ in den untersuchten Fachdidaktiken	139
Abbildung 5-51:	Häufigkeit des Konzepts „Ordnungskriterien“ in den untersuchten Fachdidaktiken	140
Abbildung 5-52:	Häufigkeit des Konzepts „Handlungsfelder“ in den untersuchten Fachdidaktiken	141
Abbildung 5-53:	Häufigkeit d. Konzepts „Fundamentale Ideen“ in den untersuchten Fachdidaktiken	142
Abbildung 5-54:	Häufigkeit des Konzepts „Projektorientierter Unterricht“ in den untersuchten Fachdidaktiken	143
Abbildung 5-55:	Häufigkeit „fächerübergreifender Konzepte“ in den untersuchten Fachdidaktiken	144
Abbildung 5-56:	Häufigkeit des Konzepts „Interdisziplinarität“ in den untersuchten Fachdidaktiken	145
Abbildung 5-57:	Häufigkeit „transdisziplinärer Konzepte“ in den untersuchten Fachdidaktiken	146
Abbildung 5-58:	Häufigkeit des Konzepts „Historische Perspektive“ in den untersuchten Fachdidaktiken	147
Abbildung 5-59:	Häufigkeit des Konzepts „Erkenntnisgewinnung“ in den untersuchten Fachdidaktiken	148
Abbildung 5-60:	Häufigkeit des Konzepts „Differenzierung“ in den untersuchten Fachdidaktiken	149
Abbildung 5-61:	Häufigkeit des Konzepts „Handlungsorientierung“ in den untersuchten Fachdidaktiken	150
Abbildung 5-62:	Häufigkeit des Konzepts „Problemlösekompetenz“ in den untersuchten Fachdidaktiken	151
Abbildung 5-63:	Häufigkeit „technisch orientierter Konzepte“ in den untersuchten Fachdidaktiken außerhalb der Technikdidaktik	152
Abbildung 5-64:	Häufigkeit des Konzepts „sprachsensibler Fachunterricht“ in den untersuchten Fachdidaktiken	153
Abbildung 6-1:	Dimensionen und Erkenntnisperspektiven der Technik (nach Ropohl, 2009; S. 32; verändert)	199
Abbildung 6-2:	Konzept „Mehrperspektivität“ – „Perspektiven“ der Mathematikdidaktik	201
Abbildung 6-3:	Konzept „Mehrperspektivität“ – „Perspektiven“ der Informatikdidaktik	202
Abbildung 6-4:	Konzept „Mehrperspektivität“ – „Perspektiven“ der Biologiedidaktik	203
Abbildung 6-5:	Konzept „Mehrperspektivität“ – „Perspektiven“ der Chemiedidaktik	204
Abbildung 6-6:	Konzept „Mehrperspektivität“ – „Perspektiven“ der Physikdidaktik	204
Abbildung 6-7:	Konzept „Mehrperspektivität“ – „Perspektiven“ der Geographiedidaktik	205
Abbildung 6-8:	Konzept „Mehrperspektivität“ – „Perspektiven“ der Technikdidaktik	206
Abbildung 6-9:	Häufigkeit der „soziologischen Perspektive“ innerhalb des Konzepts „Mehrperspektivität“ in den untersuchten Fachdidaktiken	207
Abbildung 6-10:	Häufigkeit der „ökonomischen Perspektive“ innerhalb des Konzepts „Mehrperspektivität“ in den untersuchten Fachdidaktiken	207
Abbildung 6-11:	Häufigkeit der „historischen Perspektive“ innerhalb des Konzepts „Mehrperspektivität“ in den untersuchten Fachdidaktiken	208
Abbildung 6-12:	Häufigkeit der „juridischen Perspektive“ innerhalb des Konzepts „Mehrperspektivität“ in den untersuchten Fachdidaktiken	209
Abbildung 6-13:	Häufigkeit der „ethischen Perspektive“ innerhalb des Konzepts „Mehrperspektivität“ in den untersuchten Fachdidaktiken	209

Abbildung 6-14:	Häufigkeit der „anthropologischen Perspektive“ innerhalb des Konzepts „Mehrperspektivität“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	210
Abbildung 6-15:	Häufigkeit der „ökologischen Perspektive“ innerhalb des Konzepts „Mehrperspektivität“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	210
Abbildung 6-16:	Mathematische, informationstechnische, geosystemische und technische Perspektiven innerhalb der untersuchten Fachdidaktiken.....	211
Abbildung 6-17:	Häufigkeit der „pädagogischen Perspektive“ innerhalb der untersuchten Fachdidaktiken.....	212
Abbildung 6-18:	Gemeinsame MINT-Konzept-Cluster und fachspezifische „Basiskonzepte“ der untersuchten Fachdidaktiken.....	224
Abbildung 6-19:	Häufigkeit untersuchter „Arbeitsweisen“ in der Mathematik bzw. ihrer Didaktik.....	229
Abbildung 6-20:	Häufigkeit untersuchter „Arbeitsweisen“ in der Informatik bzw. ihrer Didaktik.....	229
Abbildung 6-21:	Häufigkeit untersuchter „Arbeitsweisen“ in der Biologie bzw. ihrer Didaktik.....	230
Abbildung 6-22:	Häufigkeit untersuchter „Arbeitsweisen“ in der Chemie bzw. ihrer Didaktik.....	230
Abbildung 6-23:	Häufigkeit untersuchter „Arbeitsweisen“ in der Physik bzw. ihrer Didaktik.....	231
Abbildung 6-24:	Häufigkeit untersuchter „Arbeitsweisen“ in der Geographie bzw. ihrer Didaktik.....	231
Abbildung 6-25:	Häufigkeit untersuchter „Arbeitsweisen“ in der Technik bzw. ihrer Didaktik.....	232
Abbildung 6-26:	„Experimentieren“ als häufige Arbeitsweise der Biologie-, Chemie-, Physik-, Geographie- und Technikdidaktik.....	234
Abbildung 6-27:	„Modellieren“ als häufige Arbeitsweise der Mathematik-, Informatik-, Chemie- und Physikdidaktik.....	234
Abbildung 6-28:	„Problemlösen“ als häufige Arbeitsweise der Mathematik-, Informatik-, Biologie-, Chemie- und Technikdidaktik.....	235
Abbildung 6-29:	„Bewerten“ als häufige Arbeitsweise der Biologie-, Chemie- und Physikdidaktik.....	235
Abbildung 6-30:	„Begründen/Bewerten“ als häufige Arbeitsweise der Informatikdidaktik.....	236
Abbildung 6-31:	„Beurteilen/Bewerten“ als häufige Arbeitsweise der Geographiedidaktik.....	236
Abbildung 6-32:	Häufigkeit der Konzepte „Problemorientierung“ und „Problemlösekompetenz“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	239
Abbildung 6-33:	Lösung globaler Schlüsselprobleme in Geographie, Technik und MINT.....	243
Abbildung 6-34:	Häufigkeit der Konzepte „Motivation“, „Interesse“, „Motivation und Interesse“ und „Lebensweltorientierung“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	244
Abbildung 6-35:	Häufigkeit „technisch orientierter Konzepte“ außerhalb der Technikdidaktik und dem Konzept „Lebensweltorientierung“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	245
Abbildung 6-36:	Häufigkeit „technisch orientierter Konzepte“ außerhalb der Technikdidaktik und der Konzepte „Lebensweltorientierung“, „Motivation“ und „Interesse“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	245
Abbildung 6-37:	Häufigkeit der verknüpften Konzepte „Motivation“, „Interesse“ oder „Motivation und Interesse“ UND dem Konzept „Lebensweltorientierung“.....	246
Abbildung 6-38:	Häufigkeit der verknüpften „technisch orientierten Konzepte“ UND dem Konzept „Lebensweltorientierung“.....	247
Abbildung 6-39:	Häufigkeit der Konzepte „Nachhaltigkeitserziehung“ und „BNE“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	251

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Technisches und naturwissenschaftliches Interesse von Schülerinnen und Schülern.....	47
Tabelle 4-1:	Übersicht der für die vorliegende qualitative Inhaltsanalyse verwendeten Quellen....	54
Tabelle 4-2:	Vorlage zur Extraktion der zu untersuchenden „Items“ (= Texte der Überschriften) aus den verwendeten Quellen	59
Tabelle 5-1:	Anzahl der extrahierten Items pro Fachdidaktik	65
Tabelle 5-2:	„Strukturmomente des Unterrichts“ (nach Aschersleben 1983, S. 93; verändert).....	67
Tabelle 5-3:	Auflistung der 100 häufigsten Konzepte mit Rang und Häufigkeit	69
Tabelle 5-4:	Auflistung der 50 häufigsten Konzepte der Mathematikdidaktik.....	72
Tabelle 5-5:	Auflistung der 50 häufigsten Konzepte der Informatikdidaktik.....	74
Tabelle 5-6:	Auflistung der 50 häufigsten Konzepte der Biologiedidaktik	76
Tabelle 5-7:	Auflistung der 50 häufigsten Konzepte der Chemiedidaktik	78
Tabelle 5-8:	Auflistung der 50 häufigsten Konzepte der Physikdidaktik.....	80
Tabelle 5-9:	Auflistung der 50 häufigsten Konzepte der Geographiedidaktik	82
Tabelle 5-10:	Auflistung der 50 häufigsten Konzepte der Technikdidaktik.....	84
Tabelle 5-11:	Ergebnisse des Interratings – Intersubjektivität der Extraktion der Items	87
Tabelle 5-12:	Ergebnisse des Interratings – Intersubjektivität der induktiven Konzeptzuweisung ...	89
Tabelle 5-13:	Gesamtzahl der in dieser Qualitativen Inhaltsanalyse extrahierten „konzepthaltigen“ Items pro Fach(-didaktik).....	89
Tabelle 5-14:	Normierte „relative Häufigkeit“ des Konzeptes „Aufgabenbeispiele“ in den untersuchten Fachdidaktiken	89
Tabelle 5-15:	Rang des Konzeptes „Aufgabenbeispiele“ in den untersuchten Fachdidaktiken	91
Tabelle 5-16:	Rang des Konzeptes „Arbeitsweisen“ in den untersuchten Fachdidaktiken	92
Tabelle 5-17:	Rang des Konzeptes „Kompetenzorientierung“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	93
Tabelle 5-18:	Rang des Konzeptes „Bildungsstandards“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	94
Tabelle 5-19:	Rang des Konzeptes „Kompetenzbereiche“ in den untersuchten Fachdidaktiken	95
Tabelle 5-20:	Rang des Konzeptes „Anforderungsbereiche“ in den untersuchten Fachdidaktiken ...	96
Tabelle 5-21:	Rang des Konzeptes „Medien“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	97
Tabelle 5-22:	Rang der „Digitalen Medienkonzepte“ in den untersuchten Fachdidaktiken	98
Tabelle 5-23:	Relation zwischen der Häufigkeit von „Digitalen Medienkonzepten“ und der Häufigkeit des Konzeptes „Medien“	99
Tabelle 5-24:	Rang „fachwissenschaftlicher Konzepte“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	100
Tabelle 5-25:	Rang des Konzeptes „Mehrperspektivität“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	101
Tabelle 5-26:	Rang des Konzeptes „Lehr-Lern-Theorien“ in den untersuchten Fachdidaktiken	102
Tabelle 5-27:	Rang des Konzeptes „Unterrichtsverfahren“ in den untersuchten Fachdidaktiken	103
Tabelle 5-28:	Unterscheidbare Unterrichtsverfahren, die unter dem Konzept „Unterrichtsverfahren“ identifiziert wurden	104
Tabelle 5-29:	Rang des Konzeptes „Experimentieren“ in den untersuchten Fachdidaktiken	106
Tabelle 5-30:	Rang des Konzeptes „Pädagogische Psychologie“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	108
Tabelle 5-31:	Rang des Konzeptes „Inhaltsauswahl“ in den untersuchten Fachdidaktiken	109
Tabelle 5-32:	Rang „bildungstheoretischer Konzepte“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	110
Tabelle 5-33:	Rang des Konzeptes „Lebensweltorientierung“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	111
Tabelle 5-34:	Rang des Konzeptes „Schülervorstellungen“ in den untersuchten Fachdidaktiken	112
Tabelle 5-35:	Rang des Konzeptes „Didaktische Rekonstruktion“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	113

Tabelle 5-36:	Rang des Konzepts „Conceptual Change“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	114
Tabelle 5-37:	Rang „konstruktivistischer Konzepte“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	115
Tabelle 5-38:	Rang des Konzepts „Lehrkräfteprofessionalisierung“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	116
Tabelle 5-39:	Rang des Konzepts „Unterrichtsformen“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	117
Tabelle 5-40:	Rang des Konzepts „Sozialformen“ in den untersuchten Fachdidaktiken	118
Tabelle 5-41:	Rang „kognitions- und entwicklungspsychologischer Konzepte“ in den untersuchten Fachdidaktiken	119
Tabelle 5-42:	Rang des Konzepts „Schülerorientierung“ in den untersuchten Fachdidaktiken	120
Tabelle 5-43:	Rang des Konzepts „Fachgeschichte“ in den untersuchten Fachdidaktiken	121
Tabelle 5-44:	Rang des Konzepts „Nature of Science“ in den untersuchten Fachdidaktiken	122
Tabelle 5-45:	Rang des Konzepts „Natur der Technik“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	123
Tabelle 5-46:	Rang des Konzepts „Technikphilosophie“ in den untersuchten Fachdidaktiken	124
Tabelle 5-47:	Rang des Konzepts „Natur der Mathematik“	125
Tabelle 5-48:	Rang des Konzepts „Bildungsbeitrag des Faches“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	126
Tabelle 5-49:	Rang des Konzepts „Soziologische Perspektive“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	127
Tabelle 5-50:	Rang des Konzepts „Lernorte“ in den untersuchten Fachdidaktiken	128
Tabelle 5-51:	Rang des Konzepts „Außerschulische Lernorte“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	129
Tabelle 5-52:	Rang der „Fachraum-Konzepte“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	130
Tabelle 5-53:	Rang des Konzepts „Problemorientierung“ in den untersuchten Fachdidaktiken	131
Tabelle 5-54:	Rang des Konzepts „Motivation und Interesse“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	132
Tabelle 5-55:	Rang des Konzepts „Interesse“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	133
Tabelle 5-56:	Rang des Konzepts „Motivation“ in den untersuchten Didaktiken	134
Tabelle 5-57:	Rang des Konzepts „Genderorientierung“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	135
Tabelle 5-58:	Konzept „Basiskonzepte“: Übersicht über „Leitideen“, „Inhaltsbereiche“, „Basiskonzepte“ und „Ordnungskriterien“	136
Tabelle 5-59:	Rang der „Basiskonzepte“ und vergleichbarer Konzepte in den untersuchten Fachdidaktiken.....	137
Tabelle 5-60:	Rang des Konzepts „Leitideen“ in den untersuchten Fachdidaktiken	138
Tabelle 5-61:	Rang des Konzepts „Inhaltsbereiche“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	139
Tabelle 5-62:	Rang des Konzepts „Ordnungskriterien“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	140
Tabelle 5-63:	Rang des Konzepts „Handlungsfelder“ in den untersuchten Fachdidaktiken	141
Tabelle 5-64:	Rang des Konzepts „Fundamentale Ideen“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	142
Tabelle 5-65:	Rang des Konzepts „Projektorientierter Unterricht“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	143
Tabelle 5-66:	Rang „fächerübergreifender Konzepte“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	144
Tabelle 5-67:	Rang des Konzepts „Interdisziplinarität“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	145
Tabelle 5-68:	Rang „transdisziplinärer Konzepte“ in den untersuchten Fachdidaktiken	146
Tabelle 5-69:	Rang des Konzepts „Historische Perspektive“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	147
Tabelle 5-70:	Rang des Konzepts „Erkenntnisgewinnung“ in den untersuchten Fachdidaktiken ...	148
Tabelle 5-71:	Rang des Konzepts „Differenzierung“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	149
Tabelle 5-72:	Rang des Konzepts „Handlungsorientierung“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	150
Tabelle 5-73:	Rang des Konzepts „Problemlösekompetenz“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	151

Tabelle 5-74:	Rang „technisch orientierter Konzepte“ in den untersuchten Fachdidaktiken	152
Tabelle 5-75:	Rang des Konzepts „sprachsensibler Fachunterricht“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	153
Tabelle 6-1:	Fächerübergreifende Konzepte I.....	156
Tabelle 6-2:	Fächerübergreifende Konzepte II.....	157
Tabelle 6-3:	Natur, Technik und ihre Wissenschaften (nach Sachs, 2021b, S. 331; verändert)....	173
Tabelle 6-4:	Identifizierte „Kompetenzbereiche“ der untersuchten Fachdidaktiken.....	187
Tabelle 6-5:	Kompetenzbereich „Bewertung“ (oder vergleichbare Formulierungen).....	188
Tabelle 6-6:	Konzept-Cluster naturwissenschaftlicher Basiskonzepte in schleswig- holsteinischen „Fachanforderungen“	216
Tabelle 6-7:	Konzept-Cluster von „Basiskonzepten“ und verwandten Konzepten	223
Tabelle 6-8:	Übersicht identifizierter „Konzept-Cluster“ in den untersuchten Fachdidaktiken	224
Tabelle 6-9:	Wissenschaftsübergreifende Grundfertigkeiten (nach Schaefer, 2007, S. 141; verändert).....	227
Tabelle 6-10:	Häufigkeit der verschiedenen „Arbeitsweisen“ in den untersuchten Fachdidaktiken.....	228
Tabelle 6-11:	Häufige und weniger häufige Arbeitsweisen in den untersuchten Fachdidaktiken ...	232
Tabelle 6-12:	Häufige Arbeitsweisen der untersuchten Fachdidaktiken, gruppiert nach fächerübergreifend-gemeinsamen und fachspezifisch-solitären Arbeitsweisen.....	233
Tabelle 6-13:	Übersicht häufig identifizierter, gemeinsamer Arbeitsweisen der untersuchten Fachdidaktiken.....	237
Tabelle 6-14:	Häufigkeit der Konzepte „Nachhaltigkeitserziehung“ und „BNE“ in den untersuchten Fachdidaktiken	251
Tabelle 6-15:	Konkrete Medien, die unter dem allgemeinen Konzept „Medien“ in den untersuchten Fachdidaktiken erfasst wurden	258
Tabelle 7-1:	Identifizierte „MINT-Konzepte“ bzw. deren Elemente in der „UE Reaktionstest“ ..	282
Tabelle 7-2:	Identifizierte „MINT-Konzepte“ bzw. deren Elemente in der „UE Wind-Wasser-Pumpe“	283
Tabelle 7-3:	Identifizierte „MINT-Konzepte“ bzw. deren Elemente im Projekt „Raumlufreiniger“	284

Abkürzungsverzeichnis

Bio	Biologie, Biologiedidaktik
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BNE	Bildung für nachhaltige Entwicklung
Che	Chemie, Chemiedidaktik
DGfG	Deutsche Gesellschaft für Geographie e. V.
DGTB	Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e. V.
Geo	Geographie, Geographiedidaktik
GeRRN	Gemeinsamer europäischer Referenzrahmen für Naturwissenschaften
GeRRI	Gemeinsamer Referenzrahmen Informatik
GeRRT	Gemeinsamer Referenzrahmen Technik
GFD	Gesellschaft für Fachdidaktik e. V.
GI	Gesellschaft für Informatik e. V.
Inf	Informatik, Informatikdidaktik
KMK	Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland
Mat	Mathematik, Mathematikdidaktik
MINT	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft(en), Technik
o. J.	ohne Jahresangabe
o. O.	ohne Ortsangabe
Phy	Physik, Physikdidaktik
STEM	Science, Technology, Engineering, Mathematics
STS	Science, Technology, Society
STSE	Science, Technology, Society, Environment
TBNE	Technische Bildung für nachhaltige Entwicklung
Tec	Technik, Technikdidaktik
VBIO	Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland e. V.
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e. V.
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V.

Zusammenfassung

„MINT“ ist als griffiges Akronym und bildungspolitisches wie sozioökonomisches Thema seit Jahren in der Diskussion. Eine didaktische oder pädagogische Begründung des „MINT-Konzepts“ ging dieser Diskussion allerdings nie voraus und steht bis heute aus. Die vorliegende Arbeit identifizierte daher zunächst wichtige Konzepte der betreffenden MINT-Fachdidaktiken und prüfte, ob und wie diese Konzepte zu einem kohärenten MINT-Konzept zu integrieren wären. Zuletzt wurde der mögliche pädagogische und didaktische Mehrwert solcher integrierten MINT-Konzepte betrachtet und diskutiert.

Zur Klärung dieser Fragen wurden zunächst mittels Qualitativer Inhaltsanalyse insgesamt 11.855 Items aus Fachdidaktiken und Bildungsstandards der Mathematik, Informatik, Biologie, Chemie, Physik, Geographie und Technik deduktiv extrahiert und diesen Items induktiv 1.704 verschiedene didaktische oder pädagogische Konzepte zugewiesen. Die 50 häufigsten identifizierten Konzepte wurden anschließend näher analysiert und zu verschiedenen „MINT-Konzepten“ gebündelt. Gemeinsamkeiten und Schnittmengen ergaben sich für die untersuchten Fachdidaktiken hinsichtlich Mehrperspektivität, Basiskonzepten, Arbeitsweisen, der Problem- und Lebensweltorientierung und einer „Technischen Bildung für nachhaltige Entwicklung“.

Darüber hinaus wurden mögliche MINT-Konzepte auch auf pädagogisch-didaktische Mehrwerte untersucht. Ein Imagewandel der MINT-Fächer hin zu „Weltrettungsfächern“ könnte Motivation, Interesse und vorberufliche Orientierung junger Menschen positiv beeinflussen. Unverkürzte, mehrperspektivische allgemeine Technikbildung könnte zu diesem Imagewandel die Konzepte des gestaltenden technischen Handelns, das Handeln im Zielkonflikt und die Aushandlung von Werten beisteuern – Konzepte, die wissenschaftstheoretisch nicht Bestandteil der naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken sind. Durch die Einbeziehung des Fachs Geographie und seines Konzepts des „verantwortungsvollen Handelns“ in interdisziplinäre MINT-Konzepte könnten globale Schlüsselprobleme ganzheitlich betrachtet werden und so beispielsweise das Interesse für den Klimaschutz, welches vor allem bei jungen Frauen weit verbreitet ist, in ein MINT-Interesse überführt werden. Deutlich wurde, dass sowohl Technik- wie Geographiedidaktik im Zentrum einer vollständigen MINT-Didaktik stehen sollten und sowohl Geographie- wie unverkürzter Technikunterricht unabdingbare Voraussetzungen gelingenden MINT-Unterrichts sind.

In einem einfach konstruierten Praxischeck erlaubten die vorgeschlagenen MINT-Konzepte erfolgreich die Analyse bestehender Unterrichtsmaterialien auf interessenförderliche MINT-Vollständigkeit. Wie allerdings die Lehrkräfteaus- und -weiterbildung für ein solches mehrperspektivisches MINT-Konzept aussehen müsste, ist dabei ebenso ungeklärt wie die Frage nach den entsprechenden multifunktionalen MINT-Fachräumen und deren notwendiger Ausstattung.

1 Einleitung

„Unser Wohlstand hängt sehr stark von den mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Fächern ab. Um den Klimawandel zu stoppen, brauchen wir sie auch. Die Welt retten Naturwissenschaftler, Techniker und Mathematiker.“ Prof. Dr. Olaf Köller, IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (Spiewak, et al., 2020)

„MINT‘ ist kein Konzept – ‚MINT‘ ist eine Aneinanderreihung von Mangelfächern; eine Auflistung von Fächern mit geringem Schülerinteresse, Lehrkräftemangel und einem entsprechenden Fachkräftemangel in der Industrie.“ Prof. Dr. Peter Kirchner, Abteilung Geographie, Institut für Sozialwissenschaften, Pädagogische Hochschule Ludwigsburg (Kirchner, 2020)

Die „MINT-Fachkräftelücke“, also der Mangel an Fachkräften in den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik, bedroht nach beinahe täglich erscheinenden Meldungen der deutschen Medienlandschaft zunehmend den Forschungs- und Wirtschaftsstandort Deutschland. Das aktuelle „MINT Nachwuchsbarometer 2021“, herausgegeben von acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und der Körber-Stiftung und erhoben vom IPN – Leibniz-Institut der Naturwissenschaften und Mathematik, weist wie in den Jahren zuvor auf diesen Missstand des deutschen Bildungswesens hin (acatech/Körber-Stiftung, 2021), der „MINT-Herbstreport 2021“ des Instituts der Deutschen Wirtschaft warnt nachdrücklich vor dem sich wieder vergrößernden Fachkräftemangel (Anger, et al., 2021).

Die „Förderung der MINT-Fächer“ ist daher seit rund 20 Jahren in aller Munde. Im Jahr 2000 wurde, zunächst auf Initiative der Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände (BDA), der „Verein mathematisch-naturwissenschaftlicher Excellence-Center an Schulen e. V.“, abgekürzt „MINT-EC“, gegründet. Der Verein betreibt laut Satzung die „Förderung der Erziehung, Volks- und Berufsbildung [...] durch die besondere Förderung der mathematisch-naturwissenschaftlichen und technologischen, einschließlich der informationstechnischen, Bildung an Gymnasien und Gesamtschulen“ (MINT-EC, o. J.). Im Jahr 2009 erhielt der Verein mit der Übernahme der Schirmherrschaft durch die „Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland“, kurz „Kultusministerkonferenz“ oder „KMK“, höchste bildungspolitische Anerkennung – die KMK betonte die wichtige Aufgabe, „zusammen mit der Wirtschaft auf die Bedeutung der MINT-Fächer hinzuweisen“ (KMK, 2009a).

Im Jahr 2005 erstellte die KMK eine Aufstellung der „Aktivitäten der Länder zur Weiterentwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ (KMK, 2005d) zur Lösung oder zumindest Linderung des Problems – auch in dieser Aufstellung findet sich zwölfmal der Begriff „MINT“.

Um „vermehrt Fachkräfte mit Qualifikationen in den Fächern Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) zu gewinnen“ (Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände, o. J.), wurde im Jahr 2008 von den Arbeitgeberverbänden BDA und BDI (Bundesverband der Deutschen Industrie) unter der Schirmherrschaft von Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel der Verein „MINT Zukunft e. V.“ ins Leben gerufen. Die Aktivitäten des Vereins, die unter dem Motto „MINT Zukunft schaffen“ gebündelt werden, zielen laut Satzung neben der „Förderung des MINT-Profiles von Schulen“ auf „die Erhöhung der Zahl der Anfänger in MINT-Studiengängen und Ausbildungsberufen“ sowie „die Sicherung und Steigerung der Qualität der Absolventen“ (MINT Zukunft, 2017).

Im Jahr 2009 erließ die KMK eine weitergehende „Empfehlung [...] zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung“ (KMK, 2009b) und stellt unter der Überschrift „Wert der MINT-Bildung für die wirtschaftliche Entwicklung des Landes“ fest: „Eine technologisch leistungsfähige und innovationsstarke Wirtschaft, die auf Dauer international konkurrenzfähig ist, benötigt erstklassig ausgebildete Naturwissenschaftler, Ingenieure, Techniker und Fachkräfte. Diese Basis auch künftig zu sichern erfordert, das Interesse an Naturwissenschaft und Technik frühzeitig zu wecken und kontinuierlich zu fördern“ (KMK, 2009b)

„Mit MINT in die Zukunft!“ überschreibt die Bundesregierung auch ihren aktuellen „MINT-Aktionsplan“ vom Februar 2019 (BMBF, 2019) und konstatiert: „MINT-Bildung ist zentral für die Gesellschaft“ (BMBF, 2019 S. 4). Allerdings gehe „das Interesse an naturwissenschaftlich-technischen Zusammenhängen im Laufe der Kindheit allzu oft verloren, wenn Kinder zu Jugendlichen werden. Die Flamme der Begeisterung erlischt“ (BMBF, 2019 S. 5). Trotz der stark steigenden Nachfrage nach MINT-Fachkräften sinke daher weiterhin das Angebot an verfügbaren MINT-Fachkräften (BMBF, 2019 S. 5).

Dabei ist „MINT“ nach Meinung des Instituts der Deutschen Wirtschaft schließlich nicht nur „Schlüssel für ökonomisches Wohlergehen“ (aktuell besonders augenfällig durch die Anforderungen an die Digitalisierung) „während der Coronakrise“, sondern ebenso für „nachhaltiges Wachstum in der Zukunft“, wie der Untertitel des „MINT-Frühjahrsreport 2020“ unterstreicht (Anger, et al., 2020). Aber auch für die nachhaltige Bewirtschaftung unseres Planeten und damit letztlich für das Überleben der Menschheit ist „MINT“ nötig: 90 Prozent der Institute, deren Forschung einen Schwerpunkt in den Bereichen Nachhaltigkeit, Klima oder Energie hat, sind im MINT-Bereich verankert (Anger, et al., 2020 S. 37); Innovationen im Umwelt- und Klimabereich sind „MINT-Sache“: 83 Prozent der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in deutschen Forschungsabteilungen besitzen eine MINT-Qualifikation (Anger, et al., 2020 S. 38).

Das griffige Akronym „MINT“ wurde allerdings, wie dem bisher Gesagtem zu entnehmen ist, weder aus pädagogischen noch aus didaktischen Antrieben geprägt, ebenso wenig wie die dahinterstehende fächerübergreifende Vereinigung von Mathematik-, Informatik-, Biologie-, Chemie-, Physik- und Technikunterricht in einem gemeinsamen Fächerverbund einen wissenschafts- oder bildungstheoretischen Hintergrund hat. „Die MINT-Idee ist keine pädagogische Idee“, schreibt der Technikdidaktiker Burkhard Sachs (Sachs, 2015 S. 5). „Sie ist nicht die Zusammenfassung eines pädagogischen oder bildungspolitischen Diskussionsprozesses. Daher sucht man in der erziehungswissenschaftlichen und fachdidaktischen Diskussion eine Auseinandersetzung mit dem MINT-Konzept fast vergebens“ (Sachs, 2015 S. 5). „Bisher fehlen noch konkrete Überlegungen, wie eine gemeinsame MINT-Didaktik aussehen könnte“ (Kruse, et al., 2018 S. 82).

Über fächerübergreifende, integrierende Konzepte, die einzelne Segmente des MINT-Konstruktes in unterschiedlicher Zusammensetzung umfassen, wird dagegen bereits seit Längerem nachgedacht und geforscht. Schon Klafki forderte im Jahr 1985 die „Konzentration auf epochaltypische Schlüsselprobleme“ (Klafki, 2007a S. 57) und beispielsweise eine bessere Umweltbildung oder eine kritische informations- und kommunikationstechnische Grundbildung (Klafki, 2007a S. 58 ff.) –

„Solche Probleme [...] machen deutlich, wie unzulänglich, wie folgenblind unser weitgehend noch vorwaltendes Denken, Entscheiden und Handeln in den jeweils begrenzten Perspektiven einzelner Funktionsbereiche [...], einzelner Wissenschaften [...], schulisch gesehen: einzelner Unterrichtsfächer ist“ (Klafki, 2007a S. 64).

Klafki plädierte daher bereits vor fast 40 Jahren für eine Wiederaufnahme der reformpädagogischen Gedanken und eine Neustrukturierung der Curricula zugunsten fächerübergreifender Angebote rund um globale Schlüsselprobleme (Klafki, 2007a S. 64 ff.). Für den Bereich der Naturwissenschaften forderte Karl Frey, damaliger Geschäftsführender Direktor des IPN (welches zu diesem Zeitpunkt noch als Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften firmierte und heute zusätzlich die Mathematik im Titel führt), bereits 1975 die Stärkung des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts (Frey, 1975); Ulrich Kattmann stellte zunächst den Menschen in den Mittelpunkt eines neu zu schaffenden, fächerübergreifenden Biologieunterrichts (Kattmann, 1977), später den ganzen Planeten Erde (Kattmann, 2004). Gerda Freise forderte, den Naturbegriff der Naturwissenschaften grundsätzlich zu überdenken, den „natur“wissenschaftlichen Unterricht neu zu konzipieren (Freise, 1993) und stellte dazu fest: „Die in Lernbereichen zusammengestellten Inhalte dienen der ‚Erhaltung oder Herstellung jener Komplexität, die für eine kritische und zugleich realitätsbezogene Abbildung gesellschaftlichen Lebens in der Schule erforderlich‘“ sei, der „Lernbereich Natur“ dürfe daher „kein Abbild naturwissenschaftlicher Disziplinen oder einer diese zusammenfassenden Gesamtdisziplin ‚Naturwissenschaft‘“ sein, sondern müsse „die realitätsbezogene Abbildung des gesellschaftlichen Lebens, das von Naturwissenschaften, naturwissenschaftlichen Technologien und anderen ‚Mächten‘ (Politik, Wirtschaft, Religion, Ideologien ...) gestaltet, beeinflusst, geprägt wird“, wiedergeben (Freise, 1993 S. 131 f.) – hier klingen bereits deutliche Bezüge zur Integration auch der Technik unter mehrperspektivischer Sicht an. Rehm et al. schließlich trugen „Legitimationen und Fundamente eines integrierten Unterrichtsfachs Science“ zusammen, begründeten dieses bildungs- und wissenschaftstheoretisch und schlugen unterschiedliche curriculare Formen für ein derartiges Schulfach „Science“ vor (Rehm, et al., 2008).

Was also spricht für, was vielleicht auch gegen die Integration beispielsweise der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer? „In einem Integrationsfach Naturwissenschaft erwerben Schülerinnen und Schüler weniger Wissen als in einem gefächerten Unterricht mit Biologie, Chemie und Physik je als Einzelfächern. – Integrationsansätze fördern das vernetzte Denken; damit unterstützen sie Lernprozesse und tragen zu einer umfassenden naturwissenschaftlichen Bildung bei“, beschreibt Peter Labudde die beiden Extreme in der Diskussion um fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht (Labudde, 2014 S. 11). Für fächerübergreifenden Unterricht spreche die Vernetzung der Inhalte und die dadurch erzeugte Unterstützung von Lernprozessen – beispielsweise werde im Sinne konstruktivistischer Lerntheorien das Vorverständnis von Kindern und Jugendlichen, welches gerade nicht in „Fachschemata“ einsortiert ist, durch fächerübergreifende Ansätze besser einbezogen (Labudde, 2014 S. 13) – das „Abholen der Lernenden“ bei ihrem jeweiligen Interessen und ihrem Vorwissen führe „wie von selbst zu interdisziplinärem Unterricht“ (Labudde, 2008 S. 10). Im Sinne einer kompetenzorientierten Wissenschafts- und Berufspädagogik sollte durch fächerübergreifenden Unterricht ein „breites Spektrum von Kompetenzen“ gefördert werden, „welche in Wissenschaft und Beruf unabdingbar sind“ (Labudde, 2014 S. 13), denn dort werden „immer wieder Berufs- und Fachgrenzen überschritten“ (Labudde, 2008 S. 10). Auch überfachliche Kompetenzen wie beispielsweise Umweltkompetenz oder Problemlösefähigkeit sollten im fächerübergreifenden Unterricht besser gefördert werden können, fächerübergreifende Konzepte seien zudem im Allgemeinen interessanter für Schülerinnen und Schüler und könnten daher das mangelnde Interesse an Naturwissenschaften und am naturwissenschaftlichen Unterricht erhöhen. Sogar Hinweise auf eine höhere Geschlechtergerechtigkeit durch fächerübergreifendes Lernen, ver-

glichen mit fachsystematischem Unterricht, sind vorhanden (Labudde, 2014 S. 13 f.). Nicht zuletzt sind die „Schlüsselprobleme der Menschheit“ wie Energieversorgung, Umgang mit Rohstoffen oder Bevölkerungswachstum sowieso nur interdisziplinär zu lösen (Labudde, 2008 S. 10).

Für fächerübergreifenden Unterricht in der Sekundarstufe I gibt es also eine Reihe von Argumenten, die zum Teil auch empirisch abgesichert sind (Höffler, et al., 2014) – für die Kontraargumente gibt es dagegen offenbar keine empirischen Belege (Bennett, et al., 2007), (Labudde, 2014 S. 18). Aber auch die PISA-Studien zeigten bisher keine systematischen Leistungsunterschiede zwischen Staaten, in denen die Fächer Biologie, Chemie und Physik getrennt unterrichtet werden und solchen, in denen ausschließlich integriert unterrichtet wird (Labudde, 2008 S. 11). Die Sekundarstufe II allerdings, deren Bildungsziel „Allgemeinbildung mit bzw. durch Spezialisierung“ sei, „setzt Unterricht in Fächern voraus, und der fächerübergreifende Unterricht kann nur die Funktion einer Ergänzung, Korrektur, Relativierung oder Transzendierung des fachlichen Lernens wahrnehmen“ (Huber, 1994 S. 249).

Es spricht also Manches für ein Konzept des „MINT“-Unterrichts in der Sekundarstufe I. Wie aber könnte ein solches Konzept für gelingende MINT-Bildung aussehen? Welche Konzepte der Einzeldidaktiken, also der Mathematik-, Informatik-, Naturwissenschafts- und Technikdidaktik eignen sich zur Konstruktion einer möglichen MINT-Didaktik? Und gibt es neben dem Fachkräftebedarf der deutschen Wirtschaft auch tatsächlich pädagogische oder didaktische Ansätze für einen Mehrwert eines fächerübergreifenden MINT-Ansatzes? Kann das „T“ in „MINT“ der Aufhänger oder die Klammer sein, um für Relevanz, Motivation und Interesse der Schülerinnen und Schüler zu sorgen? Diese Fragen sollen in der vorliegenden Arbeit untersucht und diskutiert werden. Schauen wir uns dazu die einzelnen Bestandteile des Akronyms im Einzelnen in aller Kürze an.

1.1 Das „T“ in „MINT“ - unterrepräsentiert

„Technik wird hier erstens nur als Erklärung des Akronyms MINT angeführt, um die ‚Buchstabenfolge‘ zu vergegenwärtigen. [...] Zweitens erscheint der Begriff Technik, um den Bedarf an Nachwuchs in Naturwissenschaften und Technik zu betonen. Im gesamten weiteren Text wird der Technik als Element von MINT keine Aufmerksamkeit mehr zuteil.“ (DGTB, 2020 S. 1, in einem kritischen Kommentar zum MINT-Nachwuchsbarometer).

Ein besonderes Augenmerk soll in dieser Arbeit auf dem „T“ in „MINT“ liegen – und das nicht nur, weil diese Arbeit in einer Hochschulabteilung für Technik und deren Didaktik angefertigt wurde. Zur zentralen Rolle der MINT-Bildung jenseits aller Berufsorientierung „in der modernen, digital geprägten Welt“ schreibt das BMBF: „Denn Technik und Informatik, digitale Anwendungen und Dienstleistungen prägen Alltag und Beruf auch derjenigen, die nicht in einem MINT-Beruf arbeiten“ (BMBF, 2019 S. 4). Nun sind es aber gerade Technik und Informatik, die im bisherigen Kanon der Unterrichtsfächer wenig oder gar nicht vertreten sind. (VDMA, 2019) (Schwarz, et al., 2020). Ausgerechnet diese beiden Fächer sind es aber auch, die in der MINT-Diskussion oft übersehen werden. Die Aussage des „MINT-Nachwuchsbarometers“, „dass sich die MINT-Nachwuchssituation in Deutschland in den vergangenen Jahren nicht zum Positiven verändert hat: Schülerinnen und Schü-

ler sind immer weniger interessiert an mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern und auch die Leistungen der 15-Jährigen sinken“ (acatech/Körber-Stiftung, 2020 S. 1), zeige bedauerlicherweise, „dass man Aussagen zum MINT-Bereich trifft“, obwohl „zwei Domänen [nämlich Informatik und Technik; d. Verf.] ausgeblendet bleiben, bei denen es sich ebenfalls um Bereiche eigenständiger Theorie und Praxis handelt“ (DGTB, 2020 S. 2).

Da Jugendliche kaum mit allgemeiner Technikbildung in Berührung kommen, ist eine entsprechende Technikferne nicht verwunderlich. Eine Studie zu den Vorstellungen Jugendlicher von einer „Welt in 20 Jahren“ kam zu dem Ergebnis, dass die Hälfte der Jugendlichen Technik nur in einem negativen Kontext sieht, „Wünsche nach einer beruflichen Karriere als TechnikerIn bzw. WissenschaftlerIn kommen praktisch nicht vor (Unterbruner, 2010 S. 113). „Es ist zu vermuten, dass es dem naturwissenschaftlichen Unterricht nicht gelingt, hier spannende zukünftige Berufsfelder aufzuzeigen“ (Unterbruner, 2010 S. 113 f.) – wie sollten im naturwissenschaftlichen Unterricht denn auch technische Berufsbilder kompetent vermittelt werden?

1.1.1 Kaum Technikinhalte in deutschen Curricula

Die oben beschriebene Vernachlässigung der Technik ist allerdings nicht auf MINT-Konzepte beschränkt. Auch ein allgemeinbildender Technikunterricht konnte sich bisher nicht als verpflichtendes Schulfach durchsetzen. Die Meinung des Technikverbandes VDMA hierzu ist ganz klar: „Der Anspruch der deutschen Bildungspolitik sollte lauten, allen Schülerinnen und Schülern eine angemessene Technikbildung zu ermöglichen. Der Schlüssel dazu ist ein eigenständiges ‚Fach Technik‘“ (VDMA, 2019 S. 11). Erschwert wird eine gelingende Technische Bildung nämlich auch durch die Integration der Technik in Fächerverbünde: Schülerinnen und Schülern fehlen durch die geringe Behandlungstiefe häufig technische Basiskompetenzen, etwa in der Bearbeitung von Werkstoffen, was zu Frustration auf Seiten der Schülerinnen und Schüler und daraus resultierend zu einer generellen Skepsis gegenüber Technik führen kann (Kruse, et al., 2018 S. 78).

In der deutschen Bildungsrealität ist ein verpflichtendes „Fach Technik“ allerdings nur in einem einzigen Bundesland, nämlich in Sachsen-Anhalt, in allen Schulformen vorgesehen; in Baden-Württemberg und Thüringen sind zumindest Fächerkombinationen mit einem Technikanteil („Biologie, Naturphänomene und Technik“ bzw. „Mensch-Natur-Technik“) in allen Schularten im Pflichtbereich vorgesehen (VDMA, 2019 S. 19). Zehn Bundesländer bieten ein eigenes „Fach Technik“ dagegen nur in einzelnen Schulformen an, drei Bundesländer weder ein eigenes „Fach Technik“ noch ein technikorientiertes Pflichtfach (VDMA, 2019 S. 20 f.).

Wie aber soll Berufs- und Studienorientierung hinsichtlich technischer Fächer und Berufe funktionieren, wenn die Information dazu derart unvollständig ist, weil das Fach und seine Inhalte zumindest am Gymnasium gar nicht vorkommen? Immerhin entscheiden sich mittlerweile in Baden-Württemberg 43,3 % der Schülerinnen und Schüler bzw. deren Eltern für den Übergang auf ein Gymnasium (MKJS, 2020). Wenn technische Inhalte doch vorkommen (wie beispielsweise verschiedene Kraftwerkstypen im Physikunterricht), werden sie (in diesem Fall) unter „Physik“ abgehandelt und können so vermutlich nicht zu einem positiven Bild von „Technik“ beitragen. Aber erst positive Kontakte mit Denk- und Arbeitsweisen der Technik vermitteln ein Bild von der Bedeutung, den Aufgaben und den