

MINT-Bildung im Primarbereich – Qualität im Unterricht zu MINT-Themen stärken

Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit
der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“



MINT-Bildung im Primarbereich – Qualität im Unterricht zu MINT-Themen stärken

Stiftung Haus der kleinen Forscher:

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

PARTNER

Siemens Stiftung
Dietmar Hopp Stiftung
Dieter Schwarz Stiftung
Friede Springer Stiftung

Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung
„Haus der kleinen Forscher“

Band 16

Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.)

MINT-Bildung im Primarbereich – Qualität im Unterricht zu MINT-Themen stärken

Verlag Barbara Budrich
Opladen • Berlin • Toronto 2023

Herausgeber: Stiftung Haus der kleinen Forscher
Verantwortlich: Dr. Janna Pahnke
Projektleitung: Dr. Elena Harwardt-Heinecke, Claudia Wricke
Konzeption und Redaktion: Christiane Seeber, Chantell Ziegler
Redaktionelle Mitarbeit: Nathalie Bauer, Alexander Matzkeit, Katrin Volkmann
Weitere Informationen finden Sie unter www.haus-der-kleinen-forscher.de

Haben Sie Fragen, Anmerkungen oder Anregungen zu diesem Band oder der wissenschaftlichen Begleitung der Stiftungsarbeit?
Wenden Sie sich an forschung@haus-der-kleinen-forscher.de.
Weitere Informationen und Studienergebnisse finden Sie auch unter www.haus-der-kleinen-forscher.de, Rubrik Wissenschaftliche Begleitung.

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.

© 2023 Dieses Werk ist im Verlag Barbara Budrich erschienen und steht unter folgender Creative Commons Lizenz:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/>



Verbreitung, Speicherung und Vervielfältigung erlaubt, kommerzielle Nutzung und Veränderung nur mit Genehmigung des Verlags Barbara Budrich

Ausgenommen von dieser Lizenz sind alle verwendeten Abbildungen, deren Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar ist. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Dieses Buch steht im Open-Access-Bereich der Verlagsseite zum kostenlosen Download bereit (<http://dx.doi.org/10.3224/84742700>).

Eine kostenpflichtige Druckversion kann über den Verlag bezogen werden. Die Seitenzahlen in der Druck- und Onlineversion sind identisch.

ISBN 978-3-8474-2749-0 (Paperback)
eISBN 978-3-8474-1919-8 (eBook)
DOI 10.3224/84742749

Umschlaggestaltung: Bettina Lehfeldt, Kleinmachnow – www.lehfeldtgraphic.de
Titelbildnachweis: Christoph Wehrer / Stiftung Haus der kleinen Forscher
Lektorat und Satz: Ulrike Weingärtner, Gründau; info@textakzente.de
Druck: Elanders Waiblingen GmbH, Waiblingen
Printed in Europe, gedruckt auf FSC-zertifiziertem Papier

Inhaltsverzeichnis

Informationen über die Autorinnen und Autoren	10
Vorwort	12
Geleitwort	14
<i>Andreas Hartinger</i>	
Einleitung	17
<i>Stiftung Haus der kleinen Forscher</i>	
1 Überblick zur Stiftung „Haus der kleinen Forscher“	18
2 Die Bedeutung von MINT-Bildung im Unterricht des Primarbereichs	26
3 MINT-Bildung im Primarbereich – Ziele und Angebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“	29
4 Überblick zum vorliegenden Band	32
Zusammenfassung zentraler Ergebnisse	35
<i>Stiftung Haus der kleinen Forscher</i>	
A Guter MINT-Unterricht in der Grundschule	47
<i>Mirjam Steffensky</i>	
1 Einleitung	48
2 Ziele des Grundschulunterrichts in den MINT-Bereichen	50
3 Lernrelevante Voraussetzungen von Schüler:innen	53
3.1 Bereichsübergreifende Voraussetzungen	53
3.2 Bereichsspezifische Voraussetzungen	54
3.3 Befunde aus LSA-Studien	54
3.4 Inhaltsspezifische Voraussetzungen – langfristige Perspektive	55
3.5 Inhaltsspezifische Voraussetzungen – kurzfristige Perspektive	56
4 Unterrichtsqualität	57
4.1 Modelle der Unterrichtsqualität	57
4.2 MINT-spezifische Unterrichtsansätze	62
5 Basisdimensionen für die Weiterentwicklung von MINT-Unterricht ..	65

B	MINT oder M, I, N, T? Gemeinsamkeiten und Besonderheiten der MINT-Disziplinen im Primarbereich	67
1	Gemeinsamkeiten der MINT-Disziplinen und ihr Verhältnis zu anderen Wissenschaftsdisziplinen	68
	<i>Jörg Ramseger, Annett Steinmann</i>	
1.1	Einführung	68
1.2	Gemeinsamkeiten der MINT-Disziplinen und ihr Verhältnis zu anderen Wissenschaftsdisziplinen	69
2	Das M in der MINT-Bildung: die Mathematik	72
	<i>Marcus Schütte, Maike Hagen, Judith Jung</i>	
2.1	Historische Entwicklung	72
2.2	Das Fachgebiet Mathematik	72
2.3	Mathematische Bildung im Primarbereich	76
2.4	Ziel des Mathematikunterrichts im Primarbereich: Mathematische Grundbildung	78
3	Das I in der MINT-Bildung: die Informatik	82
	<i>Nadine Bergner</i>	
3.1	Historische Entwicklung	82
3.2	Der Gegenstandsbereich Informatik	82
3.3	Informatische Bildung im Primarbereich	84
3.4	Ziel der informatischen Bildung im Primarbereich: Informatische Grundbildung	87
4	Das N in der MINT-Bildung: die Naturwissenschaften	90
	<i>Jörg Ramseger</i>	
4.1	Historische Entwicklung	90
4.2	Das Fachgebiet Naturwissenschaften	90
4.3	Naturwissenschaftliche Bildung im Primarbereich	91
4.4	Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts im Primarbereich: Naturwissenschaftliche Grundbildung	95
5	Das T in der MINT-Bildung: die Technik	98
	<i>Kim Lange-Schubert, Annett Steinmann</i>	
5.1	Historische Entwicklung	98
5.2	Der Gegenstandsbereich Technik	98
5.3	Technische Bildung im Primarbereich	99
5.4	Zur Zielsetzung und Gestaltung eines guten technischen Unterrichts im Primarbereich	101

6	Ausgewählte Praxisbeispiele guter MINT-Bildung im Primarbereich. .	103
	<i>Jörg Ramseger, Annett Steinmann</i>	
6.1	Die Entdeckung des Hebelgesetzes	103
6.2	(Er-)Finden und Gestalten einer Alltagsunterstützung.	117
7	M, I, N, T- oder MINT-Unterricht in der Grundschule –	
	Status quo und Perspektiven	129
	<i>Kim Lange-Schubert, Mirjam Steffensky</i>	
C	Rahmenkonzept einer MINT-Bildung	141
	<i>Stiftung Haus der kleinen Forscher</i>	
1	Einleitung.	142
2	Bedarf an guter früher MINT-Bildung	143
2.1	Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ – MINT-Bildung für alle	145
2.2	Gesellschaftliche Veränderungen und Herausforderungen für die frühe MINT-Bildung	147
3	Das vorliegende Rahmenkonzept	149
4	MINT.	150
4.1	Das Akronym MINT.	150
4.2	Wissenschaftsverständnis und wissenschaftliches Denken	151
4.3	M, I, N und T vs. MINT?	157
5	MINT-Bildung.	159
5.1	Selbstbestimmung und Mündigkeit	159
5.2	Inhalts- und Prozessbereiche	160
5.3	MINT-Arbeitstechniken	170
5.4	Zusammenfassung des Rahmenkonzepts einer MINT-Bildung.	170
6	Fazit und Ausblick.	172
D	Gelingsbedingungen von MINT-Fortbildungen für	
	Primarschullehrkräfte	175
	<i>Julia Barenthien, Simone Dunekacke</i>	
1	Einleitung.	176
2	MINT-Bildung in der Primarstufe.	180
3	Unterrichtsqualität in der MINT-Bildung in der Primarstufe	183
3.1	Merkmale von Unterrichtsqualität	184
3.2	Rolle der Lehrkraft	184

4 Struktur und Ausprägung der professionellen Kompetenz von Primarstufenlehrkräften	186
4.1 Professionswissen	187
4.2 Nicht-kognitive Facetten professioneller Kompetenz	189
4.3 Situationspezifische Fertigkeiten	191
4.4 Erste und zweite Phase der Lehrkräftebildung: Ausgangspunkt für die Entwicklung professioneller Kompetenz.	192
5 Fortbildungen als Professionalisierungsmaßnahme	194
5.1 Theoretische Annahmen zur Wirkung von Fortbildungen	194
5.2 Empirische Befunde zur Wirkung von Fortbildungen	200
5.3 Best-Practice-Beispiele	227
6 Zusammenfassung und Ableitung von Implikationen für die Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“	235
6.1 Implikationen aus den vorgestellten Forschungsbefunden	237
6.2 Limitationen	246
6.3 Implikationen für die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“	248
E Entwicklung und Pilotierung der Fortbildungsreihe „Informatische Bildung im Grundschulunterricht“	251
<i>Stiftung Haus der kleinen Forscher</i>	
1 Einleitung	252
2 Fortbildungsreihe „Informatische Bildung im Grundschulunterricht“	253
2.1 Wirkannahmen	253
2.2 Ziele und Aufbau der Fortbildungsreihe	254
3 Entwickeln – Theoretische Hintergründe und Konzeptentwicklung ...	257
4 Testung des Prototyps – Pilotierung der Fortbildungsreihe	262
5 Evaluieren –begleitende formative Evaluation zur Fortbildungsreihe	263
5.1 Betrachtete Ebenen in der Evaluation	263
5.2 Methodische Zugänge	264
5.3 Auswertung	266
5.4 Darstellung zentraler Ergebnisse	268
6 Reflektieren: Umgang mit den Ergebnissen	286
7 Ausblick	289

Fazit und Ausblick – Wie die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ mit den Erkenntnissen umgeht.	291
<i>Stiftung Haus der kleinen Forscher</i>	
1 Ergebnisse der Expertisen und ihre Bedeutung für die Stiftungsarbeit	292
2 Umgang mit den Empfehlungen und Erkenntnissen aus den Expertisen	295
2.1 Unterrichtsqualitätsdimensionen als Grundlage der Qualitätssicherung und Weiterentwicklung der Stiftungsangebote zu MINT-Themen im Primarbereich	295
2.2 Nutzung konzeptioneller Grundlagen für eine MINT-übergreifende Bildung im Elementar- und Primarbereich	296
2.3 Gelingensbedingungen für MINT-Fortbildungen als Grundlage der Qualitätssicherung und Weiterentwicklung der Stiftungsangebote	299
2.4 Auswahl und Qualifizierung der Fortbildenden für den Primarbereich anhand eines Kompetenzmodells	300
2.5 Unterrichtsbezogene Schulentwicklung im Primarbereich unterstützen	302
3 Ausblick	303
Literatur	307
Anhang	351
Bildquellenverzeichnis	356
Über die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“	357
Bisher erschienen in der Wissenschaftlichen Schriftenreihe der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“	359

Informationen über die Autorinnen und Autoren

Dr. Julia Barenthien

Universität Hamburg, Fakultät für Erziehungswissenschaft, Arbeitsbereich Didaktik der Chemie

Arbeitsschwerpunkte: Qualität früher Bildung in der Kita, professionelle Kompetenz von pädagogischen Fach- und Lehrkräften, MINT-Bildung, naturwissenschaftliche Kompetenz von Kindern

Prof. Dr. Nadine Bergner

Technische Universität Dresden, Institut für Software- und Multimediatechnik, Lehrstuhl für Didaktik der Informatik

Arbeitsschwerpunkte: Aus- und Fortbildung von (angehenden) Informatiklehrkräften, schulisches und außerschulisches Lernen von informatischen Kompetenzen, Bildungstechnologien

Prof. Dr. Simone Dunekacke

Freie Universität Berlin, Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie, Arbeitsbereich für Frühkindliche Bildungsforschung

Arbeitsschwerpunkte: Professionsforschung, Quantität und Qualität von Lerngelegenheiten und Kompetenzentwicklung von Kindern im Elementar- und Primarbereich, MINT-Bildung, handlungsnahe und videobasierte Kompetenzerfassung

Prof. Dr. Andreas Hartinger

Universität Augsburg, Philosophisch-Sozialwissenschaftliche Fakultät, Lehrstuhl für Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik

Arbeitsschwerpunkte: frühes naturwissenschaftliches Lernen, Interessenförderung, adaptives Unterrichten, Lehrerprofessionalität, Lehren und Lernen in jahrgangsgemischten Klassen

Prof. Dr. Kim Lange-Schubert

Universität Leipzig, Institut für Pädagogik und Didaktik im Elementar- und Primarbereich, Lehrstuhl für Grundschuldidaktik Sachunterricht unter besonderer Berücksichtigung von Naturwissenschaft und Technik

Arbeitsschwerpunkte: empirische grundschuldidaktische Lehr-Lern-Forschung mit den interdisziplinären Schwerpunkten Professionswissen und Professionalisierung von Grundschullehrpersonen, naturwissenschaftlicher und technischer Unterricht im Übergang von der Primar- in die Sekundarstufe, Entwicklung des Denkens von Kindern u. a. durch die Erforschung und Förderung von Modellkom-

petenzen im Sachunterricht sowie Inklusion, digitale Medien und Bildungssprache im Grundschulunterricht

Prof. Dr. Marcus Schütte

Universität Hamburg, Didaktik der gesellschaftswissenschaftlichen und mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer, Lehrstuhl für Didaktik der Mathematik – Primarstufe

Arbeitsschwerpunkte: interaktionistische Ansätze der rekonstruktiv-interpretativen Forschung der Mathematikdidaktik, Mathematiklernen in heterogenen Lerngruppen, sprachliche Gestaltung mathematischer Lernprozesse, mathematische Denkentwicklung im Vor- und Grundschulalter, Entwicklung informatischer Grundkompetenzen im Mathematikunterricht der Grundschule, Einsatz digitaler Medien im Mathematikunterricht der Grundschule, Programmieren für Grundschüler:innen, frühe mathematische Lernprozesse in Kindertagesstätten und Familie

Prof. Dr. Jörg Ramseger

Prof i. R., Freie Universität Berlin, Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie

Arbeitsschwerpunkte: Allgemeine Grundschulpädagogik, Naturwissenschaftsdidaktik in der Grundschule, Schulentwicklungsforschung und Schulentwicklungsbegleitung

Prof. Dr. Mirjam Steffensky

Universität Hamburg, Fakultät für Erziehungswissenschaft, Arbeitsbereich Didaktik der Chemie

Arbeitsschwerpunkte: naturwissenschaftliches Lehren und Lernen im Elementar- und Primarbereich, fachbezogenes Professionswissen von Fachkräften und Grundschullehrpersonen, Entwicklung und Evaluation von Materialien für den Elementar- und Primarbereich

Dr. Annett Steinmann

Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Leipzig, Institut für Pädagogik und Didaktik im Elementar- und Primarbereich, Grundschuldidaktik Werken

Arbeitsschwerpunkte: Fachdidaktik technisches Gestalten im Primarbereich, Diversität und Inklusionsorientierung im technischen Gestalten des Primarbereichs, (adaptive) Lernumgebungsgestaltung unter besonderer Berücksichtigung der förderungsorientierten Partizipation, Theorie-Schulpraxis-Transfer durch Mentor:innentätigkeit in Schulpraktika und fachdidaktische Fortbildner:innentätigkeit

Vorwort



Liebe Leserinnen und Leser,

kleine Forscherinnen und Forscher werden größer – und auch die Stiftung wächst und entwickelt sich weiter. Nach dem Elementarbereich gehen die Kinder über in den Primarbereich, und es ist an der Zeit, diese Bildungsstufe hinsichtlich der MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung genauer zu betrachten. Das tut dieser 16. Band der wissenschaftlichen Schriftenreihe und legt eine für unsere Arbeit im Primarbereich wichtige fachliche Fundierung.

Uns als Stiftung ist schon seit Jahren aus Rückmeldungen und Gesprächen klar, dass unsere Materialien und Bildungsangebote hilfreich für die Unterrichtsgestaltung von Lehrkräften im Primarbereich sind. Doch immer wieder kam der Hinweis: „Wie soll ich entdeckendes und forschendes Lernen im Unterricht umsetzen? Ich habe nur 45 Minuten Unterrichtszeit, die Kinder haben verschiedene Voraussetzungen und ich muss Noten geben.“

Mit den wirklich herausragenden und nachweislich wirksamen Produkten, die in den vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekten PRIMA!Start und PRIMA!2023 entstanden sind, haben wir passgenaue Angebote für den Unterricht im Primarbereich zu den Themen Informatik und Energiebildung entwickelt und erprobt. Aufgrund der gegebenen föderalen Struktur der Bundesrepublik erfolgt die Verbreitung dieser Angebote mit der Unterstützung von Förderern aus der Zivilgesellschaft und in Kooperation mit Kultusministerien einzelner Bundesländer.

Ich bin davon überzeugt, dass der Ansatz des entdeckenden und forschenden Lernens in die Breite getragen werden sollte – ganz im Sinne eines zwar von der Politik als Vorsatz formulierten, aber noch nicht realisierten Kooperationsgebots zwischen Bund und Ländern, das ich gerne erweitere um die Kooperation mit Stiftungen und der Bildungsforschung. Wissenschaftliche Ergebnisse, die im Band vorgestellt werden, legen nahe, dass entdeckendes und forschendes Lernen – oder Inquiry-based Learning, wie es im Englischen bezeichnet wird – zu mehr Unterrichtsqualität und höherem Kompetenzerwerb bei Kindern beitragen kann.

Wir fördern mit unserem Ansatz zum einen Kompetenzen in unseren thematischen Eckpfeilern Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik für nachhaltige Entwicklung. Das sind elementare Bildungsbereiche. Zum anderen kann MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung noch mehr: Denn beim entde-

ckenden und forschenden Lernen geht es vor allem auch um prozessbezogene Kompetenzen, Kollaboration, kritisches Denken und Kreativität.

Also: Wie setzen wir MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung am besten im Primarbereich um? Wie bilden wir Lehrkräfte am wirksamsten für entdeckenden und forschenden Unterricht zu MINT-Themen fort? Wie definieren wir für diesen Zweck MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung? Diesem Band liegen spannende Fragen zugrunde, deren Beantwortung richtungsweisend dafür sein wird, wie wir als Stiftung in den kommenden Jahren unsere Angebote für die Arbeit der Pädagoginnen und Pädagogen in den Kitas, Horten und auch den Grundschulen in ganz Deutschland gestalten werden. Wir haben mit Projekten wie „echt jetzt!“, dem Ko-Lab und auch dem BNE-Lab Angebote geschaffen, die den Unterricht in der Primarstufe bereichern. Wir wollen noch mehr tun.

Ich danke allen Beteiligten für ihre Expertise und freue mich darauf, dank dieser großartigen Zusammenarbeit von so vielen Menschen zu einer qualitativ hochwertigen MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung im Primarbereich beitragen und unser Bildungssystem ein Stück besser machen zu können.

Ihr

Michael Fritz

Vorstandsvorsitzender der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

Geleitwort

von Andreas Hartinger

Der vorliegende Band trägt den Titel „MINT-Bildung im Primarbereich“. Dies ist insofern bemerkenswert, da in der Reihe „Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung ‚Haus der kleinen Forscher‘“ mit Band 16 nunmehr zum ersten Mal ein Buch vorgelegt wird, das sich klar und ausschließlich mit dem Lernen in der Grundschule beschäftigt. Der Schwerpunkt der Vorgängerbände lag auf dem MINT-bezogenen Lernen in Kindertagesstätten – die Grundschule wurde zwar immer wieder in den Blick genommen, stand jedoch nicht im Fokus.

Hintergrund dieser Schwerpunktsetzung ist sicherlich die Entscheidung der Stiftung, künftig verstärkt auch Angebote für die Grundschule anzubieten. Diese Ausweitung in Richtung Grundschule ist gleichermaßen konsequent wie herausfordernd. Konsequent ist sie, da eine MINT-bezogene Förderung von Kindern im Elementarbereich vergleichsweise wirkungslos bleibt, wenn sie nicht im Primarbereich weitergeführt wird. Herausfordernd ist diese Ausweitung, da zumindest das naturwissenschaftliche Lernen in der Grundschule spätestens seit den 1970er-Jahren (in Anlehnung an amerikanische Curricula, die im Anschluss an den „Sputnik-Schock“ entwickelt wurden) intensiv diskutiert und weiterentwickelt wurde. Hinzu kommen die Herausforderungen struktureller Natur, da der Sachunterricht als vielperspektivesches Fach Inhalte und Themenbereiche außerhalb der MINT-Fächer beinhaltet – auch ist zusätzlich die Vernetzung der Perspektiven als konstituierendes Element des Sachunterrichts in der Grundschule zu berücksichtigen.

Da es das zentrale Ziel der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ ist, „förderliche Lernumgebungen für Kinder zu schaffen“ (siehe auch Vision der Stiftung am Ende des Bandes), bedeutet der Schritt in die Grundschule die Herausforderung, sich mit diesen Diskussionen und Erkenntnissen explizit auseinanderzusetzen. Die Nutzung der in den einschlägigen Fachdidaktiken gewonnenen Erkenntnisse ist zentral, um für die Arbeit der Stiftung anschlussfähige Konzepte auszumachen (u. a. SINUS und Erkenntnisse zur Lehrkräfteprofessionalität) und um letztlich hinderliche Parallelstrukturen zu vermeiden (indem z. B. die Vielperspektivität des Faches Sachunterricht bei der MINT-Vernetzung berücksichtigt wird).

Der vorliegende Band stellt sich dieser Herausforderung und setzt dabei drei große Schwerpunkte: Zum einen wird der Fokus auf den Unterricht in der Grundschule gelegt, zum anderen richtet sich der Blick auf die Professionalität und

die Professionalisierung von Lehrpersonen. Zudem wird ein Rahmenkonzept zur MINT-Bildung vorgestellt.

Die selbstgesetzten Fragen der Stiftung für ihre Arbeit im Primarbereich (siehe Einleitung),

- „1. Was macht guten Unterricht zu MINT-Themen im Primarbereich aus?
2. Welche MINT-spezifischen Unterrichtsansätze existieren bereits?
3. Was sind Gemeinsamkeiten und Besonderheiten der MINT-Disziplinen?
4. Wie können Lehrkräfte im Primarbereich wirkungsvoll und zeitgemäß fortgebildet werden, um mittel- bis langfristig die Qualität von Unterricht zu MINT-Themen zu verbessern?“,

auf die in diesem Band „erste Antworten gegeben werden“ sollen (ebd.), sind grundlegend und umfassend. Die Bearbeitung dieser Fragen beinhaltet vielfältige Herausforderungen, z. B. die in der Grundschule im Vergleich zum Elementarbereich stärkere Trennung der vier MINT-Bereiche (insbesondere der Mathematik, die ein eigenständiges Fach ist und im sich als vielperspektivisch verstehenden Fach Sachunterricht nur randständig berücksichtigt wird). Es werden jedoch auch auf der Grundlage empirischer Forschungsbefunde sehr klar vielfältige Leitlinien zur Verbesserung der MINT-Bildung in der Grundschule aufgezeigt und für das vorliegende Anliegen übertragen, z. B. die Orientierung am Inquiry-based Learning, an Learning Progressions, an allgemeinen Überlegungen zu (Basis-)Dimensionen der Unterrichtsqualität (siehe Beitrag A) oder an den aus der Didaktik des Sachunterrichts übernommenen Grundideen des Lehrens und Lernens perspektivenübergreifender Themenbereiche (siehe Beitrag B) mit der Empfehlung, ausgehend von disziplinären Angeboten und Fortbildungen, die Potenziale von Vernetzungen aufzuzeigen.

Mit der kaum zu widersprechenden Aussage „Die vielleicht größte Herausforderung bei der Umsetzung von integriertem MINT-Unterricht scheint uns die Frage nach den professionellen Kompetenzen von Lehrpersonen zu sein“ (Beitrag B) wird der Blick auf Fortbildungen für Lehrer:innen gelenkt. Sehr deutlich werden die vielfältigen Herausforderungen, die hier zu bewältigen sind. Ebenfalls deutlich wird durch die dargestellte Fortbildungsreihe „Informatische Bildung im Grundschulunterricht“, dass bei entsprechender Kenntnis von Gelingensbedingungen erfolgversprechende Fortbildungen entwickelt und durchgeführt werden können.

Ich habe oben zitiert, dass der Band den Anspruch hat, „erste Antworten“ auf Unterricht zu MINT-Themen und zu passenden Fortbildungen zu geben. Diesem Anspruch wird der Band gerecht – wobei es sehr hilft, dass hier Personen am Werk sind, die ohne Zweifel als äußerst einschlägig und kompetent sowie in den

relevanten Fachdidaktiken sowie in der empirischen Bildungsforschung als sehr vernetzt einzuschätzen sind. Dass „erste“ und keine abschließenden Antworten gegeben werden, liegt in der Natur von Wissenschaft. Weitere Überlegungen und Arbeiten (wenn möglich empirisch überprüft), z. B. bezüglich des Zusammenwirkens von MINT – gerade im Kontext der Bildung für Nachhaltige Entwicklung – oder zur weiteren Evaluation der Fortbildungsreihe „Informatische Bildung im Grundschulunterricht“ und der anderen Angebote der Stiftung für den Primarbereich, sind erforderlich, werden hoffentlich umgesetzt und veröffentlicht.

Als äußerst ermutigend und vorbildlich (und bildungspolitischen Entscheidungsträger:innen sehr zur Nachahmung ans Herz gelegt) ist aus meiner Sicht das abschließende Kapitel, in dem sich die Stiftung explizit mit den Erkenntnissen auseinandersetzt und dabei offenlegt, welche Bedeutung diese für die eigene Arbeit haben können und werden. Ohne die Fundierung der eigenen Arbeit durch theoretische Überlegungen, verbunden mit den Erkenntnissen aus dem Stand der Forschung – und im Optimalfall gestützt durch die wissenschaftliche Evaluation der eigenen Bemühungen –, ist immer zu befürchten, dass gute Ansätze letztlich ineffizient bleiben oder gar versanden, weil sie nicht angemessen umgesetzt werden.

Der vorliegende Band bietet nach meiner Einschätzung eine sehr gute Grundlage für die weitere Arbeit der Stiftung – gerade mit Blick auf die Ausweitung dieser Arbeit in die Grundschule hinein und den damit verbundenen Aufgaben. Es ist ihm zu wünschen, dass er eine gute Binnenwirkung erzielt – zugleich bilden die hier präsentierten Überlegungen und Erkenntnisse eine Bereicherung für die Arbeit in den einschlägigen wissenschaftlichen Disziplinen. Ich hoffe, dass er auch in der Scientific Community gut aufgenommen werden wird, und wünsche allen Leser:innen des Bandes ein intellektuelles Vergnügen und gute Erkenntnisse bei der Lektüre.

Prof. Dr. Andreas Hartinger
Universität Augsburg

Einleitung

Stiftung Haus der kleinen Forscher



- 1 Überblick zur Stiftung „Haus der kleinen Forscher“
- 2 Die Bedeutung von MINT-Bildung im Unterricht des Primarbereichs
- 3 MINT-Bildung im Primarbereich – Ziele und Angebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“
- 4 Überblick zum vorliegenden Band

1 Überblick zur Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

Die gemeinnützige Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ engagiert sich seit 2006 für gute Bildung im Elementar- und Primarbereich in den Disziplinen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) – mit dem Ziel, Kinder stark für die Zukunft zu machen und zu nachhaltigem Handeln zu befähigen. Gemeinsam mit Partnern bietet die Stiftung bundesweit ein Bildungsprogramm an, das pädagogische Fach-, Lehr- und Leitungskräfte dabei unterstützt, Kinder im Kita- und Grundschulalter qualifiziert beim Entdecken, Forschen und Lernen zu begleiten. Das „Haus der kleinen Forscher“ hat zum Ziel, Bildungschancen zu verbessern, das Interesse an MINT und an nachhaltiger Entwicklung zu fördern und dafür pädagogisches Personal zu professionalisieren. Die Bildungsinitiative leistet damit einen wichtigen Beitrag

- zur Qualifizierung des pädagogischen Personals,
- zur Qualitätsentwicklung von Bildungseinrichtungen,
- zur Persönlichkeits-, Kompetenz- und Interessenentwicklung der Kinder sowie
- zur Nachwuchsförderung in den MINT-Bildungsbereichen.

Die Hauptaktivitäten der Stiftung sind:

- der Auf- und Ausbau tragfähiger lokaler Netzwerke unter Beteiligung von Akteurinnen und Akteuren vor Ort sowie Beratung und Service für die Netzwerkpartner,
- die Ausbildung von Multiplikatorinnen und Multiplikatoren, die vor Ort pädagogische Fach-, Lehr- und Leitungskräfte kontinuierlich fortbilden,
- die Entwicklung und Bereitstellung von Fortbildungskonzepten und Materialien für pädagogische Fach-, Lehr- und Leitungskräfte,
- die Unterstützung der Qualitätsentwicklung von Bildungseinrichtungen sowie
- die Evaluation und wissenschaftliche Begleitung der Stiftungsaktivitäten.

Seit 2011 adressiert die Stiftung mit ihren Angeboten auch Grundschulen und Horte, zunächst ausgerichtet auf den außerunterrichtlichen Bereich (Hort und

Ganztag). Seit 2019 bietet die Stiftung in Kooperation mit ausgewählten Bundesländern verschiedene Fortbildungskonzepte für den Unterricht im Primarbereich an und orientiert sich explizit an den unterrichtlichen Bedarfen von Lehrkräften und Herausforderungen der Institutionen der Primarstufe.

Qualifizierungsinitiative für pädagogische Fach-, Lehr- und Leitungskräfte

Das „Haus der kleinen Forscher“ ist bundesweit die größte Qualifizierungsinitiative für Pädagoginnen und Pädagogen im Bereich der MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung. Sie unterstützt Bildungseinrichtungen des Elementar- und Primarbereichs dabei, mathematische, informatische, naturwissenschaftliche und/oder technische Bildungsschwerpunkte zu setzen, Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) zu etablieren und dabei förderliche Entwicklungs- und Lernumgebungen für Kinder zu schaffen. Der pädagogische Ansatz der Stiftung knüpft an den Ressourcen der Kinder an und betont das gemeinsame Entdecken und Forschen im dialogischen Austausch (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019a).

Die inhaltlichen Angebote der Stiftung umfassen neben den **Fortbildungen** für pädagogische Fach-, Lehr- und Leitungskräfte auch pädagogische Materialien, einen jährlich stattfindenden Aktionstag, ein vierteljährlich erscheinendes Fachmagazin sowie umfangreiche Online-Angebote, darunter der **Campus**, auf dem eine Vielzahl von offenen und moderierten Online-Kursen als Ergänzung zu den Präsenfortbildungen vor Ort angeboten werden. Zudem gibt es verschiedene vertiefende Programme, z. B. zur Unterstützung von Organisationsentwicklung in der Kita. Einen Überblick über das Angebot der Stiftung finden Interessierte unter haus-der-kleinen-forscher.de.

Netzwerkarbeit und Verbreitung

Das „Haus der kleinen Forscher“ lebt als bundesweite Bildungsinitiative vom Engagement vielfältiger Akteurinnen und Akteure vor Ort – den lokalen Netzwerken, die als dauerhafte Partner und Fortbildungsanbieter in den Regionen agieren. Zu den derzeit 194 Netzwerkpartnern zählen Kommunen und Kita-Träger, Wirtschaftsverbände, Science-Center, Museen, Unternehmen, Stiftungen und Vereine.

Circa 86.000 pädagogische Fach- und Lehrkräfte aus mehr als 35.300 Kitas, Horten und Grundschulen haben bereits am Fortbildungsprogramm der Initiative teilgenommen. Deutschlandweit sind rund 6.100 Kitas, Horte und Grundschulen als „Haus der kleinen Forscher“ zertifiziert, darunter rund 5.500 Kitas. Seit Herbst 2013 können sich auch Horte und Grundschulen zertifizieren lassen. Seitdem haben über 200 Horte und mehr als 300 Grundschulen das Zertifikat „Haus der kleinen Forscher“ erhalten (Stand April 2023).

Um möglichst vielen interessierten pädagogischen Fach-, Lehr- und Leitungskräften die Teilnahme an Fortbildungen zu ermöglichen, findet die Weiterquali-

fizierung über ein Multiplikationsmodell in Kooperation mit lokalen Netzwerkpartnern statt. Im Elementar- und außerunterrichtlicher Primarbereich (Kita, Hort, Ganztage) bildet die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ an mehreren Standorten in Deutschland sogenannte Trainerinnen und Trainer aus, die ihrerseits Fortbildungen für Pädagoginnen und Pädagogen in ihrem lokalen Netzwerk durchführen (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019b). So qualifizieren sich die Trainerinnen und Trainer durch die Teilnahme an den Präsenz- und Onlinefortbildungen der Stiftung dafür, Fortbildungen mit Pädagoginnen und Pädagogen durchzuführen, und werden ihrerseits durch ein umfangreiches Professionalisierungsangebot unterstützt, ihre Aufgaben in der Erwachsenenbildung qualitativ hochwertig umzusetzen.

Bei der Angebotsverbreitung für den unterrichtlichen Primarbereich erprobt die Stiftung ergänzende Multiplikatorenstrukturen. Da Schulbildung in Deutschland föderal organisiert ist, erfolgt die Umsetzung der Fortbildungen nicht über das oben beschriebene System der Netzwerkpartner der Stiftung, sondern über gemeinsame Vorhaben der Stiftung mit Kooperationspartnern in den einzelnen Bundesländern. Dies geschah von 2019 bis 2020 erstmalig in Hessen mit dem Angebot „Energiebildung im Grundschulunterricht“ in Kooperation mit dem hessischen Kultusministerium (für eine ausführliche Vorstellung der unterschiedlichen Projekte, die die Stiftung seit 2019 im Primarbereich umgesetzt hat, vgl. Kapitel 2).

Das kontinuierliche Fortbildungsprogramm

Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ konzentriert sich auf die Weiterqualifizierung von Pädagoginnen und Pädagogen im Hinblick auf das Entdecken und Erforschen mathematischer, informatischer, naturwissenschaftlicher und/oder technischer Themen mit Kindern. Seit 2018 gibt es auch Weiterbildungsangebote mit dem Fokus Bildung für nachhaltige Entwicklung. Das Ziel ist eine kontinuierliche Begleitung der pädagogischen Fach-, Lehr- und Leitungskräfte. Die Teilnahme an Fortbildungen zu unterschiedlichen Themen erweitert sukzessive das methodische Repertoire und vertieft das Verständnis des pädagogischen Ansatzes der Stiftung.

Zusätzlich stellt die Stiftung ein ständig wachsendes Online-Angebot zur Verfügung, mit dem pädagogische Fach-, Lehr- und Leitungskräfte individuell, flexibel und kostenfrei die Fortbildungsinhalte auffrischen oder vertiefen können. Dazu gehören sowohl offene Online-Kurse, die zu jeder Zeit selbstständig bearbeitet werden können, als auch moderierte Online-Kurse zu festen Zeiten. Hier werden die Inhalte gemeinsam mit anderen Teilnehmenden erarbeitet, während eine Moderatorin bzw. ein Moderator sie begleitet. Webbasierte Seminare (kurz: Webinare) finden zu einem bestimmten Termin statt und beinhalten einen inter-

aktiv gestalteten Online-Vortrag. Um die eigenen Praxiserfahrungen gemeinsam mit anderen pädagogischen Fach- und Lehrkräften zu reflektieren, gibt es zudem themenspezifische Foren, die zum Austausch von praktischen Erfahrungen genutzt werden können.

Die inhaltlichen Angebote der Stiftung für pädagogische Fach-, Lehr- und Leitungskräfte werden auf der Grundlage fachlich fundierter Zieldimensionen entwickelt. Sie spezifizieren, welche Ziele mit bestimmten Angeboten erreicht werden sollen. Sowohl zu den einzelnen MINT-Fachdisziplinen als auch zur Bildung für nachhaltige Entwicklung wurden gemeinsam mit Fachexpertinnen und -experten Zieldimensionen für Kinder und pädagogische Fach- und Lehrkräfte erarbeitet und als Orientierungsgrundlage zur Angebotsentwicklung genutzt (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2013, 2015, 2017a, 2018, 2019c). Seit 2018 existieren Fortbildungen, Inhalte und Materialien zur Bildung für nachhaltige Entwicklung, die sich zusätzlich zu den pädagogischen Fach- und Lehrkräften erstmals auch an Kita-Leitungen wenden.

Wissenschaftliche Begleitung und Qualitätsentwicklung

Alle Aktivitäten der Bildungsinitiative werden kontinuierlich wissenschaftlich begleitet und evaluiert. Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ pflegt einen offenen Austausch mit Wissenschaft und Fachpraxis und versteht sich als lernende Organisation.

Ein umfangreiches Spektrum an Maßnahmen dient der Sicherung und Weiterentwicklung der Qualität im „Haus der kleinen Forscher“ (Abb. 1). Das stiftungsinterne Qualitätsmanagement erfasst mit eigenen Evaluationsmaßnahmen und umfassendem Monitoring alle wichtigen Aktivitäten und Angebote. Dafür nutzt die Stiftung verschiedene Feedbacks und Daten aus Befragungen und dem Austausch mit den Beteiligten (z. B. anlassbezogene Befragungen der Netzwerkkoordinatorinnen und -koordinatoren, der Trainerinnen und Trainer sowie der pädagogischen Fach-, Lehr- und Leitungskräfte). Eine Kombination aus quer- und längsschnittlichen Daten ermöglicht den Blick auf die aktuelle Situation und auch auf wichtige Veränderungen in den letzten Jahren. Um auf die Erkenntnisbedarfe der Stiftung flexibel reagieren zu können, werden mehrere Erhebungen mit verschiedenen Zielgruppen zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt.

Die längsschnittliche Perspektive spielt in den internen Evaluations- und Monitoring-Maßnahmen der Stiftung eine zunehmend wichtigere Rolle, auch um dem Anspruch einer stärkeren Wirkungsorientierung gerecht zu werden. Mit dem regelmäßig erscheinenden Monitoring-Bericht stellt die Stiftung wichtige Ergebnisse dieser Maßnahmen bereit (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2022).

Die inhaltliche (Weiter-)Entwicklung neuer Stiftungsangebote erfolgt stets fachlich fundiert und in Kollaboration mit der Wissenschaft. Neue Stiftungsange-

bote werden gemeinsam und im Austausch mit der Praxis entwickelt und getestet. In Zusammenarbeit mit Pädagoginnen und Pädagogen aus dem Elementar- und Primarbereich finden für neue Fortbildungsangebote ausführliche Pilotierungen statt, bevor die Fortbildungskonzepte und Materialien in den regionalen Netzwerken verbreitet werden. Dabei prüfen die mitwirkenden pädagogischen Fach-, Lehr- und Leitungskräfte erste Praxisideen auf ihre Umsetzbarkeit und geben Feedback zu den Unterstützungsangeboten der Stiftung. Die Pilotierungen und begleitende interne Evaluationen unterstützen den Qualitätssicherungsprozess und eine bedarfsgerechte Weiterentwicklung. Die Fortbildungskonzepte werden auf Basis dieser Rückmeldungen überarbeitet und optimiert. Die bestehenden Erkenntnisse geben zudem Orientierung für künftige Neuentwicklungen.

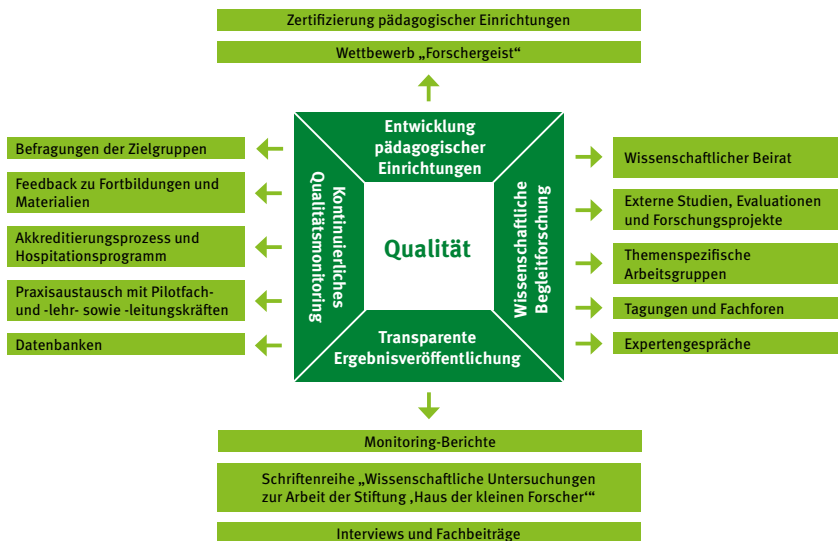


Abbildung 1. Übersicht der Maßnahmen zur Sicherung und Weiterentwicklung der Qualität der Stiftungsangebote

Auf Einrichtungsebene ist die Zertifizierung als „Haus der kleinen Forscher“ ein weiteres wichtiges Instrument der Qualitätssicherung und -entwicklung (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2020). Über die Vergabe des Zertifikats entscheidet die Stiftung in einem standardisierten Verfahren, das in Anlehnung an das Deutsche Kindergarten Gütesiegel und unter Beteiligung eines Teams aus Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern (Yvonne Anders, Christa Preissing, Ursula Rabe-Kleberg, Jörg Ramseger und Wolfgang Tietze) entwickelt wurde. Die Reliabilität und Validität des Zertifizierungsverfahrens für Kitas wurden in einer externen wissenschaftlichen Studie bestätigt (Anders & Ballaschk, 2014).

Neben einem kontinuierlichen Monitoring zu Zwecken der Qualitätssicherung und der Qualitätsentwicklung wird die Stiftungsarbeit im Rahmen einer langfristig angelegten externen Begleitforschung mit renommierten Partnern fachlich fundiert und in Forschungsprojekten evaluiert.

Im Forschungsprojekt „Early Steps Into Science“ (2013–2017, gefördert von der Stiftung und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung) zeigte sich, dass pädagogische Fachkräfte mit naturwissenschaftlichen Fortbildungen über ein höheres Fachwissen und mehr fachdidaktische Kenntnisse verfügen sowie mehr Motivation und Interesse aufweisen. Auch die Kinder zeigen mehr Lernfreude, Interesse an Naturwissenschaften sowie Selbstvertrauen in ihr eigenes Können, wenn ihre Kita einen naturwissenschaftlichen Schwerpunkt hat (Stefensky et al., 2018). Im Forschungsprojekt „Early Steps Into Science and Literacy“ (2013–2017, gefördert von der Stiftung, der Baden-Württemberg Stiftung und der Siemens Stiftung) konnte gezeigt werden, dass Fachkräfte mit naturwissenschaftlichen Fortbildungen sprachlich anregendere Lerngelegenheiten für Kinder gestalten und damit auch die sprachlichen Fähigkeiten der Kinder zunehmen (Rank et al., 2018).¹

Mit Blick auf die bedarfsorientierte Angebotsentwicklung förderte die Stiftung von 2017 bis 2019 gemeinsam mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung eine Studie zu den „Entwicklungsverläufen von pädagogischen Fach- und Lehrkräften in der frühen MINT-Bildung“ (kurz: EpFL MINT). Die Ergebnisse zeigen u. a., dass die Anzahl der besuchten Fortbildungen der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ von zentraler Bedeutung für die professionelle Entwicklung in der frühen MINT-Bildung ist (Skorsetz, Öz, Schmidt & Kucharz, 2020).

Derzeit wertet die Stiftung die Ergebnisse aus externen Studien zum Modellprogramm „KiQ – gemeinsam für Kita-Qualität“ (2020–2022, gefördert vom BMBF) und zum Projekt „Forum Kita-Entwicklung“ (2019–2023, gefördert von der Robert Bosch Stiftung) aus.

Die Stiftung nutzt die Erkenntnisse der Studien für eine systematische Reflexion ihrer bestehenden Bildungsangebote und die wirkungsorientierte Entwicklung zukünftiger Fortbildungen. Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung veröffentlicht die Stiftung transparent in der Wissenschaftlichen Schriftenreihe; alle Publikationen sind zudem über die Webseite der Stiftung frei verfügbar.²

¹ Mehr Informationen finden Sie unter <https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung>.

² Alle Ergebnisse und Publikationen zur wissenschaftlichen Begleitung sind als PDF verfügbar unter <https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung/ergebnisse-publikationen>. Alle Ergebnisse der externen Begleitforschung werden zudem in der vorliegenden Wissenschaftlichen Schriftenreihe veröffentlicht. Eine Übersicht der bisher erschienenen Bände befindet sich am Ende dieses Bandes.

Ein Wissenschaftlicher Beirat berät die Stiftung zu Forschungsfragen sowie zur fachlichen Fundierung des Stiftungsangebots. Er setzt sich aus unabhängigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern unterschiedlicher Fachgebiete zusammen und spricht Empfehlungen an den Vorstand und den Stiftungsrat aus. Die Mitglieder des Beirats sind hochkarätige Expertinnen und Experten relevanter Fachdisziplinen und werden jeweils für drei Jahre berufen. Von 2021 bis 2023 sind dies folgende Mitglieder:

- Vorsitz: Prof. Dr. Mirjam Steffensky, Universität Hamburg, Fachbereich Erziehungswissenschaften
- Prof. Dr. Yvonne Anders, Universität Bamberg, Lehrstuhl für Frühkindliche Bildung und Erziehung
- Prof. Dr. Nadine Bergner, TU Dresden, Didaktik der Informatik
- Prof. Dr. Fabienne Becker-Stoll, Staatsinstitut für Frühpädagogik (IFP), München
- Prof. Dr. Wolfgang Böttcher, Universität Münster, Erziehungswissenschaft
- Prof. Dr. Marcus Hasselhorn, Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF), Frankfurt am Main, Abteilung Bildung und Entwicklung
- Prof. Dr. Bernhard Kalicki, Deutsches Jugendinstitut e. V. (DJI), München, Abteilung Kinder und Kinderbetreuung, und Evangelische Hochschule Dresden, Lehrstuhl für Frühkindliche Bildung
- Prof. Dr. Olaf Köller, Leibniz-Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN), Kiel, und Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- Prof. Dr. Nina Kolleck, Universität Potsdam, Erziehungs- und Sozialisations-theorie
- Prof. Dr. Armin Lude, Pädagogische Hochschule Ludwigsburg, Abteilung Biologie, Schwerpunkt Bildung für nachhaltige Entwicklung
- Prof. Dr. Jörg Ramseger, Freie Universität Berlin, Arbeitsstelle Bildungsforschung Primarstufe
- Prof. Dr. Hans-Günther Roßbach, Universität Bamberg, Lehrstuhl für Elementar- und Familienpädagogik
- Prof. Pia S. Schober, Universität Tübingen, Lehrstuhl für Soziologie mit Schwerpunkt Mikrosoziologie / Dr. Ludovica Gambaro, Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung, Wiesbaden

- Prof. Dr. Christian Wiesmüller, Pädagogische Hochschule Karlsruhe, Abteilung für Physik und Technische Bildung, und Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung (DGTB), Ansbach
- Prof. Dr. Bernd Wollring, Universität Kassel, Didaktik der Mathematik

2 Die Bedeutung von MINT-Bildung im Unterricht des Primarbereichs

Die Stärkung von MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung, die durch die Stiftungsarbeit bereits erfolgreich im Elementarbereich (seit 2006) und im außerunterrichtlichen Primarbereich (Hort und Ganzttag, seit 2011) initiiert und etabliert wurde, wird im Sinne eines kontinuierlichen Bildungsangebots für Kinder im Kita- wie im Grundschulalter auch auf Unterrichtsebene im Primarbereich (seit 2019) fortgeführt. 2018 entschieden BMBF, KMK sowie die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, bundesweite Qualifizierungsangebote für Lehrkräfte und deren Unterricht zu MINT-Themen zu entwickeln. Damit weitet die Stiftung ihre Aktivitäten und Angebote auf die Unterrichtsebene im Primarbereich aus und setzt ihre Expertise in der Qualifizierung von pädagogischen Fach-, Lehr- und Leitungskräften im Sinne eines lebenslangen MINT-Lernens ein. Langfristiges Ziel ist es, dass Kinder im Primarbereich einen Unterricht erleben, der dem Grundsatz des ko-konstruktiven, entdeckenden und forschenden Lernens im Sinne einer MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung folgt. Ein solcher Unterricht fördert die Entwicklung der Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern, die benötigt werden, um in einer Welt im stetigen Wandel offen für Neues zu bleiben, sich orientieren zu können sowie selbstbestimmt zu denken und verantwortungsvoll zu handeln. MINT-Bildung fördert darüber hinaus „die Problemlösungsfähigkeit und trägt zu elementarer Technik- und Wissenschaftsmündigkeit bei“ (BMBF, 2019, S. 4). Neben fachspezifischen Zielen von MINT-Bildung betonen sowohl wissenschaftliche Diskurse als auch bildungspolitische Dokumente wie Lehrpläne und Bildungsstandards die allgemeinbildende Funktion von mathematischer, informatischer, naturwissenschaftlicher und technischer Bildung im Primarbereich (u. a. BMBF, 2019; OECD, 2016; Renn et al., 2012; Pahnke, O'Donnell & Bascopé, 2019).

Die konzeptionelle Basis des Akronyms MINT ist dabei häufig noch wenig formuliert. Der Begriff „MINT-Bildung“ taucht in unterschiedlichsten Kontexten auf und wird mit diversen Interessen in Zusammenhang gebracht: Neben gesellschaftlichen Perspektiven spielen vor allem ökonomische und politische Belange eine bedeutende Rolle, beispielsweise der Fachkräftemangel in einschlägigen Berufsfeldern, niedrige Frauenquoten in MINT-Berufen, geringes Interesse an MINT-Themen und -Berufen sowie schwindende Innovationskraft am Wirtschaftsstandort Deutschland (Hüttner, 2020; Renn et al., 2012).

Im Kontext Schule ist hinsichtlich der institutionellen Rahmenbedingungen (Schulfächer, Bildungs- und Rahmenlehrpläne, zeitliche Struktur von Unterricht, fachliche Ausbildung von Lehrkräften, Lehrkräftemangel etc.) ebenso eine präzisere Klärung und fachliche Fundierung des MINT-Begriffs sinnvoll (Hüttner, 2019).

Neben der Diskussion der spezifischen Zielstellungen für den Primarbereich in den einzelnen Disziplinen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik kann auch ein Diskurs um verbindende und konzeptionelle Gemeinsamkeiten der MINT-Disziplinen bereichernd sein. Erst auf Grundlage einer umfassenden begrifflichen und theoretischen Basis lassen sich wirkungsvolle Unterrichtsansätze für MINT-Unterricht, ob nun fachübergreifend, integrierend oder fachspezifisch, aufzeigen und diskutieren.

Für erfolgreiches Lernen von Kindern im Primarbereich allgemein, aber auch im Speziellen für Unterricht zu MINT-Themen ist eine Orientierung an Unterrichtsqualitätsdimensionen unbestritten (Ramseger 2013; Praetorius, Klieme, Herbert & Pinger, 2018; Steffensky & Neuhaus, 2018). Dass einerseits Lehrkräfte als Lernbegleitung ihrer Schülerinnen und Schüler eine herausragende Einflussgröße auf die Unterrichtsqualität bilden, konnte mehrfach empirisch aufgezeigt werden (u. a. Lipowsky, 2006; Lipowsky, 2007; Lipowsky & Rzejak, 2021).

Qualifizierungs- und Fortbildungsmaßnahmen können andererseits auf die Unterrichtsqualität positiv wirken (Lipowsky, Rzejak & Dorst, 2011; Hattie, 2011). Insbesondere in der dritten Phase der Lehrkräftebildung (die Zeit im Beruf nach Studium und Vorbereitungsdienst) können sie eine entscheidende Rolle in der stetigen Professionalisierung der Lehrkräfte und somit bei der Verbesserung des Unterrichts spielen (Appleton, 2008). Vor dem Hintergrund der hohen Zahl an Seiten- und Quereinsteigenden in pädagogische Berufe allgemein und im Primarbereich im Besonderen sowie in Anbetracht der Breitbandausbildung von Lehrkräften ohne vertiefende Studienanteile in Naturwissenschaften, Informatik oder Technik wird gerade für MINT-Bildung ein hohes Maß an zusätzlichem Fortbildungs- und Qualifizierungsbedarf angenommen (Blömeke et al., 2015; Porsch, 2020). Die zunehmende Relevanz von MINT-Themen sowie BNE- und MINT-Kompetenzen in den Lehrplänen der Länder stützt diese Annahme (Arnold, Carnap & Bormann, 2016; Pahnke et al., 2019).

Für die Angebotsentwicklung von Fortbildungen und Bildungsmaterialien für den Primarbereich sowie für die weitere Ausrichtung der Stiftung stellen sich daher folgende Fragen, auf die im Rahmen dieses Bandes erste Antworten gegeben werden:

- **Was macht guten Unterricht zu MINT-Themen im Primarbereich aus?**
- **Welche MINT-spezifischen Unterrichtsansätze existieren bereits?**
- **Was sind Gemeinsamkeiten und Besonderheiten der MINT-Disziplinen?**
- **Wie können Lehrkräfte im Primarbereich wirkungsvoll und zeitgemäß fortgebildet werden, um mittel- bis langfristig die Qualität von Unterricht zu MINT-Themen zu verbessern?**



Die Stiftung hat innerhalb der vergangenen zehn Jahre in der Wissenschaftlichen Schriftenreihe verschiedene Expertisen zu den einzelnen M, I, N, T-Fachdisziplinen veröffentlicht: Beginnend mit Band 5 zur frühen naturwissenschaftlichen Bildung (Haus der kleinen Forscher, 2013), über Band 7, 8 und 9 jeweils zur frühen technischen, mathematischen und informatischen Bildung (Haus der kleinen

Forscher, 2015, 2017, 2018) wurden disziplinspezifische Zieldimensionen, Methoden und Erfolgsfaktoren von MINT-Bildung theoretisch und empirisch fundiert. Die ausformulierten Zieldimensionen für alle Disziplinen sind dabei sowohl auf Ebene der Kinder als auch auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte für den Elementar- und den Primarbereich formuliert. Außerdem wurde in Band 11 eine erste übergreifende Betrachtung aller MINT-Disziplinen für die Zieldimensionen der Multiplikatorinnen und Multiplikatoren vorgenommen (Stiftung Haus der kleinen Forscher (2019b).

Die Stiftung nimmt mit dem aktuellen Band nun eine umfassende Analyse und Diskussion der vier MINT-Disziplinen gleichzeitig auf und fokussiert diese auf den Unterricht im Primarbereich. Darüber hinaus bietet die Stiftung mit dem MINT-Rahmenmodell ein eigenes, mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern gemeinsam erarbeitetes Konzept zur fachintegrierten MINT-Bildung an und möchte damit den theoretischen Diskurs erweitern und gleichzeitig die eigene Stiftungsarbeit strategisch und konzeptionell stützen.

3 MINT-Bildung im Primarbereich – Ziele und Angebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ verfolgt das Ziel, analog zum Elementarbereich die inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzen von Lehrkräften in Bezug auf MINT-Bildung zu steigern, und baut daher ihre Tätigkeit als bundesweiter Fortbildungsanbieter im Primarbereich aus. Der inhaltliche Ausgangspunkt ist und bleibt für alle Aktivitäten die MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung. Die Stiftung will Lehrkräfte im Primarbereich bei ihrer Unterrichtsentwicklung zu MINT-Themen unterstützen und zur kontinuierlichen Verbesserung der Unterrichtsqualität beitragen, für die ein mittel- bis langfristiger Einfluss auf den Kompetenzerwerb der Schülerinnen und Schüler angenommen wird. Ziel ist es, dass alle Kinder in der Primarstufe einen Unterricht erleben, der dem Grundsatz des konstruktiven, entdeckenden und forschenden Lernens folgt. Dafür bietet die Stiftung verschiedene Qualifizierungsangebote zum entdeckenden und forschenden Lernen im Themenkomplex MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung an. Die Angebote variieren in Themen, Formaten, Zugangsvoraussetzungen und zeitlichem Aufwand für die Lehrkräfte. Zugeschnitten sind sie auf die Bedarfe und Anforderungen der Praxis. Hierfür bindet die Stiftung bereits in der Entwicklungsphase Akteurinnen und Akteure aus dem Wissenschaftskontext in die konzeptionelle und inhaltliche Ausrichtung der Angebote ein. Teilnehmende Lehrkräfte werden zudem als Entwicklungspartnerinnen und -partner verstanden und geben praxisorientiertes Feedback in den Erprobungsphasen der Angebote. Pilotierungen und Evaluationen bilden das flankierende Gerüst einer kontinuierlichen Qualitätssicherung. 2019 startete die Stiftung in Kooperation mit Partnern erste Projekte für den Primarbereich mit Unterrichtsbezug.

PRIMA!Start und PRIMA!2023

Mit dem Projekt PRIMA!Start wurden zwei Blended-Learning-Fortbildungen zu den Themen Energiebildung und informatische Bildung für Lehrkräfte im Primarbereich entwickelt, mit dem Ziel, die inhaltlichen und prozessbezogenen Kompetenzen der Lehrkräfte zu fördern. Die Laufzeit umfasste den Zeitraum von März 2019 bis Juni 2020. Unterstützt wurde das Projekt vom BMBF.

Im Projekt PRIMA!2023, erneut gefördert durch das BMBF, wurde im Zeitraum von Juli 2020 bis Juni 2023 das in PRIMA!Start entwickelte Basiskonzept einer Blended-Learning-Fortbildung zur informatischen Bildung weiterentwickelt. Weitere Schwerpunkte waren die wissenschaftliche Fundierung sowie die wirkungsorientierte Konzeption und Evaluation der Angebote.

Zudem wurden auf Grundlage der Evaluationsergebnisse aus den Umsetzungsprojekten in den Ländern neue Lernmodule für die beiden Fortbildungsreihen zu den Themen Energiebildung und informatische Bildung konzipiert.

PRIMA!Länder

Für die Umsetzung in den Bundesländern werden Kooperationsverträge mit den jeweiligen Kultusministerien und unterstützenden Organisationen der Zivilgesellschaft vereinbart. Die entwickelten Fortbildungsreihen zielen auf die individuelle inhaltliche und prozessbezogene Kompetenzentwicklung der Lehrkräfte ab. Die Fortbildungen werden an länderspezifische Rahmenbedingungen angepasst und durch erfahrene Fortbildnerinnen und Fortbildner umgesetzt. Die Fortbildnerinnen und Fortbildner werden dafür durch stiftungseigene Referentinnen und Referenten qualifiziert und während der gesamten Umsetzung begleitet. Umsetzungsprojekte konnten bereits mit PRIMA!Hessen (2019–2020), PRIMA!Baden-Württemberg (seit 2021), PRIMA!Thüringen (seit 2021) und PRIMA!Sachsen (seit 2022) realisiert werden.

„echt jetzt?“

Das für die dritte und vierte Klasse entwickelte Magazin „echt jetzt?“ verbindet Leseförderung und MINT-Bildung im Primarbereich mit dem Ziel, die MINT- und Lesekompetenzen der Kinder zu fördern und Lehrkräfte in ihrer Unterrichtsplanung und -gestaltung zu unterstützen. Neben einem Printmagazin und digitalen Unterrichtsmaterialien für Schülerinnen und Schüler bietet „echt jetzt?“ Lehrkräften im Primarbereich ein kostenloses Online-Fortbildungsangebot mit vielen Praxisanwendungen und didaktischen Methoden sowie digitalen Begleitmaterialien. „echt jetzt?“ ist ein gemeinsames Angebot der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ und der Stiftung Lesen, ermöglicht durch die Dieter Schwarz Stiftung mit einer Laufzeit von April 2019 bis Dezember 2023.

BNE-Lab

Das sogenannte BNE-Lab hat zum Ziel, einen Beitrag zur Verankerung von Bildung für nachhaltige Entwicklung im Schul- und Ganztagsangebot zu leisten. Die teilnehmenden Schulen werden bei der Entwicklung zu mehr Naturschutz und Nachhaltigkeit unterstützt. Das Projekt umfasst die Pilotierung im Schuljahr 2021/22 (an fünf Schulen) sowie die Anwendung im Schuljahr 2023/24 (an zehn Schulen) und wird von der Stiftung Kinderland Baden-Württemberg, einer abhängigen Unterstiftung der Baden-Württemberg Stiftung, gefördert.

Digital Labs

Im Rahmen des Digital Lab 1 (2016–2019, gefördert durch die innogy-Stiftung) entstanden zum Themenschwerpunkt Energie die „Wimmel-App – Energie ist überall“ sowie eine „Digitale Schnitzeljagd“ für Kinder des Primarbereichs. Begleitet werden die Angebote durch einen Online-Kurs „Energie ist überall“, der die Lehrkräfte beim Einsatz der Apps im Unterricht unterstützt.

Im Folgeprojekt Digital Lab 2 (2019–2021, gefördert von der innogy-Stiftung und E.ON) fand die ko-konstruktive Entwicklung der App „Potz Blitz! Meine Stromwerkstatt“ zusammen mit Lehrkräften statt.

Beide Digital Labs zielten auf die Bereitstellung attraktiver und praxistauglicher digitaler Anwendungen für Lehrkräfte ab, um deren Fähigkeiten im Umgang mit digitalen Lernangeboten sowie deren Wissen zu den Themen Energie und Strom zu erweitern.

Kollaboratives Konzept-Lab

Das Kollaborative Konzept-Lab umfasst ein Fortbildungsangebot, mit dem Ziel, dass Lehrkräfte im Primarbereich ihren Unterricht so gestalten, dass Schülerinnen und Schüler mit digitalen Medien MINT-Themen entdecken und erforschen und dabei Kompetenzen für eine digitalisierte Welt entwickeln. Um von Beginn an die Praxisrelevanz und eine hohe Qualität des Angebots zu sichern, sind erfahrene, innovative Lehrkräfte sowie Expertinnen und Experten aus Theorie und Praxis in die Entwicklung eingebunden worden. Das Projekt mit einer Laufzeit von März 2021 bis September 2022 wurde von der Friede Springer Stiftung gefördert.

Amazon digital

Im Projekt amazon digital (Oktober 2022–Oktober 2023, gefördert von amazon) wird eine mehrmonatige Informatik-Challenge entwickelt, bei der Lehrkräfte verschiedene Herausforderungen rund um das Thema Informatik lösen können. Ziel ist es, dass diese Anregungen direkt in den Unterricht übertragen werden, der Bekanntheitsgrad informatischer Bildung steigt und ein niedrighschwelliges und spielerisches Angebot zur informatischen Bildung (ohne technische Hilfsmittel im Rahmen des Unplugged-Ansatzes) bundesweit etabliert wird.

Durch die Aktivitäten in den letzten Jahren verfügt die Stiftung inzwischen über ein breites Netzwerk an vielfältigen Partnern und Kontakten im Primarschulbereich. Zu den Kontakten zählen neben dem BMBF und der KMK auch die Kultusministerien einzelner Länder sowie weitere im Bildungsbereich tätige Stiftungen. Mit der Einrichtung eines Grundschulportals (verfügbar unter hdkf.de/grundschule) sowie Werbemaßnahmen in Zielgruppenmedien (z. B. didacta digital) baut die Stiftung ihre Bekanntheit bei der Gruppe der Lehrkräfte im Primarbereich kontinuierlich aus.

4 Überblick zum vorliegenden Band

Der 16. Band der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung ‚Haus der kleinen Forscher‘“ umfasst neben dem Geleitwort von Andreas Hartinger und einer einleitenden Rahmung der Stiftung zum Hintergrund ihrer Aktivitäten Beiträge mit verschiedenen Perspektiven auf MINT-Bildung im Primarbereich.

Mirjam Steffensky zeigt im ersten Beitrag (Beitrag A) ein generisches Modell zur Erfassung von Unterrichtsqualität auf und gibt Einblick in MINT-spezifische Unterrichtsansätze. Sie identifiziert allgemeine Qualitätsdimensionen für den Unterricht im Primarbereich, stellt diese speziell mit Bezug auf die MINT-Disziplinen vor und diskutiert sie. Zudem formuliert sie aufseiten der Lernenden Voraussetzungen für eine gelingende Teilnahme am Unterricht zu MINT-Themen. Der Beitrag beantwortet damit die Frage, was guten Unterricht zu MINT-Themen im Primarbereich ausmacht und welche MINT-spezifischen Unterrichtsansätze sich für eine gelingende Umsetzung in der Praxis anbieten.

Im zweiten Beitrag (Beitrag B) werden Gemeinsamkeiten und Besonderheiten der MINT-Disziplinen für den Primarbereich in den Fokus gestellt und Möglichkeiten sowie Herausforderungen eines fachintegrierten sowie fachspezifischen Unterrichts zu MINT-Themen diskutiert. Nadine Bergner, Kim Lange-Schubert, Jörg Ramseger, Marcus Schütte, Maike Hagena, Judith Jung und Annett Steinmann beschreiben dafür aus den Fachdisziplinen heraus disziplinspezifische Ziele für MINT-Bildung im Primarbereich. Außerdem werden mögliche Schnittmengen sowohl zwischen den MINT-Disziplinen als auch zu anderen Wissenschaften dargelegt. Im Rahmen von Praxisbeispielen zeigen die Autorinnen und Autoren Möglichkeiten zur Verzahnung der Disziplinen M, I, N und T für qualitätvollen Unterricht im Primarbereich auf. In einem Ausblick formulieren Kim Lange-Schubert und Mirjam Steffensky Herausforderungen, empirische Evidenzen und Forschungsdesiderata zur MINT-Bildung im Primarbereich und geben Empfehlungen für die weitere Stiftungsarbeit.

Ergänzend zu den Expertisen wird im dritten Beitrag (Beitrag C) das Rahmenkonzept einer MINT-Bildung vorgestellt, welches im Austausch mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern entstanden ist. Im Rahmenkonzept werden Gemeinsamkeiten der MINT-Disziplinen herausgearbeitet und modellhaft zusammengefasst. Es dient der stiftungsinternen Angebotsentwicklung als konzeptionelle Grundlage für fachintegriertes MINT-Lernen und möchte einen Beitrag zum wissenschaftlichen Diskurs über integrierende MINT-Bildung leisten.

Im vierten Beitrag (Beitrag D) fassen Julia Barenthien und Simone Dunekacke den internationalen Forschungsstand zu MINT-Lehrkräftefortbildungen im Pri-

marbereich zusammen. Neben Empfehlungen für die Stiftungsarbeit formulieren die Autorinnen einen Kriterienkatalog mit Gelingensbedingungen für wirksame MINT-Lehrkräftefortbildungen. Sie geben damit wertvolle Hinweise auf die Frage, wie Lehrkräfte im Primarbereich wirkungsvoll und zeitgemäß fortgebildet werden können, um mittel- bis langfristig die Qualität ihres Unterrichts zu MINT-Themen zu verbessern.

Als Beispiel einer wirksamen Lehrkräftefortbildung zu MINT-Themen werden im letzten Beitrag (Beitrag E) die Entwicklung und Pilotierung der stiftungseigenen Blended-Learning-Fortbildungsreihe zum Thema „Informatische Bildung im Grundschulunterricht“ im Rahmen des PRIMA!-Projektes anhand des Design-Based-Research-Ansatzes (Entwickeln – Testen – Evaluieren – Reflektieren) beschrieben. Ziel ist es, die Wirkungen der Fortbildungsreihe auf den Ebenen Zufriedenheit, Lern- und Transfererfolg der Teilnehmenden zu untersuchen (vgl. Kirkpatrick & Kayser Kirkpatrick, 2016). Darüber hinaus wird abschließend der Umgang der Stiftung mit den Ergebnissen aus Pilotierung und Evaluation vorgestellt.

Auf der Grundlage der Expertenempfehlungen und der Evaluationsergebnisse zieht die Stiftung ein Fazit für die (Weiter-)Entwicklung ihrer Angebote zur MINT-Bildung allgemein sowie für die inhaltliche und konzeptionelle Ausrichtung der Stiftung zur MINT-Bildung im Primarbereich (vgl. Fazit und Ausblick, in diesem Band). Der Band schließt mit einem Ausblick dazu, welche Fragen für die Stiftung – wie auch insgesamt im Diskurs über Ziele, Konzepte und geeignete Fortbildungsangebote einer MINT-Bildung im Primarbereich – noch offen sind und in welcher Weise sich die Stiftung ihnen zukünftig widmen wird.

Zusammenfassung zentraler Ergebnisse

Stiftung Haus der kleinen Forscher



Zusammenfassung zentraler Ergebnisse

Der 16. Band der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung ‚Haus der kleinen Forscher‘“ stellt die MINT-Bildung im Primarbereich in den Fokus. In diesen Kontext wurden umfassende Expertisen von Fachexpertinnen und -experten für die Stiftung erstellt. Darüber hinaus gibt das stiftungseigene Rahmenkonzept einer MINT-Bildung einen Überblick über konzeptionelle Gemeinsamkeiten der MINT-Disziplinen und bildet damit die theoretische Grundlage für die (Weiter-)Entwicklung der inhaltlichen Angebote der Stiftung. Außerdem beschreibt dieser Band die fachlich fundierte Fortbildungskonzeption im Rahmen des PRIMA!-Projektes sowie die Ergebnisse der Pilotierung und Evaluation eines exemplarischen Fortbildungsangebotes (Informatische Bildung) und gibt einen Ausblick auf die weitere Stiftungsarbeit zur MINT-Bildung im Primarbereich.

Beitrag A: Guter MINT-Unterricht in der Grundschule

Im Beitrag „Guter MINT-Unterricht in der Grundschule“ erörtert Mirjam Steffensky zunächst grundlegende Ziele eines Unterrichts zu MINT-Themen im Primarbereich. Sie verweist dabei auf Literacy-Konzeptionen (Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten, Einstellungen, Interesse, Motivation) und fokussiert auf inhaltsbezogenes sowie prozessbezogenes Wissen der einzelnen MINT-Disziplinen. In diesem Zusammenhang weist die Autorin auf die Herausforderung hin, welche Inhalte wann gelernt werden sollen, und empfiehlt kumulative Lernwege sowie vertikale Vernetzung in Form von Learning Progressions (idealisierte Lernverläufe anhand von Lernstufen zu einem bestimmten Inhalt auf längerer Zeitskala) oder Spiralcurricula. Im Beitrag werden außerdem Voraussetzungen für Lern- und Entwicklungsprozesse aufseiten der Schülerinnen und Schüler aufgezeigt – sowohl fachübergreifend als auch fach- und disziplinspezifisch. Ein besonderes Augenmerk legt Mirjam Steffensky auf den relativ stabilen Anteil von Schülerinnen und Schülern auf den untersten Kompetenzstufen, der regelmäßig durch TIMMS als auch den IQB-Trend nachgewiesen wird. Die Autorin formuliert in diesem Zusammenhang die notwendige Unterstützung von Lehrkräften im Umgang mit potenziellen bildungsrelevanten Risikofaktoren sowie wirksamen Lerntheorien z. B. in Form von Fortbildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen.

Des Weiteren spezifiziert die Autorin allgemeine Unterrichtsqualitätsdimensionen für den Primarbereich und diskutiert diese im Hinblick auf Unterricht zu MINT-Themen. Die Qualitätsdimensionen werden aus dem aktuellen theoretischen und empirischen, nationalen und internationalen Forschungsstand abgeleitet. Um Fachunterricht und dessen Qualität angemessen zu beschreiben, sollten aus Sicht der Autorin die im deutschsprachigen Raum weit verbreiteten

Basisdimensionen *effektive Klassenführung, konstruktive Unterstützung und kognitive Aktivierung* um *fachliche Korrektheit sowie fachbezogenes Professionswissen* ergänzt werden. Allerdings wird auch auf die teils inkohärente empirische Befundlage sowie wissenschaftliche Trennschärfe der Dimensionen verwiesen und der Blick auf alternative Modelle gerichtet. Als MINT-spezifische unterrichtliche Herangehensweisen stellt Mirjam Steffensky Inquiry-based Learning-Ansätze vor, bei denen mithilfe einer bildungswirksamen Strukturierung des Unterrichts die Unterstützung der Lernenden in ihrem Erkenntnisprozess im Mittelpunkt steht. Im Fazit empfiehlt die Autorin eine regelmäßige und qualitätsvolle Bereitstellung von Lerngelegenheiten zu MINT-Themen im Primarbereich. Dies könnte vonseiten der Stiftung durch das Angebot von Unterrichtsmaterial und Fortbildungen unter Berücksichtigung der Befunde zur Unterrichtsqualität unterstützt werden. Besonders wird hierbei der stärkere Fachbezug durch Fragen der Inhalts-, Material- und Medienauswahl sowie der kognitiven Unterstützung betont.

Beitrag B: MINT oder M, I, N, T? Gemeinsamkeiten und Besonderheiten der MINT-Disziplinen im Primarbereich

Im zweiten Beitrag dieses Bandes zu „Gemeinsamkeiten und Besonderheiten der MINT-Disziplinen im Primarbereich“ werden die vier MINT-Disziplinen zunächst ins Verhältnis zu anderen Wissenschaftsdisziplinen gesetzt, bevor ihre Gemeinsamkeiten skizzieren werden. Jörg Ramseger und Annett Steinmann identifizieren in ihrem Teilbeitrag folgende gemeinsame typische Merkmale:

- das Bemühen um eine evidenzbasierte Argumentation,
- das Bemühen um Nachprüfbarkeit und Reproduzierbarkeit der die Ergebnisse stützenden Verfahren, beispielsweise im naturwissenschaftlichen Experiment, im Programmcode, im Modell oder Prototyp eines technischen Erkenntnisobjektes,
- das Bemühen um kontinuierliche Präzisierung und um Widerspruchsfreiheit ihrer Theoreme, Befunde und Aussagen sowie
- die Nutzung der Mathematik zur Erfassung der Befunde, zur Beschreibung und Überprüfung der Algorithmen und Theoreme sowie zur Vorhersage von Ereignissen.

Schließlich wird in den folgenden Teilbeiträgen von Nadine Bergner, Kim Lange-Schubert, Jörg Ramseger, Marcus Schütte, Maike Hagena, Judith Jung und Annett Steinmann jeweils disziplinintern argumentiert, welche die spezifischen Gütekriterien der Gegenstandsbereiche Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften

und Technik sind und welche Ziele im Rahmen einer Grundbildung in der jeweiligen Disziplin im Primarbereich verfolgt werden.

Mathematik

Marcus Schütte, Maïke Hagen und Judith Jung diskutieren zu Beginn ihres Beitrages die Verortung der Mathematik in einem der gängigen Wissenschaftsgebiete. Hierbei greifen die Autor:innen die Idee einer möglichen Verortung des Fachgebiets Mathematik in den Naturwissenschaften, den Geisteswissenschaften, der Kunst oder den Strukturwissenschaften auf. Im Ergebnis entwerfen sie ein Bild von Mathematik als eine menschengemachte, soziokulturelle Praxis mentaler Konstruktionen. Für den Primarbereich leiten sie als zentrale Ziele den Aufbau eines gesicherten Verständnisses mathematischer Inhalte sowie spezifischer Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen ab, die über die Aneignung reiner Rechenerfertigkeiten hinausgehen. Reflexion, Partizipation und individuelle Bedeutungskonstruktion werden als relevante Komponenten eines guten Mathematikunterrichts im Primarbereich beschrieben. In Anlehnung an die 2022 überarbeiteten Bildungsstandards für das Fach Mathematik (KMK, 2022) werden inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen spezifiziert, die in ihrer Summe die Basis für eine mathematische Grundbildung darstellen. Zu den inhaltsbezogenen Kompetenzen zählen als Leitideen der Umgang mit Zahlen und Operationen, Raum und Form, Größen und Messen, Daten und Zufall, Muster, Strukturen und funktionaler Zusammenhang. Unter prozessbezogenen Kompetenzen sind das Argumentieren, Kommunizieren, Problemlösen, Modellieren, Darstellen und Arbeiten mit mathematischen Objekten und Werkzeugen zu verstehen. Im Sinne eines ganzheitlichen Lernens betonen die Autor:innen überdies die Bedeutung der Förderung von Freude an Mathematik als wichtige Gelingensbedingung für mathematisches Lernen im Primarbereich.

Informatik

Im Beitrag zur Informatik stellt Nadine Bergner die dynamische Entwicklung der jüngsten der vier MINT-Disziplinen vor. Sie beschreibt die Informatik als Wissenschaft der automatisierten Informationsverarbeitung mit einem großen Einfluss auf unser alltägliches Leben. Die Zuordnung zu einer Wissenschaftskategorie reiche bei der Informatik von den Naturwissenschaften über die Ingenieurwissenschaften bis hin zur Strukturwissenschaft oder Gesellschaftswissenschaft. Verstehen und Mitgestalten werden als zentrale Säulen informatischer Bildung benannt und erläutert. Nadine Bergner verweist in diesem Zusammenhang auf das Verhältnis von informatischer Bildung und Medienbildung: Sie veranschaulicht es anhand des Dagstuhl-Dreiecks mithilfe der anwendungsbezogenen, der gesellschaftlich-kulturellen sowie der technologischen Perspektive. Daraus leitet

sie auch die Relevanz informatischer Bildung für den Primarbereich ab und kontextualisiert sie mit strategischen Vorgaben der KMK. Anhand länderspezifischer Implementierungen in Rahmenvorgaben und Lehrplänen verdeutlicht die Autorin das Potenzial sowie Anknüpfungspunkte informatischer Bildung, zeigt zugleich aber auch Herausforderungen aufseiten der Lehrkräfte auf. Nadine Bergner führt als Ziele informatischer Grundbildung im Primarbereich die von der Gesellschaft für Informatik formulierten und von der Stiftung gemeinsam mit Expertinnen und Experten erweiterten Inhalts- und Prozessbereiche auf. Diese wurden sowohl für die Ebene der Kinder als auch für Fach- und Lehrkräfte konzipiert. Zu den Inhaltsbereichen für informatische Bildung zählen demnach Information und Daten, Algorithmen, Sprachen und Automaten, Informatiksysteme sowie Informatik, Mensch und Gesellschaft. Sie werden von den Prozessbereichen Modellieren und Implementieren, Begründen und Bewerten, Strukturieren und Vernetzen, Kommunizieren und Kooperieren, Darstellen und Interpretieren sowie Interagieren und Explorieren komplettiert.

Naturwissenschaften

Jörg Ramseger definiert in seinem Beitrag das Ziel der Naturwissenschaften als Suche nach Erklärungen für Erscheinungen der belebten und unbelebten Natur. Dabei verortet er die Disziplin im Primarbereich in Deutschland als eine von verschiedenen Perspektiven im Sachunterricht. Bezüge zu Konzepten einer Bildung für nachhaltige Entwicklung hält er dabei für zwingend notwendig. Ramseger verweist auf die Berücksichtigung lebensweltlicher Erfahrungen bei naturwissenschaftlichen Lernprozessen der Kinder und eine aktiv handelnd ausgerichtete Ko-Konstruktion zwischen Lehrenden und Lernenden. Handeln und Verstehen befinden sich demnach in einem wechselseitigen Prozess, mit dem Ziel einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (Scientific Literacy). Teil dieser Grundbildung sind einerseits Inhaltsbereiche aus der Physik, Chemie, Biologie, Geografie, Geologie und Astronomie, andererseits Prozesse des Wissenserwerbs (z. B. Beobachten) sowie Kenntnis über einige Basiskonzepte (z. B. Energie). Hinzu kommen Vorstellungen über die besondere Bedeutung der Naturwissenschaften (z. B. für die Behandlung von Krankheiten) sowie Vorstellungen über Naturwissenschaft in sozialen, gesellschaftlichen und politischen Kontexten (z. B. Umweltschutz). Jörg Ramseger empfiehlt eine auf Entdecken und Forschen ausgerichtete Lernumgebung, innerhalb derer Kinder die grundlegende Vorgehensweise der Naturwissenschaften erproben und einüben sowie allgemeinbildende Kompetenzen erwerben können. Als zentrale Aktivitäten eines naturwissenschaftlich ausgerichteten Unterrichts im Primarbereich beschreibt der Autor das Fragen, das Beobachten und das Argumentieren im Dialog mit den Mitschülerinnen und Mitschülern sowie den Pädagoginnen und Pädagogen.

Technik

Im Beitrag zur Technik erläutern Kim Lange-Schubert und Annett Steinmann die historische Entwicklung der Disziplin sowie die schulische Realisierung technischer Allgemeinbildung im Primarbereich in Deutschland. Dies geschieht vereinzelt im Fach Werken und in den meisten Bundesländern im Rahmen des Sachunterrichts, mit dem Ziel einer Befähigung zum bewusst-kritischen technischen Handeln und Gestalten sowie der geistigen Durchdringung des Kulturbereichs Technik mit dem Ziel der technischen Literalität. Die Autorinnen bieten den Begriff der Soziotechnik an, um neben der Sachebene auch gesellschaftliche und ethische Perspektiven zur Erschließung technischer Wirklichkeit einzubeziehen. Im Rahmen des Unterrichts beschreiben sie problemorientierte Lerngelegenheiten unter Berücksichtigung der kindlichen Vorerfahrungen, Fragen und Interessen als Ausgangspunkt für technische Lernprozesse. Sie verweisen außerdem auf das Potenzial kooperativ angelegter Problemlösesituationen und empfehlen dafür ein iterativ angelegtes Acht-Phasen-Modell. Das Prinzip Forschen und Gestalten formulieren sie in Anbetracht kognitionspsychologischer und lerntheoretischer Erkenntnisse als Herangehensweise für die Gestaltung technischer, aber auch MINT-integrierender Lerngelegenheiten.

Praxisbeispiele

Im sechsten Teilbeitrag werden zwei Beispiele gelungenen Unterrichts zu MINT-Themen im Primarbereich vorgestellt, die ausgewählte Unterrichtsqualitätsdimensionen (vgl. Beitrag A) illustrieren helfen und Verzahnungsmöglichkeiten zwischen den Disziplinen aufzeigen. Am Beispiel des Hebelgesetzes werden für die Disziplinen Naturwissenschaften, Technik und Mathematik Anknüpfungspunkte für MINT-integriertes Lernen aufgezeigt. Das zweite Beispiel beinhaltet ein Unterrichtsangebot zum (Er-)Finden und Gestalten einer Alltagsunterstützung, bei dem technisches Lernen (in inklusiven Lerngruppen) mit informatischen und naturwissenschaftlichen Aspekten verknüpft wird.

M, I, N, T- oder MINT-Unterricht in der Grundschule – Status quo und Perspektiven

In einem abschließenden Ausblick diskutieren Kim Lange-Schubert und Mirjam Steffensky Herausforderungen, empirische Befunde und Potenziale einer MINT-Bildung für den Primarbereich. Hierfür betrachten die Autorinnen zunächst den Begriff „MINT“ und seine Konzeptionen, die von „MINT als Sammelbegriff“ bis hin zu „MINT als interdisziplinärer Bereich“ reichen. Außerdem analysieren sie die Implementierung von MINT-Bildung in der aktuellen Praxis der allgemeinbildenden Schulen. Hier zeigen sich, beginnend im Primarbereich, die Eigenständigkeit der

Disziplin Mathematik als Schulfach und verschiedene Formen der Zuordnung und Integration der Disziplinen Informatik, Technik und Naturwissenschaft in den Sachunterricht oder andere Fächerverbünde. Für den Primarbereich im Speziellen beleuchten die Autorinnen detailliert die unterschiedlichen Vorgehensweisen einer integrativen bzw. additiven Erarbeitung von MINT-Themen. Anhand verschiedener Ansätze von MINT-Bildung wie dem situierten Lernen, dem Forschungszyklus oder dem Designprozess werden Möglichkeiten einer MINT-integrierenden Herangehensweise aufgezeigt. Als Argumente für eine fachvernetzende Auseinandersetzung können aus Sicht der Autorinnen das Selbstverständnis des Primarbereichs und insbesondere das Selbstverständnis des vielperspektivischen Sachunterrichts angeführt werden. Darüber hinaus spricht die Erarbeitung lebensweltnaher und komplexer Themen, die sich über Disziplin- und Fachgrenzen hinweg erstrecken, für eine integrierende Vorgehensweise. Als Herausforderungen und Argumente gegen eine Verzahnung der MINT-Disziplinen benennen die Autorinnen die häufige Reduzierung der Mathematik und Informatik als Hilfswissenschaft bzw. den verengten Blick auf Technik in integrierenden Settings sowie die potenzielle Überforderung der Lernenden aufgrund der Komplexität der Inhalte und der zu benötigten Kompetenzen. Die Autorinnen merken des Weiteren an, dass sich nicht alle Themen für eine integrative Betrachtungsweise eignen bzw. die MINT-Disziplinen bei einigen Inhalten wiederum für eine umfassende Betrachtung nicht ausreichen. Sowohl fehlende Kenntnisse bei Lehrpersonen als auch ein Mangel an qualitativvollen Unterrichtsmaterialien würden außerdem einem MINT-integrierenden Vorgehen entgegenstehen. Die überschaubare empirische Befundlage zu MINT-integrierenden Bildungsangeboten zeigt ein uneindeutiges Bild hinsichtlich der Lernwirksamkeit. Es deutet sich jedoch an, dass eine explizite Adressierung des MINT-Wissens sowie die gezielte Unterstützung der Lernenden in Bezug sowohl auf Inhalte als auch auf Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen wichtig für den Lernerfolg sind.

Für die Stiftungsarbeit empfehlen die Autorinnen, weiterhin den Schwerpunkt auf Fortbildungen und Angebote zu legen, die sich einzelnen Disziplinen widmen, und darauf aufbauend MINT-vernetzende Potenziale an Beispielen aufzuzeigen. Solange es noch keine hinreichenden Evidenzen für wirksame Lerngelegenheiten von integrierenden MINT-Bildungsansätzen gibt und die Entwicklung von guten Unterrichtsmaterialien aussteht, schlagen die Autorinnen vor, die weitere Angebotsentwicklung und Fortbildungskonzeption systematisch an den Unterrichtsqualitätsmerkmalen (vgl. Beitrag A) zu orientieren.

Beitrag C: Rahmenkonzept einer MINT-Bildung

Im dritten Beitrag des Bandes wird das mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern entwickelte, stiftungseigene Rahmenkonzept einer MINT-Bildung vor-



gestellt. Es handelt sich bei dem Rahmenkonzept um eine (fach-) didaktische Rahmung einer fächer- vernetzenden MINT-Bildung für den Elementar- und Primarbereich. Dafür wird zunächst der Bedarf an guter MINT-Bildung anhand bildungspolitischer, gesellschaftlich-transformatorischer und ökonomischer Diskurse erläutert und in Bezug zur Angebotsentwicklung und Ausrichtung der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ gesetzt.

Ausgangspunkt der Überlegungen ist, dass die einzelnen Vorgehensweisen in den Fachdisziplinen Methoden zur Bewältigung alltäglicher Probleme und zur Erkenntnisgenerierung differenzierter Fragestellungen darstellen – und dies nicht im Denken abgrenzbarer Disziplinen, sondern in der Komplexität lebensweltlicher Herausforderungen und Phänomene. Daher widmet sich ein eigenes Kapitel der Frage nach Vor- und Nachteilen einer vernetzenden Sichtweise auf die MINT-Disziplinen.

Dem Rahmenkonzept selbst ist eine differenzierte Betrachtung des Akronyms MINT vorangestellt sowie eine ausführliche Darlegung des MINT-Wissenschaftsverständnisses. Letzteres bildet einen Teil der ersten Ebene des Rahmenkonzeptes und wird als *Nature of Knowledge* – in Anlehnung an *Nature of Science* – bezeichnet. Die erste Ebene wird durch die Gemeinsamkeiten im Vorgehen bzw. dadurch, wie dieses Wissen entsteht, vervollständigt und als *Nature of Inquiry* benannt. Im Konkreten zählen dazu *das Formulieren von Erklärungen und das Entwickeln von Lösungen, das Untersuchen und Überprüfen, das Darstellen und Kommunizieren, das Recherchieren sowie das Reflektieren*. Um das Rahmenkonzept für pädagogische Kontexte zugänglich zu machen, wird es außerdem auf Bildungsziele und -bereiche ausgerichtet. Selbstbestimmung und Mündigkeit sind dafür die Basis und werden um *Inhalts- und Prozessbereiche* ergänzt. Sie bilden die zweite Ebene des Rahmenkonzeptes. *MINT-Wissensbestände* konstituieren dabei die Inhaltsbereiche und können aus Inhalten der einzelnen Disziplinen (Energie, Zahlen, System, ...) oder aus der Formulierung von Basiskonzepten (Leben ist Veränderung, nur mit Energie kann man etwas tun, ...) gespeist werden. Unter den *Prozessbereichen* sind MINT-Denk- und Handlungsweisen zu verstehen wie *das Entdecken und Forschen*. In der konkreten Bildungssituation spielen zudem spezielle Tätigkeiten wie das Schätzen, Messen oder Bauen eine Rolle. Sie werden im Rahmenkonzept als *Arbeitstechniken* bezeichnet und befinden sich auf der dritten Ebene.

Mit dem Rahmenkonzept einer MINT-Bildung liegt der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ damit eine theoretisch fundierte sowie fachlich und wissenschaftlich abgesicherte Grundlage für die weitere Ausrichtung der Stiftungsarbeit und Angebotsentwicklung vor. Zugleich dient das Konzept der Bereicherung des wissenschaftlichen Diskurses um gute MINT-Bildung im Elementar- und Primarbereich und stellt den Ausgangspunkt für eine erste konzeptionelle Fassung des komplexen (und teils kontrovers diskutierten) Gefüges um MINT-Bildung dar.

Beitrag D: Gelingensbedingungen von MINT-Fortbildungen für Primarschullehrkräfte

Der vierte Beitrag dieses Bandes beschreibt in Rückgriff auf nationale wie internationale empirische Erkenntnisse wichtige Kriterien für effektive MINT-Fortbildungen im Primarbereich. Julia Barenthien und Simone Dunekacke erörtern dafür zunächst komplexe Wirkungszusammenhänge zwischen den Leistungen der Schülerinnen und Schüler, der Qualität des Unterrichts bis hin zur professionellen Kompetenz der Lehrkräfte. Da dem Primarschulbesuch nachgewiesenermaßen ein großer Effekt auf die naturwissenschaftliche Kompetenz der Kinder beigemessen wird, ist sowohl eine hohe Qualität der Bildungsangebote als auch eine ausgeprägte professionelle Kompetenz der Lehrkräfte anzustreben. Die Autorinnen verweisen jedoch auf eine äußerst große Heterogenität hinsichtlich der Kompetenzen der Lehrkräfte. Daran knüpfen die Expertinnen Einflussmöglichkeiten von Fortbildungsangeboten als Professionalisierungsmaßnahme an und extrahieren Gelingensbedingungen für MINT-Fortbildungen. Entlang folgender elf Merkmale effektiver Fortbildungen im Allgemeinen werden empirische Befunde, die spezifisch auf Fortbildungen zu MINT-Themen im Primarbereich bezogen sind, vorgestellt:

- inhaltlicher Fokus,
- aktives Lernen,
- Qualität der Inhalte,
- Kohärenz,
- Lernzielorientierung,
- Dauer und Nachhaltigkeit der Fortbildungen,
- Design der Fortbildungen,
- kooperative Teilnahme von Lehrkräften,
- freiwillige Teilnahme von Lehrkräften,

- Funktion der Fortbildenden sowie
- organisatorische Bedingungen auf Ebene der Schule.

Für die Angebotsentwicklung empfehlen die Autorinnen eine *ausgewogene Berücksichtigung verschiedener Facetten von professioneller Kompetenz*: In Fortbildungen sollten neben dem Wissen auch Überzeugungen und Motivation sowie situationsspezifische Fertigkeiten (professionelle Wahrnehmung) von Lehrkräften adressiert werden. Des Weiteren wird auf eine *kontinuierliche Prüfung der Passung von Angeboten auf die Bedarfe der Zielgruppe* verwiesen. Als besonders relevante Merkmale für erfolgreiche MINT-Fortbildungen zeigen sich insbesondere *die verstärkte Kooperation innerhalb und außerhalb der eigenen Schule, die Arbeit mit Unterrichtsvideos und Fallanalysen (Prompts) zur Förderung der professionellen Wahrnehmung, Scaffolding (Unterstützungssysteme), die Orientierung an den Schülerinnen und Schülern sowie die Rolle der Fortbildenden mit ihrem Wissen, ihren Überzeugungen und ihrer Motivationsfähigkeit*.

Die Expertinnen betonen die große Expertise der Stiftung im Elementarbereich und leiten daraus Potenzial zur Betrachtung vom Übergang in den Primarbereich sowie zur Anschlussfähigkeit von MINT-Bildung über die Kita hinaus ab. Sie empfehlen als mögliche perspektivische Schwerpunktsetzung für die Stiftungsarbeit eine MINT-übergreifende Betrachtungsweise auf prozessbezogene Aspekte von MINT-Bildung, insbesondere in Anbetracht einer enorm hohen Anzahl an fachfremd unterrichtenden Lehrkräften und aktueller pädagogischer Unterrichtsansätze wie fachübergreifenden Unterrichts. Für eine nachhaltige Implementierung der Fortbildungsinhalte empfehlen die Autorinnen zuletzt eine verstärkte Verankerung der Fortbildungsinhalte in den Schulkollegien, die in Richtung einer unterrichtsbezogenen Schulentwicklung orientiert sein könnte. Hier könnte auf die bereits gewonnenen Erfahrungen zur Organisationsentwicklung im Elementarbereich aufgebaut werden.

Beitrag E: Entwicklung und Pilotierung der Fortbildungsreihe „Informatische Bildung im Grundschulunterricht“

Im fünften Beitrag dieses Bandes beschreibt die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ am Beispiel ihrer stiftungseigenen Blended-Learning-Fortbildungsreihe zum Thema „Informatische Bildung im Grundschulunterricht“ ihr fachlich fundiertes und wirkungsorientiertes Vorgehen in der Angebotsentwicklung und -weiterentwicklung. Nachdem der Fort- und Weiterbildungsbedarf von Lehrkräften der Grundschule im Bereich MINT aufgezeigt wird, stellt der Beitrag dar, welche der in der Forschung vielfach diskutierten Wirkebenen von Lehrkräftefortbildungen die entwickelte Fortbildungsreihe adressiert.

Neben der grundsätzlichen Akzeptanz der Teilnehmenden und der empfundenen Relevanz des Fortbildungsthemas sowie der Zufriedenheit mit dem Fortbildungsangebot setzt die Fortbildung insbesondere bei der Kompetenzentwicklung der Grundschullehrkräfte, der Weiterentwicklung des unterrichtlichen Handelns sowie bei der Unterrichtsqualität an. Auf Ebene der Schülerinnen und Schüler wird angenommen, dass diese über einen entsprechend veränderten Unterricht zumindest indirekt MINT-bezogene Kompetenzen sowie ihre Motivation und Selbstwirksamkeit weiterentwickeln.

Neben den Zieldimensionen informatischer Bildung auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte, welche im Zuge der Fortbildungsentwicklung für den unterrichtlichen Kontext durch Bezüge zu den KMK-Standards zur Lehrkräftebildung angereichert wurden, wird das Transformationsmodell nach Stender als theoretische Grundlage zur Begleitung der Unterrichtsentwicklung sowie das EDAMA-Modell zur gezielten Reflexion des Unterrichtshandelns vorgestellt. Weiterhin wird aufgezeigt, dass Elemente wirksamer Lehrkräftefortbildungen (vgl. Beitrag D) Einzug in die Fortbildungsentwicklung gefunden haben. Übergeordnet wird insbesondere die Mehrdimensionalität professioneller Kompetenz (Wissen, Einstellungen und Motivation sowie Fertigkeiten im praktischen Handeln) in der Fortbildungsreihe berücksichtigt.

Die Weiterentwicklung des fachlichen und fachdidaktischen Wissens wird insbesondere in vertiefenden Online-Modulen fokussiert. Die Entwicklung von Einstellungen und Motivation wird bei den Teilnehmenden angeregt, indem sie Gelegenheit bekommen, selbst zu entdecken und zu forschen, sich kollegial auszutauschen und gemeinsam zu reflektieren sowie die Lernbegleitung der Fortbildnerinnen und Fortbildner als Rollenvorbild zu erleben. Fertigkeiten im Unterrichtshandeln werden durch das eigene unterrichtliche Handeln im Rahmen der Praxiserprobung, der individuellen Begleitung der Teilnehmenden in dieser Phase sowie der intensiven Reflexion der Umsetzung gefördert.

Im letzten Abschnitt des Beitrags wird ausführlich auf die bundesweite Testung (Pilotierung) mit 40 teilnehmenden Lehrkräften sowie die begleitende Evaluation der Fortbildungsreihe eingegangen. Ergebnisse aus der Evaluation (in Form eines Mixed-Method-Designs) zeigen grundsätzlich Entwicklungen auf den antizipierten Wirkebenen auf und geben Hinweise darauf, dass sich das Fortbildungsangebot im Rahmen der angestoßenen Entwicklungen insbesondere auf den Ebenen *Akzeptanz, Zufriedenheit und erlebte Relevanz, Erweiterung von Wissen, Weiterentwicklung von Überzeugungen* sowie *Veränderung der Motivation der Teilnehmenden* bewegt. Es konnten darüber hinaus auch nicht intendierte Entwicklungen auf Ebene der *Erweiterung des Lehrkräftehandelns* und der *Verbesserung der Unterrichtsqualität* angestoßen werden.

A Guter MINT-Unterricht in der Grundschule

Mirjam Steffensky



- 1 Einleitung
- 2 Ziele des Grundschulunterrichts in den MINT-Bereichen
- 3 Lernrelevante Voraussetzungen von Schüler:innen
- 4 Unterrichtsqualität
- 5 Basisdimensionen für die Weiterentwicklung von MINT-Unterricht

1 Einleitung

Die MINT-Disziplinen sind in der Grundschule unterschiedlich verankert. So ist Mathematik neben Deutsch ein zentrales Fach in der Grundschule mit Stundenzahlen zwischen 18 und 22 Unterrichtsstunden pro Woche für die Klassen 1 bis 4 (acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und Körber-Stiftung, 2019). Seit 2004 liegen für das Fach Mathematik auch Bildungsstandards vor, in denen die in der Regel zu erwerbenden mathematischen Kompetenzen für das Ende der vierten Jahrgangsstufe festgeschrieben sind. Die Naturwissenschaften und Technik gehören zum mehrperspektivischen Fach Sachunterricht, das sowohl gesellschaftswissenschaftliche als auch naturwissenschaftlich-technische Bereiche umfasst. In einzelnen Bundesländern gibt es weitere Fächer (wie in Sachsen das Fach Werken), welche technische Kompetenzen anbahnen sollen. Die Summe der Unterrichtsstunden für Technik und Naturwissenschaften lässt sich schwer abschätzen. Dies liegt zum einen daran, dass diese Bereiche lediglich einen Teil des mehrperspektivischen Sachunterrichts ausmachen, und zum anderen die Kontingenztafeln den Sachunterricht in den meisten Ländern mit anderen Fächern im Verbund ausweisen. Die vorhandenen Angaben lassen einen Stundenumfang zwischen 10 und 14 Stunden für die Jahrgangsstufen 1 bis 4 annehmen (acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und Körber-Stiftung, 2019). Lehrpersonen wiederum gaben im Rahmen der aktuellen TIMSS-Studien an, dass sie ca. 50 % der Sachunterrichtsstunden für die drei Naturwissenschaften (Biologie, Chemie und Physik) und Technik verwenden, allerdings ist die Streuung der Angaben extrem groß (Steffensky et al., 2016; Steffensky et al., 2020). Insgesamt kann man annehmen, dass es hinsichtlich formaler naturwissenschaftlich-technischer Lerngelegenheiten große Unterschiede zwischen den Ländern, den Schulen sowie den einzelnen Lehrkräften gibt.

Informatik stellt ebenfalls kein eigenständiges Fach in deutschen Grundschulen dar. Teile der informatischen Bildung sind in dem fachübergreifenden Bereich Medienbildung/digitale Bildung enthalten, der allerdings stark auf die Fertigkeiten im Umgang mit digitalen Geräten abzielt. Ansätze, die stärker auf die Perspektive der Funktions- und Wirkungsweise der Digitalisierung ausgerichtet sind, z. B. über Algorithmen oder Datenstrukturen, sind in den Sachunterricht bzw. das Fach Werken oder den Mathematikunterricht eingebunden, spielen insgesamt aber bislang eine eher geringe Rolle. Beispielhaft zu nennen sind hier die Entwicklungen im Bundesland Sachsen, wo es seit dem Schuljahr 2019/20 im Fach Werken in Klasse 4 mit dem Lernbereich „Begegnung mit Robotern und Automaten“ erstmalig einen Lernbereich mit informatischem Fokus gibt.

Eng mit dem MINT-Bereich (sowie mit dem Fach Geografie bzw. der geografischen Perspektive des Sachunterrichts) verknüpft ist das Thema Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (BNE). Es wird als Querschnittsthema in den Bildungsplänen der (Grund-)Schulen, aber auch im Perspektivrahmen der GDSU aufgegriffen (Gesellschaft für die Didaktik des Sachunterrichts [GDSU], 2013). Bildung für nachhaltige Entwicklung umfasst mehr als nur MINT-spezifische (insbesondere naturwissenschaftsspezifische) Aspekte, weil es hier um das Verständnis für soziale, ökonomische und ökologische Entwicklungen und deren wechselseitige Abhängigkeiten geht (Haan, 2008). Überschneidungen des Konzepts BNE zeigen sich zu dem vor allem international verbreiteten naturwissenschaftsdidaktischen Ansatz der „Socioscientific Issues“, in dem nun eindeutige und komplexe Themen mit natur- und sozialwissenschaftlichen und ethischen Bezügen als Lerngegenstände beschrieben sind (Gresch et al., 2013; Hancock et al., 2019). Die zunehmende Implementierung von BNE in die Bildungspraxis zeigt sich auch anhand der Rahmenkonzeptionen von PISA und TIMSS, die sich an Scientific Literacy (vgl. Kapitel 2) orientieren und in denen zumindest Aspekte von BNE zunehmend aufgenommen werden. Zudem wurde in PISA 2018 das Konstrukt „Global Competence“ erfasst, das einige Überschneidungen mit BNE aufweist (Weis et al., 2020). Bildung für nachhaltige Entwicklung ist also im Zusammenhang mit MINT-Bildung mitzudenken, sie ist anschlussfähig an aktuelle Konzepte von MINT-Bildung, auch wenn sie nicht als identisch angesehen werden kann und sollte (vbw-Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V., 2021).

Im folgenden Beitrag geht es zunächst um Ziele von MINT-Bildung und Voraussetzungen von Kindern für die Entwicklung von MINT-Kompetenzen. Anschließend wird der Frage nach gutem MINT-Unterricht nachgegangen. Hierbei wird sowohl die generische als auch die MINT-spezifische Perspektive berücksichtigt.

2 Ziele des Grundschulunterrichts in den MINT-Bereichen

Es gibt schon lange einen großen Konsens darüber, dass eine grundlegende MINT-Bildung eine Voraussetzung für informierte Entscheidungen in persönlichen und gesamtgesellschaftlichen Belangen darstellt. Sie ist insoweit elementarer Bestandteil einer Allgemeinbildung. Übergeordnetes Ziel schulischer MINT-Bildung ist es, Kinder und Jugendliche zu befähigen, an der Gesellschaft teilzuhaben und verantwortungsbewusste Entscheidungen zu treffen.³ Dieses Ziel spiegelt sich auch in sogenannten Literacy-Konzeptionen wider, wobei sich diese oft auf die einzelnen Bereiche von M, I, N, T (Bybee, 1997; OECD, 2016) und seltener auf MINT oder STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) als Ganzes beziehen (National Research Council, 2011). Die Orientierung an diesen Literacy-Konzeptionen geht einher mit multikriterialen Zielen des MINT-Unterrichts. So reichen Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten nicht aus, um sich langfristig mit MINT auseinanderzusetzen, hierfür sind auch kritisch-konstruktive Einstellungen, Interesse und motivationale Orientierungen notwendig. Speziell im Kontext mit BNE wird zudem auf die Bedeutung moralischer Orientierungen hingewiesen. Entsprechende Facetten finden sich in Lehrplänen, Rahmenkonzeptionen der Schulleistungstudien und vielen didaktischen Materialien. Sehr häufig werden diese Facetten im Zusammenspiel als „Kompetenz“ im Sinne von Weinert (2001) verstanden.

Ein zentraler Bereich von MINT-Bildung ist Wissen, wobei es dabei meistens (und wenn nicht anders gesagt auch hier) um Wissen in den einzelnen MINT-Bereichen, also z. B. mathematisches Wissen und naturwissenschaftliches Wissen, und nur in Teilen um Wissen über MINT als Ganzes geht. Für alle MINT-Bereiche ist das inhaltspezifische Wissen, also das Wissen über Konzepte, Zusammenhänge, Gesetze, Regeln, Theorien, Begriffe, Systeme, Daten etc., in den zentralen Inhaltsbereichen, z. B. Arithmetik, Geometrie, Größen und Stochastik in der Mathematik, grundlegend.

Alle vier MINT-Bereiche sind aber nicht nur durch Begriffe, Konzepte und Regeln gekennzeichnet, sondern auch durch die spezifischen Denk- und Arbeitsweisen, die genutzt werden, um inhaltliches Wissen zu generieren. Zu den Denk- und Arbeitsweisen gehören z. B. das Beobachten, Experimentieren, Problemlösen oder Argumentieren. Dieser Bereich wird unterschiedlich bezeichnet, ist aber

3 *Unabhängig von der Frage des Zwecks und Nutzens von MINT-Bildung soll an dieser Stelle darauf verwiesen werden, dass Bildung in den MINT-Bereichen einen Modus der Weltbegegnung, nämlich die kognitiv-instrumentelle Modellierung, eröffnet.*

für die Bildung in den vier MINT-Bereichen ein wichtiges, dem inhaltsbezogenen Wissen gleichwertiges Merkmal (vgl. Abb. 2). In der Mathematik spricht man von prozessbezogenen Kompetenzen, in den Naturwissenschaften von prozeduralem Wissen, Wissen über Naturwissenschaften oder Methodenwissen und in der Technik wie auch in der Informatik von Denken und Vorgehen. Der prozessbezogene Bereich umfasst einerseits Fähigkeiten und Fertigkeiten, z. B. etwas zu messen, andererseits auch das Wissen über den Vorgang des Messens, z. B. in Abgrenzung zum Beobachten. Hiervon nicht klar abzutrennen, wird zumindest in den Naturwissenschaften noch epistemisches Wissen aufgeführt, das das Wissen über die Beschaffenheit von naturwissenschaftlichem Wissen (z. B. in der Regel evidenzbasiert, Vorläufigkeit) und die Genese von Wissen (z. B. in der Regel durch Tests, Experimente, in kulturellen Kontexten eingebunden) umfasst (Hodson, 2014; Steffensky, 2018). Etwas Vergleichbares findet sich in der Informatik im Inhaltsbereich Informatik, Mensch und Gesellschaft (Bergner et al., 2018). Im Folgenden sprechen wir von inhalts- und prozessbezogenem Wissen, um beide Bereiche abzudecken. Wissen wird dabei als anwendbares und vernetztes Wissen verstanden.

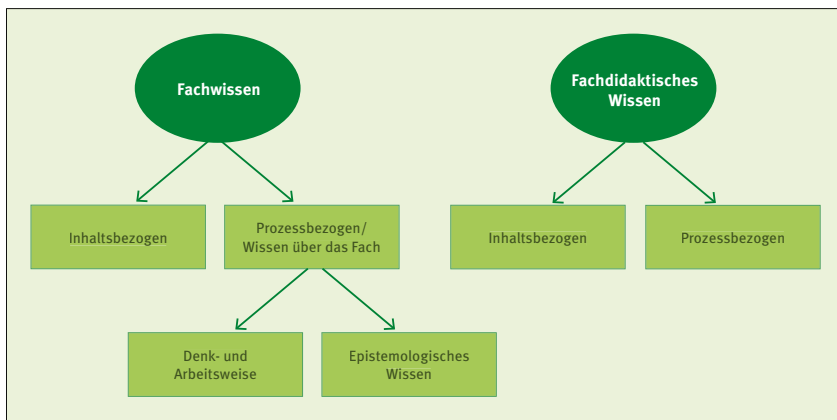


Abbildung 2. Fachwissen und fachdidaktisches Wissen (Köller et al., 2019)

Neben dem Wissen sind motivationale Merkmale von Schüler:innen wie Interesse, Einstellungen oder fachbezogene Selbstkonzepte wichtige Ziele des Unterrichts im MINT-Bereich. Sie finden sich auch in den meisten Lehrplänen und z. B. dem Perspektivrahmen für den Sachunterricht wieder. Ähnlich wie das Wissen werden diese motivationalen Merkmale bereits im Elementar- und Primarbereich angebahnt und im Verlauf der weiteren Schullaufbahn weiterentwickelt und ausdifferenziert. Sie gelten als zentrale Bedingungsfaktoren für erfolgreiche Bildungsverläufe (Kriegbaum et al., 2018). Schüler:innen, die sich für kompetent in einem Fach halten und die Inhalte interessant und bedeutsam einschätzen, sind moti-

vierter, sich mit einem Inhalt auseinanderzusetzen, und entwickeln wiederum höhere Kompetenzen (Wigfield & Eccles, 2000). Gleichzeitig beeinflusst die Kompetenz, welche fachbezogenen Fähigkeiten sich Schüler:innen zutrauen und wie interessiert und motiviert sie sind. Es wird also eine wechselseitige Beziehung zwischen motivationalen und kognitiven Merkmalen angenommen.

Anschlussfähigkeit

Vermutlich wird niemand bestreiten, dass der MINT-Unterricht inhalts- und prozessbezogenes Wissen bei Schüler:innen anbahnen sollte. Viel schwieriger aber ist es, bei konkreten Inhalten festzulegen, was sinnvollerweise in der Grundschule umgesetzt und von Kindern erwartet werden kann und sollte. Dieses Problem stellt sich zumindest für die Naturwissenschaften, die Informatik und die Technik. Damit zusammenhängend steht auch die Frage, welche Voraussetzungen Lehrkräfte in diesen Fächern, die sie in der Regel allenfalls mit kleinen Anteilen studiert haben, mitbringen müssen (Ramseger, 2013). Möglicherweise ist die Situation in der Mathematik, die einerseits eine sehr strukturierte Domäne ist und andererseits eine mehr als 200 Jahre währende Tradition in der Grundschule hat, zumindest im noch stark dominierenden Inhaltsbereich der Arithmetik anders.

Eine weitere Herausforderung ist die doppelte Anschlussfähigkeit des Grundschulunterrichts. So muss der Unterricht an grundlegende Erfahrungen und an Wissen aus der Kita anknüpfen und ein erfolgreiches späteres Weiterlernen berücksichtigen, um kumulative Lernwege zu ermöglichen. Zum Beispiel ist eine oberflächliche Einführung von Teilchenmodellen im Zusammenhang mit dem Thema Wasserkreislauf, einem typischen Thema der vierten Klasse, wenig zielführend, wenn Teilchen (im Sinne von submikroskopischen Teilchen) als kleine, nicht sichtbare Wassertröpfchen beschrieben werden. Diese Vorstellungen von kleinsten Teilchen ist nicht kohärent mit Teilchenvorstellungen, wie sie später im Chemieunterricht verwendet werden, bei denen die Teilchen eben keine makroskopischen Eigenschaften haben (Wasserteilchen sind nicht tropfenförmig und nass). Um kumulative Lernwege oder vertikale Vernetzung zu ermöglichen, kann die Orientierung an Learning Progressions hilfreich sein, in denen idealisierte Lernverläufe anhand von Lernstufen zu einem bestimmten Inhalt auf längeren Zeitskalen beschrieben sind (vgl. Spiralcurricula ...). Eine solche Orientierung wirkt auch der schlichten Dopplung von Inhalten entgegen, bei der nicht klar ist, welche Aspekte hinzukommen oder differenziert werden.

3 Lernrelevante Voraussetzungen von Schüler:innen

Lern- und Entwicklungsprozesse hängen nicht nur von der Qualität des Unterrichts, sondern auch von individuellen Lernvoraussetzungen der Schüler:innen ab. Diese beeinflussen einerseits den individuellen Lernprozess, andererseits auch die Qualität des Unterrichts, da hier komplexe Interaktionen zwischen Lehrkraft, Schüler:innen und Lerngegenstand stattfinden. Voraussetzungen lassen sich dabei in bereichsübergreifende Voraussetzungen wie kognitive Fähigkeiten und bereichsspezifische Voraussetzungen wie Vorerfahrungen z. B. mit Computern differenzieren. In beiden Fällen geht es um kognitive und motivationale Voraussetzungen.

3.1 Bereichsübergreifende Voraussetzungen

Lange Zeit war die Stufentheorie von Piaget, in der die Denkentwicklung von Kindern zwischen 0 bis 12 Jahren vom Konkreten zum Abstrakten beschrieben wurde, sehr einflussreich. Mittlerweile liegen sehr viele Befunde vor, die darauf hindeuten, dass dieser Ansatz die Denkfähigkeiten von Kindern unterschätzt und es kaum Hinweise für abrupte qualitative Veränderungen im Denken von Kindern im Sinne der Stufen gibt (Schneider & Niklas, 2017). Interindividuelle Unterschiede in den Leistungen der Kinder lassen sich eher durch bereichsspezifisches Vorwissen erklären. Generelle Entwicklungen, die für das frühe Schulalter relevant sind, betreffen die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses, die im Alter von 4 bis 8 Jahren stark zunimmt und damit einhergehend das Lösen komplexer Aufgaben erleichtert (Hasselhorn & Grube, 2008). Auch die Fähigkeitsselbsteinschätzungen entwickeln sich in dieser Altersspanne von Übereinschätzungen zu realistischen Selbsteinschätzungen. Dies bedeutet, dass gerade in dieser Phase Lehrkräfte die Schüler:innen gezielt unterstützen müssen, um realistischere, aber dennoch positive (bereichsspezifische) Selbstkonzepte zu entwickeln.

Neben Arbeitsgedächtnis und Fähigkeitsselbsteinschätzungen gibt es zahlreiche weitere bereichsübergreifende Voraussetzungen, die Lernen erleichtern oder erschweren können. Dazu gehören kognitive Fähigkeiten und exekutive Funktionen wie die Aufmerksamkeitskontrolle, die wichtig ist für das Lösen komplexer Aufgaben, bei denen Handlungen geplant und überwacht und ggf. korrigiert werden müssen. Hier liegen interindividuelle Unterschiede vor, die Lehrkräfte bei der Planung und Gestaltung von Unterricht berücksichtigen müssen (Hasselhorn & Grube, 2008).

Entscheidend für die erfolgreiche Teilnahme am Unterricht sind sprachliche Fähigkeiten, da Sprache als Medium der Kommunikation und der Vermittlung von Lerngegenständen dient und zudem Lernen oft in meist sprachlich-basierten Aushandlungsprozessen stattfindet. Sprachliche Fähigkeiten umfassen dabei bereichsübergreifende und bereichsspezifische (bzw. bildungssprachliche und fachsprachliche) Anteile. Es zeigen sich sowohl vor dem Eintritt in als auch am Ende der Grundschule große Unterschiede in den sprachlichen Kompetenzen von Kindern (Hartas, 2011 bzw. Stanat et al., 2022), die sich vor allem durch den sozioökonomischen Hintergrund der Herkunftsfamilien erklären lassen. Sprachliche Fähigkeiten sind aber nicht nur als Voraussetzung von Lernprozessen aufzufassen, sondern auch als Ziel von Unterricht, da fachliches und sprachliches Lernen eng verknüpft sind (GDSU, 2013; Prediger, 2013).

3.2 Bereichsspezifische Voraussetzungen

Für die Planung und Umsetzung von Unterricht ist es für Lehrkräfte unerlässlich, die für den Lerngegenstand relevanten Vorerfahrungen und das Vorwissen ihrer Schüler:innen zu kennen. Solche bereichsspezifischen Voraussetzungen lassen sich (etwas vereinfacht) folgendermaßen differenzieren: 1.) Voraussetzungen, die sich auf einen der vier MINT-Bereich im Sinne einer Domäne, z. B. Naturwissenschaften, beziehen, und 2.) Voraussetzungen, die sich auf konkrete Lerngegenstände des Unterrichts beziehen, z. B. die Wechselwirkung zwischen zwei Magneten. Zum ersten Punkt liegen vor allem Erkenntnisse aus Large-scale Assessments (LSA)-Studien vor, während die Erkenntnisse zu spezifischen Inhalten in der Regel aus fachdidaktischen Studien stammen. Beide Forschungsstränge sind wichtig zu berücksichtigen, um Schule und Unterricht weiterzuentwickeln.

3.3 Befunde aus LSA-Studien

Seit 2007 nimmt Deutschland regelmäßig an TIMSS Grundschule teil, sodass hier Daten zu Kompetenzständen im Bereich Mathematik und Naturwissenschaften vorliegen. Von Interesse sind dabei insbesondere die Anteile von Schüler:innen am unteren und oberen Ende des Leistungsspektrums. Die Befunde für beide Bereiche zeigen seit 2007 einen relativ stabilen Anteil von 25 Prozent der Schüler:innen auf den beiden untersten Kompetenzstufen (Schwippert et al., 2020). Ähnliche Anteile von Schüler:innen auf den unteren beiden Kompetenzstufen finden sich auch im IQB-Bildungstrend für die Bereiche Mathematik und Lesen (als eine Voraussetzung für die Teilnahme am Unterricht) (Stanat et al., 2017). Gleichzeitig zeigen die Daten dieser LSA herkunftsbedingte Disparitäten in den Leistungen,

die sich durch unterschiedliche häusliche Lernumgebungen, u. a. auch sprachliche Lerngelegenheiten, und Bildungsressourcen erklären lassen. Für den Unterricht bedeutet dies, dass insbesondere für Kinder mit möglichen bildungsrelevanten Risikofaktoren geeignete Entwicklungsmöglichkeiten geschaffen werden müssen. Die Förderung leistungsschwacher Schüler:innen sollte nicht dazu führen, dass die Förderung leistungsstarker Schüler:innen vernachlässigt wird. Denn auch hier zeigen die Ergebnisse aus TIMSS und dem Bildungstrend, dass es in den letzten Jahren nicht gelungen ist, den Anteil von Schüler:innen auf den obersten Kompetenzstufen im Bereich Mathematik und Naturwissenschaften, der zwischen fünf und zehn Prozent liegt, bedeutsam zu vergrößern.

Lehrkräfte benötigen entsprechend Unterstützung im Hinblick auf z.B. geeignete inhaltspezifische Diagnoseinstrumente, integrierte Sprachfördermöglichkeiten und adaptive Ansätze. Eine besondere Herausforderung ist dabei, dass sich zumindest in Großstädten Schüler:innen mit Bildungsrisiken nicht gleichmäßig, sondern regional gebunden auf die Schulen verteilen. Das bedeutet, dass einige Lehrkräfte mit Klassen arbeiten, in denen sehr viele Schüler:innen mit Bildungsrisiken sind, was mit anderen Herausforderungen einhergeht als die Arbeit in Klassen, in denen der Anteil kleiner ist. Da das Erfassen der Gegenstände und Sachverhalte in den MINT-Fächern eine hohe sprachliche Präzision voraussetzt, ist die Arbeit mit Kindern, die nur geringe bildungssprachliche Kompetenzen mitbringen, besonders schwierig.

3.4 Inhaltsspezifische Voraussetzungen – langfristige Perspektive

Für die erfolgreiche Auseinandersetzung mit Lerngegenständen sind zudem inhaltspezifische Vorerfahrungen und Vorwissen zentral. Dies zeigt sich beispielsweise in Studien aus dem Bereich der Arithmetik, die auf die Bedeutung von Basiskompetenzen von Kindern im Vorschulalter (wie das Anzahlkonzept) hinweisen, die prädiktiv für spätere Rechenfertigkeiten in der Schule sind (Krajewski & Schneider, 2009). Entsprechende spezifische Vorläuferfähigkeiten von Kindern im Kindergarten- oder Vorschulalter sind aus den Naturwissenschaften, Technik und der Informatik nicht bekannt. Aus den Naturwissenschaften weiß man, dass ein frühes allgemeines naturwissenschaftliches Wissen prädiktiv für spätere Leistungen ist (Morgan et al., 2016). Unklar ist aber, ob es dabei auf spezifische Aspekte ankommt. Erste Studien deuten darauf hin, dass grundlegendes Wissen über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen, z. B. das Wissen, was Beobachten, Vermuten, Überprüfen und Schlussfolgern bedeutet und wie diese Schritte verknüpft sind, Lernenden hilft, inhaltsbezogenes Wissen zu entwickeln (Jirout & Zimmerman, 2015; Klahr & Nigam, 2004; Schiefer et al., 2017).

3.5 Inhaltsspezifische Voraussetzungen – kurzfristige Perspektive

Unabhängig davon spielen Vorwissen und Vorerfahrungen generell eine zentrale Rolle für Lernprozesse. Um Lernprozesse zu planen und zu begleiten, müssen Lehrkräfte entsprechend Wissen, Lernstände, Erfahrungen, Vorstellungen zu einem bestimmten Lerngegenstand vor und während des Unterrichts diagnostizieren (Zimmermann et al., 2019). Für die Naturwissenschaften, Technik und Informatik spielen dabei insbesondere Vorstellungen von Schüler:innen (Präkonzepte, Alltagsvorstellungen, zum Teil auch Fehlvorstellungen) zu bestimmten Inhalten eine zentrale Rolle. Diese entstehen aus Erklärungen, die Kinder (und Erwachsene) zu naturwissenschaftlichen, technischen und informatischen Phänomenen der Umwelt entwickeln, und können in ihrer Erklärungsmächtigkeit begrenzt oder falsch sein, z. B.: Pflanzen sind keine Lebewesen, weil sie sich nicht richtig bewegen, oder: Datenübertragung im Internet geschieht immer direkt von einem zum anderen Gerät. Teilweise werden diese Vorstellungen durch alltagssprachliche Formulierungen nahegelegt oder verstärkt, z. B.: Die Sonne geht auf und unter; oder: Daten werden in der Cloud (also im Himmel) gespeichert. Konzeptwechselltheorien beruhen auf der Idee, dass diese Vorstellungen die Verarbeitung neuer Information maßgeblich beeinflussen (Vosniadou, 2008). Vor diesem Hintergrund sind Kenntnisse über die spezifischen Vorstellungen von Schüler:innen der Ausgangspunkt für die Begleitung und Unterstützung von Lernprozessen.

4 Unterrichtsqualität

Neben den individuellen Voraussetzungen ist Unterricht ein zentraler Einflussfaktor für die Entwicklung von Kindern. So gilt Unterricht als eine der zentralen institutionellen Entwicklungsumwelten für Kinder und Jugendliche, die darauf abzielt, Lerninhalte, aber auch Einstellungen und Werte zu vermitteln und so Modi der Weltbegegnung zu unterstützen (Klieme, 2019). Im Unterricht finden komplexe Interaktionen zwischen den Beteiligten – in der Regel Lehrkraft und Schüler:innen – und dem Lerngegenstand statt, was in ähnlicher Weise auch im didaktischen Dreieck zum Ausdruck kommt (Reusser, 2008). Inwiefern diese Interaktions- und Lernprozesse bildungswirksam sind, hängt von der Qualität des Unterrichtsangebots und der Nutzung dieses Angebots ab, wobei letzteres wieder einen Einfluss auf die Qualität haben kann (Vieluf et al., 2020).

Im Zusammenhang mit Unterrichtsqualität wird oft die Unterscheidung zwischen gutem und effektivem Unterricht getroffen (Berliner, 2005). Guter Unterricht beschreibt Unterricht aus einer oft kulturspezifisch geprägten normativen Perspektive, während effektiver Unterricht anhand der Outcomes der Schüler:innen eingeschätzt wird. Qualitätvoller Unterricht verbindet beide Perspektiven.

Für die Einschätzung von Unterricht haben sich zwei Betrachtungsebenen bewährt, die als Oberflächen- und Tiefenmerkmale bezeichnet werden. Oberflächenmerkmale werden als Merkmale auf der Sichtebeine von Unterricht wie Sozial- und Inszenierungsformen verstanden, während Tiefenmerkmale sich nur indirekt beobachten lassen (Pauli & Reusser, 2006). Tiefenmerkmale haben sich (anders als Oberflächenmerkmale) in vielen Studien als zentral für Lernprozesse herausgestellt, relativ wenig ist bislang über das Zusammenspiel von Tiefen- und Oberflächenstrukturen bekannt (z. B. Hess & Lipowsky, 2020).

4.1 Modelle der Unterrichtsqualität

Im deutschsprachigen Raum ist das Modell der drei Basisdimensionen von Unterrichtsqualität sehr verbreitet (Klieme et al., 2001; Kunter & Voss, 2011; Lipowsky et al., 2009), in denen jeweils Tiefenmerkmale zusammengefasst und theoretisch verankert sind.

1. Die **effektive Klassenführung** zielt auf die Maximierung der effektiven Lernzeit ab, also auf Zeit, die für inhaltsbezogene Lernaktivitäten genutzt wird. Dies kann beispielsweise durch etablierte Regeln und Routinen im Klassenraum zur Organisation von Unterricht und im Hinblick auf Störungen geschehen (Kounin, 2006).

2. Die **konstruktive Unterstützung** beruht auf der Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Deci & Ryan, 1993) und umfasst u. a. Aspekte wie den wertschätzenden Umgang der Lehrenden und Lernenden miteinander bzw. untereinander sowie Aspekte, die das Kompetenzerleben unterstützen, z. B. konstruktives inhaltliches Feedback.
3. Die **kognitive Aktivierung** bezieht sich stark auf konstruktivistische Lerntheorien (Aebli, 1983; Bransford et al., 2000; Collins et al., 1989) und beschreibt die Anregung der Lernenden zum vertieften Nachdenken mit dem Lerngegenstand. Dies kann u. a. durch herausfordernde, problemorientierte Aufgabenstellungen oder das Auslösen kognitiver Konflikte erreicht werden.

Dieses Modell ist ein generisches Modell, das entsprechend für alle Fächer und Bildungsstufen relevant ist. Es greift drei zentrale Erwartungen an die Lernenden auf: Aufmerksamkeit, Motivation und Verstehen.

Die drei Basisdimensionen lassen sich als Tiefenmerkmale nicht direkt im Unterricht beobachten. In den meisten Studien werden die Facetten einer Basisdimension deswegen anhand von beobachtbaren Indikatoren eingeschätzt. Zum Beispiel ist eine Facette der kognitiven Aktivierung die Aktivierung von Vorwissen. Indikatoren, ob es entsprechende Gelegenheiten im Unterricht gibt, könnten so aussehen:

- Ideen, Erfahrungen und Vorstellungen der Schüler:innen werden erfragt, ohne dabei auf eine bestimmte Antwort abzielen oder die Antworten der Schüler:innen mit Richtig oder Falsch zu bewerten.
- Typische Vorstellungen von Schüler:innen, z. B. zum Verschwinden von Wasser beim Trocknen, werden erfragt und im Unterrichtsverlauf aufgegriffen.

International gibt es eine Vielzahl von weiteren Konzeptualisierungen zur Beschreibung von Unterrichtsqualität (Bell et al., 2019; Praetorius & Charalambous, 2018). Sehr bekannt ist beispielsweise die Rahmenkonzeption Teaching Through Interactions (TTI), das im CLASS-System operationalisiert ist (Hamre et al., 2013; Pianta et al., 2012; Pianta & Hamre, 2009). Hier wird zwischen den drei Dimensionen „Organizational support“, „Emotional support“ und „Instructional support“ unterschieden, die sehr große Überschneidungen zu den oben genannten Basisdimensionen aufweisen. Das CLASS-Rating-System wird in vielen Ländern und vor allem in vielen Bildungsstufen eingesetzt. Auch viele der Merkmale aus den verschiedenen „Listen“ von Merkmalen guten Unterrichts, z. B. von Helmke (2005), Meyer (2005) oder Hattie (2009), lassen sich diesen übergeordneten Dimensionen zuordnen. Diese sparsamen gebündelten Dimensionen haben den Vorteil,

dass sie übersichtlicher sind als die vielfältigen Merkmale und sich gleichzeitig nicht beschränken auf eine (oft auf zehn beschränkte) Auswahl von Merkmalen.

Erweiterung der drei Basisdimensionen

Vor allem aus dem mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht gibt es mittlerweile einige empirische Befunde, die auf die Bedeutung der Basisdimensionen für die Entwicklung von Wissen und Motivation hinweisen (z. B. im naturwissenschaftlichen Sachunterricht (Fauth et al., 2014; Kleickmann et al., 2020), im naturwissenschaftlichen Unterricht der weiterführenden Schulen (Förtsch et al., 2016) oder im Mathematikunterricht (Baumert et al., 2010; Lipowsky et al., 2009). Gleichzeitig muss angemerkt werden, dass die Befunde nicht so kohärent sind, wie man vielleicht erwarten könnte. So zeigt sich teilweise nur eine sehr geringe Varianzaufklärung oder teils auch kein Zusammenhang zwischen einzelnen Dimensionen und den Outcomes der Schüler:innen (Praetorius et al., 2018).

Dies hängt u. a. mit unterschiedlichen Konzeptualisierungen, Operationalisierungen der Indikatoren, Erhebungsverfahren und methodischen Einschränkungen zusammen, möglicherweise aber auch mit fehlenden Dimensionen oder fehlenden Facetten einzelner Dimensionen. Unklar ist z. B., inwiefern dieses sparsame Modell ausreicht, um Fachunterricht angemessen zu beschreiben. So gibt es in der Mathematik eine Reihe von Modellen, die zusätzlich stärker fachliche Dimensionen aufnehmen, z. B. die fachliche Korrektheit (Brunner, 2018; Schlesinger et al., 2018), die Angemessenheit von Fachsprache und Repräsentationsformen (Lipowsky et al., 2018) sowie das Vorkommen von Verstehenselementen (Drollinger-Vetter, 2011; Lipowsky et al., 2018). Im Kontext des Physikunterrichts konnte gezeigt werden, dass es neben der kognitiven Aktivierung vor allem auch auf die Passung der Aufgaben zum Niveau der Schüler:innen ankommt (Neumann et al., 2012) sowie auf die passende Sequenzierung, also die kohärente Abfolge von Inhalten. Fachspezifität lässt

sich dabei zum einen so verstehen, dass bestimmte Merkmale von Unterrichtsqualität nur in einem Fach oder einer Fachgruppe vorkommen. Dies gilt möglicherweise im Hinblick auf den Umgang mit symbolischen, bildlichen und textlichen Repräsentationen, die spezifisch für den MINT-Unterricht sind. Zum anderen kann man Fachspezifität auch so verstehen, dass man



fachbezogenes Professionswissen benötigt, um das entsprechende Merkmal im Unterricht umzusetzen oder einzuschätzen. Fachliche Korrektheit ist beispielsweise für alle Fächer relevant, aber man benötigt fachbezogenes Professionswissen, um sie einzuschätzen. Betrachtet man andere Fachgruppen wie den Sport-, Kunst- oder Literaturunterricht, in denen neben kognitiven auch motorische und ästhetische Entwicklungsprozesse eine wichtige Rolle spielen, lässt sich annehmen, dass noch andere Basisdimensionen von Unterricht zentral sind.

Neben fachspezifischen Ergänzungen wird aktuell auch über generische Ergänzungen diskutiert. So gibt es (empirisch begründete) Vorschläge, die Verwendung von Assessment und Feedback (Lipowsky, 2015) sowie das Üben (Taut & Rakoczy, 2016) als weitere wichtige Merkmale von Unterricht zu berücksichtigen. Auch die Rolle einer fachspezifischen kognitiven Unterstützung z. B. durch eine geeignete Sequenzierung von Inhalten und spezifische Repräsentationen wird insbesondere für schwierige Lerngegenstände und Lernende mit wenig Vorwissen betont (Kirschner et al., 2006; Puntambekar & Kolodner, 2005). Damit also möglichst alle Schüler:innen anspruchsvolle kognitiv aktivierende Lerngelegenheiten nutzen können, benötigen sie oft eine fach- und inhaltspezifische Unterstützung, die über allgemeine Strukturierung von Unterricht hinausgeht (Einsiedler & Hardy, 2010; Hardy et al., 2006; Kleickmann et al., 2020; Meschede et al., 2015; Rakoczy et al., 2007; Reiser, 2004; Steffensky & Neuhaus, 2018). Diese Unterstützung wird zum Teil auch bei der konstruktiven Unterstützung (Kunter & Voss, 2011) oder der kognitiven Aktivierung verortet. In einer aktuellen Studie aus dem Grundschulunterricht konnte gezeigt werden, dass die kognitive Unterstützung einen eigenständigen vierten Faktor neben den anderen Basisdimensionen darstellt, der prädiktiv für Schülerleistungen ist (Kleickmann et al., 2020). Für ähnliche Konzeptionen siehe Lipowsky (2015) oder Korneck et al. (2017).

Vor dem Hintergrund der unklaren Befundlage wird aktuell viel über die Tragfähigkeit des Modells der drei Basisdimensionen diskutiert (Heinitz & Nehring, 2020; Praetorius, Klieme, et al., 2020; Praetorius, Rogh & Kleickmann, 2020). Eine Weiterentwicklung des Modells findet sich beispielsweise bei Praetorius und Charalambous (2018), die auf Basis einer vergleichenden Analyse von zwölf generischen und mathematikspezifischen Rahmenmodellen von Unterrichtsqualität sieben Dimensionen identifizieren, die in allen Modellen vorhanden sind. Diese sind zunächst für alle Lernprozesse grundlegende Dimensionen (Übersetzung wurde zum Teil aus Praetorius, Rogh und Kleickmann (2020) übernommen):

1. **Klassenführung** (Regeln und Routinen, Umgang mit Störungen),
2. **Sozial-emotionale Unterstützung** (Beziehung der Lehrkraft und Schüler:innen, Beziehung der Schüler:innen untereinander),

3. **Unterstützung aller Schüler:innen** (Scaffolding, Differenzierung, Förderung der Mitarbeit aller Schüler:innen).

Darauf bauen die weiteren vier Dimensionen auf, die sich auch einzelnen Lernschritten zuordnen lassen:

4. **angemessene Inhaltsauswahl** (dem Lernstand angemessene Inhalte, Relevanz der Inhalte),
5. **kognitive Aktivierung** (herausfordernde Aufgaben, Unterstützung der kognitiven Aktivität der Schüler:innen),
6. **Übungsgelegenheiten** (Bereitstellung von Übungs- und Anwendungsaufgaben, konstruktiver Umgang mit Fehlern),
7. **formatives Assessment** (regelmäßige Diagnose des Lernstandes, konstruktives Feedback).

In Klammern steht eine Auswahl zu den sieben Dimensionen gehöriger Facetten.

Ein Vergleich mit weiteren Rahmenmodellen, z. B. solchen aus den Naturwissenschaften, zeigt, dass einige der sieben genannten Dimensionen als Facetten anderer Dimensionen zugeordnet werden, z. B. werden Übungsgelegenheiten manchmal auch als Facette kognitiver Aktivierung aufgefasst. In weiteren aktuellen Diskussionen wird zudem versucht, die Basisdimensionen mittels ihrer Funktion im Lernprozess in Beziehung zu setzen und zwischen der Angebots- und der Nutzungsseite klarer zu differenzieren (Charalambous & Praetorius, 2020). Auch wenn sich theoretische und empirische Fragen nach genauer Anzahl, Abgrenzung und Zuordnung von Facetten sowie notwendigen spezifischen Erweiterungen von zentralen Dimensionen hinsichtlich Unterrichtsqualität aktuell nicht umfassend beantworten lassen, zeigt sich ein großer (grundsätzlicher) Konsens über die bislang identifizierten zentralen Tiefenstrukturen und dazugehörigen konkreten Indikatoren. Beides stellt einen wichtigen Bezugsrahmen für die Planung, Umsetzung und Analyse von Unterricht, aber auch für die Entwicklung von Unterrichtsmaterialien und Fortbildungen dar.

Um diese generischen Dimensionen von Unterrichtsqualität sinnvoll für den Unterricht, Curriculumsentwicklung und dazugehörige Fortbildungen zu nutzen, müssen sie allerdings für die konkreten Lerngegenstände spezifiziert werden. So erscheint es zwar selbstverständlich, dass eine Aufgabe Lernende zum Nachdenken anregen soll, was das allerdings konkret bedeutet und wie es z. B. gelingen kann, leistungsschwache Lernende zum Nachdenken anzuregen, lässt sich oft nicht so einfach beantworten und erfordert eine fachdidaktische Analyse des Lerngegenstands und der Voraussetzungen der Lernenden. Unterrichtsqualitäts-

dimensionen und die dazugehörigen Facetten sind dabei nicht als „Checklisten“ zu verstehen. So sieht kognitive Aktivierung in verschiedenen Phasen einer Unterrichtsstunde oder einer -einheit möglicherweise verschieden aus, z. B. in Erarbeitungs- und Übungsphasen. Gleiches gilt auch für anderen Dimensionen. So ist die Klassenführung beim Experimentieren anders als die während eines Gesprächs im Sitzkreis. Auch mag es nicht immer sinnvoll sein, Schüler:innen nach ihrem Vorwissen und Vorstellungen zu befragen, weil es möglicherweise hinderlich ist. Erarbeitet man z. B. die magnetischen Pole mit Schüler:innen, kann es zu mehr Verwirrung als Klärung führen, wenn man vorher die Pole einer Batterie oder die geografischen Pole thematisiert. Hier bietet es sich vielleicht eher an, diese im Anschluss an die Erarbeitung anzusprechen. Auch muss die Aktivierung von Vorwissen sehr spezifisch erfolgen, sodass relevantes Vorwissen aktiviert wird. Ein unspezifisches Brainstorming zum Thema Wasser ist wenig hilfreich, während das spezifische Fragen, was mit dem Wasser aus einer Pfütze beim Trocknen passiert, sinnvoller ist, um Vorwissen zum Verdunstungsprozess zu aktivieren bzw. zu diagnostizieren.

Zusammengefasst zeichnet sich ab, dass die Unterrichtsqualitätsdimensionen für alle Fächer relevant sind (möglicherweise mit wichtigen Ergänzungen hinsichtlich weiterer Ziele in z. B. den ästhetischen Fächern). Manche Indikatoren, anhand derer man die Unterrichtsqualität ablesen kann, müssen für einzelne Fächer spezifiziert werden. So spielt der Umgang mit Vorstellungen zur Erklärung von Phänomenen z. B. eine spezifische Rolle in den Naturwissenschaften, aber weniger in Fächern ohne Phänomene wie in der Mathematik. Vor allem aber müssen sie auf den Lerngegenstand im Zusammenspiel mit den jeweiligen Lernenden konkretisiert werden. Erst so kann qualitätvoller MINT-Unterricht umgesetzt werden, der Schüler:innen mit unterschiedlichen Voraussetzungen anspricht.

4.2 MINT-spezifische Unterrichtsansätze

In einem anderen Forschungsstrang zur Unterrichtsqualität, der in der fachdidaktischen Forschung verbreitet ist, sind spezifische Unterrichtsansätze für einzelne Fächer oder Fachgruppen entwickelt worden. Ein besonders prominentes Beispiel für den MINT-Bereich sind Ansätze des Inquiry-based Learning. Die Idee des Inquiry-based Learning (im Deutschen auch als forschend-entdeckendes Lernen bezeichnet) geht auf Dewey (1916) zurück, der anregte, dass der Unterricht den naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozess abbilden sollte (vgl. Wagenschein 1992). Eines der prominentesten Modelle des Inquiry-based Learning ist das 5E-Modell nach Bybee et al. (2006), bei dem Schüler:innen mit einer Frage konfrontiert werden (Engage), diese explorieren (Explore), Erklärungen dafür entwickeln (Explain) und schließlich das Gelernte in einem neuen Kontext

anwenden (Elaborate) und ihr Vorgehen reflektieren (Evaluate). Diverse MINT-Unterrichtsansätze nutzen ähnliche Phasen (Pedaste et al., 2015), um Unterricht zu strukturieren, z. B. das australische Curriculum Primary Connections. Auch im Sachunterricht sind unter dem Begriff Forschungskreis und Forschungszyklus entsprechende Ansätze bekannt (Ramseger, 2013; Sodian et al., 2006).

Neben der Strukturierung von Unterricht zielen die Ansätze auch darauf ab, Schüler:innen Wissen über die Vorgehensweisen in der Wissenschaft zu vermitteln (vgl. prozessbezogenes Wissen). Für die Technik und Informatik gilt hierzu die Besonderheit, dass nicht eine Frage, sondern ein zu lösendes Problem (Navigation eines Roboters im Labyrinth oder Suche von Webseiten im Internet) den Ausgangspunkt darstellt. Weiter wird nicht nach einer Erklärung, sondern einer Problemlösung (z. B. Entwicklung eines Programms) gesucht. Die Lernenden sollen dabei kreativ eigene Lösungswege erkunden und diese hinsichtlich der Ausgangsproblemstellung evaluieren und iterativ verbessern.

Auch wenn der Schwerpunkt der Studien im naturwissenschaftlich-mathematischen Bereich liegt, deuten einzelne Befunde auf die Übertragbarkeit auch auf andere Bereiche hin (vgl. z. B. Alfieri et al., 2011). In verschiedenen Metaanalysen konnte gezeigt werden, dass diese Ansätze des Inquiry-based Learning große Effekte auf das Lernen der Schüler:innen zeigen können, es dabei aber vor allem auf die geeignete Unterstützung von Lernenden in ihrem Erkenntnisgewinnungsprozess ankommt (Alfieri et al., 2011; Furtak et al., 2012; Lazonder & Harmsen, 2016; Seidel & Shavelson, 2007). Unterstützung umfasst dabei sehr unterschiedliche Maßnahmen wie Erklärungen, Hilfestellungen und Hinweise, Einschränkungen oder Feedback. Ohne solche Strukturierungshilfen besteht die Gefahr, dass die Lernenden rasch überfordert sind. Das gilt vermutlich insbesondere für Lernende mit wenig Vorwissen und Vorerfahrungen wie Grundschul Kinder.

Die Befunde zum Inquiry-based Learning lassen sich gut mit den Befunden aus der Unterrichtsqualitätsforschung in Einklang bringen. So haben typische Aktivitäten beim Inquiry-based Learning wie das Aufstellen von Vermutungen, die Entwicklung eigener Ideen zur Überprüfung von Vermutungen bzw. eigener Lösungsansätze, das evidenzbasierte Schlussfolgern ein hohes Potenzial zur kognitiven Aktivierung. Gleichzeitig zeigen die Befunde zur notwendigen Unterstützung auf die Bedeutung einer inhaltsbezogenen Strukturierung und Unterstützung, damit möglichst viele Schüler:innen an diesen anspruchsvollen Lerngelegenheiten teilnehmen können (Meschede et al., 2015; Reiser, 2004).

Ein Argument für die Berücksichtigung fachspezifischer Unterrichtsansätze bei der Beschreibung von Unterrichtsqualität findet sich auch im Vergleich unterrichtlicher Lehr-Lern-Prozesse über alle Fächer hinweg. Oser und Baeriswyl (2001) spezifizierten aus einer Vielzahl von Unterrichtsstunden aus einem breiten Spektrum an Fächern zwölf sogenannte Basismodelle heraus. Diese Basismodelle

beschreiben, bezogen auf ausgewählte Lernziele, eine ideale Tiefenstruktur von Unterricht, d. h. eine Verkettung von Lernschritten, um ein Lernziel zu erreichen. Reyer (2004) zeigt, dass im Physikunterricht der Sekundarstufe I insbesondere die Basismodelle „Lernen durch Eigenerfahrung“, „Problemlösen“ und „Konzeptbildung“ vorherrschen – also nur eine spezielle Auswahl der möglichen Basismodelle. Dies spricht dafür, dass bestimmte Basismodelle besonders gut zum MINT-Unterricht passen und geeignet sind, die Entwicklung von Schüler:innen zu fördern.

5 Basisdimensionen für die Weiterentwicklung von MINT-Unterricht

Die regelmäßige Bereitstellung von Lerngelegenheiten (was insbesondere für die Technik und Informatik relevant ist) sowie die Qualität von Lerngelegenheiten (was für alle MINT-Bereiche relevant ist) sind ein entscheidender Faktor, um Schüler:innen mit heterogenen Voraussetzungen bei der Entwicklung von MINT-Bildung zu unterstützen. Der Entwicklungsbedarf für den MINT-Grundschulunterricht zeigt sich dabei u. a. in den aktuellen Befunden aus TIMSS. So ist der Anteil an Schüler:innen auf den untersten Kompetenzstufen in Mathematik und Naturwissenschaften sehr hoch und gleichzeitig der Anteil der Schüler:innen auf der höchsten Kompetenzstufe sehr gering. Gleichzeitig wird angenommen, dass der Bildungsbereich Technik im Sachunterricht und die Informatik allenfalls selten umgesetzt wird. Die Bereitstellung von Unterrichtsmaterialien in Kombination mit Fortbildungen für Lehrkräfte, so wie es die Stiftung „Haus der kleiner Forscher“ anbietet, sind ein sinnvoller Weg, um den MINT-Bereich in der Grundschule weiterzuentwickeln.

Um Unterricht langfristig weiterzuentwickeln, ist der Fokus besonders auf die Qualität der Lerngelegenheiten grundlegend. Entsprechend sollten die Befunde – auch wenn die Befundlage zur Unterrichtsqualitätsforschung alles andere als befriedigend anzusehen ist – noch stärker Einzug in die Entwicklungsarbeit und das Monitoring der Stiftung finden.

Dafür spielen insbesondere Dimensionen, die einen stärkeren MINT-Fachbezug haben, eine wichtige Rolle. Das bedeutet nicht, dass die anderen Dimensionen wie Klassenführung und sozial-emotionale Unterstützung für MINT nicht wichtig wären. Im Gegenteil: Gute Klassenführung, die sich auch im Materialmanagement, z. B. bei der Umsetzung von Versuchen, zeigt und damit entscheidend für die effektive Lernzeit ist, sowie eine hohe soziale und emotionale Unterstützung in den eher als schwer eingeschätzten MINT-Fächern sind essenziell. Der Fokus der Stiftung liegt aber auf einer fachlichen und inhaltlichen Perspektive. Aus dieser Perspektive scheint eine alleinige Berücksichtigung des Modells der drei Basisdimensionen nicht zielführend zu sein, und es liegt auf der Hand, die Dimension der angemessenen Auswahl von Inhalten und Denk- und Arbeitsweisen (oder allgemeiner Lerngegenständen) als wichtige Dimension der Unterrichtsqualität zu berücksichtigen. Dies spielt beispielsweise bei der Auswahl von doppelt (Kita und weiterführende Schulen) anschlussfähigen Lerngegenständen oder auch bei der Vernetzung der MINT-Bereiche untereinander bzw. mit Querschnittsthemen wie BNE eine wichtige Rolle. Berücksichtigt man die enormen Unterschiede in verschiedenen bildungsrelevanten Bereichen, etwa in den Bereichen Vorwissen,

Sprachkompetenz oder Selbstregulation (z. B. Skopek & Passaretta, 2021), nehmen zudem Qualitätsdimensionen wie das formative Assessment (zielgerichtete, kriteriengeleitete individuelle Beurteilung), die kognitive Unterstützung und das Üben einen hohen Stellenwert ein. Diese Dimensionen werden als zentral für die Umsetzung eines inklusiven Unterrichts angenommen, der spezifisch an unterschiedliche Voraussetzungen und Förderbedarfe angepasst ist.

Ob es sich bei diesen Qualitätsdimensionen um abgrenzbare Dimensionen im empirischen Sinne handelt, ob weitere fehlen, in welchem Zusammenhang sie zueinanderstehen – viele weitere Fragen sind offen und werden aktuell intensiv diskutiert. Es lässt sich aber aus theoretischer und empirischer Perspektive begründen, dass diese Qualitätsdimensionen wichtige Merkmale von qualitativem Unterricht darstellen und für die Weiterentwicklung von Unterricht von zentraler Bedeutung sind. Dementsprechend können und sollten sie bei der Entwicklung von Unterrichtsmaterialien und Fortbildungsangeboten, aber auch bei der Evaluation von Programmen – wichtige Arbeiten der Stiftung – einen Orientierungsrahmen darstellen.

B MINT oder M, I, N, T? Gemeinsamkeiten und Besonderheiten der MINT-Disziplinen im Primarbereich



- 1 Gemeinsamkeiten der MINT-Disziplinen und ihr Verhältnis zu anderen Wissenschaftsdisziplinen
Jörg Ramseger, Annett Steinmann
- 2 Das M in der MINT-Bildung: die Mathematik
Marcus Schütte, Maïke Hagena, Judith Jung
- 3 Das I in der MINT-Bildung: die Informatik
Nadine Bergner
- 4 Das N in der MINT-Bildung: die Naturwissenschaften
Jörg Ramseger
- 5 Das T in der MINT-Bildung: die Technik
Kim Lange-Schubert, Annett Steinmann
- 6 Ausgewählte Praxisbeispiele guter MINT-Bildung im Primarbereich
Jörg Ramseger, Annett Steinmann
- 7 M, I, N, T- oder MINT-Unterricht in der Grundschule – Status quo und Perspektiven
Kim Lange-Schubert, Mirjam Steffensky

1 Gemeinsamkeiten der MINT-Disziplinen und ihr Verhältnis zu anderen Wissenschaftsdisziplinen

Jörg Ramseger, Annett Steinmann

1.1 Einführung

Üblicherweise wird Bildung in der Schule in Deutschland in Unterrichtsfächern oder Disziplinen organisiert, die oftmals eher unverbunden nebeneinanderstehen und auch separat gedacht werden: „Eine Disziplin zeichnet sich durch ihre je eigenen Erkenntnisinteressen und -methoden, Begriffe und Wissensbestände aus“ (Hempel, 2020, S. 18). Sowohl Disziplinen als auch die mehr oder weniger an ihnen orientierten Unterrichtsfächer „widerspiegeln nicht eine objektive Welt, sondern wirken als sinnstiftende (und sinnausblendende) Instanzen, die sich zwischen das Individuum und die Welt schieben, Wichtiges von Unwichtigem trennen und Hierarchien festlegen“ (Caviola, Kyburz-Graber & Locher, 2011, S. 27).

Im Kontext eines qualitätsvollen MINT-Unterrichts im Primarbereich steht auch die Frage im Raum, ob es sich bei dem Akronym MINT um einen rein pragmatischen Verbund der Disziplinen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik handelt, der gemeinsame ökonomische und ressourcenbezogene Interessen verfolgt, oder ob sich auch konzeptionelle Gemeinsamkeiten und inhaltliche Überschneidungen zwischen den Disziplinen identifizieren lassen.

Die Annäherung an diese Problemstellung erfolgt auf drei Ebenen:

Zunächst werden die vier MINT-Disziplinen ins Verhältnis zu anderen Wissenschaftsdisziplinen gesetzt, bevor ihre Gemeinsamkeiten skizziert werden (Kapitel 1.2).

In einem zweiten Schritt wird jeweils *disziplinintern* argumentiert, welche die spezifischen Gütekriterien der Gegenstandsbereiche Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik sind und welche Ziele im Rahmen einer Grundbildung in der jeweiligen Disziplin im Primarbereich verfolgt werden (Kapitel 2–5).

Im sechsten Kapitel werden schließlich Beispiele gelungenen MINT-Unterrichts im Primarbereich vorgestellt, die ausgewählte Unterrichtsqualitätsdimensionen (vgl. Beitrag A) illustrieren helfen und Verzahnungsmöglichkeiten zwischen den Disziplinen aufzeigen.

In einem abschließenden Ausblick werden Herausforderungen, empirische Befunde und Potenziale einer MINT-Bildung für den Primarbereich aufgezeigt und diskutiert.

1.2 Gemeinsamkeiten der MINT-Disziplinen und ihr Verhältnis zu anderen Wissenschaftsdisziplinen

Gemeinsam mit *allen* Wissenschaften, beispielsweise den Sprach-, den Kultur- und den Sozialwissenschaften, ist den MINT-Disziplinen zunächst das Streben nach fünf Idealen (vgl. Tetens, 2013):

- das Ideal der Wahrheit,
- das Ideal der Begründung,
- das Ideal der Erklärung und des Verstehens,
- das Ideal der Intersubjektivität,
- das Ideal der Selbstreflexion.

Mit allen anderen Wissenschaften *gemeinsam* haben die MINT-Disziplinen auch das Bemühen, die Zusammenhänge der Erscheinungen und Erkenntnisse in allgemein geltenden Theorien zu beschreiben, die Nutzung fachspezifischer Methoden und Prozeduren, die Herausbildung spezifischer Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen, z. B. Problemlösen und Argumentieren, sowie die Herausbildung einer je eigenen disziplinspezifischen Fachsprache.

Den MINT-Disziplinen können aber auch gemeinsame Merkmale zugeschrieben werden, die sie von anderen Schulfächern und anderen kulturellen Praxen *unterscheiden*. Die MINT-Disziplinen *unterscheiden* sich beispielsweise von der literarischen, der künstlerischen, der ethischen und der religiösen Praxis durch folgende, für die MINT-Disziplinen besonders typischen Merkmale. Diese sind:

- das Bemühen um eine evidenzbasierte Argumentation;
- das Bemühen um Nachprüfbarkeit und Reproduzierbarkeit der die Ergebnisse stützenden Verfahren, beispielsweise im naturwissenschaftlichen Experiment, im Programmcode, im Modell oder Prototyp eines technischen Gerätes;
- das Bemühen um kontinuierliche Präzisierung und um Widerspruchsfreiheit ihrer Theoreme, Befunde und Aussagen und

- die Nutzung der Mathematik zur Erfassung der Befunde, zur Beschreibung und Überprüfung der Algorithmen und Theoreme sowie zur Vorhersage von Ereignissen.

Insbesondere die in der Renaissance einsetzende und in der Aufklärung perfektionierte Anwendung der Mathematik in den Naturwissenschaften, in der Informatik und in der Technik hat zu einer Explosion des Wissens und der mit dem Wissen einhergehenden ökonomischen und politischen Macht geführt. Dies ist kein Zufall. Denn die Beschreibung von Eigenschaften und Relationen von Objekten und Verhältnissen in Form von *Strukturen* bewirkt eine Potenzierung der Erkenntnisse. Werden nämlich Strukturen formal beschrieben, „lassen sie sich unabhängig von den Wirklichkeitsausschnitten erforschen, in denen sie verwirklicht sind. Die Wissenschaft, in der das geschieht, ist [...] die Mathematik“ (Tetens, 2013, S. 43). Der heute gängige grundschulspezifische Blick auf die Mathematik versteht diese als eine Wissenschaft der Muster und Strukturen.

Das Lernen in der Primarstufe als Meilenstein, um gegenwarts- und zukunfts-fähig zu sein, die Welt zu verstehen und diese aktiv mitzugestalten, ist ein wesentlicher Grundpfeiler der allgemeinen Bildung. MINT-Bildung im Primarbereich ermöglicht die Entwicklung und Unterstützung von Handlungskompetenz sowie Innovationskompetenz und schafft propädeutische Grundlagen:

„Wie kommen wir künftig zu mutigen und leistungsfähigen Innovatoren, die Herausforderungen bewältigen können, die uns heute noch wenig bekannt sind; die Fragen beantworten können, auf die wir heute noch gar nicht kommen; die Entscheidungen treffen, die wir uns heute nicht trauen? Wir müssen früh beginnen, mit [...] der Entwicklung von Innovationskompetenz“ (Park, 2021, S. 33).

Darüber hinaus stärkt die MINT-Bildung im Kant'schen Sinn die Urteilskraft der Kinder in wesentlichen persönlichen und gesellschaftlichen Handlungsfeldern und ermöglicht ihnen eine kritische Weltsicht zu entwickeln, Begründungen auf die ihnen zugrunde liegenden Gründe und Interessen zu hinterfragen und eigene freie Entscheidungen zu treffen.

Seit 2006 definiert der Europäische Referenzrahmen sogenannte Schlüsselkompetenzen für lebenslanges Lernen (Europäische Kommission, 2006).⁴ Diese

4 Im Referenzrahmen werden acht Schlüsselkompetenzen und verschiedene Querschnittskompetenzen genannt – eine Kombination aus Wissen, Fähigkeiten und Einstellungen –, die als notwendig für Selbstverwirklichung und Persönlichkeitsentwicklung, aktives Bürgertum, soziale Inklusion und Beschäftigung betrachtet werden.

sind rahmenplanübergreifend zu verstehen und können und müssen auch durch einen guten MINT-Unterricht verwirklicht werden.

Wie die folgende Expertise zeigt, benötigt wirksames Lernen u. a. Anknüpfungsmöglichkeiten an vorhandenes Wissen und Erfahrungen und wird dann besonders erfolgreich generiert, wenn Interessen und Bedürfnisse der Lernenden berücksichtigt werden und ihre innere Wahrnehmung aktiviert wird (Valsangiacomo & Künzli David, 2015; Wiesmüller, 2006). Guter Unterricht muss demnach so gestaltet sein, dass Wissensvernetzung und Interessenförderung gleichsam angeregt werden. Lernumgebungen benötigen ein angemessenes Maß an Offenheit, um den Bedürfnissen der Lernenden und der Bedeutsamkeit der Sache gerecht werden zu können (ebd.). Guter MINT-Unterricht im Primarbereich setzt hier an, indem er verbindend und vernetzend an den Perspektiven der einzelnen Disziplinen anknüpft und bedeutsame kognitiv aktivierende Lernmöglichkeiten bietet (vgl. Beitrag A zur Unterrichtsqualität von Mirjam Steffensky).

Valsangiacomo & Künzli David (2015) begründen den Mehrwert eines vernetzten Unterrichts damit, dass durch sinnvolle inhaltliche Verknüpfung Lernzuwachs auf sehr diversen Kompetenzniveaus ermöglicht werden kann. Die Idee der Bedeutsamkeit des Lerninhalts für alle Lernenden im Verständnis eines gemeinsamen Lerngegenstandes findet sich insbesondere bei Feuser (u. a. 2013), der betont, dass durch Berücksichtigung der Sachstruktur des Inhalts unter Maßgabe der Zone der nächsten Entwicklung bedürfnis- und inklusionsorientierte Lernmöglichkeiten für alle Kinder ermöglicht werden können (ebd.). Es besteht Konsens darüber, dass explizite Beiträge zur Umsetzung einer Bildung für nachhaltige Entwicklung in guter MINT-Bildung enthalten sein müssen. Ein weiterer Schwerpunkt muss auf die Ermöglichung inklusionsorientierter Lernmöglichkeiten im Primarbereich gelegt werden, um dem normativen Anspruch einer inklusiven Bildung zu entsprechen (u. a. Prengel, 2013). Als didaktisches Feld mit weitestgehend unausgelesener Schüler:innenschaft hat der Primarbereich gute Voraussetzungen, um die Idee der Möglichkeitsräume, die persönliche Exzellenz intendieren (Reich, 2014), fokussiert auf gute MINT-Bildung umzusetzen.

Nicht alle Lernenden im Grundschulalter besuchen aktuell die Grundschule. Manche sind Schüler:innen von Förderschulen oder besuchen die Grundstufe einer Gemeinschaftsschule. Sie sind aber alle unter einem subjektbezogenen Blick und der Idee der Möglichkeitsräume und der persönlichen Exzellenz (Feuser, u. a. 2013; Reich, 2014) explizit Adressat:innen dieser Expertise. Hieraus ergibt sich im Folgenden die konsistente Verwendung des Terminus „Primarbereich“ statt „Grundschule“, um zu ermöglichen und zu gewährleisten, dass wirklich alle Kinder berücksichtigt werden, und um der normativen Forderung nach inklusionsorientierter Bildung gerecht zu werden.

2 Das M in der MINT-Bildung: die Mathematik

Marcus Schütte, Maike Hagen, Judith Jung

2.1 Historische Entwicklung

In Europa wurden die Zahlentheorie (Arithmetik) und das praktische Rechnen spätestens mit der Zuordnung zu den *Septem Artes liberales* zum ordentlichen Lehrgegenstand der antiken Schulen, die nur von den Kindern der Patrizier besucht wurden. Ab dem 17. Jahrhundert wurde Mathematik – zumeist beschränkt auf Arithmetik und Geometrie – auch in den allmählich entstehenden Elementarschulen für das einfache Volk eingeführt.

Heute ist Mathematik ein Kernfach des Primarbereichs. Sie gilt als ein besonders wichtiges und besonders anspruchsvolles Fach, dessen theoretischer Nutzen sich nicht allen Schüler:innen im Durchgang durch die allgemeinbildende Schule erschließt, selbst wenn sie ihren späteren Nutzen – beispielsweise in der Berufswelt – anerkennen. Wird die Mathematik im Alltäglichen vielfach als etwas Unzerrüttbares, fest Bestehendes und unabhängig von den Menschen Geltendes wahrgenommen, entwickelte sich in der wissenschaftlichen Betrachtung auf Mathematik in den letzten Jahrzehnten ein breit getragenes Verständnis von Mathematik als einer menschengemachten, soziokulturellen Praxis mentaler Konstruktionen, was die Bedeutung der Prozesse des Mathematiklernens für das Lernen von Mathematik erhöht.

2.2 Das Fachgebiet Mathematik

Die Verortung der Mathematik in einem der gängigen Wissenschaftsgebiete fällt nicht leicht. Ist die Mathematik eine Naturwissenschaft? Oder ist sie eine Geisteswissenschaft? Ist die Mathematik gar keine Wissenschaft, sondern eher eine Kunstform? Und wenn sie nichts von alledem ist: Was ist sie dann? Tatsächlich lassen sich für alle hier angesprochenen Einordnungen, und sicherlich noch für einige mehr, Vertreter:innen finden, die je spezifisch schlüssig für die Verortung der Mathematik als Naturwissenschaft, als Geisteswissenschaft, als Kunst oder beispielsweise für ein Verständnis der Mathematik als Strukturwissenschaft argumentieren.

Ausgehend u. a. von den strukturalistischen Ideen des Bourbaki-Kollektivs⁵ hat sich heute im Allgemeinen die Beschreibung der Mathematik als eine *Wissenschaft der Muster und Strukturen* etabliert. Devlin (2003, S. 95) beschreibt in seinem Buch *Das Mathe-Gen oder Wie sich das mathematische Denken entwickelt + Warum Sie Zahlen ruhig vergessen können* (Originalausgabe 2000: *The math gene. How mathematical thinking evolved and why numbers are like gossip*), demzufolge die Mathematik als „die Lehre von den Mustern“ bezeichnet wurde. Er spricht sich damit vor allem gegen die in der Alltagsvorstellung noch immer anzutreffende Reduzierung der Mathematik auf das Rechnen mit Zahlen aus. Gleichzeitig weist er darauf hin, dass der Begriff des Musters einer weiteren Klärung bedarf und als ein nicht genau zu bestimmender Begriff auch zu Missverständnissen führen kann.

Das Besondere an den Mustern, mit denen sich die Mathematik beschäftigt, ist Devlin folgend ihre Abstraktheit. „Weil sie sich mit solchen abstrakten Mustern beschäftigt, erlaubt uns die Mathematik oft, Ähnlichkeiten zwischen zwei Phänomenen zu erkennen [...], die auf den ersten Blick nichts miteinander zu tun haben. Wir könnten die Mathematik also als eine Art Brille auffassen, mit deren Hilfe wir sonst Unsichtbares sehen können [...]“ (Devlin, 2003, S. 97). Aber auch mit dieser zusätzlichen Erklärung bleibt Hersh (1997, S. 197) folgend der Einwand, eine Beschreibung der Mathematik als Wissenschaft der Muster sei „over-inclusive“, d. h. zu weit gefasst und damit zu ungenau, bestehen.

Eine Möglichkeit einer näheren Bestimmung des Fachgebietes der Mathematik ergäbe sich eventuell über ihre heute zum Teil sehr weit ausdifferenzierten Teilgebiete. Kitcher (1984) und Mac Lane (1985) wählen einen anderen Weg zur näheren Bestimmung der Mathematik, indem sie menschliche Aktivitäten als Ausgangspunkt für die Entwicklung grundlegender abstrakter mathematischer Theorien ansehen. So sieht beispielsweise Kitcher (1984) in den Aktivitäten des Sammelns, Anordnens, Segregierens, Kombinierens, In-Beziehung-Setzens und des Messens den Ursprung mathematischer Theorien und Mac Lane (1985, S. 35) zählt die Aktivitäten „Collecting, Counting, Comparing, Computing, Rearranging, Timing, Observing, Building, Shaping, Measuring, Moving, Estimating, Selecting, Arguing, Choosing“ in diesem Zusammenhang auf. Diesem Ansatz folgend entstanden aufgrund der vorgenannten Aktivitäten im Laufe der Zeit abstrahierte mathematische Theorien, in deren Folge sich die Mathematik immer weiter von dem Erfahrungskontext ihrer Entstehung löste (Hersh, 1997).

Auch Bishop (1991) verfolgt einen ähnlichen Ansatz, indem er die Mathematik als kulturelles Phänomen mithilfe von sechs kulturübergreifenden ma-

5 Unter dem Pseudonym *Nicolas Bourbaki* verbirgt sich ein Autorenkollektiv aus französischen Mathematikern, welches seit Mitte der 1930er-Jahre veröffentlicht.



thematischen Basisaktivitäten beschreibt, die sich in unterschiedlicher Ausgestaltung in verschiedenen Kulturen wiederfinden lassen. In diesem Rahmen benennt er folgende mathematischen Basisaktivitäten: „Counting, Measuring, Locating, Designing, Playing and Explaining“ (Bishop, 1991, S. 22f.).

Unabhängig davon, wie man die Inhalte der Mathematik bestimmt, stellt sich die Frage nach

der Natur mathematischer Objekte⁶ an sich, also nach der Existenzform mathematischer Objekte. So sprechen beispielsweise Vertreter:innen des Platonismus den mathematischen Objekten eine von uns Menschen unabhängige Existenz an einem ideellen Ort, dem „platonischen Himmel“, zu und sprechen demzufolge vom Entdecken mathematischer Theorien. Vertreter:innen einer sozialkonstruktivistischen bzw. humanistischen Perspektive auf Mathematik verstehen die mathematischen Objekte hingegen als menschliche Konstruktionen, die beim Mathematiktreiben von den Beteiligten konstruiert werden.

Im Hinblick auf die Betrachtung mathematischer Lehr-Lern-Prozesse wird im Folgenden diese zweite Perspektive auf Mathematik eingenommen und weiter ausgeführt. Sie steht im Einklang mit den Ansätzen von Kitcher (1984) und Mac Lane (1985): Menschliche Aktivitäten – und damit auch das gemeinsame Handeln und gemeinsame Aushandeln – sind als Ausgangspunkt für die Entwicklung abstrakter mathematischer Theorien anzusehen und scheinen für das Anliegen der weiteren Bemühungen – der Beschreibung optimierter Bedingungen mathematischen Lernens von Kindern – am besten geeignet. Zentral für diese humanistische Perspektive auf Mathematik ist eine Verortung der mathematischen Objekte weder in der physikalischen Umwelt noch an einem ideellen Ort wie dem platonischen Himmel, sondern in einer sozial-kulturell entstandenen und immer wieder entstehenden intersubjektiv geteilten Wirklichkeit. Mathematische Objekte lassen sich hiernach als intersubjektiv geteilte mentale Konzepte verstehen.

Mit dieser Perspektive lässt sich Mathematik als eine ‚soziokulturelle Praxis‘ verstehen, die von Menschen konstruiert und im Laufe der Entwicklung in Form weiterer Konstruktionen verändert, stabilisiert und weitergegeben wird (Wilder,

⁶ Die Vielfalt der verschiedenen mathematikphilosophischen Antworten auf diese Frage können hier nicht im Detail aufgearbeitet werden (siehe für eine detaillierte Darstellung mögliche Überblickswerke: Bedürftig & Murawski, 2010; Benacerraf & Putnam, 1984).

1981; Kitcher, 1984; Prediger, 2004). Kitcher (1984) beschreibt die mathematische Praxis dabei als Zusammenspiel verschiedener Komponenten: überlieferte Theorie-, Fragen- und Sprachbestände, gemeinsam akzeptierte Begründungspraktiken und Arbeitsformen sowie zugrunde liegende metamathematische Ansichten, Werte und Normen. Mit der Beschreibung der Mathematik als kultureller Praxis wird somit deutlich, dass nicht die Ergebnisse bzw. Produkte dieses Denkgebäudes der Mathematik im Vordergrund stehen, sondern vor allem die Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen an sich. Als charakteristische mathematische Denk- und Handlungsweisen lassen sich in der Mathematik, ähnlich wie in den Naturwissenschaften, beispielsweise das hypothetische und axiomatische Schließen und Argumentieren, das regelgeleitete kontextunabhängige Operieren, das logisch-deduktive Begründen und Beweisen anführen (Prediger, 2004).

Ein solches Verständnis der Mathematik als kulturelle Praxis findet sich in den mathematikdidaktischen Ansätzen von Bishop (1991, Mathematik als Kultur; vgl. auch Prediger, 2004) oder Sfard (2008, Mathematik als Diskurs) wieder. Es grenzt sich von einem Verständnis der Mathematik als Sprache (Pimm, 1987) insofern ab, als dass diese Vorstellung implizieren würde, dass die Objekte der Mathematik bereits „in der Welt“ – unabhängig von den sozialen Interaktionen der Menschen – vorhanden seien und die Mathematik als Sprache nur ein Mittel, also ein spezifisches Symbolsystem, für die Kommunikation über diese vorhandenen Objekte sei (Sfard, 2008).

Versteht man die mathematischen Objekte als menschliche Konstruktionen und verbindet diese Vorstellung mit dem Bild der Mathematik als Wissenschaft der Muster und Strukturen, so ergibt sich daraus die Vorstellung, dass die Muster und Strukturen, um die es in der Mathematik geht, nicht per se vorhanden sind und irgendwo gefunden und betrachtet werden oder ohne vorherige Konstruktion benannt werden können. Stattdessen „gehört [es] zu ihrem Wesen, dass man sie erforschen, fortsetzen, ausgestalten und selbst erzeugen kann. Der Umgang mit ihnen schließt also Offenheit und spielerische Variation konstitutiv ein. Den ‚streng‘ erscheinenden Regelsystemen der Mathematik wird dadurch die Schärfe genommen, sie lassen Raum für persönliche Sicht- und Ausdrucksweisen und werden zugänglich für die individuelle Bearbeitung. Gleichwohl werden Offenheit und Individualität durch Regeln gezügelt: Es handelt sich um eine Offenheit vom Fach aus“ (Wittmann, 2003, S. 8).⁷

7 Eine ausführlichere Darstellung des Fachgebietes Mathematik aus einer mathematikdidaktischen Perspektive findet sich in Jung & Schütte, 2022.

2.3 Mathematische Bildung im Primarbereich

Die Auseinandersetzung mit Mathematik ist als elementarer Bestandteil des Bildungsauftrags der Grundschule zu verstehen, welche – die mathematischen (Vor-)Erfahrungen der Schüler:innen explizit und gezielt aufgreifend (KMK, 2022) – eine grundlegende mathematische Bildung anbahnen und die Basis für lebenslanges Lernen anlegen soll. Die fachliche Substanz dieser grundlegenden mathematischen Bildung wird in der Gesellschaft dabei oftmals unterschätzt. Begründet sein mag dies insbesondere durch den (Irr-)Glauben, der Mathematikunterricht der Grundschule verfolge ausschließlich das Ziel, Schüler:innen bei der Aneignung gewisser „einfacher“ Fertigkeiten wie etwa der Beherrschung des kleinen „Einspluseins“ zu unterstützen (Käpnick, 2014). Im Zuge einer genaueren Betrachtung der Ziele des Mathematikunterrichts in der Grundschule wird hingegen schnell und unmittelbar ersichtlich, dass der Mathematikunterricht der Grundschule den Aufbau eines gesicherten Verständnisses mathematischer Inhalte sowie von spezifischen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen anstrebt. Mathematische Kenntnisse und Fähigkeiten bilden jedoch nicht nur die Grundlage für das Verständnis von aktuellen gesellschaftlichen und naturwissenschaftlichen Prozessen, wie Entwicklungen des Klimawandels oder der SARS-CoV-2-Pandemie eindrücklich zeigen, sondern haben auch direkten Einfluss auf das Lernen im gesamten MINT-Bereich (Guo et al., 2015).

Das Ziel mathematischer Grundbildung geht damit weit über den Aufbau „simpler Rechenfertigkeiten“ hinaus (Käpnick, 2014; KMK, 2022; Krauthausen, 2018; Schipper, Ebeling & Dröge, 2015). Gellert et al. (2001) sprechen im Rahmen der mathematischen Grundbildung von Reflektiertheit als notwendiger zu erwerbender Kompetenz. Entsprechend sollte über die vier Grundschuljahre hinweg neben einer Auseinandersetzung mit den „fundamentalen Ideen der Mathematik“ (auch wenn es in der Mathematikdidaktik keine einheitliche Bestimmung von fundamentalen Ideen gibt, s. Krauthausen, 2018; Neubrand, 2015) insbesondere das Erlernen mathematischer Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen und auch metamathematische Reflexionen, beispielsweise im Sinne von Aushandlungen über die Auswahl und Anwendung situationsadäquater mathematischer Lösungsansätze, im Zentrum des Unterrichts stehen.

Solomon (2009) verweist im Zusammenhang mit dem Zugang zur mathematischen Bildung auf die Notwendigkeit, Lernenden die Teilhabe an der mathematischen Praxis zu ermöglichen, und betont die darin enthaltene Möglichkeit für individuelle Bedeutungskonstruktionen. Dabei führt sie weiter aus, dass die Art des Unterrichtsdiskurses für die Möglichkeit der Partizipation der Lernenden und damit auch für das Lernen insgesamt entscheidend sei. Dabei ist die aktuelle Unterrichtspraxis vor allem von zwei theoretischen Positionen des Mathematik-

lernens – dem kognitiven Konstruktivismus und interaktionistischen Ansätzen – geprägt.

Dem kognitiven Konstruktivismus zufolge liegen alle Anlagen zum Lernen in der psychischen Konstitution des Individuums, welches beim Lernen aktiv neues Wissen konstruiert. Im Zentrum eines solchen Verständnisses von (Mathematik-) Lernen steht der Gedanke einer aktivistischen Position, welche vor allem auf der genetischen Epistemologie von Piaget (1974) fußt, nach der das Individuum durch Auseinandersetzung mit fordernden Lerninhalten selbstständig aktiv Mathematik entdeckt. In diese theoretischen Ausführungen lässt sich die heute gängige Orientierung des aktiv-entdeckenden Lernens einordnen (Winter, 2016), in der gefordert wird, dass sich Kinder einen Unterrichtsgegenstand selbstständig erarbeiten.

Demgegenüber fokussieren interaktionistisch geprägte Ansätze des Lernens (Bauersfeld, 1978; Voigt, 1984; Krummheuer, 1992; Schütte, 2009; Schütte, Jung & Krummheuer, 2021) auf interaktive Wechselbeziehungen im Unterricht. Für sie ist Lernen ein dialogischer Prozess, der sich nur durch das Zusammenspiel mentaler Aktivitäten verschiedener Individuen beschreiben lässt. Lernen findet somit aufgrund sozialer Interaktionsprozesse zwischen den Individuen einer Gruppe statt, z. B. in Gesprächen zwischen Lernenden oder in Klassengesprächen zwischen Lehrperson und Lernenden.

Nun soll an dieser Stelle keine Grundsatzdiskussion über die theoretische Begründbarkeit beider Ansätze vollzogen werden. Sowohl die Vorstellung, dass Lernen im Individuum zu verorten sei und durch individuelles Entdecken hervorgerufen werden müsse, als auch das Verständnis von Lernen als kollektivem Prozess, in dem Lernen durch den Austausch mit anderen initiiert wird, haben die mathematikdidaktische Forschung bereichert. In Bezug zu obigem Verständnis, dass mathematische Objekte sich als intersubjektiv geteilte mentale Konzepte verstehen lassen, bedarf es beider Seiten dieser Medaille für gelingende Lernermöglichkeitsbedingungen. So sollte Mathematikunterricht der Grundschule einem Lernverständnis folgen, nach dem die individuelle Konstruktion des mathematischen Wissens grundlegend im sozialen Austausch mit anderen eingebettet ist – also individuell und intersubjektiv initiiert wird.

Guter Mathematikunterricht bietet demnach Raum für individuelles Lernen und gemeinsames Lernen von Anfang an. Der Austausch mit anderen findet hier nach nicht nur zur Reflexion individueller Tätigkeiten statt, sondern steht auch am Anfang von individuellen Lernprozessen. Im Austausch mit anderen unterschiedlichsten Fähigkeiten wird ein Motor des Lernens und das Lernpotenzial für alle Lernenden gesehen (Schütte, 2014). So werden intersubjektiv geteilte mentale Konzepte dadurch konstruiert, dass Lernende vielfach an mathematischen Aus Handlungsprozessen möglichst autonom und zunehmend autonomer partizipie-

ren (Schütte, Jung & Krummheuer, 2021; Krummheuer & Brandt, 2001; Krummheuer, 1992).

Aufbauend auf diesem Verständnis von Mathematiklernen an sich und im Einklang mit bildungspolitischen Vorgaben sollen im Folgenden Ziele von Mathematikunterricht in der Grundschule konkretisiert werden.

2.4 Ziel des Mathematikunterrichts im Primarbereich: Mathematische Grundbildung

Die tätige und lebendige Auseinandersetzung mit Mathematik im Austausch mit anderen unterstützt den Aufbau einer mathematischen Grundbildung, die im Mathematikunterricht der Grundschule anzubahnen und im Mathematikunterricht der Sekundarstufen fortzuführen ist. Zur Konkretisierung der mathematischen Grundbildung wurden im Rahmen der Bildungsstandards spezifische Kompetenzen festgesetzt, die eine sichere und flexible Anwendung mathematischer Fähigkeiten und Fertigkeiten in (komplexeren) inner- und außermathematischen Anforderungssituationen in der analogen und digitalen Welt ermöglichen sollen (KMK, 2022). Maßgeblich für die Festsetzung dieser spezifischen Kompetenzen sind die von Winter formulierten und untereinander verflochtenen Grunderfahrungen (Winter, 1995, S. 37):

- Erscheinungen der Welt um uns, die uns alle angehen oder angehen sollten, aus Natur, Gesellschaft und Kultur in einer spezifischen Art wahrzunehmen und zu verstehen,
- mathematische Gegenstände und Sachverhalte, repräsentiert in Sprache, Symbolen, Bildern und Formeln, als geistige Schöpfungen, als deduktiv geordnete Welt eigener Art kennen zu lernen und zu begreifen,
- in der Auseinandersetzung mit Aufgaben Problemlösefähigkeiten, die über die Mathematik hinausgehen (heuristische Fähigkeiten), zu erwerben.

Ausgehend von diesen Grunderfahrungen sind im Kontext des Mathematikunterrichts der Grundschule die nachfolgenden inhaltsbezogenen und prozessbezogenen Kompetenzen zu fördern, die im Rahmen der 2004 erschienenen und 2022 überarbeiteten Bildungsstandards formuliert worden sind (KMK, 2022) – wobei letztere bereits von Winter (1984) diskutiert wurden, für welchen das „schöpferische Tätigsein“ in der Auseinandersetzung mit Mathematik an erster Stelle stand (Krauthausen, 2018).

Förderung inhaltsbezogener Kompetenzen

Im Mathematikunterricht der Grundschule sind die Schüler:innen in die Kulturtechnik des Rechnens einzuführen, indem anhand der Leitidee *Zahlen und Operationen* Zahldarstellungen erkundet, Zahl- und Operationsvorstellungen aufgebaut, Rechenverfahren erworben sowie Zahlbeziehungen und Rechengesetze erprobt werden. Ferner sind die Schüler:innen dabei zu unterstützen, in inner- und außermathematischen Kontexten flexibel rechnen zu können (KMK, 2022; siehe zur Vertiefung auch Hasemann & Gasteiger, 2020). Im Zusammenhang mit der Leitidee *Raum und Form* ist im Zuge der Förderung des räumlichen Vorstellungsvermögens die Orientierung der Schüler:innen im Raum zu unterstützen und eine Auseinandersetzung mit geometrischen Figuren und Abbildungen anzuregen (KMK, 2022; siehe zur Vertiefung auch Franke & Reinhold, 2000). Im Zuge der Leitidee *Größen und Messen* sind die Schüler:innen zu einem reflektierten Umgang mit Größen zu befähigen, indem einerseits der Aufbau belastbarer Größenvorstellungen unterstützt wird und Erfahrungen im Bereich des Messens ermöglicht werden und andererseits die Schüler:innen bei der Modellierung alltäglicher Situationen mit Größen adäquat umzugehen lernen (KMK, 2022; siehe zur Vertiefung auch Franke & Ruwisch, 2010). Neben dem Umgang mit Größen ist aber auch der sachgerechte Umgang mit *Daten und Zufall* im Mathematikunterricht der Grundschule anzuregen, der im alltäglichen Leben von zentraler Bedeutung ist. So sind Lerngelegenheiten zu schaffen, in denen eine verständnisorientierte Einführung in die beschreibende Statistik erfolgt (KMK, 2022; siehe zur Vertiefung auch Schipper, Ebeling & Dröge, 2015) und eine erste Erfassung, Darstellung und Interpretation von Daten erprobt wird. Ebenso ist das Lösen erster kombinatorischer Fragestellungen und das Vergleichen und Interpretieren von Wahrscheinlichkeiten bei einfachen Zufallsexperimenten anzustreben (KMK, 2022).

Schlussendlich sind den Schüler:innen aber insbesondere auch Lerngelegenheiten zu ermöglichen, in denen im Sinne des oben beschriebenen Bildes von Mathematik Regelmäßigkeiten, also Muster, entdeckt, beschrieben, konstruiert und fortgesetzt werden können. Im Rahmen der Bildungsstandards (KMK, 2022) wird dieses Ziel unter der Leitidee *Muster, Strukturen und funktionaler Zusammenhang* zusammengefasst, welche den Bogen zu dem im ersten Kapitel beschriebenen Bild von Mathematik spannt. Die Leitidee *Muster, Strukturen und funktionaler Zusammenhang* ist somit kein Randbereich, sondern als eine die anderen Inhaltsbereiche übergeordnete bzw. zu diesen querliegende Leitidee zu verstehen (KMK, 2022; siehe zur Vertiefung auch Walther, Heuvel-Panhuizen, Granzer & Köller, 2011). Sie betont die Gemeinsamkeiten und Beziehungen zwischen den einzelnen Leitideen und hält fest, dass es immer wieder um die Entdeckung, Beschreibung,

Konstruktion und Fortsetzung von z.B. geometrischen und arithmetischen Mustern oder funktionalen Beziehungen in Sachsituationen geht.

Förderung prozessbezogener Kompetenzen

Neben den spezifischen Inhalten ist auch die Art und Weise der Auseinandersetzung mit mathematischen Fragen – also die je spezifischen mathematischen Denk-, Arbeits-, und Handlungsweisen – für den Aufbau einer mathematischen Grundbildung im Rahmen des Mathematikunterrichts der Grundschule von großer Relevanz. Im Bereich der Grundschulmathematik sind dies die als prozessbezogene Kompetenzen bezeichneten Kompetenzen des Argumentierens, des Kommunizierens, des Problemlösens, des Modellierens, des Darstellens und des Arbeitens mit mathematischen Objekten und Werkzeugen. Die Entwicklung dieser prozessbezogenen Kompetenzen gilt als zentral für die Teilhabe an durch MINT-geprägte Gesellschaften (OECD, 2016).

Inhaltsbezogene und prozessbezogene Kompetenzen stehen dabei in einer Art Wechselbeziehung. So sind die prozessbezogenen Kompetenzen zur Aneignung von inhaltsbezogenen mathematischen Kompetenzen bedeutsam, während durch eine tätige und lebendige Auseinandersetzung mit den mathematischen Inhalten wiederum die Förderung der prozessbezogenen Kompetenzen bei den Schüler:innen unterstützt wird.

Im Detail sollen die Schüler:innen ermutigt werden, mathematische Aussagen zu hinterfragen, auf ihre Korrektheit zu überprüfen, Zusammenhänge zu erkennen und getätigte Entdeckungen zu begründen (Argumentieren) (KMK, 2022; siehe zur Vertiefung auch Bezold, 2010). Durch die Schaffung von mündlichen und schriftlichen Kommunikationsanlässen, in denen eigene Lösungswege und Entdeckungen vorgestellt und diskutiert werden, sollen die Schüler:innen die Möglichkeit erhalten, sich über Mathematik auszutauschen und sich im Beschreiben und Erklären zu üben (Kommunizieren) (KMK, 2022). Außerdem sind Gelegenheiten zu schaffen, in denen die Schüler:innen ihre mathematischen Fähig- und Fertigkeiten bei der Bearbeitung problemhaltiger Aufgaben anwenden und dabei heuristische Strategien erproben können (Problemlösen) (KMK, 2022; siehe zur Vertiefung auch Bruder & Collet, 2011). Gleichmaßen gilt es, die Schüler:innen in der Auseinandersetzung mit Sachsituationen dabei zu unterstützen, kontinuierlichen und diskontinuierlichen Texten relevante Informationen zu entnehmen und die eigenen mathematischen Fähig- und Fertigkeiten bei der Bearbeitung alltäglicher Sachprobleme zu nutzen (Modellieren) (KMK, 2022; siehe zur Vertiefung auch Maaß, 2018). Bei der Bearbeitung mathematischer Probleme oder auch der Erläuterung eigener Lösungs- und Denkwege sollen die Schüler:innen überdies angeregt werden, geeignete Darstellungen zu entwickeln, auszuwählen und zu nutzen (Darstellen) (KMK, 2022). Und schließlich sind die Schüler:innen auch da-

rin zu unterstützen, symbolische und formale Sprache in Alltagssprache umzusetzen und mathematische Fachbegriffe, Objekte und Werkzeuge sachgerecht zu nutzen (mit mathematischen Objekten und Werkzeugen arbeiten) (KMK, 2022).

Ein Unterricht, der solch eine tätige und lebendige Auseinandersetzung mit Mathematik im Austausch mit anderen in den Mittelpunkt des unterrichtlichen



Geschehens rückt, trägt nicht nur zur Förderung der hier benannten prozessbezogenen Kompetenzen bei, sondern stärkt auch – ebenso explizit in den Bildungsstandards als Ziel von Mathematikunterricht in der Grundschule aufgeführt – die notwendige Freude der Schüler:innen an Mathematik (KMK, 2022). Im Sinne eines anschlussfähigen Weiterlernens ist im Mathematikunterricht der Grundschule die Freude der Schüler:innen an Mathematik zu erhalten und zu fördern, da diese eine Vielzahl kognitiver Prozesse beeinflusst, die sich letztlich auch auf das Lernen auswirken (Selter, 2007). So begünstigt die Emotion Freude u. a. die Richtung der Aufmerksamkeit auf den Lerngegenstand, den Anstieg der intrinsischen Lernmotivation sowie den flexiblen und selbstregulierten Einsatz von Lernstrategien (Brandenberger & Moser, 2018; Pekrun, 2018). Damit sich diese positiv-aktivierende Wirkung beim eigenen Lernen entfalten kann, muss die Mathematik mit Freude verbunden werden (Pekrun, 2018) – hier hat der Mathematikunterricht der Grundschule anzusetzen.

3 Das I in der MINT-Bildung: die Informatik

Nadine Bergner

3.1 Historische Entwicklung

Informatik ist die Wissenschaft der automatischen Informationsverarbeitung, die ursprünglich mit mechanischen (analogen) Maschinen oder elektrischen Apparaten umgesetzt wurde. Mit der Erfindung des Mikroprozessors und der Informationsverarbeitung durch Computer wird die Informatik im 20. Jahrhundert als Wissenschaft der *digitalen* Informationsverarbeitung begründet, was der Disziplin einen enormen Bedeutungszuwachs verliehen hat.

Im Gegensatz zu den Naturwissenschaften beschäftigt sich die Informatik nicht mit der natürlichen Welt, sondern – ähnlich wie Mathematik und Technik – mit einer künstlichen/digitalen/vom Menschen kreierten Welt. Insofern will die Informatik nicht primär „die Welt erklären“, sondern versteht sich – wiederum ähnlich der Technik – als eine Disziplin, die dazu beiträgt, die Welt zu „kreieren“ und mitzugestalten.

Wir erleben derzeit, dass die digitale Informationsverarbeitung, die im 20. Jahrhundert zunächst nur in den weiterführenden Schulen Unterrichtsgegenstand war, mehr und mehr schon im Elementarbereich und im Primarbereich Fuß fasst. Es ist bislang offen, ob sie – wie im Ausland vielfach schon realisiert – in der Grundschule ein eigenes Unterrichtsfach werden oder im Werk-, im Sach- oder im Mathematikunterricht angesiedelt werden soll.

3.2 Der Gegenstandsbereich Informatik

Die Informatik ist die jüngste der vier MINT-Disziplinen und entwickelt sich seit einigen Jahrzehnten sehr dynamisch. Bereits der Versuch einer Definition der Fachwissenschaft Informatik ist nicht einfach. So existiert eine Vielzahl verschiedener Definitionen. Eine sehr kompakte Kurzfassung liefert hier Wikipedia: „Bei der Informatik handelt es sich um die Wissenschaft von der systematischen Darstellung, Speicherung, Verarbeitung und Übertragung von Informationen, wobei besonders die automatische Verarbeitung mit Digitalrechnern betrachtet wird“ (Wikipedia, 2021). Eine ausführlichere Antwort auf die Frage „Was ist Informatik?“ findet sich im Positionspapier der Gesellschaft für Informatik e.V., welches auch die Relevanz der Informatik für einzelne Bereiche wie die Wissenschaft, die Wirtschaft oder den

Bildungssektor einzeln betrachtet (Gesellschaft für Informatik, 2006). Im Rahmen des Wissenschaftsjahres 2006 wurde folgende Definition erarbeitet: „Das Wort Informatik setzt sich aus den Wörtern Information und Automatik zusammen und bezeichnet die Wissenschaft von der systematischen Verarbeitung von Informationen mit Hilfe von Rechenanlagen. Die Ursprünge der Informatik liegen in der Mathematik, der Elektro- und Nachrichtentechnik. Die Informatik konzipiert und konstruiert mathematische Maschinen, die selbständig Symbole verarbeiten können, also Maschinen, mit denen Daten übertragen, gespeichert und durch Befehlsketten – den Algorithmen – automatisch verarbeitet werden können“ (Team Informatikjahr, 2006, S. 1).

Zusammengefasst lässt sich festhalten: Informatik ist die Wissenschaft der automatischen Informationsverarbeitung. Sie ist präsent, wenn Abläufe automatisiert gesteuert und geregelt werden oder wenn Daten gespeichert, ausgegeben, übertragen und verändert werden. Unser Alltag, beruflich wie privat, ist geprägt durch die Nutzung von Informatiksystemen. Diese sind teils klar als solche erkennbar wie beispielsweise Smartphones, Tablets oder Notebooks, aber teils auch eher versteckt wie in Waschmaschinen, Ampeln, Haltestellenanzeigen und Autos. Informatische Entwicklungen und Phänomene begegnen uns zudem in Form von personalisierter Werbung auf Webseiten, Filmvorschlägen bei Streaming-Diensten, Gesundheitsprognosen in Vorhersagemodellen sowie computergenerierter Kunst und Musik, bei der Algorithmen menschliche Kreativität imitieren. Die Anwendungsgebiete der Informatik sind vielseitig und haben großen Einfluss auf weite Teile unseres täglichen Lebens. Eine Hintergrundbetrachtung zum Selbstbild der Informatik ist zu finden in Bergner (2014).

Ähnlich wie für die Mathematik ist es auch für die Disziplin Informatik nicht eindeutig, welcher Wissenschaftskategorie diese zuzuordnen ist. So wird sie u. a. als *naturwissenschaftliche Disziplin* verstanden, was mit dem Ziel einhergeht, Bestehendes zu erforschen, zu verstehen und zu erklären. Im Gegensatz zu anderen Naturwissenschaften handelt es sich bei den betrachteten Phänomenen jedoch um solche der digitalen – also künstlichen im Gegensatz zur natürlichen – Welt.

Eine andere Sichtweise ist die der Informatik als *Ingenieurwissenschaft*. Aus diesem Blickwinkel besteht der Fokus informatischer Bildung darin, die digitale Welt aktiv, selbstbestimmt mitzukreieren. Kinder und Jugendliche (wie auch alle Lehrkräfte) sollen von passiven Nutzenden digitaler Technologien zu aktiven Mitgestalter:innen der digitalen Welt werden. Dazu müssen Wissen und Fähigkeiten erworben werden, Informatiksysteme – als Zusammenstellung von Hard- und Software – nicht nur zweckgerichtet zu nutzen, sondern diese auch selbst zu gestalten, anzupassen und zu kombinieren. Verdeutlichen lässt sich dies beispielsweise an der Erstellung eines eigenen Programms, denn nur mit einem Einblick in die Programmierung und Softwareentwicklung lässt sich einschätzen, wozu

Roboter und Künstliche Intelligenz (KI) in der Lage sind und zukünftig sein werden. Mit diesem Wissen können zukünftige Entscheidungen, z. B. zur Rolle von KI im Gesundheitswesen, selbstbestimmt getroffen werden. Dafür muss flächendeckend die notwendige Basis informatischer Kompetenzen (auch als informatische Grundkompetenzen bezeichnet) erworben werden. Weitere Argumentationen und Beispiele zur Notwendigkeit und Relevanz informatischer Kompetenzen für die Allgemeinbildung finden sich in Barkmin et al. (2020).

Darüber hinaus gibt es Argumente für die Einordnung als *Strukturwissenschaft* oder sogar als *Gesellschaftswissenschaft* (für weitere Informationen vgl. Schubert & Schwill (2011)).

Als ein spezifisches Merkmal des Gegenstandsbereiches Informatik lässt sich herausstellen, dass sich diese mit der digitalen – also künstlichen, vom Menschen erschaffenen und meist nicht anfassbaren – Welt auseinandersetzt. Dabei geht es sowohl um das Verstehen (z. B. in der Frage „Wie funktioniert das Internet?“) als auch die aktive Mitgestaltung dieser (z. B. durch die Programmierung einer App). Eine besondere Herausforderung zum *Verstehen* ist die Tatsache, dass die digitale Welt (zumindest zum Großteil) nicht anfassbar, teils sogar unsichtbar, daher schwer begreifbar und teils sehr abstrakt ist. Somit legt die informatische Bildung viel Wert auf das Begreifbarmachen der informatischen Zusammenhänge, Prinzipien und Vorgehensweisen. Dazu werden u. a. Modelle betrachtet und angefertigt, woraus sich eine besondere Bedeutung der Modellierung als fachspezifische Kompetenz ergibt. Neben dem Verstehen stellt das *Mitgestalten* die zweite wichtige Säule informatischer Bildung dar. Da die digitale Welt vom Menschen gemacht ist, bietet sie außergewöhnliche Möglichkeiten, sodass auch Lernende (jeden Alters) diese aktiv selbst mitgestalten können. Diese Gestaltung von Informatiksystemen kann dabei über die Nutzung dieser weit hinausgehen.

In den letzten Jahrzehnten ist das Selbstverständnis des Schulfaches Informatik in Verbindung mit digitaler Bildung immer wieder neu gedacht und diskutiert worden. An dieser Stelle ist es wichtig zu erkennen, was das Fach Informatik – auch in Abgrenzung zur Medienbildung – ausmacht und welche Alltagsrelevanz dieses im Privaten wie Beruflichen hat (nähere Erläuterungen in Bergner et al., 2018).

3.3 Informatische Bildung im Primarbereich

Die Informatik als Schulfach stellt eine wichtige Schnittstelle zur Medienbildung dar, wobei Medienkompetenzen in allen Fächern und vor allem auch bereits vor dem Einsetzen des Informatikunterrichts von allen Kindern erworben werden müssen. Das Zusammenspiel von informatischer Bildung und Medienbildung

lässt sich anhand des Dagstuhl-Dreiecks (Brinda et al., 2016) erklären, indem die drei Perspektiven einzunehmen sind (vgl. Abb. 3):

- die *anwendungsbezogene Perspektive*, die sich mit der Frage „Wie nutze ich das?“ beschäftigt,
- die *gesellschaftlich-kulturelle Perspektive*, bei der es um die Frage „Wie wirkt das?“ geht,
- sowie die *technologische Perspektive*, welche sich mit der Frage „Wie funktioniert das?“ befasst.

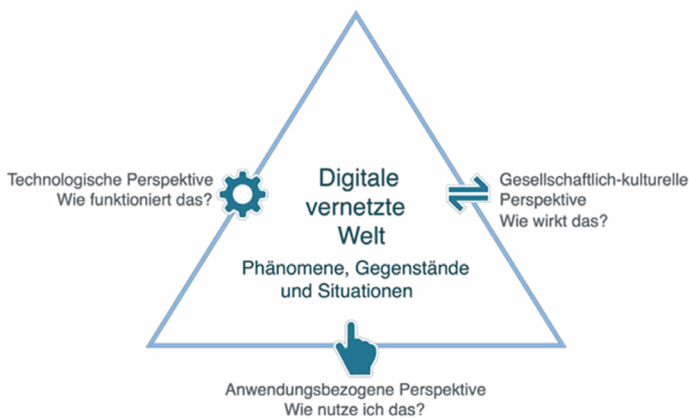


Abbildung 3. Dagstuhl-Dreieck (Brinda et al., 2016)

Dabei zeigt insbesondere die technologische Perspektive, dass ein grundlegendes technologisches Verständnis notwendig ist, um nicht nur die heute bereits existierenden, sondern vor allem die zukünftig entstehenden Technologien verstehen, bedienen und selbst mitgestalten zu können.

Neben den Forderungen verschiedener Fachgesellschaften wie u. a. der Gesellschaft für Informatik (GI) hat 2016 die Kultusministerkonferenz (KMK) in ihrer Strategie *Bildung in der digitalen Welt* festgehalten, dass „das Lernen mit und über digitale Medien und Werkzeuge bereits in den Schulen der Primarstufe beginnen“ sollte (KMK, 2016, S. 6). 2021 veröffentlichte die KMK die dazugehörige Ergänzung *Lehren und Lernen in der digitalen Welt* (KMK, 2021). In der Ergänzung wird erstmalig auch die informatische Bildung explizit erwähnt und deren Notwendigkeit für alle Lehrkräfte festgehalten: „Kompetenzen für die digital geprägte Welt, darunter auch informatische Grundkompetenzen, müssen über alle Phasen der Lehrerbildung hinweg als wichtiger Baustein zeitgemäßer Bildung erworben bzw. weiterentwickelt werden können“ (KMK, 2021, S. 24). Auch werden hier, an-

knüpfend an das oben genannte Dagstuhl-Dreieck, alle drei Perspektiven gefordert: „Dabei sind zentrale informatische Kompetenzen und Medienkompetenzen curricular sowie in Lehr-Lern-Prozessen zu verankern, um die technologische, die anwendungsbezogene sowie gesellschaftlich-kulturelle Perspektive von digitalen Phänomenen und Veränderungsprozessen zu durchdringen und verantwortlich mitzugestalten“ (KMK, 2021, S. 8), wobei diese Perspektiven hier nicht weiter ausgeführt werden. Die Vorgaben dieser Strategien wurden von den einzelnen Bundesländern anschließend in landesspezifische Rahmenvorgaben überführt. So entstand in Sachsen beispielsweise die Konzeption „Medienbildung und Digitalisierung in der Schule“, in der die Forderungen anhand der technologischen, gesellschaftlich-kulturellen und anwendungsbezogenen Perspektiven (vgl. Brinda et al., 2016, S. 3) konkretisiert wurden (Staatsministerium für Kultus Freistaat Sachsen, 2017, S. 14). Die informatische Bildung ist dabei insbesondere in der technologischen Perspektive verankert und gilt damit „als immanente[r] Bestandteil des Erziehungs- und Bildungsauftrages aller Schularten“ (Landesamt für Schule und Bildung Freistaat Sachsen, 2018, S. 3).

Ein vorbildliches Beispiel für die verpflichtende Vermittlung informatischer Kompetenzen in der Grundschule ist der seit dem Schuljahr 2019/20 in Sachsen im Fach Werken in der vierten Klasse zu unterrichtende Lernbereich „Begegnung mit Robotern und Automaten“ (Landesamt für Schule und Bildung, 2019). Hier sollen die Grundschul Kinder bereits das grundlegende Prinzip aller Informatiksysteme (Eingabe – Verarbeitung – Ausgabe) kennenlernen sowie einen Einblick in die Programmierung erhalten.

Auch in den Lehrplänen anderer Fächer sowie in anderen Bundesländern sind bei genauerer Analyse Anknüpfungspunkte für informatische Inhalte und Kompetenzen zu finden, welche bisher jedoch nicht explizit hervorgehoben wurden. Diese sind dadurch für fachfremde Lehrkräfte nur schwer zu erkennen und werden dementsprechend kaum vermittelt. Eine detaillierte Analyse zu Anknüpfungspunkten für die verankerte informatische Vorbildung in anderen Fächern am Beispiel der sächsischen Grundschullehrpläne findet sich in Nenner, Damnik und Bergner (2020).

Für die Vermittlung informatischer (Grund-)Kompetenzen in der Grundschule besteht eine besondere Herausforderung darin, dass Grundschullehrkräfte selten Informatikkompetenzen in ihrem eigenen Studium erworben haben. Abhilfe schaffen hier Qualifikationsangebote wie z. B. die eintägige Präsenzfortbildung „Informatik entdecken – mit und ohne Computer“, der Online-Kurs „Informatik entdecken“ und die umfassendere, im Blended-Learning-Format umgesetzte Fortbildung „Informatische Bildung im Grundschulunterricht“ der Stiftung Haus der kleinen Forscher.

Insgesamt bestehen die Spezifika informatischer Bildung im Kontext von MINT-Bildung (in der Grundschule) in folgenden drei Punkten:

1. Statt der natürlichen Welt steht die künstliche, vom Menschen erschaffene digitale Welt im Fokus.
2. Neben dem Erkunden und Verstehen informatischer Phänomene geht es zusätzlich darum, solche selbst aktiv (mit) zu gestalten.
3. Daher ist statt einer Frage meist ein Problem, welches mit informatischen Mitteln gelöst werden soll, der Ausgangspunkt des Forschungsprozesses.

3.4 Ziel der informatischen Bildung im Primarbereich: Informatische Grundbildung

Im Gegensatz zur Mathematik existieren für die Informatik bisher keine Bildungsstandards der KMK, nicht einmal für die weiterführenden Schulen. Als Empfehlung zur informatischen Bildung veröffentlichte die Gesellschaft für Informatik e.V. 2019 „Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich“ (Humbert, L. et al., 2019). Diese orientieren sich in ihrer Kernstruktur an den bereits zuvor veröffentlichten Empfehlungen für informatische Bildung in der Sekundarstufe I (Brinda et al., 2008) und II (Röhner et al., 2016). Kernaussage ist dabei eine Struktur aus *fünf Inhalts- und Prozessbereichen*, welche verzahnt unterrichtet werden sollen (vgl. Abb. 4). So sollen die Kinder beispielsweise einen einfachen Algorithmus zur Verschlüsselung von Daten selbst entwickeln. Auch sollen sie über den Einfluss von Informatiksystemen, z. B. Robotern oder autonom fahrenden Fahrzeugen, kommunizieren sowie Pro- und Contra-Argumente hinsichtlich der gesellschaftlichen Folgen begründen.



Abbildung 4. Inhalts- und Prozessbereiche (Humbert et al., 2019)

Nahezu zeitgleich veröffentlichte die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ im neunten Band ihrer wissenschaftlichen Untersuchungen „Frühe informatische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich“. Dort wurden als anzustrebende informatische Kompetenzen auf Ebene der Kinder die Inhalts- und Prozessbereiche aus den GI-Empfehlungen aufgegriffen und diese um den weiteren Prozessbereich „Interagieren & Explorieren“ ergänzt (vgl. Abb. 5).

Zusätzlich wurden in dieser Expertise auch die nötigen Kompetenzen der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte erörtert. Über die in Abbildung 5 dargestellten Ziele, die analog für die Kinder gelten, spielen für die Fach- und Lehrkräfte auch die Einstellungen, Haltungen und das Rollenverständnis wie auch die informatikdidaktischen Kompetenzen eine entscheidende Rolle (vgl. Bergner et al., 2018). Mittels dieser soll bei den Kindern eine Begeisterung für die Informatik geweckt und eine Steigerung der wahrgenommenen Selbstkompetenz bei Kindern und Lehrkräften erzielt werden.

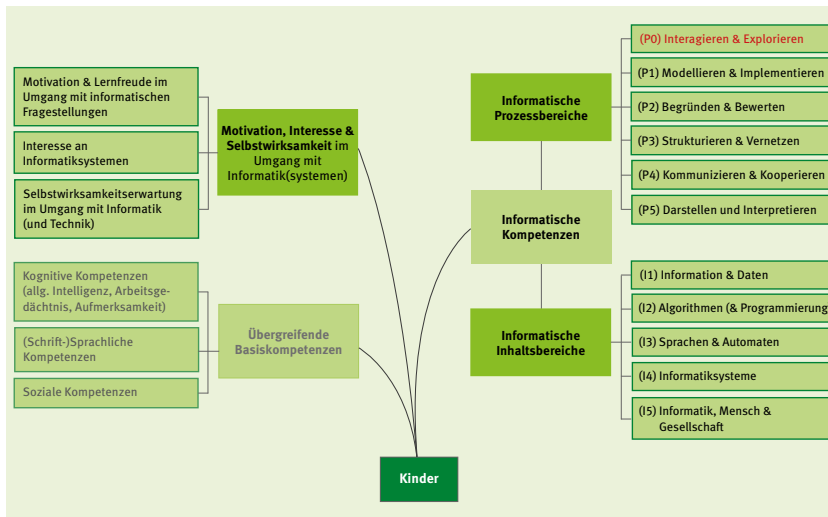


Abbildung 5. Zieldimensionen informatischer Bildung für Kinder (Bergner et al., 2018, S. 135)

4 Das N in der MINT-Bildung: die Naturwissenschaften

Jörg Ramseger

4.1 Historische Entwicklung

Naturwissenschaft, verstanden als die systematische Suche nach Erklärungen für Erscheinungen der belebten und unbelebten Natur, betreibt die Menschheit schon seit Urzeiten. Die Astronomie ist neben der Geometrie und der Arithmetik bereits seit der Antike auch eine der *Septem Artes liberales* und damit seit Jahrtausenden Bestandteil der Bildung für die höheren Schichten der Gesellschaft.

Heute werden die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe überwiegend in den Fächern Biologie, Chemie, Physik und in Teilbereichen der Geografie unterrichtet, während sie im Primarbereich in Deutschland – im Gegensatz zur angelsächsischen Welt – alle zusammen nur eine „Perspektive“ neben vielen anderen Perspektiven im Rahmen des Sachunterrichts ausmachen. Aus diesem Grund gibt es in Deutschland – mit Ausnahme von Berlin – auch keine Fachlehrer:innen für die Naturwissenschaften im Primarbereich.

4.2 Das Fachgebiet Naturwissenschaften

Das Fachgebiet Naturwissenschaften handelt von dem Bemühen der Menschheit, in der belebten und unbelebten Natur Ordnung und Wirkungszusammenhänge zu entdecken, um Naturphänomene erklären und vorhersehen zu können und sich die Natur – z. B. mithilfe der Technik – zunutze machen zu können. Wie alle anderen Wissenschaften pflegen die Naturwissenschaften eine Reihe von Idealen, die wissenschaftliches Denken und Handeln vom gewöhnlichen Alltagshandeln unterscheiden (vgl. Kapitel 1 in diesem Beitrag).

Seit Beginn der Neuzeit sind die Naturwissenschaften in besonderem Maße dem cartesianischen Denken verpflichtet. Mit der Erfindung der experimentellen Überprüfung von Hypothesen und Theorien und der Abbildung von natürlichen Vorgängen in mathematischen Formeln und Algorithmen haben die Naturwissenschaften ihre seit der Antike bestehende teleologische Bindung überwunden und zu einem exponentiellen Anwachsen des Wissens und der Macht über die Natur und über die Mitmenschen beigetragen. „Große Übereinstimmung besteht im Hin-

blick auf zwei zentrale konstituierende Elemente von Naturwissenschaften, nämlich einerseits Konzepte, Theorien und Gesetze und andererseits die Prozesse und Methoden, mit denen diese generiert, erweitert, verändert und revidiert werden. Beide Elemente sind essenziell für das Verständnis von Naturwissenschaften, und dementsprechend stellen sie auch zentrale Bausteine einer naturwissenschaftlichen Grundbildung dar“ (Steffensky, 2018, S. 4).

In den letzten 60 Jahren sind die Folgen einer hemmungslosen Ausbeutung der Natur mithilfe von Wissenschaft und Technik mehr und mehr ins öffentliche Bewusstsein getreten. Aus diesem Grunde muss eine naturwissenschaftliche Bildung ohne Rückbindung an Konzepte einer Bildung für nachhaltige Entwicklung als nicht mehr zeitgemäß betrachtet werden.

4.3 Naturwissenschaftliche Bildung im Primarbereich

Naturwissenschaftliche Bildung ist im Primarbereich in Deutschland seit jeher im Sachunterricht lokalisiert und somit nur ein Teil eines multidimensionalen Unterrichtsfachs, das die Kinder dazu auffordert, Dinge und Sachverhalte aus ihrer Umwelt genauer wahrzunehmen, mit altersgemäß nutzbaren „wissenschaftlichen“ Methoden zu untersuchen und zu verstehen. Es geht im Kern um das möglichst selbstständige „sachstrukturelle Erschließen der Umwelt und das Gewinnen fachlicher Ordnungssysteme und Verfahren“ (Lichtenstein-Rother, 1977, S. 72).

Schon im heimatkundlichen Anschauungsunterricht des 19. und frühen 20. Jahrhunderts waren naturwissenschaftliche Gegenstände Teil des Grundschulcurriculums. Zu denken ist an die Behandlung von Nutzpflanzen („Die Kartoffel“) und Nutztieren („Das Haushuhn“) oder elementare Astronomie („Die Jahreszeiten“) und Geografie („Kartenkunde“). Demgegenüber gehen die aktuellen Rahmenlehrpläne primär von strukturierten Lernerfahrungen zur Anbahnung fachspezifischer und fachübergreifender *Kompetenzen* aus, die im naturwissenschaftlichen Sachunterricht ausgebildet werden sollen. „Naturwissenschaftliche Kompetenzen sind komplexe und spezialisierte Kompetenzen, die kognitive und soziale Basisfähigkeiten voraussetzen, so z.B. ein angemessenes Sprachverständnis, Leseverständnis, mathematische Fähigkeiten, Arbeitsgedächtnis, Planungsfähigkeiten, kognitive Flexibilität, Perspektivenübernahme, kognitive Verhaltenskontrolle, Persistenz“ (Anders, Hardy, Sodian & Steffensky, 2013, S. 112). Diese Kompetenzen sind in einer *Studie der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* zu den „Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung im Grundschulalter und ihre Messung“ umfassend beschrieben und begründet (vgl. Anders et al., 2013).

In dem den meisten aktuellen Rahmenlehrplänen zugrunde liegenden und von der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts herausgegebenen „*Perspektivrahmen Sachunterricht*“ (2013) wird darauf hingewiesen, dass die Kinder

mit vielfältigen Sacherfahrungen und auch Sacherklärungen aus der vor- und außerschulischen Lebenswelt in die Schule kommen. Diese sind jedoch „überwiegend aus dem eigenen Erleben geprägt und damit weitgehend fragmentarisch und zufällig. Im Sachunterricht kommt es darauf an, dass sich die Schülerinnen und Schüler zunehmend belastbare naturwissenschaftliche Konzepte und Vorstellungen und damit zusammenhängende Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen aneignen“ (GDSU, 2013, S. 37).

Die didaktische Grundstruktur eines zeitgemäßen naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Primarstufe hat Kornelia Möller in nur zwei Sätzen zusammengefasst, die eine idealtypische Vorgehensweise vollständig beschreiben: „Um anwendungsbereites, integriertes und widerspruchsfreies Wissen aufzubauen“, sagt Kornelia Möller,

„müssen Schüler aktiv und aufgrund eigener Denkprozesse bisherige Konzepte in Frage stellen, [sie] anhand von Erfahrungen überprüfen, alte Ideen verwerfen und neue Ideen entwickeln, diese wiederum überprüfen, in verschiedenen Situationen anwenden und in ihrer eigenen Sprache präsentieren. Den gemeinsamen Lern- und Denkprozessen in der Lerngruppe kommt hierbei eine wichtige Bedeutung zu“ (Möller, 2004, S. 153).

Lernen erfolgt in dieser Perspektive als Ko-Konstruktion der Lehrenden und Lernenden sowie der Lernenden untereinander, wobei der Prozess des Lernens in den sozialen Kontext des Unterrichts integriert ist (Widodo & Duit, 2004). Dabei wird angenommen, dass Lernprozesse (auch auf kognitiver und motivationaler Ebene) insbesondere dann nachhaltig wirksam sind, wenn eine systematische enge Verzahnung von Handlungs- und Verstehensprozessen gegeben ist (Möller, Jone, Hardy & Stern, 2002; Möller, Hardy & Jone, 2006; Möller, 2004; Beimbrech, Kleickmann, Tröbst & Möller, 2009). Der Unterricht sollte demnach bereits in seiner Struktur so gestaltet sein, dass er eine Kombination von eigenaktivem Erproben und Experimentieren und systematischem gemeinsamem Nachdenken über den Sachverhalt darstellt – „sustained shared thinking“, wie es international bezeichnet wird (Sylva, Melhuish, Sammons, Siraj-Blatchford & Taggart, 2004).

Forschendes Lernen und wissenschaftliches Argumentieren im Grundschulalter

Es gibt vermutlich nur wenige Schulfächer, bei denen es nahezu weltweit Übereinstimmung hinsichtlich der allgemeinen Zielsetzung für den Unterricht gibt. Für die Naturwissenschaften lässt sich dieses behaupten: Hier gehen die meisten Bildungsverwaltungen in Übereinstimmung mit der fachdidaktischen Forschung von einer weltweit weitgehend ähnlichen Zielformel aus, die im angelsächsischen

Raum „Scientific Literacy“ oder „Science Literacy“ genannt wird und auf Deutsch mit „naturwissenschaftlicher Grundbildung“ umschrieben werden kann.

Nach Gräber, Nentwig und Nicolson (2002, S. 136) ist „Scientific Literacy“ als ein komplexes „Bündel von Kompetenzen“ zu begreifen. Es geht weniger um abstrakten Wissenserwerb und auch nicht primär um schlichtes Faktenwissen als um ein „anschlussfähiges, gründliches Erarbeiten und Verstehen einzelner, auch subjektiv bedeutsamer Frage- und Problemstellungen“ (Jonen, Möller & Engelen, 2002, S. 60), die durch eigenaktive Erkundungen in genuin wissenschaftlichen Diskursen erworben werden.

Das „eigenaktive Erkunden“ erfolgt nach derzeitigem Erkenntnisstand am besten in einem stark handlungsorientierten Vorgehen, in welchem entdeckendes Lernen (Inquiry-based Learning) eine wesentliche Rolle spielt (Bybee, 1997; Hößle, Höttecke & Kircher, 2004; Labudde, 2010; vgl. auch Kapitel 4.2 in Beitrag A von Mirjam Steffensky). Dabei ist es unwesentlich, dass die Menschheit fast alle „Entdeckungen“, die Kinder im Rahmen von Schule machen können, bereits gemacht und weitgehend aufgeklärt hat. Es geht nicht um ein „Wiederentdecken“, sondern um das *erstmalige* Entdecken eines Sachverhalts *durch das lernende Kind* im Sinne eines genetischen Unterrichts (Wagenschein, 1999; Bauernfeind, 2021).

Forschendes und entdeckendes Lernen ist einerseits wichtig, weil es die zentrale Vorgehensweise der Naturwissenschaften darstellt, die an ausgewählten Themen und Fragestellungen bereits im Kindesalter eingeübt werden kann und dabei nicht nur wissenschaftsbezogene Kompetenzen ausbildet, sondern auch zur allgemeinen Bildung beiträgt (vgl. Beitrag C, Rahmenkonzept einer MINT-Bildung der Stiftung Haus der kleinen Forscher). „Entdecken und forschen Kinder in MINT, so gewinnen sie systematisch Erkenntnisse und entwickeln belastbare Lösungen, was zu ihrem allgemeinen Wissenschaftsverständnis beiträgt und darüber hinaus viele weitere positive Effekte auf ihre Kompetenzentwicklung hat“ (ebd., S. 152).

Entdeckendes Lernen korrespondiert andererseits in hohem Maße mit den aktuellen kognitionspsychologischen Vorstellungen vom Lernen als kognitivem Konstruieren (Mintzes, Wandersee & Novak, 1998; Möller, 2004). Nach der Theorie des „Conceptual Change“ baut das lernende Subjekt beim entdeckenden und forschenden Lernen infolge der Widerständigkeit der Realität im Verhältnis zum individuellen Vorwissen (Präkonzept) neue Erkenntnisstrukturen auf (Konzeptwechsel).

Bedeutsam ist dabei, dass dieser Konzeptwechsel von der Lehrkraft nicht direkt herbeigeführt werden kann, sondern sich im lernenden Subjekt selbst ereignen muss. Die Lehrkraft kann und muss allerdings diesen Prozess unterstützen durch eine die Gedanken der Kinder ordnende Gesprächsführung, die exaktes Beobachten und Begründen einfordert, Zweifel ausspricht, Widersprüche in

der Argumentation der Kinder aufzeigt oder unstimmgige Aussagen der Kinder mit Gegenbeispielen konfrontiert (vgl. Möller et al., 2006; Mintzes et al., 1998; Hildebrandt et al., 2016). Solche Handlungsformen entsprechen den Qualitätsmerkmalen „kognitive Aktivierung“ und „konstruktive Unterstützung“, die im Beitrag A von Mirjam Steffensky ausgeführt werden.

Wie die reale Wissenschaft der Erwachsenen vollzieht sich die wissenschaftliche Grundbildung in der Schule immer im Medium der Sprache. So gesehen ist Naturwissenschaft primär eine besondere Form, über die Natur zu sprechen.

„Naturwissenschaftliche Grundbildung“ stellt mithin *nicht* – wie manche Lehrerinnen und Lehrer denken und auch viele Handreichungen für den Unterricht nahelegen – *das Experimentieren* ins Zentrum der Überlegungen, sondern das Fragen, das Beobachten und vor allem das *Argumentieren*. „It is *the link* between speaking, listening, thinking and learning which makes talk so important in science classrooms. We can provide children with fascinating experiences and thoughtful resources; but unless we also provide them with opportunities to discuss what they are doing, their chance to learn is diminished“ (Loxley, Dawes, Nicholls & Dore, 2014, S. 53; Hervorhebung JR; vgl. ebenso Mercer, Dawes, Wegerif & Sams, 2003).

Was ist unter „wissenschaftlichem Argumentieren“ im Grundschulalter zu verstehen? In der einfachsten Form wird „wissenschaftliches Argumentieren“ nach Einsiedler (1992, S. 484) wie folgt beschrieben: „[...] bei Behauptungen nach Gründen und Belegen fragen [...]“. Tytler, Hubber & Chittleborough definieren „wissenschaftliches Argumentieren“ so: „Abwägendes Denken, welches Entscheidungen beinhaltet und zu einer begründeten Behauptung führt. Das Setzen von identifizierbaren und generativen Beziehungen zwischen Einheiten. Es wird oftmals mit komplexem Denken, [...] dem Lösen von ungewöhnlichen Problemen und der Begründung von Behauptungen durch Evidenz in Verbindung gebracht“ (Tytler, Hubber & Chittleborough, 2012, S. 3). Versucht man den Terminus „Wissenschaftliches Argumentieren“ zu operationalisieren, bieten sich folgende Indikatoren an, um Situationen zu bestimmen, in denen sich „wissenschaftliches Argumentieren“ ereignet:

- Kinder erörtern Phänomene der belebten oder unbelebten Natur;
- Kinder entwickeln und verhandeln Fragen an die Natur oder zu den Phänomenen;
- Kinder entwickeln und begründen aufgrund ihrer Hypothesen eigene Versuchsanordnungen;

- Kinder erkennen und erörtern Fehlerquellen, Widersprüche oder erwartungswidrige Ereignisse in ihren Beobachtungen, Versuchen oder Versuchsanordnungen;
- Kinder formulieren und/oder erläutern eigene Begründungen für beobachtete Phänomene;
- Kinder verständigen sich im Diskurs auf eine Beschreibung, Begründung, Interpretation;
- Kinder denken über ihren eigenen Lernweg nach (Metakognition).

Nur ein Unterricht, der solche argumentativen, dialogischen und metakognitiven Phasen einplant und sicherstellt, kann im eigentlichen Sinne des Wortes als „bildender Unterricht“ begriffen werden und sich Hoffnung machen, „Scientific Literacy“ auszubilden.

4.4 Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts im Primarbereich: Naturwissenschaftliche Grundbildung

Folgt man den bisher genannten und weiteren einschlägigen Autor:innen (z. B. Hößle et al., 2004; Lange & Hartinger, 2014; Steffensky, 2018; Labudde, 2019 u. a. m.), wird deutlich, dass „naturwissenschaftliche Grundbildung“ verschiedene Gegenstandskomponenten umfasst, die alle zusammengehören und alle miteinander verwoben sind. Es geht um

- *Inhalte* aus Physik, Chemie, Biologie, Geografie, Geologie und Astronomie;
- *Prozesse* des naturwissenschaftlichen Wissenserwerbs (z. B. „Beobachten“ oder „Experimentieren“ oder „Analysieren“);
- *Kenntnis* einiger naturwissenschaftlicher *Basiskonzepte* (z. B. „Energie“ oder „Evolution“ oder „Stoffhaltung“);
- *Vorstellungen über die besondere Bedeutung der Naturwissenschaften* (z. B. für die Technikentwicklung, aber auch für die Behandlung von Krankheiten oder die Produktion von immer mehr Nahrungsmitteln für eine wachsende Weltbevölkerung);
- *Vorstellungen über Naturwissenschaft und Technik im sozialen, gesellschaftlichen und politischen Kontext* (z. B. Technikfolgen oder Umweltschutz).

Hinzu kommen die oben erwähnten Kompetenzen, die im naturwissenschaftlichen Unterricht – wie in allen MINT-Disziplinen – gepflegt und ausgebaut werden sollen:

- kognitive Kompetenzen,
- soziale Kompetenzen,
- sprachliche Kompetenzen und
- methodische Kompetenzen.

Das Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist dabei ein doppeltes: ein „wirkliches Verstehen“ der Naturgesetze („the sciences of nature“) und gleichzeitig ein Verstehen des Wesens der Naturwissenschaften („the nature of science“). Oder anders gesagt: verstehen, wie die Natur funktioniert, und verstehen, welche Fragen mit naturwissenschaftlichen Methoden und Prozeduren überhaupt nur beantwortet werden können. Im Einzelnen geht es dabei um zusammenhängendes, anwendbares, verstandenes Wissen über

- zentrale Konzepte und Theorien (Inhaltswissen, konzeptuelles Wissen),
- fachspezifische Denk- und Arbeitsweisen (prozessbezogenes Wissen, prozedurales Wissen),
- den Charakter und die Genese von naturwissenschaftlichem Wissen (epistemisches Wissen, Wissen über Naturwissenschaften, Nature of Science) und
- Einsicht in die Schnittstellen zwischen Naturwissenschaften, Technik und Gesellschaft (Socio-Scientific Issues).



Diese Multidimensionalität muss in einem hinreichend komplexen Verständnis von Lehren und Lernen ihren Niederschlag finden und hat – wie oben beschrieben – allemal didaktische Konsequenzen. Das Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts wäre es dann, *den Zusammenhang* der genannten Komponenten an einzelnen Beispielen naturwissenschaftlichen Fragens und

Denkens sichtbar und erfahrbar werden zu lassen und den Schülerinnen und Schülern bewusst zu machen (beispielhaft bei Settlage & Southerland, 2012). Dies findet in Prozesskriterien für einen guten naturwissenschaftlichen Unterricht seinen Niederschlag, die bereits in einer früheren Expertise in dieser Schriftenreihe ausbuchstabiert wurden (vgl. Ramseger, 2013).

5 Das T in der MINT-Bildung: die Technik

Kim Lange-Schubert, Annett Steinmann

5.1 Historische Entwicklung

Der Mensch bedient sich der Technik schon seit der Steinzeit. Eine systematische Weitergabe des jeweiligen technologischen Wissens erfolgte in Deutschland in organisierter Form spätestens im Mittelalter mit der Herausbildung der Handwerkerzünfte, die Produktionstechniken und Qualitätsmaßstäbe definierten, pflegten und an die „Lehrlinge“ weitergaben. Im Zuge der Industrialisierung erhielt die Vermittlung des technologischen Wissens und Könnens mit der Einführung des Werk- und Textilunterrichts, später des „Arbeitsunterrichts“ oder des „Polytechnischen Unterrichts“ und heute als Kombinationsfach „Wirtschaft-Arbeit-Technik“ (WAT) im Curriculum der Volksschulen und Sekundarschulen und natürlich in den Berufsschulen und technischen Hochschulen einen festen Platz. Nur noch vereinzelt wird „Werken“ auch im Primarbereich in einem eigenständigen Fach unterrichtet. In einem Großteil der Bundesländer ist technische Bildung genuiner Bildungsauftrag des Sachunterrichts. Heute bezieht sich der Technikunterricht in der allgemeinbildenden Schule im Übrigen nicht mehr auf bloßes Produktionshandeln, sondern auch auf ein „technisches Erschließungshandeln“ (Stuber, 2016, S. 20), das die Reflexion über das technische Handeln und seine Folgen in Gegenwart und Zukunft mit umfasst.

5.2 Der Gegenstandsbereich Technik

Ropohls (2004) Begriff der *Soziotechnik* prägt ein Technikverständnis, welches die Bedürfnisbefriedigung des Menschen in den Mittelpunkt stellt. Er definiert Technik als „die Gesamtheit aller nützlichen Artefakte und Systeme, sowie sämtliche menschliche Handlungen ihrer Herstellung und Verwendung“ (Stuber, 2016, S. 19, nach Ropohl, 2004). Dieses Verständnis bettet das sachtechnische Artefakt in einen großen Kontext von Natur, Mensch und Gesellschaft ein und stellt den Bezug zur Lebenswelt her. Wilkening und Schmayl (1995) bauen auf diesem Verständnis einen mehrperspektivischen Ansatz zur Erschließung technischer Wirklichkeit auf. Neben der sach- und der soziotechnischen Perspektive beinhaltet ihr Modell eine Sinn- und Wertperspektive, welche die ethische Dimension in die Reflexion über Technik einbezieht.

„Effective democracy depends on all citizens participating in the decision-making process. Because so many decisions involve technological issues, all citizens need to be technologically literate“ (ITEA, 2009, S. 2).

Kinder leben aktuell in einer sich rasch wandelnden technisierten Welt und in einer davon entscheidend geprägten Gesellschaft. Eine „geistige Bewältigung“ (Stuber, 2016) dieser Situation beinhaltet den verantwortungsvollen Umgang mit technisch-gesellschaftlichen Artefakten, um in Lebenswelten aktiv partizipieren zu können (ebd.). Die gesellschaftliche Relevanz, das Leben in einer sogenannten „Technosphäre“ (ebd.) und der damit verbundene Komplexitätsgrad machen Auseinandersetzungen notwendig, die sich fernab von einem reinen „Hineinwachsen“ (ebd.) verorten. Vielmehr geht es um eine verantwortungsvolle pädagogisch-didaktische Heranführung im Sinne einer technischen Allgemeinbildung. Stuber (2016) begründet deren Notwendigkeit damit, dass Kinder zu einem bewusst-kritischen technischen Handeln und einer geistigen Durchdringung des Kulturbereiches Technik befähigt werden müssen (ebd.). Der fachdidaktische Blick des Sachunterrichts innerhalb der technischen Perspektive (GDSU, 2013) und das Fach Werken fokussieren das Erreichen einer technischen Literalität.

5.3 Technische Bildung im Primarbereich

Zentral etablierte Bildungsabsichten in entsprechenden Rahmenplänen für den Primarbereich sollen ein Verständnis technischen Lernens als Hilfe zur Persönlichkeitsentwicklung (Sachs, 2001; Stuber, 2016) im Erwerb kognitiver, aktionaler und evaluativer Kompetenzen verdeutlichen. Das Zusammenwirken von technischer Handlungskompetenz und technischer Gestaltungsfähigkeit kann diesen Ansprüchen gerecht werden, wenn fachliche, soziale und personale Fähigkeiten als Voraussetzung dienen, Lernende in die Lage zu versetzen, in technikgeprägten Alltagssituationen selbstwirksam, sachverständig, wertbezogen und mündig zu handeln (Schlangenhaut, 2016; Jensen, Somazzi & Weber, 2012; Schmayl, 2010). Mündig bedeutet dabei: „[...] in einer von Technik geprägten Welt Verantwortung übernehmen und sachangemessen, human und solidarisch handeln zu können“ (ITEA, 2009, S. 2).

Die International Technology Education Association (ITEA) spricht in diesem Zusammenhang von der „Fähigkeit, Technik verantwortungsvoll zu nutzen, zu bedienen, zu bewerten und zu verstehen“ (ITEA, 2009, S. 2).

Dazu werden herausfordernde Lerngelegenheiten notwendig, die Kindern weitestgehend selbstständige und vielfältige Problemlösungen ermöglichen und damit Selbstwirksamkeit intendieren (Isler, 2016). Hier kommt der Termi-



nus *Problemorientierung* zum Tragen, der (auch) im Kontext technischer Bildung der Grundschule auf Wagenschein (1992) und seiner Konzeption des *genetisch-entdeckenden Lernens* beruht (ebd.). Angelehnt an die angloamerikanische Bedeutung des Problembegriffs geht es um eine Positionskonnotation: ein Problem als eine herausfordernde Situation. Dabei wird zwischen Problemen unterschieden,

die „*well-defined*“, also ad hoc lösbar sind, sowie offenen sogenannten „*ill-defined-Problemen*“, die keinen bekannten eindeutig vorgegebenen Lösungsweg zulassen (Platz, 2007). „*Well-defined-Lernsituationen*“ dienen der Vertiefung, Anwendung und Überprüfung von Wissen. Es werden wiederholbare Problemlösungsstrategien eingesetzt und zur Anwendung gebracht. „*Ill-defined-Lernsituationen*“ verorten sich in offenen Lernsituationen, die „erst eine Erarbeitung und Erfassung des eigentlichen Problems voraussetzen, bevor Lösungen entwickelt werden können“ (Platz, 2007, S. 45).

Den Ausgangspunkt jeglichen (technischen) Lernens stellen die Präkonzepte, Fragen und Problemstellungen der Schüler:innen dar (Lange-Schubert & Tretter, 2017; Lange-Schubert & Rothkopf, 2017). Daran anknüpfend sollte Unterricht konzipiert werden. Zudem zeigt sich, dass Unterricht, welcher Vorerfahrungen zu Beginn und im weiteren Verlauf des Unterrichts aufgreift, als lernwirksamer einzuschätzen ist (Lange-Schubert & Rothkopf, 2017). Ziel des technischen Lernens ist dabei eine Konzeptveränderung (Conceptual-Change), ausgehend von den Vorerfahrungen zu belastbaren Konzepten (ebd.). Diese Veränderung ist jedoch nicht als Wechsel, sondern als Umstrukturierungsprozess (ebd.) zu verstehen. Über die Beteiligung der sogenannten „inneren Wahrnehmung“ (Birri, Oberli & Rieder Nyffeler, 2003) wird ergänzend dazu das kindlich-individuelle Interesse geweckt und die Auseinandersetzung mit bedeutsamen technischen Aufgabenstellungen angeregt.

Nationale und internationale Studien (Wyss, 2018; Jeretin-Kopf, 2013; Warneken & Tomasello, 2006; McCarty, Clifton & Collard, 1999) zeigen, dass Kinder schon im Kleinkinderalter Strategien beim Lösen von (technischen) Problemen einsetzen, indem sie zielgerichtet erprobte und immer wieder wechselnde Strategien zur Problemlösung anwenden. Warneken und Tomasello (2006) verweisen sehr eindrücklich auf den Aspekt der kooperativen Problemlösung: Kinder erken-

nen schon im Alter von zwei Jahren den Nutzen der kooperativen Zusammenarbeit, um (technische) Herausforderungen erfolgreich zu bewältigen (ebd.). Technisches Lernen ist somit auch immer gemeinsames, kooperatives Lernen. Pahl, Beitz, Feldhusen und Grote (2003) zeigen in ihren Studien, dass Problemlösen nur dann gut gelingen kann, wenn Fachkompetenzen und methodische Kompetenzen bei Lernenden grundlegend zur Verfügung stehen. Edlmann (2000) zeigt auf, dass die Motivation zur Problemlösung ein entscheidendes domänenübergreifendes Persönlichkeitsmerkmal darstellt (ebd.).

5.4 Zur Zielsetzung und Gestaltung eines guten technischen Unterrichts im Primarbereich

Zur didaktischen Beeinflussung technischer Problemlösung im Primarbereich schlagen Stuber und Kolleg:innen (2017) das methodische Problemlösen – ein iterativ angelegtes Acht-Phasen-Modell – vor. Die Ausrichtung auf vielfältige Lösungsansätze und das Potenzial dieser methodischen Vorgehensweise sind prädestiniert, um zu erfolgreichen Auseinandersetzungen zu gelangen und gleichsam multiple Kompetenzen bei Kindern zu fördern (Steinmann, 2022; Steinmann, 2019). Ein hierzu geeignetes Kompetenzmodell findet sich beispielsweise bei Jensen und Kolleg:innen (2012) als Handlungskompetenzmodell im technischen Gestalten des Primarbereichs (ebd.).

Technisches Lernen im Primarbereich sollte demnach die Auslösung konstruktiver Lernprozesse anstreben und damit die Entwicklung und Aufarbeitung von Wissen. Es werden Aufgabenstellungen formuliert, die Lösungswege nicht einfach vorgeben, sondern Offenheit gewährleisten. Herausfordernde Situationen innerhalb einer technischen Problemlöseaufgabe regen einen aktiven, konstruktiven, selbstgesteuerten, situativen und sozialen Lernprozess an (Platz, 2007).

Ein exemplarisches Problem wird in einer wahrnehmungsbasierten Auseinandersetzung und im Dialog der eigenen Gedanken ergründet. Um ein Problembewusstsein zu entwickeln, muss nach Platz (2007) eine Irritation erfolgen. Kognitionspsychologisch ist dafür eine Problemsicht notwendig, die darauf beruht, dass ein Ziel festgelegt wird, bei dem nicht klar ist, wie dieses zu erreichen ist, aber das Zutrauen voraussetzt, eine Problemlösung zu initiieren (ebd.). Hier setzen Theorien und Forschungen zu Selbstwirksamkeit und deren prognostischer Stärke im Hinblick auf Lernerfolge an. Spätestens seit Banduras (1995) sozial-kognitiver Lerntheorie sind positive Effekte auf das Lernen in den pädagogischen Diskurs aufgenommen (Stuber, 2016). Die Forschungsarbeiten von Schwarzer und Jerusalem (2002) belegen, dass, wenn es im Primarbereich gelingt, positive Selbstwirksamkeitserwartungen zu etablieren, diese im Jugendalter stabil bleiben.

Überträgt man die Wirkmechanismen auf technisches Lernen, so kann angenommen werden, dass das Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten bei herausfordernden technischen Aufgabenstellungen zu einem steigenden Selbstvertrauen führt und das entworfene Erkenntnisobjekt die erfolgreiche Problemlösung sichtbar macht.

Inquiry-basiertes Lernen mit Design-basiertem Lernen (Sanders, 2009) zu verknüpfen, kann in der deutschsprachigen Literatur im Prinzip „Forschen und Gestalten“ (u. a. Steinmann, 2022; Steinmann & Mikutta, 2021) sichtbar werden. Als verbindende Grundprinzipien werden dabei neben der erkenntnistheoretischen Orientierung und der Interdisziplinarität insbesondere das Problemlösen beschrieben (ebd.), wobei die Anwendung von Wissen aus unterschiedlichen Disziplinen in lebensweltnahen, authentischen Kontexten zur Lösung von komplexen, hybriden Problemstellungen den Ausgangspunkt bilden (Honey et al., 2014). Moore et al. (2014) identifizieren sechs Grundsätze für integrierte MINT-Lerngelegenheiten: 1. ein motivierender Kontext; 2. ein technisches Problem im Fokus; 3. Möglichkeiten zum Redesign, um aus Fehlern lernen zu können; 4. Einbezug von mathematischen und/oder naturwissenschaftlichen Konzepten; 5. schülerorientierte Pädagogik; 6. eine Betonung von Teamarbeit und Kommunikation.

6 Ausgewählte Praxisbeispiele guter MINT-Bildung im Primarbereich

6.1 Die Entdeckung des Hebelgesetzes

Jörg Ramseger

Thema: Kraft, speziell am Hebel

Kompetenzen: Sämtliche der folgenden Kompetenzen werden durch das Unterrichtsbeispiel umfassend gefördert.

Der Rahmenlehrplan für den Sachunterricht in der Grundschule im Land Brandenburg sieht folgende fachspezifische Kompetenzen vor (Rahmenlehrplan Berlin Brandenburg. Teil C. Sachunterricht. Jahrgangsstufen 1 bis 4, 2017, S. 4ff.):

Erkennen

Die Schülerinnen und Schüler knüpfen an vorhandenes implizites und explizites Wissen und Können an, vertiefen und systematisieren es, indem sie zunehmend auch fachspezifische Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen kennenlernen und nutzen. Darüber hinaus kennen sie Beispiele der (nicht-wissenschaftlichen und wissenschaftlichen) Erkenntnisgewinnung und reflektieren über diese sowie auch über eigene Lernprozesse.

Kommunizieren

Fragen, Vorstellungen, Konzepte und Bewertungen, aber auch Handlungen der Schülerinnen und Schüler gewinnen vor allem durch Kommunikation (verbale, aber auch nonverbale) an Gestalt. Durch Versprachlichung können den Schülerinnen und Schülern (neue) Erkenntnisse bewusst werden; sie können Gelerntes benennen, sich darüber austauschen und Wissen neu konstruieren. Im Lernprozess nutzen und erweitern Schülerinnen und Schüler ihre Alltagssprache und üben sich darin, Sachverhalte verständlich und sachgerecht wiederzugeben. Dabei lernen sie auch Fachbegriffe kennen. Ebenso gehören die Einübung von Gesprächsregeln und unterschiedliche Formen des Gesprächs zum Lernen im Sachunterricht.

Urteilen

Die Schülerinnen und Schüler üben sich darin, individuelle, begründete Urteile zu entwickeln. Sie erhalten im Unterricht Gelegenheiten, eigene Aussagen, aber auch die anderer sachgerecht und kritisch zu überprüfen und dabei auch andere Standpunkte wahrzunehmen. Darüber hinaus können die Schülerinnen und Schüler verwendete Medien und Arbeitsweisen in Bezug auf ihren Nutzen und den individuellen Lernerfolg reflektieren.

Handeln

Schülerinnen und Schüler erproben sich in der Klassengemeinschaft sowie in ihrem Alltag und bringen ihre vielfältigen Handlungserfahrungen in den Unterricht ein. Im Unterricht und Schulalltag lernen sie, Aufgaben zu übernehmen, Verabredungen einzuhalten und Konsequenzen des eigenen Handelns zu durchdenken. Sie üben sich darin, Verantwortung für das eigene Lernen, die Gemeinschaft sowie auch für den Umgang mit Materialien zu übernehmen.

Jahrgangsstufe: Jahrgangsgemischte Lerngruppe Klasse 4 bis 6 (die Grundschule in Brandenburg umfasst die Jahrgänge 1 bis 6).

Methodik/Sozialform: Dialogisches Lernen nach Gallin & Ruf (2014).

Relevante Rahmenbedingungen: Unterrichtsbeispiel aus einer privaten Konfessionsschule in Brandenburg; Inklusionsklasse.

6.1.1 Darstellung des Beispiels

Das nachfolgend beschriebene Beispiel stammt aus einer jahrgangsgemischten Lerngruppe der Klassenstufen 4 bis 6 aus einer brandenburgischen sechsjährigen Grundschule in privater Trägerschaft. In der Lerngruppe sind 25 Mädchen und Jungen. Sieben der Kinder haben einen anerkannten sonderpädagogischen Förderbedarf, weswegen die Klasse im Teamteaching von Herrn A. und Frau L. gemeinsam unterrichtet wird. Das Unterrichtsgeschehen wurde im Rahmen der kulturvergleichenden Drei-Länder-Studie „EQUALPRIME – Exploring quality primary education in different cultures: A cross-national Study of teaching and learning in primary science classrooms“ videografiert und bereits unter verschiedenen Fragestellungen wissenschaftlich analysiert (vgl. Hackling, Ramseger & Chen, 2017; Hallitzky et al., 2016).

In der Didaktik des Dialogischen Lernens nach Gallin und Ruf begeben sich die Lehrkräfte mit ihren Schüler:innen unter einer von der Lehrkraft ausgewähl-

ten „Kernidee“ auf „Entdeckungsreisen“ in die Welt der Mathematik oder – wie in diesem Beispiel – der Physik. Der Unterricht ist nicht, wie in einem instruktionsorientierten Unterrichtsdesign, von der Lehrkraft komplett vorherbestimmt und in einzelne Lektionen und Lernaufgaben parzelliert, die die Schüler:innen nach und nach abarbeiten müssen. Vielmehr sollen die Schüler:innen, ausgehend von einem relativ offenen Impuls, eigene Gedanken und Ideen zu der Kernidee entwickeln und verfolgen. Ihr individueller Lerngang wird in einem „Reisetagebuch“ festgehalten, das der Lehrkraft, hier den beiden Lehrkräften, als Material für die Planung der jeweils folgenden Unterrichtsschritte dient. Jede Unterrichtsplanung erfolgt also in Form einer Weiterverarbeitung der Schüleräußerungen vom Vortag. Auf diese Weise bestimmen die Schüler:innen die konkrete Entwicklung der Unterrichtseinheit jeden Tag von neuem mit.

Im konkreten Fall haben die beiden Lehrkräfte als Kernidee das Thema „Kraft“ ausgewählt. In welche Richtung sich das Unterrichtsvorhaben entwickelt, ist vorerst offen. Als Ausgangsimpuls haben die Lehrkräfte ein qualitativ relativ schlechtes Foto einer abenteuerlichen Arbeitsplattform ausgesucht, die vom Dach eines Hochhauses herunterhängt und auf der offenkundig zwei Menschen, vielleicht Maler oder Verputzer oder Fensterbauer, hoch oben an einem Hochhaus arbeiten. Die Plattform wird von zwei sich kreuzenden Balken auf dem Dach des Hauses gehalten, die am Ende mit losen Gewichten, vielleicht Sandsäcken oder Steinen, als Gegengewichten gehalten werden. Eine ab der zweiten Sitzung verwendete Grafik verdeutlicht den Aspekt, der im weiteren Unterrichtsverlauf besonders betrachtet wurde (vgl. Abb. 6).

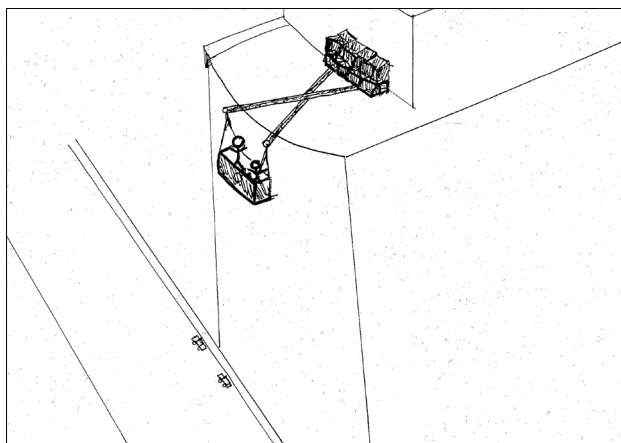


Abbildung 6. Ausgangsimpuls zur Unterrichtseinheit über „Kraft“ (Grafik: Markus Althoff)

Die Kinder werden aufgefordert, ihre ersten Assoziationen zu dem Bild in Verbindung mit dem Begriff „Kraft“ in ihr Reisetagebuch zu notieren, das hier „Forscheft“ heißt. Anschließend kommentieren in einem „Sesseltanz“⁸ mehrere Mitschüler:innen die Einträge der Kinder, sodass ein schriftlicher Dialog über die Gedanken der Kinder entsteht (Abb. 7). Die individuellen Äußerungen der Kinder nennen Gallin und Ruf „Autographen“.

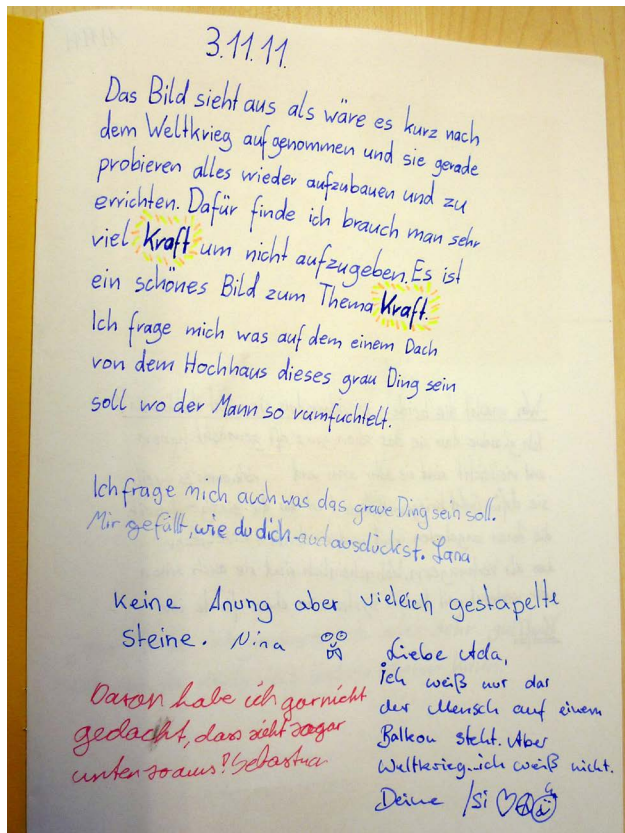


Abbildung 7. Beispiel eines von den Mitschüler:innen kommentierten Autographen zur Bildvorlage (© Arbeitsstelle Bildungsforschung Primarstufe an der Freien Universität Berlin)

8 Beim „Sesseltanz“ schreiben die Kinder ihre Gedanken zu einem Impuls in ihr „Reisetagebuch“, das sie an ihrem Platz liegen lassen, und tauschen dann, ggf. mehrfach, mit anderen Kindern den Platz und kommentieren deren Äußerungen, während ihr eigenes Produkt von einem anderen Kind gelesen, gewürdigt und kommentiert wird. So entsteht in kürzester Zeit ein komplexer schriftlicher Gedankenaustausch unter den Schüler:innen.

Daran anschließend werden einzelne Gedanken der Kinder vorgelesen und an der Tafel gesammelt und geclustert. Die beiden Lehrkräfte sortieren gemeinsam mit den Schüler:innen die Äußerungen nach Oberbegriffen/Kategorien: Gefühle, Fragen, Vermutungen, Beobachtungen und Behauptungen (Abb. 8).



Abbildung 8. Sammlung von Gedanken der Kinder zum Thema „Kraft“ (© Arbeitsstelle Bildungsforschung Primarstufe an der Freien Universität Berlin)

Bei der Auswertung der Äußerungen der Kinder nach dem Unterricht wählen die beiden Lehrkräfte einen Autographen eines Kindes aus, den sie mit einigen weiteren Schüleräußerungen in der zweiten Sitzung zur Diskussion stellen. Sie ergänzen schließlich die Schülerdarstellung mit einer Frage: „Was macht die Männer so sicher, dass sie [erg.: mit ihrer Arbeitsplattform] nicht abstürzen werden?“ Erneut schreiben die Schüler:innen zunächst Vermutungen in ihre Forschhefte, die sie anschließend im gemeinsamen Klassengespräch erörtern. Dabei konzentrieren die Lehrkräfte mit einer Skizze den Fokus auf die Stangenkonstruktion, die die Arbeitsplattform trägt (Abb. 6). Dabei äußert ein Mädchen die Vermutung: „Vielleicht haben die Arbeiter vorher getestet, wie viel Gewicht die Plattform tragen kann.“

Die beiden Lehrkräfte nutzen diese Äußerung, um die Schüler:innen aufzufordern, die Situation an ihren Schülertischen auszuprobieren. Die Schüler:innen bekommen den Auftrag, die Situation mithilfe einer Papiergondel, Schaschlikspieß, hölzernen Bauklötzen und zwei Lego-Figuren nachzubauen und zu erproben, wie viele Bauklötze in der Gondel von wie vielen Klötzen auf dem Tisch gehalten werden können. Zuerst führen die Kinder die vorgegebene Aufgabe aus.

Dabei entwickeln sie viele eigene Ideen und setzen diese um. Es entstehen völlig unterschiedliche Anordnungen in Abhängigkeit von der Länge des Hebelarmes, ohne dass die Kinder diesen Begriff bereits benutzen würden. Sie testen, wie viele Steine auf dem Tisch sind und wie viele in der Gondel, z. B. 4 Steine auf dem Tisch halten 42 Steine in der Gondel (Abb. 9). Alles wird in den Forschungsheften sorgsam notiert.

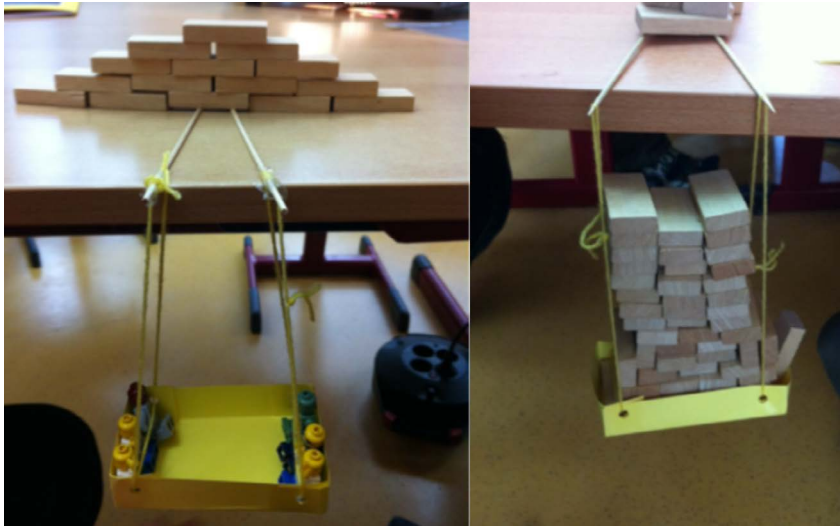


Abbildung 9. Praktische Versuche mit einem Modell der Arbeitsplattform (© Markus Althoff)

Die Lehrkräfte fotografieren alle Modelle und Anordnungen, die die Kinder gebaut haben, und werfen sie danach alle gleichzeitig an die Wandtafel. Im vergleichenden Diskurs der Bilder an der Tafel erkennen die Kinder schnell, dass die Tischkante einen Drehpunkt darstellt und die Zahl der benötigten Gegengewichte („GG“ = Kraft) abhängig ist von dem zu tragenden Gewicht („G“ = Last) und der Länge der auf dem Tisch liegenden Holzstäbchen gemessen bis zur Tischkante („GGT“ = Kraftarm) sowie der Länge des über die Tischkante hinausgehenden Teils („GT“ = Lastarm). Die physikalischen Fachbezeichnungen (Kraft, Kraftarm, Last, Lastarm) werden noch nicht benutzt.

Am vierten Tag bringen die Lehrkräfte eine Holzplanke und eine Menge gleicher Bauklötze mit ins Klassenzimmer. Die Schüler:innen werden aufgefordert, die am kleinen Modell erarbeiteten Unterschiede am großen Holzbrett vor allen Mitschüler:innen erneut auszuprobieren, das über die Tischkante hängende Brett jeweils im Gleichgewicht zu halten und die Zahl der Gewichte auf beiden Seiten (G und GG) sowie die Längen von GT und GGT in einer Tabelle zu notieren (Abb. 10). Alle Handlungen werden verbalisiert und gemeinsam erörtert.

Wer eine möglichst tragfähige Gondelvorrichtung bauen will, muss darauf achten, dass

- man die Sandsäcke nicht zu weit vorne hinstellt
- man erstmal mehrere Sandsäcke rauffut und dann langsam wenn es geht welche abmacht
- wenn man Steine unten rein tut erstmal die Hand von unten gegen halten damit es nicht gleich alles runterfällt

GG	G	GT	GGT
1	1	15,5cm	14,5cm
2	1	17,0cm	13,0cm
2	2	15,4cm	14,6cm
3	1	18,6cm	11,4cm
3	3	15,5cm	14,5cm
4	1		
4	4		

Abbildung 10. Die Einführung der Mathematik anhand der praktischen Versuche der Kinder (© Arbeitsstelle Bildungsforschung Primarstufe an der Freien Universität Berlin)

Anschließend betrachten die Kinder gemeinsam ihre Tabellen und werden aufgefordert, Sätze mit Relationen zu formulieren. Sie schreiben z. B.:

Je mehr GG, desto kürzer ist GGT.

Je mehr G, desto länger ist GGT.

Je mehr GG, desto länger ist GT.

Je weniger GG, desto kürzer ist GT.

Damit haben sie das Hebelgesetz „Last x Lastarm = Kraft x Kraftarm“ im Grunde erkannt, ohne dass ihnen bislang diese Formel vorgegeben wurde.



Abbildung 11. Praktische Erprobung und Erläuterung des Hebelgesetzes am großen Modell (Hackling, Ramseger & Chen, 2017, S. 209)

Drei Minuten Forscherdialog über die Wirkungen der Länge des Kraftarms beim Hebel

In der folgenden Szene verschiebt ein Schüler Holzklötze auf einer zur Hälfte über die Tischkante hinausragenden Holzplanke (vgl. Abb. 11). Er hat eine gewisse Vorstellung des Hebelgesetzes („Last x Lastarm = Kraft x Kraftarm“) bereits im Kopf und will die Effekte des Verschiebens der Holzklötze („Kraft“), die die Planke im Gleichgewicht halten, demonstrieren. Im Gespräch mit zwei Schülern vor der versammelten Klasse hören sich die beiden Lehrkräfte seine Vorstellung an. Die Lehrerin zeigt auf eine Tabelle an der Tafel, in der die Schüler zuvor anhand ihrer Versuche verschiedene Verhältnisse von Last, Lastarm, Kraft und Kraftarm in Zahlenwerten notiert hatten. Sie arbeitet mit den Kindern heraus, dass man anhand der Tabelle die realen Verhältnisse an der Holzplanke auch errechnen könnte.

Stefan: Wenn ich jetzt zum Beispiel ein G[ewicht] habe, kann ich es genau so weit rausschieben. Wenn ich jetzt aber das [zusätzliche Gewicht] draufmache, dann würde es ja zusammenbrechen. Dann schiebe ich es zurück, und dann ist es automatisch länger.

Lehrer: Du verlängerst die Strecke GG?

Stefan: Ja.

Lehrerin: Was würdest du vermuten, um wie viel du sie verlängerst, wenn du auf die Tabelle schaust?

Stefan: Na, ich schätze mal um 5 cm ungefähr.

Lehrerin: Auf welche Tabelle schaust du?

Stefan: Auf die auf der Tafel.

Lehrer: An welcher Stelle hast du jetzt etwas [verändert]?

Stefan: Bei der zweiten.

Lehrerin: Norbert? Hast du eine Vermutung?

Norbert: Ich würde mal denken, dass Stefan ungefähr 0,5 bis 1 cm verändert.

Lehrerin: Stefan, du sagst 5; Norbert sagt ungefähr 1 cm.

Norbert: Ich glaube, weil...

Lehrer (zeigt auf den Mitschüler.): Sprich mal zu ihm!

Norbert: Weil, man hat ja gestern gesehen, als wir da mehr [Gewichte] dagegen draufgelegt haben, dass man [die Planke] ungefähr immer ein bis zwei cm, also ein cm immer weiter nach vorne schieben konnte. Ohne dass es zusammengekracht ist.

Stefan: Weil, ich glaube aber, wenn man das [Gewicht] zurückschiebt, hat das mehr Freiheit. Man könnte das [Gewicht] genauso gut ganz zurückschieben, denn dann würde es ja immer noch halten.

Lehrerin: Ah, okay.

Stefan: Also eigentlich kann man dadurch nicht so richtig eine Angabe machen. Weil, wenn ich es jetzt so zurückschieben würde, wäre es ja automatisch 84 cm zurückgeschoben.

Lehrerin: Da hast du recht, ja. Und wenn du den Kippunkt wählen würdest? Wie viel wäre es dann?

Stefan: Also ich schätze mal, ich schätze mal, dass es dann auch so an die 41 cm sind.

Lehrerin: Also ich mache die Tabelle einfach mal an der Stelle auf. Stefan ... Schreib mal, du bleibst ja bei einem GG, nimmst aber zwei [Gewichte]. Und jetzt vermutest du, dass wir hier eine Veränderung haben. Schau: Das

verändert sich! Und deine Vermutung war, dass GGT länger wird. Die Frage ist jetzt: Kannst du prognostizieren, kannst du aus dem, was hier steht [zeigt auf den Tabellenwert für G], schließen, um wie viel länger es sein muss bis zum Kippunkt? Das war jetzt die Frage, oder?

Stefan: Naja, wenn man es jetzt nachmessen würde. Dadurch könnte man es daraus schließen.

Nun sollen die Kinder die Verhältnisse ausmessen. Beim Beladen der Holzplanke über der Tischkante entstehen Messfehler. Die Schüler:innen finden selbst Korrekturmöglichkeiten für die Messfehler. Schließlich werden sie von den Lehrkräften aufgefordert, vorzuberechnen, wie viele Gewichte man wohl braucht, um das System im Gleichgewicht zu halten, wenn man die Längen von Lastarm (GGT) und Kraftarm (GT) verändert. Die Kinder notieren die unterschiedlichsten Verhältnisse und diskutieren lange und ausgiebig über die verschiedenen Relationen. Die Kinder sollen ihre Entscheidungen für die Sätze begründen bzw. ausführen, warum sie *andere* Sätze besser finden. Der Lehrer bringt einen neuen Input: „Ein Mädchen sagte beim letzten Mal: ‚Gewicht hat man, Kraft braucht man!‘.“ Und die Lehrerin fragt: „Woran erkennt man, wie viel Kraft man braucht, um etwas auf der anderen Seite der Wippe in die Höhe zu heben?“

Diese Frage wird am vorletzten Tag der Unterrichtsreihe noch einmal auf dem Schulhof praktisch erprobt. Die Lehrkräfte haben große schwere Holzplanken beschafft und den Schüler:innen den Auftrag erteilt, zu erproben, wie sie die Planken über einen als Drehachse dienenden Balken legen müssen, damit sie einen Klassenkameraden mit der Kraft einer einzigen Hand in die Höhe heben können (Abb. 12). So machen die Kinder als eine Form von praktischer Lernerfolgskontrolle noch einmal die körperliche Erfahrung des an den Vortagen erarbeiteten Gesetzes. Abschließend erfahren sie von den Lehrkräften noch die in der Wissenschaft üblichen Begriffe:

G = Last, GG = Kraft, GT = Lastarm, GGT = Kraftarm.

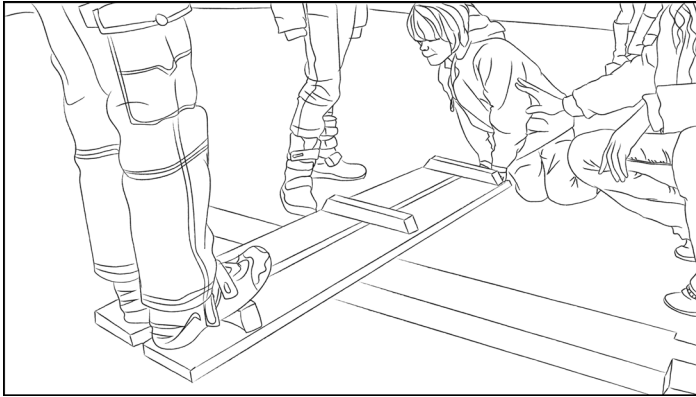


Abbildung 12. Die körperliche Erfahrung des physikalischen Gesetzes am großen Hebel (Hackling, Ramseger & Chen, 2017, S. 211)

6.1.2 Didaktisch-methodischer Kommentar

Was ist hier geschehen? Zunächst wird den Kindern ein Naturphänomen offeriert, das diverse Fragen aufwirft, hier speziell die Frage, wieso sich die Bauarbeiter trauen, in solch eine abenteuerliche Arbeitsplattform an einem Hochhaus zu klettern, und was sie so sicher macht, dass diese Plattform sie tragen wird.

Mit der Methode des dialogischen Lernens und des Aufgreifens der Gedanken der Kinder anhand einzelner Autographen stützt sich der Unterricht immer wieder auf die Präkonzepte der Kinder und konfrontiert diese wiederholt mit neuen Erfahrungen. Die Lehrkräfte steuern durchaus den Gesprächsverlauf in Richtung auf eine Erarbeitung des Hebelgesetzes, eröffnen aber zugleich den Kindern verschiedene experimentelle Erfahrungssituationen, in denen diese unterschiedliche Ergebnisse produzieren, die dann im gemeinsamen Klassendialog verglichen und besprochen werden. Die Lehrkräfte geben das Gesetz nicht vor.

Die Kinder werden immer wieder ermutigt, eigene Ideen zu erproben und eigene Gedanken zu verfertigen. Sie müssen ihre Gedanken und ihre Handlungen kontinuierlich im Forschheft verschriftlichen und mit präzisen Zeichnungen belegen. Es gibt an jedem Tag intensive Gespräche im Klassenverband über die Vorstellungen, Experimente und Theorien der Kinder, die im gemeinsamen Dialog fortentwickelt werden.

Die gesamte Unterrichtseinheit ist in besonderem Maße multimodal gestaltet: Bilder, Zeichnungen, Abstraktionen, selbst gemachte physikalische Modelle, mathematische Tabellen, didaktische Medien und die Körpererfahrung (Embodiment) werden genutzt, um gemeinsam Erkenntnisse hervorzubringen und sie zugleich erfahrbar werden zu lassen. Insbesondere die körperliche Erprobung – zunächst an Planken und Federwaagen im Klassenzimmer, später an sehr großen Hebeln auf dem Schulhof – bewirkt ein wirkliches Durchdringen des physikali-

schen Gesetzes. Hierbei konnten sich die Schüler:innen – von den Lehrkräften durchaus mit vielfältigen Impulsen unterstützt – jederzeit als „selbstwirksam“ erfahren.

Damit genügt das Beispiel vollständig dem Anspruch, den Kornelia Möller in Bezug auf einen zeitgemäßen naturwissenschaftlichen Unterricht in der Grundschule schon 2004 in zwei Sätzen formuliert hat: „Um anwendungsbereites, integriertes und widerspruchsfreies Wissen aufzubauen, müssen Schüler aktiv und aufgrund eigener Denkprozesse bisherige Konzepte in Frage stellen, [sie] anhand von Erfahrungen überprüfen, alte Ideen verwerfen und neue Ideen entwickeln, diese wiederum überprüfen, in verschiedenen Situationen anwenden und in ihrer eigenen Sprache präsentieren. Den gemeinsamen Lern- und Denkprozessen in der Lerngruppe kommt hierbei eine wichtige Bedeutung zu“ (Möller, 2004, S. 153).

Es genügt auch den meisten der Qualitätskriterien für einen guten naturwissenschaftlichen Unterricht, die die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ 2013 publiziert hat (vgl. Ramseger, 2013).

6.1.3 Fachdidaktische Kommentare zum Potenzial eines MINT-integrierenden Unterrichts im Primarbereich

Kommentar aus der Sicht der Fachdidaktik Technik:

Die Entdeckung des Hebelgesetzes und dessen Anwendung ist prädestiniert dafür echte, sinnvolle und explizit nicht künstlich konstruierte Verknüpfungen der Disziplinen Naturwissenschaft und Technik unterrichtspraktisch zu vermitteln. Die Anwendung des Hebelgesetzes ist mitweltlich omnipräsent und für Kinder im Primarschulalter handlungspraktisch unmittelbar erlebbar: Man denke nur an die Bremsgriffe beim Fahrrad oder den Nussknacker. Technisches Lernen setzt neben den dargestellten naturwissenschaftlichen Auseinandersetzungen und Lernangeboten zusätzlich auf technisches experimentelles Erschließungshandeln und kann unter Nutzung dieses Erkenntnisinteresses Artefakte enaktiv entstehen lassen, die durch mechanisches Experimentieren mit dem Hebelprinzip zum finalen Zweck kommen (vgl. beispielsweise „Hebelviecher bzw. -figuren“ u. a. in Stuber, 2012; Steinmann, 2022). Hebelfiguren mit einer entsprechenden Strickmechanik eignen sich hervorragend, um diese Hebelwirkmechanismen mit den eigenen Händen zu entwerfen, zu gestalten und darüber eine bestimmte Art an Funktion, Bewegung oder Aktionen an Erkenntnisobjekten zu bewirken.

Annett Steinmann

Kommentar aus der Sicht der Fachdidaktik Mathematik:

In der aktuellen mathematikdidaktischen Lehr-Lern-Forschung haben sich unterschiedliche Ansätze des Mathematiklernens von Kindern etabliert. Einer davon stellt der Ansatz des aktiv-entdeckenden Lernens (Winter, 2016) auf Basis einer konstruktivistischen Lernorientierung dar, in dem individuelle mathematische Entdeckungen ins Zentrum des Ansatzes rücken. Einen anderen Ansatz bildet *das dialogische Lernen* (Ruf & Gallin, 2011), welches sich in Bezug auf eine interaktionistische Perspektive auf Mathematiklernen deuten lässt und kooperatives Lernen als essenziell für nachhaltigen Kompetenzaufbau im Fach hervorhebt. Das hier vorliegende Unterrichtsbeispiel vermag aus mathematikdidaktischer Perspektive beide Ansätze des Lernens gewinnbringend zu verbinden. So können die Lernenden Kernideen des Hebelgesetzes selbst aktiv-entdeckend erfahren. Dies geschieht aber nicht nur individuell und isoliert, sondern bewusst im Versuch und Austausch mit anderen Mitlernenden. So wird ein weiterer wesentlicher Aspekt der mathematikdidaktischen Forschung aufgegriffen. Nach interaktionistischer Perspektive auf das Lernen von Mathematik erhält der argumentative Austausch der Lernenden über den Lerngegenstand einen, wenn nicht sogar *den* zentralen Stellenwert beim frühen fachlichen Lernen. So lässt sich mathematisches und damit auch naturwissenschaftliches Lernen als die Teilhabe an je spezifischen mathematischen oder naturwissenschaftlichen Argumentationen von Gruppen verstehen. Das Unterrichtsbeispiel macht deutlich, wie anhand der Methode des dialogischen Lernens Kinder befähigt werden können, zunehmend autonom über fachliche Inhalte zu argumentieren und an fachgebundenen Aushandlungsprozessen autonomer zu partizipieren.

Marcus Schütte

Kommentar aus der Sicht der Fachdidaktik Informatik:

Naturwissenschaftliche Experimente können im Original, im Modell (wie hier im Unterrichtsbeispiel) oder auch als Simulation erkundet werden. Simulationen sind insbesondere dann gewinnbringend, wenn das Experiment zu groß, zu teuer, zu gefährlich oder schlicht unmöglich mit Grundschulkindern umzusetzen ist. Mit informatischer Expertise aufseiten der Lehrkräfte können Simulationen selbst erstellt oder Bestehende ausgewählt und dem gewünschten Szenario entsprechend angepasst werden. Die Kinder können in diesen digitalen Abbildern der Realität frei experimentieren und auch Konfigurationen erproben, die in der realen Welt unmöglich wären (z. B. Reibungseffekte ignorieren).

Um die Erkenntnisse aus den Experimenten formal zu erfassen, werden Messwerte häufig tabellarisch (wie hier im Beispiel) oder auch grafisch aufbereitet. Um die Ergebnisse aller Gruppen zusammen zu erfassen, können kollaborativ zu bearbeitende Online-Medien genutzt werden. Dabei bauen die Kinder ihre Kompetenzen im Umgang mit digitalen Medien aus und erlernen nebenher, welche Rolle Informatiksysteme bei der Unterstützung, Vereinfachung und Automatisierung menschlicher Prozesse einnehmen können.

Bei der automatischen Messwernerfassung (z. B. zur Kraftmessung) müssen (im schulischen Bereich) auch nicht unbedingt professionelle Messinstrumente eingesetzt werden, auch kleine Aufbauten aus Mikrocontrollern mit passenden Sensoren können hierzu genutzt werden. So wird neben dem naturwissenschaftlichen Experiment auch gleichzeitig die Blackbox des Informatiksystems (hier am Beispiel eines Messgeräts), mit welchem Daten erfasst werden, geöffnet. Auch kann mit den Kindern in kindgerechten Programmierumgebungen die automatische Verarbeitung bzw. Darstellung der Messwerte selbst entwickelt werden.

Nadine Bergner

6.2 (Er-)Finden und Gestalten einer Alltagsunterstützung

Annett Steinmann, Kim Lange-Schubert

Thema: Gestaltung einer objektbezogenen Alltagsunterstützung

Kompetenzen:

Persönliche Exzellenz durch förderungsorientierte Partizipation, technische Literalität und Handlungskompetenz

Erwerb von technischem Fachwissen und Fachkönnen durch die zielgerichtete (Um-)Nutzung von Materialien (hier: Halbzeuge) und Werkzeugen

Erwerb von Selbst- und Sozialkompetenz durch kooperative und individuelle technische Problemlösung

Jahrgangsstufe: für Vorschulalter bis Klasse 4 adaptierbar

Methodik/Sozialform: Forschen und Gestalten in Einzel- und/oder Partner:innenarbeit, Lernausgangslagenorientierung und bedürfnisorientiertes Scaffolding durch Teamteaching

6.2.1 Darstellung des Beispiels

Im Praxisbeispiel liegt der Schwerpunkt auf der Ermöglichung von persönlicher Exzellenz und förderungsorientierter Partizipation in **technischen** Lernumgebungen des Primarbereichs (Reich, 2014; Steinmann, 2022). In Abbildung 13 ist ein exemplarisches Ergebnis dieser Auseinandersetzung erkennbar, ein individuell bedürfnisorientierter „Ranzenroller“ für Kinder, deren Konstitution das dauerhafte Tragen des Ranzens nicht zulässt.



Abbildung 13. Im Rahmen des Technik-Themas „Gestaltung einer objektbezogenen Alltagsunterstützung“ haben Kinder einer 2. Klasse selbstbestimmt und bedürfnisorientiert einen Transportwagen für ihre Schulranzen erfunden – den „Ranzenroller“ (Steinmann, 2022)

In der Wahl von Unterrichtsinhalten und in der Konstruktion von Unterrichtsthemen spielen neben der fachlichen Bedeutsamkeit und der fachdidaktischen Aufarbeitung des Lernszenarios individuelle Lernausgangslagen von Kindern auf der Basis einer bedürfnisorientierten Kompetenzorientierung eine tragende Rolle. Die Potenziale einer rahmenthemensorientierten Herangehensweise an technisches Gestalten im Primarbereich liegen in Anlehnung an die Bildungsabsichten technischen Gestaltens (Stuber, 2012) im Vorhandensein der folgenden Kriterien:

- Bedeutsamkeit des Lerninhalts und Lebensweltenbezugs,
- Erkenntnisobjekt- und Prozessorientierung,
- Lernformenvielfalt,
- Vielschichtigkeit (in Bezug auf Lernbereiche und Kompetenzentwicklung) sowie
- Förderungsorientierung (Individualisierung und Gemeinsamkeit).

Technische Gestaltungsaufgaben zielen auf den Entwurf und die Entstehung sogenannter *Erkenntnisobjekte*. In Abgrenzung zum *Produkt*, *Artefakt* oder *Werkstück* gestalten Kinder im technischen Entwurfs- und Problemlöseprozess Objekte, die technische Erkenntnisse liefern: Für eine technisch-bedürfnisorientierte Problemstellung (wie im Praxisbeispiel erläutert) wurde eine gegenständliche Lösung gefunden. *Erkenntnisobjekte* (im Praxisbeispiel „objektbezogene Alltagsassistentz“, exemplarisch in Phase 3 erläutert) liefern durch die Idee des *Unfertigen* Ansatzpunkte für eine zweck- und zielgerichtete Weiterentwicklung, Bedürfnisanpassung, Umdeutung, Improvisation und Zukunftsorientierung (vgl. weiterführend

Steinmann & Mikutta, 2021). Unter dem Fokus technisch-bedürfnisorientierter Gestaltungsprozesse eignen sich Kompetenzmodelle, die psychomotorische Aspekte technisch-gestalterischen Handelns gleichermaßen zum Erwerb kognitiver Kompetenzen betonen. Im Kompetenzmodell von Jensen et al. (2012) wird der psychomotorische Fokus bewusst betont. Das Ziel des kompetenzorientierten technischen Gestaltens auf der Basis eines konstruktivistischen und ressourcenorientierten Lernverständnisses ist konsequent eine (individuelle) Lernprozessförderung zur positiven Persönlichkeitsentwicklung. Lernumgebungen für technisches Gestalten fokussieren Lernangebote, die das Prinzip des „Beurteilens und Förderns“ (Stuber, 2012, S. 19) berücksichtigen und damit eine förderungsorientierte, lernziel- und kompetenzorientierte, umfassende und transparente Lernprozessförderung ermöglichen (FLUT Modell: Stuber, 2012).

In mehrfach praxiserprobten und unter Berücksichtigung von fachbezogenen Prozessmodellen, unter Nutzung einer herausfordernden und bedürfnisorientierten Aufgabenstellung, haben heterogene Lerngruppen der Klassen 1 und 4 im Primarbereich in diesem Projekt technische Problemlösungsprozesse durchschritten, die durch die Idee eines *gemeinsamen Lerngegenstandes* gerahmt werden. Das Prozessmodell *Forschen und Gestalten* (Steinmann & Mikutta, 2021), welches sich als fachdidaktische Leitidee für technisches Gestalten im Primarbereich zunehmend etabliert, wurde im hier beschriebenen Praxisbeispiel erstmals in einem inklusionsorientierten Lernsetting mit Blick auf technisches Erschließungshandeln (vgl. Einführungstext Technik und nachfolgender Exkurs) mit einer inklusiven 1. und 4. Jahrgangsstufe erprobt. Im Nachfolgenden soll überblicksartig ein Eindruck davon vermittelt werden, wie unter Berücksichtigung der angeführten und in den vorangegangenen Kapiteln entfalteten Kriterien eine Unterrichtssituation im Primarbereich umgesetzt wurde.

6.2.2 Vorstrukturierte inklusionsorientierte Lernumgebung und herausfordernde Aufgabenstellung

Die Schüler:innen erkunden und erproben in einer *vorstrukturierten Lernumgebung* eine Vielfalt von materiellen Halbzeugen (sogenannte Upcycling-Materialien) und sachgerechte Bearbeitungswerkzeuge. Der Fokus wird hierbei auf Kartonen und Halbzeuge gelegt. Innerhalb der Vorbereitung der Lernumgebung sollte der Aspekt der Barrierefreiheit und des gemeinsamen Lerngegenstandes proaktiv mitgedacht werden (Ziel: Bedürfnis- und Lernausgangslagenorientierung, z. B. barrierefreier Zugang zu Material, Einsatz von Visualisierungshilfen und individuellen Scaffolds wie etwa Tippkarten mit Hinweisen zu den Materialeigenschaften, Verbindungsmöglichkeiten, zusätzliche Visualisierungen). Die nachfolgende Aufgabenstellung ist vom Vorschulalter bis zur 4. Klassenstufe adaptierbar und anwendbar und für eine Dauer von etwa acht Unterrichtseinheiten konzipiert. Der Fo-

kus kann entsprechend der Lehrplan- und Rahmenplananforderungen angepasst werden.

Konkrete Aufgabenstellung an die Lernenden:

Erfinde und gestalte eine Unterstützung für Deinen Alltag. Nutze dabei nur die Materialien und Halbzeuge der Materialtheke. Beachte:

1. Dein Objekt sollte von Dir tatsächlich benutzt und nicht nur hergestellt werden. Überlege genau, wobei Dich Dein Objekt im Alltag unterstützen soll.
2. Dein Objekt besteht aus mindestens zwei unterschiedlichen Materialien, die sachgerecht bearbeitet und miteinander verbunden werden. Finde einen Namen für Dein Objekt, zeichne oder beschreibe eine erste konkrete Vorstellung (Skizze oder konkrete Beschreibung).
3. Arbeite mit mindestens einer: einem Lernpartner:in! Tauscht Euch aus und unterstützt Euch gegenseitig bei der Erfindung und Gestaltung Eurer eigenen Objekte.

Der Verlauf des Unterrichts orientiert sich am Phasenmodell „Forschen und Gestalten“ (vgl. Abb. 14).

6.2.3 „Forschen und Gestalten“ als Phasenmodell der individuellen Problemlösung

Die forschend-gestaltende Auseinandersetzung (vgl. Abb. 14) hat einen zentralen Stellenwert: Sie eröffnet Lernenden einerseits einen individuell-bedarfnisorientierten Zugang zum Thema (Interessenorientierung, individuelle Lernausgangslagenorientierung), andererseits strebt sie die Entwicklung von Fachkompetenz (Umgang mit Materialien/Werkstoffen, Werkzeugen, Verfahren, Hilfsmitteln) sowie Selbst- und Sozialkompetenz (Selbstwirksamkeitsförderung, Lernmotivation, Steigerung der Frustrationstoleranz, Kooperation, Konfliktfähigkeit) an. Darin liegt ein Potenzial, welches fachdidaktisch-inklusive Zugänge ermöglicht.

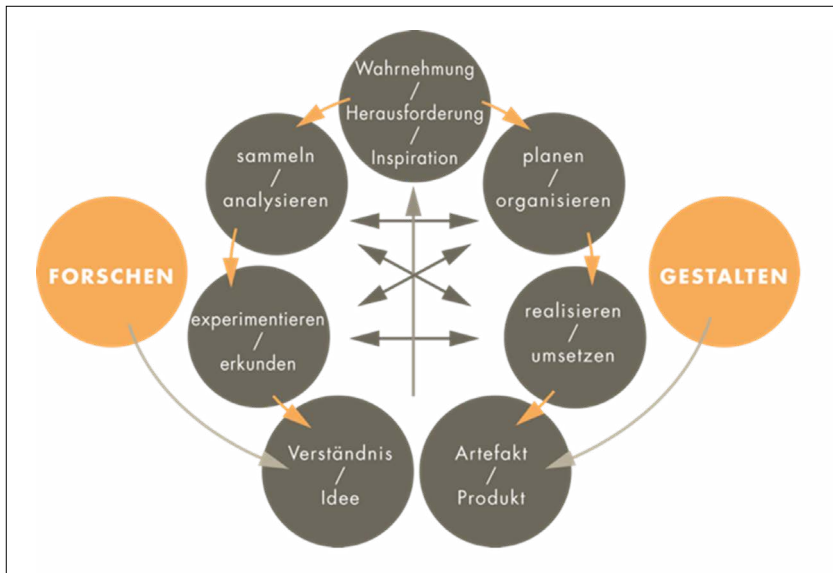


Abbildung 14. *Forschen und Gestalten als fachdidaktisches Leitprinzip technischer Gestaltung im Primarbereich (Steinmann & Mikutta, 2021, S. 23)*

FORSCHEN in ...

Phase 1: Wahrnehmung – Herausforderung – Inspiration

In dieser Phase wird die Aufgabenstellung an die Kinder herangetragen und mit den Kindern gemeinsam der Kontext exemplarisch analysiert.

In welcher Situation in Deinem Alltag, zuhause oder in der Schule, brauchst du Unterstützung? Welches Objekt könnte Dir helfen?

Es erfolgt ein Brainstorming im Plenum und die Lernenden finden in der Konsequenz ihre individuelle Situation, in der sie Unterstützung benötigen.

Hinweis:

Hier hat sich gezeigt, dass Kinder Unterstützung häufig mit Personen assoziieren. Dies gilt es aufzufangen und durch die Aufgabenstellung und das Material zu leiten. Sollte die Inspiration fehlen, helfen punktuelle bildhafte Impulse, um welche Art von Objekt es sich handeln könnte (nicht muss!). Als Ideen entstanden beispielsweise ein „Ranzenroller“, mobile Sitzgelegenheiten oder Transporthilfen für Lernmaterialien aus den vorstrukturierten Materialien. In einem nachfolgenden Projekt entstanden für den Schulgarten unter dem Thema „Außensitze“ witterungsbeständige mobile Sitzgelegenheiten, z. B. Bänke aus nicht mehr genutzten Holzgeräten oder Sitzkissen aus wiederverwerteten festen Kunststoffen.

Phase 2: sammeln und analysieren

Die vorstrukturierte Lernumgebung und Materialaufbereitung werden im Plenum erläutert (vgl. Abb. 15). Die Lernenden sichten, sammeln und analysieren nachfolgend selbstständig die geeigneten Materialien für ihren Kontext und ihr Bedürfnis (z. B. es soll etwas geordnet werden, es soll etwas wärmen, verstauen können, rollen, transportieren...). Sie veranschaulichen ihr Objekt anhand einer Zeichnung/ (technischen) Skizze oder beschreiben ihrer:ihrem Lernpartner:in und der Lehrperson ihre Kontext- und Objektideen.



Abbildung 15. Vorstrukturierte Materialtheke mit Halbzeugen und erste Veranschaulichung in Phase 2: sammeln und analysieren (Steinmann, 2019)

Hinweis:

Hier zeigte sich, dass es wichtig ist, sehr klar auf die Beurteilungskriterien und Anforderungen innerhalb der Aufgabenstellung zu verweisen (1. und 2.). Auch sollte die realistische Umsetzbarkeit im schulischen Umfeld vorab geprüft werden.

Phase 3: experimentieren und erkunden

Die Lernenden erkunden Materialien und deren Eigenschaften und experimentieren in drei Bereichen:

Materialexperimente: Erforschen der Eigenschaften des Materials und Übertragung der Erkenntnisse auf die Bedürfniserfüllung und den Zweck des geplanten Objektes.

Gestalterische Experimente: Erschließung der ästhetisch-funktionale Wirkungsweisen und -zusammenhänge von Materialien, Verfahren und Gestaltungselementen (z. B. Experimente zu Form-Funktion-Zusammenhängen).

Technische Experimente: Finden einer technisch-objektbezogene Problemlösung für ein subjektives Bedürfnis und zweckorientiertes Ziel (z. B. Ranzenroller, Schreibtischassistent, Schultaschenaufhängung, die eine Öffnung des Deckels ermöglicht, manuelle Türöffner...).

Phase 4: Verständnis – Idee

In dieser Phase werden die Planung und die forschende Auseinandersetzung finalisiert. Die Lernenden vergleichen ihre Skizzen/Kontext- und Objektideen aus Phase 2 mit einem konkreten Prototyp. Von hier aus soll der Übergang in die gestaltende produktive Auseinandersetzung gelingen und der Prototyp in ein, den Kriterien der Aufgabenstellung entsprechendes, Erkenntnisobjekt überführt werden.

Hinweis:

Der Vergleich der Skizze bzw. der verbalisierten Beschreibung mit dem Prototyp ist entscheidend für den Weitergang der technischen Problemlösung. Hier sollte Zeit darauf verwendet werden, mit den Lernenden sowohl Veränderungsbedarfe und/oder realistische Machbarkeiten in der nachfolgenden gestalterischen Umsetzung zu thematisieren und gemeinsam umsetzbare Lösungsideen zu entwickeln.

GESTALTEN in ...

Phase 5: planen und organisieren

Die Lernenden legen die verwendeten Materialien fest. Die Lernenden beginnen mit der technischen Gestaltung ihres Erkenntnisobjektes (vgl. Beispiele Phase 3).

Phase 6: realisieren und umsetzen

Die Lernenden beginnen mit der technischen Gestaltung ihres Erkenntnisobjektes.

Hinweis:

Die Phasen 5 und 6 führen zu sehr individualisierten Problemlöseprozessen, und dies bedingt mitunter die Notwendigkeit von Unterstützungsmaßnahmen in unterschiedlicher Intensität. Bewährt haben sich Problemfokus-Gruppen, die auch Mitlernende in die Rolle des Beratenden versetzen und somit die Lehrkraft entlasten. Insbesondere für Kinder mit hohem Unterstützungsbedarf bewährte sich die Expert:innentätigkeit der Mitlernenden auch unter dem Fokus der Sozialkompetenzentwicklung.

Phase 7: Artefakt – Produkt


Die Lernenden erstellen ein Erkenntnisobjekt (z. B. „Ranzenroller“, mobile Sitzgelegenheiten oder Transporthilfen für Lernmaterialien), präsentieren ihr Objekt und reflektieren den Prozess und das Produkt hinsichtlich der festgelegten Kriterien innerhalb der Aufgabenstellung. Das Erkenntnisobjekt soll explizit als Ausgangspunkt dienen, Weiterentwicklungen, neue Ideen und Optimierungen zu generieren. Es entsteht eine beabsichtigte Vielfalt an bedürfnisorientierten Erkenntnisobjekten, die wiederum der Idee der Diversität sehr entsprechen und gleichzeitig den fachlichen Anspruch absichern.

6.2.4 Einbezug der Lernendenperspektive und schlussfolgernde Anmerkungen

Am hier skizzierten Beispiel wurde deutlich, dass die Lernenden die Gelegenheit erhalten, ein persönliches Problem in ihrer Lebenswelt zu finden und dafür unter Beachtung von aufgestellten Kriterien eine individuelle Lösung zu entwickeln, die sie in ihrem Alltag tatsächlich auch nutzen können. Zur Lösung des Problems werden technisches Fachwissen und Fachkönnen notwendig und eingeübt – der Grad der Anleitung bzw. Öffnung kann dabei vor dem Hintergrund der individuellen Lernausgangslagen variieren – auch Variationen innerhalb einer Gruppe sind durchaus denkbar. Die Lernenden haben nicht nur die Gelegenheit, eigene Bedürfnisse (im Sinne von technischen Problemen) zu finden sowie zu artikulieren und Lösungen dafür zu konstruieren, sondern werden im Sinne der technischen Literalität auch dazu angeregt, Prozesse der Herstellung und entstandene Produkte zu bewerten und über deren Nachhaltigkeit zu reflektieren. So werden die Schüler:innen darin unterstützt, die eigene Perspektive weiterzuentwickeln und begründet und verantwortlich Entscheidungen treffen zu können.

Um über die in den Rahmenplänen fokussierten Lernziele hinaus prozesshaft und am Prinzip des Beurteilens und Förderns (vgl. Einführungstext Technik, Kapitel 5) orientierte Lernzuwächse zu dokumentieren und die Lehrpersonensicht mit der Sicht der Lernenden in Beziehung zu setzen, können die Lernenden während und nach der Durchführung des Projektes Fragebögen zur Selbsteinschätzung ausfüllen (vgl. Abb. 16). Dabei können Items benutzt werden, die subjektive Lernzuwächse im Bereich Fachkompetenz, Selbstkompetenz und Sozialkompetenz deutlich machen.

PROJEKT ALLTAGSASSISTENZ



ALTER: _____

- 1 Ich habe gelernt, Materialien und Werkzeuge richtig zu gebrauchen.

😊

👤

😞
- 2 Mit diesem Werkzeug habe ich gearbeitet:

- 3 Ich konnte mit den Materialien und Werkzeugen für die Aufgabe eine Lösung finden.

😊

👤

😞
- 4 Ich kann sagen, was das hergestellte Produkt kann.

😊

👤

😞
- 5 Ich konnte selbst Lösungen für Probleme finden.

😊

👤

😞
- 6 Ich habe bis zum Ende durchgehalten, auch als es schwierig wurde.

😊

👤

😞
- 7 Ich konnte das, was ich hergestellt habe, begutachten und bewerten.

😊

👤

😞
- 8 Ich konnte auf andere zugehen und mit ihnen zusammenarbeiten

😊

👤

😞
- 9 Ich konnte anderen helfen und nach Hilfe fragen.

😊

👤

😞
- 10 Ich konnte anderen meine Meinung zu ihrer Arbeit sagen.

😊

👤

😞

Abbildung 16. Fragebogen zur subjektiven Einschätzung des eigenen Kompetenzzuwachses nach dem Projekt (Steinmann u. a., 2022), entstanden im Rahmen des Forschungsprojektes FUGIPE (=Forschen und Gestalten im Elementar- und Primarbereich)

Insgesamt zeigen die Befragungsergebnisse (N=54, Klasse 1 und 4) aus dem Projekt ein subjektives Kompetenzerleben im Bereich Fachkönnen und –wissen (Item 1-4) sowie im Bereich Selbstkompetenz (Item 5-7). Weniger deutlich, aber tendenziell vorhanden ist das gesteigerte Sozialkompetenzerleben der Lernenden.

6.2.5 Fachdidaktische Kommentare zum Potenzial eines MINT-integrierenden Unterrichts im Primarbereich

Kommentar aus der Sicht der Fachdidaktik Informatik:

Um die Erschaffung eigener (digitaler) Werke (hier Erkenntnisobjekte genannt) zu ermöglichen, stellt in der informatischen Bildung ebenso ein wichtiges Ziel hinsichtlich der Selbstwahrnehmung dar. Daher ist auch das Prozessmodell des Forschens und Gestaltens (vgl. Abbildung 14) auf die informatische Bildung sehr gut zu übertragen, mit dem Unterschied, dass die entwickelten Ergebnisse entweder als Software oder als Verzahnung von Soft- und Hardware bestehen (also es sich nicht unbedingt um eine gegenständliche Lösung handeln muss). Die Virtualität ermöglicht hierbei größere Freiheiten, da es keinerlei materielle Begrenzungen gibt. Die Vorstrukturierung muss dabei bezüglich der genutzten Entwicklungsumgebung (und unter Umständen Hardware) geschehen, damit diese für die Kinder nutzbar ist.

Für das konkrete Beispiel der „objektbezogenen Alltagsassistentz“ ist eine direkte Erweiterung mittels informatischer Kompetenzen denkbar. So wäre es möglich, die Objekte der Kinder mittels Mikrocontrollern interaktiv zu gestalten. Dazu können einfache Sensoren (z. B. Abstandssensor) und Aktoren (wie Motoren) genutzt werden. Somit würden die Einsatzszenarien noch lebensweltlicher gestaltet (viele von den Kindern im Alltag genutzten Geräte sind Informatiksysteme) und gleichzeitig würde informatische Expertise in der Planung/Konzeption, Modellierung und Entwicklung auf- bzw. ausgebaut. Der Hinweis zur Überprüfung der realistischen Umsetzbarkeit im schulischen Umfeld aus Phase 2 gilt hier entsprechend, wobei insbesondere die informatischen Kompetenzen der Kinder eine wichtige Rahmenbedingung darstellen.

Besonders prägend für die informatische Vorgehensweise bei der Entwicklung von Informatikobjekten ist dabei das iterative Vorgehen. Da es im Unterrichtskontext selten möglich ist, mehrere Iterationsschleifen komplett zu durchlaufen, kann das Endprodukt (in Phase 7), wenn es sich um eine reine Softwarelösung handelt, problemlos vervielfältigt werden, sodass die Kinder selbst außerhalb der Schule oder auch andere Kinder die Projekte fortsetzen, verändern und individualisieren können. Dabei kann der Open-Source-Gedanke schon mit Grundschulkindern diskutiert werden.

Nadine Bergner

Kommentar aus der Sicht der Naturwissenschaften:

Alle technischen Erfindungen sind den Gesetzen der Naturwissenschaften unterworfen, und technischer Fortschritt resultiert häufig unmittelbar aus dem Erkenntnisfortschritt in den Naturwissenschaften – bisweilen mit erstaunlicher Geschwindigkeit hinsichtlich der Umsetzung solchen Erkenntnisfortschritts in technische Prozesse, Produkte oder deren Optimierung.

Die Grafik von Steinmann und Mikutta (2021) in Abbildung 14 stellt diesen Kontext anschaulich dar: links die auf Erkenntnis zielende (naturwissenschaftliche) Forschung, rechts das auf Produkterzeugung oder -optimierung abzielende Gestalten – und dazwischen die vielfachen Wechselbeziehungen zwischen beiden Aktionsformen. Damit verbunden sind auch zwei unterschiedliche Typen von Unterrichtszielen: *Erkenntnisziele*, die meist im traditionellen Unterricht erworben werden und auf eine erweiterte Erkenntnis der Schüler:innen und/oder das Gewinnen einer Idee abzielen; daneben *Handlungsziele*, deren Erreichung sich in einer veränderten Welt manifestiert – in der Existenz eines Produktes nämlich, das es vorher noch nicht gab und von den Schüler:innen im Unterricht entwickelt wurde.

Das Wechselverhältnis zwischen den beiden Aktionsformen ist identisch mit dem Wechselspiel von Technik und Naturwissenschaften: Um ein Produkt zu erstellen, muss ich planen und organisieren, aber dazu gehört auch das Sammeln und Analysieren als typisch naturwissenschaftliche Handlungsweisen; und um einen Plan umzusetzen, muss der Techniker oder die Technikerin auch experimentieren und erkunden, wie sich die Dinge zueinander verhalten. So ergibt sich ein multidimensionales und doch paradoxes Wechselverhältnis: Es gibt – in der Moderne – keine Technik mehr ohne den Austausch mit der Wissenschaft, obwohl es naturwissenschaftliches Denken und Handeln gibt, das nicht auf unmittelbare Umsetzung in technische Produkte abzielt. Denn ich kann (in der Technik) nicht handeln, ohne dabei auf naturwissenschaftliche Erkenntnisse zurückzugreifen und diese zu nutzen; aber ich kann sehr wohl (in der Wissenschaft) Erkenntnisse suchen und gewinnen, ohne unmittelbar handeln zu müssen – man denke beispielsweise an die Astronomie, an die Vulkanologie oder an die theoretische Physik.

Zum Beispiel des „Ranzenrollers“, den eine Schulklasse im Rahmen des beschriebenen Technikprojektes hergestellt hat, bietet sich im Sachunterricht ein paralleles Forschungsvorhaben zum Thema „Reibung und Rollwiderstand“ an. Die Schüler:innen könnten verschiedene Konstruktionen von Fahrzeugen mit Rädern und Achsen auf ihren Rollwiderstand testen unter

der Frage „Welcher Wagen fährt am besten?“ und dazu selbst experimentelle Designs entwickeln. Meist kommen sie rasch auf die Idee, dass man die selbst gebauten Fahrzeuge von einer schiefen Ebene abrollen lassen und die maximale Strecke messen könnte, die die Fahrzeuge dann ohne weiteren Antrieb rollen. Dabei werden sie viele Störvariablen entdecken und nach und nach im Diskurs eliminieren – ein klassisches naturwissenschaftliches Vorgehen, das sich perfekt mit den Fragen der technischen Gestaltung verbindet.

Jörg Ramseger

7 M, I, N, T- oder MINT-Unterricht in der Grundschule – Status quo und Perspektiven

Kim Lange-Schubert, Mirjam Steffensky

In vielen wissenschaftlichen und auch bildungspolitischen Publikationen – so auch hier – ist vom MINT-Bereich, von MINT-Disziplinen oder auch von MINT-Bildung, MINT-Kompetenzen und auch MINT-Fachdidaktiken (z. B. Metzger, Schneider & Haselhofer, 2022) die Rede. Auch die deutsche Bundesregierung hat jüngst einen MINT-Aktionsplan 2.0 veröffentlicht (https://www.bmbf.de/bmbf/de/home/_documents/mint-aktionsplan.html). Wenngleich das Akronym MINT sehr präsent ist, bleibt teilweise unklar, was MINT genau fasst. Definiert sich MINT lediglich als eine Sammelbezeichnung für die Fächer Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft (mit den Bezugsdisziplinen Biologie, Chemie sowie Physik) und Technik, die man einer kognitiv-instrumentellen Rationalität zuordnet oder denen eine besonders hohe ökonomische Bedeutung zugesprochen wird? Oder stellt MINT wirklich einen eigenständigen zusammenhängenden Gesamtbereich dar, der mehr ist, als die Summe seiner einzelnen Teile und eine Bündelung der MINT-bezogenen Bildungsbereiche („von M, I, N, T zu MINT“), so wie von der Bundesregierung als Zweck der aktionsplanbezogenen Forschung beschrieben, rechtfertigt? Metzger et al. (2022, S. 43) unterscheiden zwischen „MINT als Sammelbegriff“ im Sinne eines Oberbegriffs für die einzelnen darin enthaltenen Fachdidaktiken, also für Mathematik-, Informatik-, Biologie-, Chemie-, Physik- und Technikdidaktik¹⁰, und „MINT als interdisziplinärer Bereich“, in dem „Forschung und Entwicklung stattfinden, an Technologien gearbeitet wird und Innovationen entstehen“ (Graube & König, 2015, S. 2). In diesem Sinne sollen Themen- und Problemfelder im Zentrum stehen, die kontinuierliche und lebenslange MINT-Bildung ermöglichen (Metzger et al., 2022, S. 43). Die Autor:innen arbeiten u. a. unter Verweis auf Bybee (2013), Kelley und Knowles (2016) sowie Takeuchi, Sen Gupta, Shanahan, Adams und Hachem (2020) heraus, dass sich dieser integrierte Ansatz auch im angloamerikanischen Raum unter dem Akronym STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) etabliert hat, wobei auch dort nicht ein-

10 Im Vergleich der beiden Akronyme wird deutlich, dass die Anfangsbuchstaben, die das Kurzwort ergeben, unterschiedliche Unterrichts- oder Studienfächer bzw. Berufe bezeichnen (während im deutschen Akronym das I für Informatik interpretiert wird, steht im englischen das E für Engineering, also Ingenieurwissenschaften) und somit die Referenzdisziplinen unter dem Sammelbegriff auch nicht einheitlich gewählt wurden.

heitlich definiert wird, ob STEM „als multidisziplinärer oder als integrierter Bereich betrachtet wird“ (Metzger et al., 2022, S. 43).

Wenn MINT als solch integrierter Bereich verstanden wird, bleibt weiter zu klären, was genau diesen über die im Akronym angesprochenen Einzelbereiche als Gesamtbereich kennzeichnet (vgl. Martín-Páez, Aguilera, Perales-Palacios & Vílchez-González, 2019). So zeigen die Ausführungen in Kapitel 2-5 einerseits zentrale Unterschiede auf, andererseits wird deutlich, dass die MINT-Fächer enger untereinander zusammenhängen als mit Fächern wie Religion und Musik. Grundgedanke des Aktionsplans der Bundesregierung ist die Annahme, dass die „MINT-Fächer über die Fachspezifika hinaus mehr oder weniger bewusst gemeinsame Leitideen teilen, die sich beispielsweise auf das Experimentieren, das Messen, das Modellieren, das Ermöglichen von offenen Zugängen und Fragen oder das Beschreiben von Phänomenen beziehen“ (BMBF, 2021). Ziel der im Aktionsplan ausgedruckten Forschungsprojekte soll es sein, MINT-Leitideen zu identifizieren und zu reflektieren, um dann Konsequenzen für Bildungspläne und -zugänge abzuleiten. In der Literatur findet sich in den letzten Jahren eine zunehmende Anzahl an Beiträgen zu MINT oder STEM (Li, Wang, Xiao & Froyd, 2020). Aktuelle Reviews kommen zu etwas unterschiedlichen Einschätzungen, inwiefern sich die Beiträge schwerpunktmäßig auf die Naturwissenschaften oder auf mehrere Bereiche beziehen (English, 2016). Arbeiten, die sich mit Gemeinsamkeiten und Unterschieden der MINT-Disziplinen untereinander oder in Abgrenzung zu anderen Fächern befassen, finden sich kaum.

Unabhängig vom Diskurs über den Begriff und die Konzeption von MINT sind die MINT-Disziplinen in der aktuellen Praxis der allgemeinbildenden Schulen überwiegend nicht als gemeinsames Fach angelegt. Dies gilt insbesondere für Gymnasien. Speziell die Mathematik ist in allen Schulstufen und Schulformen ein eigenständiges Fach, während die Naturwissenschaften, Technik und Informatik je nach Bildungsstufe und Schulform unterschiedlichen Fächern wie dem Sachunterricht oder Fächerverbänden wie Natur und Technik (z. B. in Bayern), Naturwissenschaften (z. B. in NRW) oder Technik und Computer (TC, z. B. in Sachsen) zugeordnet oder auch als Einzelfach implementiert sind. Das Fach Sachunterricht, welches durch seine Verortung im Primarbereich im Zentrum der Betrachtung der vorliegenden Expertise steht, spannt u. a. die naturwissenschaftliche und die technische Perspektive auf, welche exemplarisch Inhalte der Informatik umfasst. Die Zuschnitte der Fächer allein geben allerdings noch keine Auskunft darüber, inwieweit Inhalte im Schulalltag tatsächlich integrativ, also aus der Perspektive verschiedener Fachbereiche, oder doch additiv, also zunächst aus der einen und dann aus der anderen Perspektive, behandelt werden. So ist es denkbar, dass Inhalte, die sich aus verschiedenen Bereichen erschließen lassen, z. B. auch im Sachunterricht, isoliert voneinander oder additiv oder nur mit sporadischen Ver-

bindungen erarbeitet werden. Gleichzeitig ist es auch möglich, dass Inhalte fächerverbindend erarbeitet werden, also bestimmte Konzepte oder Methoden in zwei Fächern oder Perspektiven des Sachunterrichts gleichzeitig erarbeitet und miteinander verknüpft werden. Ein Beispiel wäre das Messen im Mathematik- und naturwissenschaftlichen/technischen Unterricht.

In diesem Kapitel werden zunächst Ansätze zum MINT-Lernen und Argumente, die für integrierte Ansätze sprechen, sowie Argumente, die dagegensprechen, dargestellt. Anschließend werden empirische Befunde zu MINT-Angeboten skizziert, die dann zusammenfassend diskutiert werden.

Ansätze der MINT-Bildung

Wenngleich die Interpretationen von dem, was MINT definiert, unklar sind, zielen die integrierten Ansätze im Kern darauf ab, Schüler:innen Gelegenheiten zu eröffnen, MINT-Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen in authentischen, realitätsnahen Kontexten zu erlernen und fachspezifisches Wissen aus unterschiedlichen MINT-bezogenen Fachdisziplinen in problemhaltigen Situationen anzuwenden (Kelley & Knowles, 2016; National Academy of Engineering and National Research Council, 2014; vgl. auch die Praxisbeispiele in Kapitel 7). Die Anwendung von Wissen erfolgt häufig durch Aktivitäten, bei denen Schüler:innen in Kleingruppen gemeinsam an der Lösung realer Probleme arbeiten. Das Lernen in kleinen Gruppen wird für den integrierten MINT-Unterricht als zentraler Bestandteil gesehen (Wieselmann, Dare, Ring-Whalen & Roehrig, 2020). Dabei müssen nicht zwangsläufig immer alle MINT-Bereiche berücksichtigt, mindestens aber zwei Bereiche miteinander verbunden werden (Kelley & Knowles, 2016).

In Übereinstimmung mit Theorien zum situierten Lernen (z. B. Putnam & Boroko, 2000) zielen so ausgerichtete MINT-Bildungsangebote insbesondere darauf, Schüler:innen darin zu befähigen, Wissen (unterschiedlicher Fachdisziplinen) in Problemlöseprozessen zur Anwendung zu bringen (Kelly & Knowles, 2016). Die Einbettung in authentische Kontexte soll außerdem das Entfachen und Aufrechterhalten eines verstärkten Interesses von Schüler:innen an MINT-Themen unterstützen. In der Praxis wird von manchen Initiativen (z. B. Projekt InnoTruck: <https://www.innotruck.de> oder mint:pink: <https://www.mintpink.de/>) auch auf das langfristige Ziel einer nachhaltigen Erhöhung des Anteils an MINT-bezogenen Studienabschlüssen und Berufswahlentscheidungen verwiesen.

Wichtige Ansätze im MINT-Bereich orientieren sich oft am Forschungszyklus (Pedaste, Mäeots, Siiman, Jong, van Riesen, Kamp et al., 2015) oder Designprozess (Hill-Cunningham, Mott & Hunt, 2018), in denen MINT-Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen verknüpft werden. Auch wenn die einzelnen Schritte unterschiedlich bezeichnet und differenziert werden, lassen sich dabei Phasen der Exploration, der Entwicklung der Frage- oder Problemstellung, der Überprüfung oder

Konstruktion, der Schlussfolgerung und Reflexion ausmachen. Die Ansätze spiegeln sich auch in forschungsbasierten Unterrichtsansätzen wie dem Inquiry- und Design-basiertem Lernen wider (Bybee, Taylor, Gardner, Scotter, Carlson, Westbrook et al., 2006; Sanders, 2009), welche in MINT-Lernumgebungen systematisch miteinander in Beziehung gesetzt werden (Graube & Mammes, 2013; Kelly & Knowles, 2016; Purzer, Goldstein, Adams, Xie & Nourian, 2015). Beide Ansätze sind einerseits didaktische Vorgehensweisen, um den Unterricht zu strukturieren, und andererseits machen sie das Vorgehen selbst zum Lerngegenstand und zielen auf den Aufbau von Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen ab (Furtak, Seidel, Iverson & Briggs, 2012).

Der Einsatz des Design-basierten Lernens wird dabei aufgrund der teleologischen Ausrichtung der Fachdisziplin Technik als Katalysator für das MINT-Lernen herausgestellt (Kelly & Knowles, 2016). Demnach stellt ein technisch ausgerichtetes Problem den Ausgangspunkt der Unterrichtseinheit dar (siehe Technik-Beispiel). Neben einem hohen Aufforderungscharakter durch das in den Mittelpunkt gestellte (authentische) Problem soll das Design-basierte Lernen die Möglichkeit bieten, Überschneidungen zwischen den MINT-Disziplinen zu finden, Verbindungen zwischen ihnen herzustellen und Wissen aus unterschiedlichen Disziplinen zur Anwendung zu bringen. Diese Merkmale werden als Schlüssel zur Integration der Fächer betont (ebd.). Man geht davon aus, dass der naturwissenschaftliche sowie der mathematische Unterricht durch die Einbindung des Design-basierten Lernens verbessert werden kann, weil die Möglichkeit besteht, (natur-)wissenschaftliches und/oder mathematisches Wissen in Problemlöseprozessen anzuwenden, sowie ein authentischer Kontext für das Erlernen mathematischer Argumentation für fundierte Entscheidungen während des Konstruktionsprozesses geboten wird. In deutlich weniger Ansätzen wird über die Naturwissenschaften ein Zugang zur Technik geschaffen (z. B. Lewis, 2006 oder Snetsinger, Brewer & Brown, 1999). Ein explizites Befassen mit dem, was MINT kennzeichnet, welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den MINT-Disziplinen bestehen oder was MINT von anderen Fachdisziplinen unterscheidet, findet bislang keine Aufmerksamkeit in MINT-Bildungsangeboten bzw. ist bisher nicht Gegenstand der Forschung. In der vorliegenden Expertise werden z. B. durch das Eingangskapitel von Steinmann und Ramseger oder das von der Stiftung entwickelte Rahmenmodell im folgenden Beitrag erste Schritte in diese Richtung unternommen.

Was spricht für, was spricht gegen integrierte MINT-Bildungsangebote im Primarbereich?

Inwiefern MINT-Bildungsangebote gemeinsam, also integriert oder fächerverbindend, umgesetzt werden sollten, wird unterschiedlich eingeschätzt. So entspricht eine integrative oder fachvernetzende Auseinandersetzung mit Lerngegenstän-

den dem Anspruch des Primarbereichs und insbesondere dem Selbstverständnis des vielperspektivischen Sachunterrichts. Zum Beispiel werden im Perspektivrahmen des Sachunterrichts (GDSU, 2013) Kompetenzen in Bezug auf konkrete fachliche Perspektiven, aber auch perspektivenübergreifend beschrieben. Die das Fach konstituierenden Perspektiven stehen dabei nicht nebeneinander, sondern müssen vernetzt werden, um einerseits Bezüge zu den Lebenswelten der Kinder und andererseits Anwendungsbezüge des in den Perspektiven angeeigneten Wissens herstellen zu können (Hartinger & Giest, 2022, S. 279). Vernetzung ist demnach nicht als additives Moment, sondern als konstitutives Merkmal des Sachunterrichts zu berücksichtigen (ebd.). Das Grundverständnis des Sachunterrichts als vielperspektivisches Fach zeigt also eine hohe Passung an die vorgeschlagenen integrierten Ansätze der MINT-Bildung, zumindest in Bezug auf drei oder zumindest zwei der vier Buchstaben im Akronym, nämlich „(I)NT“, die sich auf die (Informatik-), naturwissenschaftliche und technische Perspektive beziehen. Die Bedeutung der mathematischen Bildung für den Sachunterricht wird im Perspektivrahmen (GDSU, 2013) nicht gesondert hervorgehoben, innerhalb der naturwissenschaftlichen Perspektive aber unter Aspekten des Messens zumindest angedeutet. Die Informatik stellt keine eigene Perspektive des Sachunterrichts dar, ist aber als ein Querschnittsthema relevant und wird zudem besonders mit der technischen Perspektive verknüpft. Um Missverständnissen vorzubeugen, ist anzumerken, dass der Sachunterricht nicht immer eine perspektivenübergreifende Anbahnung von Inhalten vorgibt. Inhalte können durchaus ggf. „zunächst“ perspektivenbezogen erschlossen werden, wobei die Inhalte lose nebeneinander, additiv hintereinander oder gar losgelöst stehen können.

Ein weiteres Argument, das für einen integrierten MINT-Unterricht angeführt wird, ist, dass Probleme in der „realen Welt“ sich in der Regel nicht einzelnen Fachbereichen oder Disziplinen zuordnen lassen und auch in der Forschung und Entwicklung die Grenzen zwischen den einzelnen Disziplinen oft nicht klar erkennbar sind (Thibaut et al., 2018). So sind inter- und transdisziplinäre Forschungszugänge Kennzeichen aktueller Forschung. Integrierter MINT-Unterricht könnte also eine Gelegenheit darstellen, den Umgang mit komplexen Themen zu üben.

Gleichzeitig eignen sich nicht alle Themen, um sie simultan aus verschiedenen Fachperspektiven zu erarbeiten. So sind Klimawandel, Bauen oder Lebensmittelanbau und -konsum sicher komplexe mehrperspektivische Themen, Schwimmen und Sinken und der Lebenszyklus des Froschs vielleicht weniger – die klare Zuordnung zu einer fachlichen Disziplin stellt aber aus Sicht der Autorinnen keinen Grund dar, den Bildungsgehalt dieser Themen systematisch infrage zu stellen. Insbesondere Themen der Biologie haben nicht immer einen unmittelbaren Anknüpfungspunkt zur Technik. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass grundlegendes Wissen sowie Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen in Be-

zug auf eine Perspektive oder ein Fach wichtige Voraussetzungen für die vertiefte Auseinandersetzung mit komplexeren Inhaltsbereichen darstellen. So bedeutet grundlegendes Wissen über die Existenz und das Verhalten von Gasen eine unverzichtbare Grundlage für das Verstehen des Klimawandels.

Aus der Perspektive der Mathematik und der Informatik wird zudem darauf verwiesen, dass integrierte Ansätze die Gefahr bergen, dass die beiden Disziplinen lediglich als Hilfswissenschaften wahrgenommen werden, um z. B. naturwissenschaftliche Zusammenhänge zu berechnen oder technische Konstruktionen zu digitalisieren (Metzger et al., 2022). Aber auch aus der Technik heraus wird beklagt, dass „mit MINT die Verengung und Verkürzung von Technik als Anwendung in mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereichen“ einhergehen und in der Schule so das Wesen von Technik marginalisiert oder auch außer Acht gelassen wird (Graube & König, 2015).

In Bezug auf die Bearbeitung realer Probleme, z. B. der nachhaltige Anbau von Lebensmitteln oder klimaneutrale Mobilität, lässt sich auch die Frage stellen, inwiefern die MINT-Disziplinen für eine angemessene Bearbeitung ausreichen. Oft braucht es zusätzlich den Einbezug von sozialwissenschaftlichen und/oder ethischen Perspektiven, z. B. beim Klimawandel, bei dem u. a. Fragen nach Klimagerechtigkeit zentral sind. In diesem Kontext etabliert sich bereits das Akronym „MINKT“, welches die Kulturwissenschaften integriert. Die aktuelle Konzeption des Sachunterrichts ermöglicht ebenfalls die Verbindung von naturwissenschaftlicher und technischer Perspektive untereinander, aber eben auch in Bezug auf die sozialwissenschaftliche, die historische oder die räumliche Perspektive. Dieses wird auch in Ansätzen wie Bildung für eine nachhaltige Entwicklung oder Socioscientific Issues (Zeidler, Sadler, Simmons & Howes, 2005) deutlich.

Neben der Frage nach möglichen Zielen und Outcomes von Unterricht müssen auch die Voraussetzungen von Schüler:innen im Diskurs über Vor- und Nachteile von integriertem MINT-Unterricht berücksichtigt werden. Während integrierten MINT-Bildungsangeboten hohes motivationales Aktivierungspotenzial zugesprochen wird, bleibt fragwürdig, ob eine mehrperspektivische Betrachtung möglicherweise für Schüler:innen mit (zunächst) wenig Vorwissen eine Überforderung darstellt (vgl. auch Absatz zu Forschungsbefunden). Die Verbindung von Inhalten unterschiedlicher Disziplinen in Bezug auf die Lösung komplexer Probleme ist ein kognitiv hochanspruchsvoller Akt, insbesondere dann, wenn Schüler:innen wenig oder kein Vorverständnis der fachlichen Konzepte der einzelnen Disziplinen haben. Dies gilt in der Regel für alle Schüler:innen des Primarbereichs, die relativ am Anfang des (institutionellen) Bildungsverlaufs stehen und deswegen nur eine begrenzte Menge an Fachwissen aufbauen und Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen entwickeln konnten. Es müssen aber zudem gerade Kinder mit weniger guten Lernvoraussetzungen, z. B. niedrigeren Sprachkompetenzen, bedacht wer-

den, die einen nicht zu vernachlässigenden Anteil im Schulsystem ausmachen (vgl. Ergebnisse aus TIMSS).

Sowohl in kognitionspsychologischen (Gauffroy & Barrouillet, 2011) als auch in fachdidaktischen Untersuchungen (Grimm, Robisch & Möller, 2018; Robisch, Tröbst & Möller, 2014) hat sich bereits mit Bezug auf das naturwissenschaftliche Lernen gezeigt, dass Kinder im Grund-



schulalter insbesondere auch in der Anwendung der Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen zunächst noch unsicher sind (z. B. auch Kohlhauf et al., 2011) und in Lernprozessen, die sowohl auf den Aufbau von fachlichem Wissen als auch Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen zielen, Unterstützung in Form von sogenannten Scaffolding-Maßnahmen benötigen (Furtak et al., 2012; Minner, Levy & Century, 2010). Dieses Argument führt zu der Annahme, dass das Potenzial, welches integriertem MINT-Unterricht inhärent ist, nur genutzt werden kann, wenn Aspekte der Unterrichtsqualität konsequent berücksichtigt werden (vgl. Beitrag A).

Für einen derart guten MINT-Unterricht sind die professionellen Kompetenzen von MINT-Lehrpersonen entscheidend. In der Literatur werden aber eher ein Mangel an fachspezifischem Wissen (was insbesondere, aber nicht ausschließlich für Grundschullehrpersonen gilt) und ein Mangel an zeitlichen Ressourcen aufseiten der Lehrpersonen sowie ein Mangel an guten Unterrichtsmaterialien als Faktoren beschrieben, die der Implementation von integrierten (und qualitativ hochwertigen) MINT-Bildungsangeboten entgegenstehen (Köller et al., 2019; Selcen Guzey, Harwell, Moreno, Peralta & Moore, 2017; Dare, Ellis & Roehrig, 2014).

Forschungsbefunde zu MINT-Lernen und MINT-Lernumgebungen

Studien zu integrierten MINT-Ansätzen sind rar, teils mit methodischen Einschränkungen behaftet und nur kurzfristig (auf einzelne Interventionen) angelegt. Insbesondere in Hinsicht auf den Primarbereich beziehen sich die Studien meistens nur auf zwei Fächer (z. B. Naturwissenschaft und Technik siehe z. B. Purzer et al., 2015; Slim, van Schaik, Dobber, Hotze & Raijmakers, 2022; Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2015 – Ausnahmen bilden u. a. die Arbeiten von English (2016, 2019), in denen die Mathematik neben den Naturwissenschaften und der Technik/den Ingenieurwissenschaften konsequent einbezogen werden.

Während einige Studien mit Bezug zur Grundschule positive Einflüsse von integrierten MINT-Lernumgebungen, die naturwissenschaftliche, technische und/oder mathematische Perspektiven verbinden, auf das Lernen von Fachinhalten belegen (z. B. Bethke Wendell & Rogers, 2013; für die Grundschule Cunningham et al., 2020), zeigen andere Studien mit Interventionen in der Sekundarstufe keine Zusammenhänge zu den Kompetenzen der Schüler:innen. Tran und Nathan (2010) berichten beispielsweise, dass Schüler:innen der Sekundarstufe, die an einem Unterricht teilnahmen, in dem Technik, Naturwissenschaft und Mathematik integriert wurden, keinen messbaren Vorteil bei einem naturwissenschaftlichen Test erkennen ließen im Vergleich zu Schüler:innen, die regulären Unterricht in diesen Fächern durchlaufen hatten. In Bezug auf Mathematik lernten die Teilnehmer:innen des integrierten Treatments sogar signifikant weniger, als die Schüler:innen im herkömmlichen Unterricht (wenngleich über die gesamte Stichprobe ein Lernzuwachs über die Zeit in Bezug auf die beiden Fächer gezeigt wurde). Berland, Steingut und Ko (2014) zeigten, dass Schüler:innen der Sekundarstufe eine hohe Motivation haben, sich mit den qualitativen Aspekten der technischen Problemlöseprozesse zu beschäftigen (z. B. das Problem zu identifizieren), aber wenig Motivation, die wissenschaftlichen und mathematischen Inhalte zu erforschen oder anzuwenden, die für die Lösung technischer Problemstellungen notwendig sind (Berland et al., 2014). Möglicherweise sind die Ergebnisse auch widersprüchlich, weil es nicht nur auf die Frage nach fächerintegrierten Ansätzen ankommt, sondern vor allem auf die Qualität der Umsetzung.

Selcen Guzey und Kolleg:innen (2017) arbeiten z. B. heraus, dass ein integriertes MINT-Vorgehen, in dem Naturwissenschaft und Technik miteinander verbunden werden, nicht automatisch zu besseren Leistungen aufseiten der Schüler:innen führte. Ihre Mehrebenenanalysen zeigten, dass der Zusammenhang zwischen einem „integrierten MINT-Ansatz“ und dem Lernfortschritt der Schüler:innen 1.) durch die Qualität der eingesetzten Unterrichtsmaterialien zur Integration der Inhalte sowie 2.) über die Art der Integration moderiert werden. Die Autor:innen schlussfolgern, dass die Integration der Disziplinen expliziert werden muss, da Schüler:innen die Zusammenhänge ansonsten nicht wahrnehmen. Diese Befunde werden von Wieselmann und Kolleg:innen (2020) aktuell bestätigt, insbesondere in Bezug auf die Arbeit in Kleingruppen. Ähnliches zeigt sich auch bei Studien aus dem Sekundarbereich: So weisen die Ergebnisse darauf hin, dass Schüler:innen bei Bearbeitung von integrierten Aufgaben nicht automatisch Wissen unterschiedlicher Fachdisziplinen zusammenbringen, auch wenn die Aufgaben sie (implizit) dazu auffordern. Sie brauchen häufig Unterstützung darin, die relevanten naturwissenschaftlichen und/oder mathematischen Konzepte für die Lösung des technischen/informatischen Problems zu identifizieren, die Konzepte produktiv miteinander in Beziehung zu setzen und zu reflektieren, welche

MINT-Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen angewandt und welche Konzepte erschlossen wurden (Zusammenfassung bei National Academy of Engineering and National Research Council, 2014, S. 5).

So überrascht es nicht, dass in Bezug auf die MINT-Bildung im Primarbereich insbesondere in komplexeren, fächerverbindenden Lernumgebungen das noch nicht aufgebaute Vorwissen sowie die fehlenden Vorkenntnisse in Bezug auf die Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen als Herausforderung herausgearbeitet wurden. Wie in einem „Teufelskreis“ führe das mangelnde Vorwissen in problemhaltigen Situationen zu einer „kognitiven Fixierung“ auf einzelne, nicht zielführende Lösungswege bei den Schüler:innen, die fachliches MINT-Lernen erschwert (McFadden & Roehrig, 2019). Diese und weitere Forschungsarbeiten mit einem Fokus auf MINT-Bildung deuten darauf, dass die explizite Adressierung von naturwissenschaftlichen, mathematischen und technischen Aspekten sowie die gezielte Unterstützung in problemorientierten, fächerübergreifenden, MINT-orientierten Lernumgebungen für den Lernerfolg wichtig sind (Moore et al., 2014; McFadden & Roehrig, 2019). Dies gilt sowohl für die Inhalte als auch für die entsprechenden Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen. Konkrete Unterstützungsmaßnahmen werden aber weder in der (fachdidaktischen) Fachliteratur noch in den bestehenden Unterrichtsmaterialien systematisch aufgearbeitet bzw. integriert (Arık & Topçu, 2020).

Fazit

Trotz der unbefriedigenden konzeptuellen und empirischen Lage zur MINT-Bildung folgen nun ein vorsichtiges Fazit sowie Perspektiven für zukünftige Arbeiten. Nach unserer Einschätzung haben integrierte MINT-Lernumgebungen einerseits ein hohes Potenzial, durch die Einbettung in authentische Kontexte motivierende Lerngelegenheiten für Schüler:innen darzustellen. Andererseits können sie Gelegenheiten bieten, inter- und transdisziplinäre Kompetenzen anzubahnen und mit komplexen und mehrdeutigen Problemen umzugehen. Entsprechende Kompetenzen werden auch bei den 21century skills angeführt (OECD, 2019). Zudem ist eine integrierte MINT-Bildung sehr anschlussfähig an das aktuelle Selbstverständnis des Faches Sachunterricht.

Gleichzeitig zeigen die ersten Befunde, dass fachintegrierte Angebote nicht per se wirksam sind. Komplexe Probleme haben einerseits das Potenzial, Lernende kognitiv herauszufordern, andererseits müssen Unterrichtsmerkmale wie eine angemessene Auswahl der Inhalte und Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen, kognitive Unterstützung sowie formatives Assessment berücksichtigt werden, um Lernende mit unterschiedlichen Voraussetzungen angemessen zu fördern. Vergleichbares sieht man auch im Zusammenhang mit dem Inquiry-based Learning-Ansatz, dessen Potenzial dann optimal genutzt werden kann, wenn die Lernen-

den entsprechende Unterstützungsmaßnahmen erfahren (Lazonder & Harmsen, 2016). Es ist anzunehmen, dass vergleichbares auch für komplexe fachintegrierte Ansätze gilt. Das bedeutet, dass es nicht um ein Entweder-oder bei der Frage nach integriertem MINT-Unterricht geht, sondern dass dieses in Abhängigkeit von den Lernenden und vom Lerngegenstand sowie von möglichen Unterstützungsmaßnahmen entschieden werden muss.

Die vielleicht größte Herausforderung bei der Umsetzung von integriertem MINT-Unterricht scheint uns die Frage nach den professionellen Kompetenzen von Lehrpersonen zu sein. Hier stellt sich die Frage nach möglichen Lerngelegenheiten in der Aus- und Fortbildung von Lehrkräften, die nach unserer Einschätzung bislang kaum vorkommen. Eng damit zusammen hängt auch die Frage nach guten, also überprüften Curriculums- und Unterrichtsmaterialien, die Lehrkräfte nutzen können, um entsprechenden Unterricht umzusetzen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Entwicklung solcher Unterrichtsmaterialien ein langwieriger Prozess ist, in dem Materialien entwickelt und mehrfach unter unterschiedlich wohlwollenden Bedingungen erprobt und evaluiert werden.

Für die Entwicklung von Unterrichtsmaterialien und dazugehörigen Fortbildungen sind allerdings theoretische Konzeptualisierungen und empirische Befunde zu wirksamen Lerngelegenheiten grundlegend. An beiden Stellen sehen wir ein theoretisches bzw. empirisches Desiderat. So sollte z. B. in Konzeptualisierungen noch weiter herausgearbeitet werden, was MINT (ggf.) genuin kennzeichnet, wie sich MINT von anderen Disziplinen unterscheidet und ob es überhaupt MINT-spezifische Kompetenzen gibt oder ob es sich eher um fachspezifische Kompetenzen handelt, die in bestimmten Situationen zusammengebracht werden. Zudem fehlen vertiefte Erkenntnisse über lernwirksamen MINT-Unterricht für Kinder mit unterschiedlichen Voraussetzungen. Dabei sollten auch motivationale Outcomes berücksichtigt werden und noch systematischer geprüft werden, ob es Nachteile beim MINT-Unterricht gibt und z. B. bestimmte fachspezifische Kompetenzen „auf der Strecke“ bleiben oder Schüler:innen mit ungünstigen Voraussetzungen weniger von einem integrierten MINT-Unterricht profitieren als andere. Um nicht leichtfertig in die aktuelle MINT-Begeisterung einzustimmen, sind dies notwendige Schritte, um stärker evidenzorientiert Entwicklungs-, Forschungs- und Implementationsarbeiten nachgehen zu können.

Vor dem Hintergrund dieser noch unklaren Forschungslage ist es schwierig, klare Empfehlungen für die Stiftungsarbeit abzugeben. Tendenziell scheint es sinnvoll zu sein, den Schwerpunkt der Entwicklungsarbeit und der Fortbildungen weiterhin eher auf die einzelnen Fächer zu legen, darauf aufbauend aber exemplarisch fachintegrierte Curricula für mehrere MINT-Fächer in den Blick zu nehmen. Hier bietet es sich an, auf Arbeiten zurückzugreifen, für die es schon erste Hinweise auf die Wirksamkeit gibt (z. B. English, 2019). Dabei könnte es zielführend

sein, wenn nicht alle MINT-Fächer, sondern zunächst einzelne Fächer kombiniert werden, z. B. Mathematik mit Informatik oder Naturwissenschaften mit Technik. Dies könnte gerade ein Weg sein, die weniger umgesetzten Fächer (Informatik und Technik) stärker zu implementieren. Vor allem ist aber zentral, systematisch Merkmale der Unterrichtsqualität in der Entwicklungsarbeit und den dazugehörigen Fortbildungen zu berücksichtigen.

C Rahmenkonzept einer MINT-Bildung

Stiftung Haus der kleinen Forscher



- 1 Einleitung
- 2 Bedarf an guter früher MINT-Bildung
- 3 Das vorliegende Rahmenkonzept
- 4 MINT
- 5 MINT-Bildung
- 6 Fazit und Ausblick

1 Einleitung

Mit dem Rahmenkonzept einer MINT-Bildung verfolgt die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ das Ziel, einen neuen integrativen Blick auf Gemeinsamkeiten im problemlösenden Vorgehen in MINT zu beschreiben. Das Konzeptpapier ist das Ergebnis einer intensiven Auseinandersetzung der Stiftung und kann als (fach-)didaktische Fundierung für das transdisziplinäre MINT-Angebot des „Hauses der kleinen Forscher“ verstanden werden.¹¹ Das Rahmenkonzept beschreibt die inhaltliche Ausrichtung sowie das zugrunde liegende Bildungsverständnis unter Berücksichtigung aktueller gesellschaftlicher und bildungspolitischer Diskurse um das Thema der frühen Bildung. Im Sinne dieser Diskurse und auch im Sinne der Vision und Mission der Stiftung ermöglicht das Konzept einer MINT-Bildung den Transfer von wissenschaftlichen Erkenntnissen und deren Nutzbarmachung für die Praxis sowie die Anschlussfähigkeit der (Weiter-)Entwicklung von Bildungsangeboten der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“.

¹¹ *Externe Beratung und kritische Begleitung erhielt die Stiftung bei der theoretischen Annäherung an das Rahmenkonzept einer MINT-Bildung durch Prof. Dr. Johannes Magenheimer, Prof. Dr. Olaf Köller, Dr. Uwe Pfennig, Prof. Dr. Jörg Ramseger, Prof. Dr. Mirjam Steffensky, Prof. Dr. Christian Wiesmüller sowie Prof. Dr. Bernd Wollring. Von Stiftungsseite haben Nathalie Bauer, Anne Großkurth, Dr. Christine Günther, Dr. Janna Pahnke sowie Dr. Maria Ploog maßgeblich zur inhaltlichen und theoretischen Fundierung sowie zur konzeptionellen Gestaltung des Rahmenkonzeptes beigetragen.*

2 Bedarf an guter früher MINT-Bildung

Der Bedarf an guter früher MINT-Bildung (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) hat sich in Deutschland aus dem Diskurs ergeben, naturwissenschaftliche und mathematische Kompetenzen in der frühkindlichen Bildung zu stärken, um möglichst früh eine Grundlage für bessere schulische Leistungen zu legen. Der generelle Diskurs zur frühkindlichen Bildung ist dabei einerseits durch die Ergebnisse der PISA-Studie geprägt, die zeigten, dass die Leistungen der Schülerinnen und Schüler in Deutschland in den Bereichen Lesekompetenz, Mathematik und Naturwissenschaften unter dem OECD-Durchschnitt lagen (u. a. Baumert et al., 2001). Darüber hinaus konnten die PISA-Ergebnisse andererseits Hinweise darauf geben, dass die Leistungen von Kindern stark mit dem sozioökonomischen Hintergrund zusammenhängen (PISA-Studie, 2000/2019). Die mit Veröffentlichung der ersten PISA-Ergebnisse angestoßene bildungspolitische Debatte führte in den Folgejahren zu grundlegenden Reformen des Bildungssystems in Deutschland. Die Bildungsausgaben des Bundes wurden Anfang der 2000er-Jahre nahezu verdoppelt (Gundlach, 2003). Auch die Initiative „Haus der kleinen Forscher“ entstand im Zuge dieser Diskurse. Sie gründete sich im Nachgang des Abschlusskongresses der Initiative „McKinsey“ (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2016a), bei dem im Jahr 2005 die Defizite und Chancen der frühkindlichen Bildung in Kitas diskutiert worden waren.

Auch die zunehmende Technisierung des Alltags und die damit verbundenen Veränderungen der Lebensumwelt führten in den Nuller-Jahren zu einer stärkeren Fokussierung der naturwissenschaftlichen Grundbildung. Die Entwicklung zu einer Wissensgesellschaft, in der Wissen als grundlegendes Kapital betrachtet wird, führte damit insgesamt zu einer gesamtgesellschaftlichen, aber auch bildungspolitischen Einsicht darüber, dass eine naturwissenschaftliche Bildung bereits im Elementar- und Primarbereich notwendig sei (Anders et al., 2013). Dabei umfasst die naturwissenschaftliche Bildung nicht nur das Wissen über Naturphänomene oder Gesetze, sondern auch die Kompetenz, selbstständig Erklärungen zu naturwissenschaftlichen Phänomenen und technischen Artefakten zu entwickeln (Rohen-Bullerdiek, 2012). Zur „Scientific Literacy“ gehört demnach neben konzeptuellem Wissen vor allem die Kompetenz, Wissen durch geeignete Denk- und Vorgehensweisen zu erwerben, zu erweitern und in lebensnahen Kontexten anwenden zu können (Bybee et al., 2009). Kinder, die grundlegende Erkenntnisse und Zusammenhänge in einer wissens- und technikgeprägten Lebensumwelt verstehen, fällt es leichter, an dieser Gesellschaft teilzuhaben und diese mitzugestalten (Bybee, 2009). Unstrittig war zudem, dass sich eine Unterstützung und Förderung von jungen Kindern in ihrer Kompetenzentwicklung im Bereich der Na-

turwissenschaft positiv auf den weiteren Bildungsverlauf auswirken könnte (u. a. Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF, 2017; Sylva et al., 2013; Camilli et al., 2010; Claessens et al., 2009; Duncan et al., 2007; McClelland et al., 2006).

Neben diesen bildungspolitischen Debatten sprachen auch ökonomische Faktoren für eine frühe MINT-Bildung. Diese Faktoren haben ihre Relevanz bis heute nicht verloren und finden nach wie vor Berücksichtigung. Demnach sind Bildungssysteme aus bildungsökonomischer Perspektive umso leistungsfähiger, je früher die Bildung einsetzt, je günstiger die Betreuungsrelation ist und je höher die öffentlichen Ausgaben pro Kopf in dieser Bildungsstufe sind (Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände, 2011; Heckman, 2000). Eine Investition in die frühen Bildungs- und Betreuungsangebote mit hoher Qualität kann zudem zur Reduktion von sozialen Ungleichheiten beitragen (Waldfogel, 2015).

Ein wesentlicher weiterer Antrieb für die Etablierung einer frühen MINT-Bildung war und ist bis heute der Beitrag zum Arbeits- und Ausbildungsmarkt. Seit langem wird auf den Fachkräftemangel im MINT-Bereich hingewiesen, der auch durch den demografischen Wandel begünstigt wird (Köster & Nicht, 2017).

Neben entsprechenden bildungspolitischen Forderungen zur Anpassung der Bildungsbemühungen hatte aber auch die Erkenntnis, dass sich Kinder für naturwissenschaftsbezogene Inhalte und für Naturphänomene in ihrer Umwelt interessieren, einen bedeutsamen Einfluss auf die Aufwertung der frühen Bildung in den Nuller-Jahren (Steffensky, 2017). In den letzten Jahrzehnten werden Kindertageseinrichtungen zudem stärker als Institutionen der Bildung anerkannt. Dieser Auftrag ist neben der Betreuung und Erziehung mittlerweile auch gesetzlich verankert (KitaFöG¹²).

Der Bedarf einer frühen MINT-Bildung, die bereits im Elementarbereich konzeptionell verankert wird, wird auch von Erkenntnissen der Entwicklungspsychologie unterstützt. Die moderne Entwicklungspsychologie zeigt auf, dass Kinder bereits in den ersten Lebensjahren über zentrale Voraussetzungen und Entwicklungspotenziale für die naturwissenschaftliche Bildung verfügen. Naturwissenschaftliche Kompetenzen werden bereits ab der Geburt und nicht erst ab dem Schulalter erworben (u. a. Pauen & Pahnke, 2009; Weinert-Doil & Frevert, 2008). Kinder lernen von Anfang an, in und außerhalb vorbereiteter Lernsituationen und mit großer intrinsischer Motivation (u. a. Robert Bosch Stiftung, 2011; Roth, 2011).

12 Gesetz zur Förderung von Kindern in Tageseinrichtungen und Kindertagespflege (Kindertagesförderungsgesetz).

2.1 Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ – MINT-Bildung für alle

Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ hat mit ihrer Gründung 2006 auf diese Entwicklungschancen von Kindern und diesen gesellschaftlichen, aber auch bildungspolitischen Bedarf reagiert und Bildungsangebote für den Bereich Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik für Kindertageseinrichtungen und pädagogische Fachkräfte zugänglich gemacht. Initiativpartner der Stiftungsgründung waren neben McKinsey Deutschland und der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren das Bundesministerium für Bildung und Forschung, die Siemens Stiftung und die Dietmar Hopp Stiftung. Partner der Stiftung im Jahr 2022 sind die Siemens Stiftung, die Dietmar Hopp Stiftung, die Dieter Schwarz Stiftung und die Friede Springer Stiftung. Gefördert wird sie vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Gleichwohl Kindertageseinrichtungen bereits seit einigen Jahrzehnten zunehmend als Bildungseinrichtungen anerkannt waren, fehlte es weitgehend an Konzepten zur Implementation von Angeboten aus dem Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung. Von Anfang an und bis heute sind Fortbildungen mit Begleitmaterialien für pädagogische Fachkräfte (später auch Lehrkräfte) das Herzstück der Initiative. In den Fortbildungsangeboten der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ werden jeweils spezifische Themenschwerpunkte aus den Bildungsbereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik behandelt, die professionelle Kompetenz im Fachwissen und fachdidaktischen Wissen gestärkt und Anregungen für die praktische Umsetzung im pädagogischen Alltag zur Verfügung gestellt.

Die Stiftung startete mit der ersten Fortbildung zum Thema „Wasser“ und war damit zunächst auf den Bereich der Naturwissenschaft fokussiert. Nach und nach wurden die Angebote auf Mathematik und Technik ausgeweitet. Im Jahr 2017 kamen erstmals Angebote zu Informatik hinzu, womit alle Bereiche in M, I, N und T abgedeckt waren. Die Idee der Stiftung war es, pädagogischen Fachkräften in Weiterbildungsworkshops Anregungen für Konzepte zur Verfügung zu stellen, die ihnen dabei helfen, das Entdecken und Forschen auch in ihren Einrichtungen mit den Kindern zu gestalten. Naturwissenschaftliche Versuche, die mithilfe von Praxismaterialien wie den Forschungs- und Entdeckungskarten entwickelt wurden, sollten den pädagogischen Fachkräften den Einstieg erleichtern und bei der Umsetzung in ihren Einrichtungen unterstützen. Diese praktischen Unterstützungsmaterialien wurden im Laufe der Jahre stetig weiterentwickelt und didaktisch aufbereitet. So wurden die anfänglichen Experimentieranregungen um vielfältige Inhalte und Anregungen zur didaktischen Umsetzung erweitert. Zu jedem Bereich aus M, I, N und T wurden auf Grundlage des „Forschungskreises“ (Marquardt-Mau, 2004) spezifische Vorgehensweisen dargestellt, wie sie in den jeweils einzelnen

Disziplinen angewendet werden können. Die inhaltlichen Angebote der Stiftung wurden sukzessive für Lehr- und aktuell auch für Führungskräfte erweitert. Sie sind wissenschaftlich begründet und werden auf der Grundlage fachlich fundierter Zieldimensionen entwickelt. Sie spezifizieren, welche Ziele mit bestimmten Angeboten erreicht werden sollen. Sowohl zu den einzelnen MINT-Disziplinen als auch zur Bildung für nachhaltige Entwicklung wurden gemeinsam mit Expertinnen und Experten fachspezifische Zieldimensionen für Kinder und pädagogische Fach- und Lehrkräfte erarbeitet und als Orientierungsgrundlage zur Angebotsentwicklung genutzt (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2013a, 2015, 2017, 2018a, 2019a).

Mit dem Ziel, allen Kindern die Chance zu geben, ihre eigenen Talente und Potenziale in den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik zu entdecken, ist es das Anliegen der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Kinder darin zu bestärken, sich in einer ständig verändernden Welt zu orientieren sowie selbstwirksam, selbstbestimmt und verantwortungsvoll zu handeln (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2016b). Das zugrunde liegende Bildungsverständnis der Stiftung orientiert sich an den Zielen der emanzipatorischen Bildung. Pädagogische Fach- und Lehrkräfte sind dabei Begleitung und Unterstützung sowie eine bzw. einer der ersten Ansprechpartnerinnen oder -partner, wenn Kinder etwas wissen möchten oder wenn sie Hilfestellung benötigen. Bewusstseinsbildung und eine Handlungskompetenz sollen gemeinsam entwickelt (ko-konstruktiv) werden. Sie sollen in ihrer pädagogischen Rolle als MINT-Lernbegleitung bestärkt werden und die Möglichkeit erhalten, ihr MINT-Wissen, ihre MINT-Vorgehensweisen und die dazugehörigen pädagogischen Strategien zu erweitern und zu vertiefen (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019b).

Mittlerweile ist die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ eine der größten Fort- und Weiterbildungsinitiativen für frühe MINT-Bildung in Deutschland und verfügt über eine große Reichweite. Eine Vielzahl an pädagogischen Fach- und Lehrkräften nehmen die Angebote der Stiftung wahr und nutzen die entwickelten Materialien zur Umsetzung von MINT-Inhalten und zum gemeinsamen Entdecken und Forschen in ihren Einrichtungen. Mit der Weiterbildung von Führungskräften und Kita-Teams unterstützt die Stiftung mittlerweile zudem die systemische Weiterentwicklung von Bildungseinrichtungen und die Organisationsentwicklung in Kitas. Durch die Kooperation mit über 200 lokalen Netzwerkpartnern und die Ausbildung und Betreuung von Trainerinnen und Trainern, die das Fortbildungsangebot in einem Multiplikatoren-System in ganz Deutschland verbreiten, hat die Stiftung zusammen mit ihren Kooperationspartnern damit einen großen Beitrag zur Implementation einer guten frühen MINT-Bildung geleistet. Dabei hat sich die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ stets weiterentwickelt und versteht sich als lernende Organisation. Alle Aktivitäten der Bildungsinitiative werden kontinuierlich wissenschaftlich begleitet und evaluiert. Die Stiftung „Haus der kleinen For-

scher“ pflegt einen offenen Austausch mit Wissenschaft und Fachpraxis. Aktuelle Fachdiskurse und bildungs- sowie gesellschaftspolitische und pädagogische Bedarfe sollen aufgegriffen werden und sich auch im Angebot der Stiftung wiederfinden. So stellt die Stiftung sicher, dass wissenschaftliche Erkenntnisse die Grundlage für ihre Bildungsangebote sind, während die Angebote sich an den aktuellen Bedarfen der pädagogischen Fach-, Lehr- und Leitungskräfte orientieren. Die Stiftung reagiert damit nicht nur auf aktuelle Bedarfe der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte, sondern unterstützt auch proaktiv die Professionalisierung, in dem sie neue Impulse (z. B. zu Themen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung) setzt.

2.2 Gesellschaftliche Veränderungen und Herausforderungen für die frühe MINT-Bildung

Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ hat sich zum Ziel gesetzt, Kinder durch gute frühe MINT-Bildungsangebote zu stärken, solche Bildungsangebote durch eine Professionalisierung von pädagogischen Fach- und Lehrkräften in der pädagogischen Praxis in der Implementation zu unterstützen und damit zur Förderung von Bildung und Erziehung, insbesondere der frühen MINT-Bildung beizutragen. Die Stiftung begreift die Auseinandersetzung mit Naturwissenschaften und Technik, mit Mathematik und Informatik, neben anderen Bildungsbereichen als einen genuinen Bestandteil einer allgemeinen Bildung, auf die jedes Kind einen Anspruch hat. Dabei soll sich jedes Kind unabhängig von seinem gesellschaftlichen und familialen Hintergrund Zukunftschancen erschließen können. Perspektivisch kann damit auch die Nachwuchssicherung in den Natur-, Ingenieurwissenschaften sowie der Informatik und implizit der Wohlstand und die Entwicklung in Deutschland gefördert werden (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019a).

In den letzten Jahren zeichnet sich eine ergänzende Argumentationslinie für gute frühe MINT-Bildung ab. Der Bedarf einer (MINT-)Bildung kann nicht mehr nur im Zusammenhang örtlich begrenzter und wirtschaftsorientierten Bedürfnisse betrachtet werden. Vor dem Hintergrund globaler Herausforderungen mit lokalen Auswirkungen, u. a. Klimawandel, Digitalisierung, wachsende soziale Ungleichheit, Verlust von Biodiversität oder zunehmende Migration, stehen die MINT-Disziplinen auch in einem gesamtgesellschaftlichen und globalen Kontext. Es erscheint zunehmend notwendiger, einen reflektierten Umgang mit technologischen und gesellschaftlichen Veränderungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung¹³ zu

13 „Das Prinzip der nachhaltigen Entwicklung zielt darauf ab, dass Menschen und Staaten sich weiter entwickeln und Wachstum erzielen können, allerdings nicht grenzenlos und ohne dabei anderen Menschen und Staaten die Lebensgrundlage entziehen – weder jetzt noch in nachfolgenden Generationen.“ (zitiert aus dem BNE-Portal https://www.bne-portal.de/bne/de/einstieg/was-ist-bne/was-ist-bne_node.html)



entwickeln und auch junge Kinder dabei zu unterstützen, Kompetenzen zu erwerben, um selbstbestimmt und kritisch zu denken sowie verantwortungsvoll zu handeln.

Mithilfe wissenschaftlicher Methoden, die in den Fachdisziplinen der Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik angewendet werden, werden intersubjektive und nachvollziehbare Aussagen und

Erkenntnisse angestrebt. Wie es zu den Erkenntnissen gekommen ist, wie diese angewendet und verwertet werden, können in einer Reflexion diskutiert werden. Ethische Abwägungen und eine Wertediskussion sind Bestandteil von Wissenschaft (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019a). Dabei bewegt sich die Wissenschaft in ihrem jeweiligen historischen, gesellschaftlichen Kontext. Erkenntnisse, die aus Wissenschaft und Forschung gewonnen werden, beeinflussen auch die gesellschaftliche Entwicklung. Gleichzeitig muss die Wissenschaft sich an aktuelle gesellschaftliche Herausforderungen anpassen und immer wieder neue Erkenntnisse (Lösungsvorschläge) entwickeln, je nachdem welche Zielstellungen im aktuellen gesellschaftspolitischen Diskurs relevant sind.

Mehr denn je wird aktuell darüber diskutiert, wie sich alle Menschen daran beteiligen können, eine Veränderung in Richtung einer nachhaltigen Gesellschaft voranzubringen und das Wohlergehen aller Menschen zu verbessern. Die MINT-Disziplinen sind herausgefordert, sich in den gesellschaftlichen Such-, Lern- und Gestaltungsprozess zur Lösung globaler Fragen (wie technische Herausforderungen, Digitalisierung, Globalisierung, Nachhaltigkeit etc.) einzubringen und ihren Beitrag zu gesamtgesellschaftlichen Entwicklungen zu reflektieren (Pahnke, O'Donnell & Bascopé, 2019).

3 Das vorliegende Rahmenkonzept

Das von der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ entwickelte Rahmenkonzept einer MINT-Bildung ist das Ergebnis einer intensiven Auseinandersetzung mit den einzelnen Fachdidaktiken M, I, N und T. Ziel dieser Auseinandersetzung war es, die verbindenden Elemente der einzelnen Fachdisziplinen und Forschungsfelder herauszuarbeiten. Gestartet ist dieser Diskurs mit einem Austausch von unterschiedlichen Vertreterinnen und Vertretern der einzelnen Fachdisziplinen (M, I, N, T), in dem zunächst verbindende und trennende Elemente der Einzeldisziplinen herausgearbeitet werden konnten. Dabei wurde immer deutlicher, dass die einzelnen Vorgehensweisen in den Fachdisziplinen Methoden zur Bewältigung alltäglicher Probleme und zur Erkenntnisgenerierung differenzierter Fragestellungen, vor allem von jungen Kindern, unterstützen können. Diese Vorgehensweisen sind jedoch aufgrund ihrer fachlich spezifischen Prozessschritte teilweise nicht flexibel genug. Die Vorgehensweisen in den Einzeldisziplinen, wie sie durch die Stiftung in den einzelnen Forschungskreise zu M, I, N und T als Prozessschritte erarbeitet wurden (vgl. Kapitel 5.2 in diesem Beitrag), bieten ein großes Repertoire an Möglichkeiten für die Auseinandersetzung von MINT-Fragestellungen. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass alltägliche Herausforderungen und das Erkenntnisinteresse von Kindern oft nicht auf eine MINT-Disziplin und damit auf eine Vorgehensweise beschränkt sind. Um alltägliche Probleme lösen zu können und Erkenntnisse zu generieren, sollten unterschiedliche Vorgehensweisen kombiniert werden und flexibel eingesetzt werden können.

Im Folgenden wird das Rahmenkonzept einer MINT-Bildung erläutert und dargestellt. Es handelt sich bei dem Rahmenkonzept um eine **(fach-)didaktische Rahmung** einer fächerverbindenden **MINT-Bildung**. Das Rahmenkonzept beleuchtet den didaktischen Teil der Zieldimensionen von früher MINT-Bildung im Elementar- und Primarbereich. Die folgenden zwei Kapitel beleuchten, ausgehend vom Akronym MINT, daher zuerst das MINT-Wissenschaftsverständnis (Ebene 1), darauf aufbauend bildungstheoretische Grundlagen, um dann die Inhalts- und Prozessbereiche (Ebene 2) und Arbeitstechniken (Ebene 3) zu behandeln. Abschließend findet sich eine Übersicht über alle drei Ebenen, die zusammenfassend das Rahmenkonzept bilden.

4 MINT

4.1 Das Akronym MINT

In diesem Abschnitt wird der Bedeutung des Kurzwortes MINT und seiner Bedeutung im pädagogischen Kontext nachgegangen. MINT steht in unterschiedlichen Zusammenhängen als Akronym für die Disziplinen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik. Im Kontext der Elementar- und Primarbildung wird das Akronym MINT dafür genutzt, die vier Bildungsbereiche zu einem Bereich zusammenzufassen. So lässt sich der MINT-Begriff als eine „doppelte Sammelbezeichnung (fassen), indem man vier Bildungsbereiche der allgemeinbildenden Schule unter einem Oberbegriff verbal vereint“ (Hüttner, 2020, S. 3) – doppelt, da mit ihm nicht nur die MINT-Fächer, sondern innerhalb dieser auch die naturwissenschaftlichen Fächer Physik, Chemie, Biologie und Teile der Geografie zusammengefasst werden. Im englischsprachigen Raum wird der Begriff STEM Education¹⁴ analog zum MINT-Bildungsbegriff genutzt (Pahnke, O'Donnell & Bascopé, 2019).

Neben der doppelten Sammelbezeichnung zeichnet sich der MINT-Begriff im Kontext der Bildung durch besondere Komplexität aus, da diverse Akteurinnen und Akteure unterschiedliche Perspektiven auf ihn haben. Hüttner (2020, S. 2) spricht in diesem Zusammenhang vom „MINT-Bildung als Sammelbecken variabler Sichtweisen und Interessen“.

Aus der pädagogischen Perspektive ist zu beachten, dass aus Sicht einiger Vertreterinnen und Vertreter der Kindheitsforschung der Sammelbegriff MINT eine Kategorie der Erwachsenenwelt darstellt und keine Kategorie kindlicher Welterkundung. So führt Rauterberg (2013) dazu aus: „Für ihre Welterkundung beziehen sich Kinder auf von ihnen selbst zugeschnittene Weltausschnitte, von denen man sagen kann, sie entsprechen in der Regel nicht denen Erwachsener, keinesfalls fachlichen“ (S. 36).

MINT-Bildung ist zudem institutionell in Deutschland in Kita, Hort und Grundschule noch nicht ausreichend verankert. So ist zwar Mathematik in den Bildungsplänen der Kitas und als eigenständiges Schulfach mit ausgebildeten Fach- und Lehrkräften in der Grundschule institutionell etabliert. Naturwissenschaften und Technik sind allerdings beispielsweise in der Grundschule im Sachunterricht eingeordnet, und Informatik gibt es (bisher) in weiten Teilen noch gar nicht in den Stundenplänen der Grundschulen oder gar Bildungsplänen der Kitas.

¹⁴ „*Stem' stands for science, technology, (information) engineering, and mathematics. We define STEM Education as an education combining science, technology, (information) engineering, and math concepts and methods in an integrated way that transforms the discipline of science*“ (Pahnke, O'Donnell & Bascopé, 2019, S. 1).

Ebenso werden M, I und T oft unter der naturwissenschaftlichen Bildung subsumiert, und es besteht die Gefahr, dass die drei Bildungsbereiche nicht entsprechend ihrer Eigenständigkeit Berücksichtigung finden (Pfenning, 2014; Hüttner, 2020).¹⁵ Trotz all dieser Besonderheiten besteht gesamtgesellschaftlich Einigkeit darin, dass MINT-Bildung einen wichtigen Teil allgemeiner Bildung ausmacht (Hüttner, 2020).

4.2 Wissenschaftsverständnis und wissenschaftliches Denken

Zur MINT-Bildung gehört es u. a., zu verstehen, wie in den Wissenschaften Wissen erzeugt wird, und selbst wissenschaftlich denken zu lernen (McComas, 2017; Steffensky, 2017). So leistet sie einen Beitrag zur allgemeinen Bildung. Denn wer selbst in der Lage ist, zu belastbaren Erkenntnissen und funktionierenden Lösungen zu gelangen, entwickelt damit wichtige Kompetenzen, um begründet Entscheidungen treffen und so verantwortungsvoll an unserer heutigen Wissensgesellschaft partizipieren zu können. Um diesem Zusammenhang etwas genauer nachzugehen, lässt sich das Konzept „Nature of Science“ (kurz: NOS) (Ramseger, 2013) heranziehen. Mit diesem Konzept wird ein Wissenschaftsverständnis vorgestellt, welches im Bildungskontext von großer Bedeutung ist. Unter NOS wird verstanden, wie in der (Natur-)Wissenschaft Wissen entsteht und mithilfe von wissenschaftlicher Untersuchung bestätigt oder widerlegt wird. Viele Aspekte der NOS lassen sich auf die Gesamtheit der MINT-Wissenschaften übertragen. Beispiele dafür sind:

- Wissenschaftliches Wissen hat, obwohl es beständig ist, einen vorläufigen Charakter. Das durch Forschung hervorgebrachte Wissen entwickelt sich durch empirisch abgesicherte neue Erkenntnisse immer weiter. Es kann sogar von erklärungs mächtigeren Theorien abgelöst werden.
- Wissenschaftliches Wissen in M, I, N und T beruht stark auf Beobachtung, experimentellen Belegen, rationalen Argumenten und Skepsis.
- Über neues Wissen muss klar und offen berichtet werden, Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen benötigen sorgfältige Aufzeichnungen, gegenseitige Begutachtung und eine Reproduzierbarkeit der Ergebnisse (u. a. McComas et al., 1998; McComas, 2017; Grygier, 2008).

15 So wird z. B. unter den englischsprachigen Begriffen „science“ oder „general science“ in vielen Kontexten nicht Wissenschaft verstanden, sondern im Besonderen fallen die Naturwissenschaft darunter. Andere Wissenschaftsdisziplinen werden gesondert bezeichnet, z. B. „computer science“, „mathematics“ oder „technical“ bzw. „engineering science“.

Ein solches Wissenschaftsverständnis ist nötig(,)

- für den Umgang mit Wissenschaft und Technik im alltäglichen Leben (Alltagsnutzen),
- um begründet Entscheidungen treffen zu können (demokratischer Nutzen),
- um den Wert der Wissenschaften als Teil der kulturellen Errungenschaften zu schätzen (kultureller Nutzen),
- indem es zum Verstehen der Entstehung von Normen der wissenschaftlichen Community als Teil gesellschaftlicher Werte beiträgt (ethischer Nutzen) und
- um die Verschiebung vom Lernen von Ergebnissen wissenschaftlicher Tätigkeit hin zum Selbst-Betreiben und -Verstehen von Wissenschaften (der Nutzen beim Lernen im Bereich der Wissenschaften) zu betonen (McComas, 2017).

Eine MINT-Bildung, die das entdeckende und forschende Lernen als zentrale Denk- und Handlungsweise integriert, trägt zu einer solchen wissenschaftsbezogenen Kompetenzentwicklung und zur allgemeinen Bildung und ihrem alltäglichen, demokratischen, kulturellen, ethischen und partizipativen Nutzen bei. So konnten Grygier (2008) und auch Kirschhok (2020) zeigen, dass das forschende Lernen in MINT positive Auswirkungen auf dieses Wissenschaftsverständnis hat. Grygier (2008) konnte z. B. in ihren Untersuchungen nachweisen, dass ein mit Experimenten angereicherter Unterricht das Wissenschaftsverständnis von Grundschulkindern fördert. Auch Kirschhock (2020) stellt die positive Wirkung forschenden Lernens auf die wissenschaftsbezogenen Kompetenzen von Kindern heraus. Daneben hat forschendes Lernen weitere positive Auswirkungen auf die Kompetenzentwicklung:

- gesteigerte Motivation der Lernenden;
- positive Wirkung auf selbstreguliertes Lernen;
- positive Effekte auf die Entwicklung des kritischen Denkens mit einem deutlichen Effekt zugunsten des forschenden Lernens gegenüber traditionellen Lernformen.

Entdecken und forschen Kinder in MINT, so gewinnen sie systematisch Erkenntnisse und entwickeln belastbare Lösungen, was zu ihrem allgemeinen Wissenschaftsverständnis beiträgt und darüber hinaus viele weitere positive Effekte auf ihre Kompetenzentwicklung hat.

4.2.1 Das MINT-Wissenschaftsverständnis im Rahmenkonzept

Das Rahmenkonzept, das in diesem Beitrag vorgestellt wird, greift diese Zusammenhänge auf und enthält drei Ebenen (vgl. Abb. 17) in Anlehnung an das Rahmenkonzept wissenschaftsmethodischer Kompetenzen (Mayer, 2007; Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2013a):

- MINT-Wissenschaftsverständnis;
- Inhalts- und Prozessbereiche in der MINT-Bildung;
- MINT-Arbeitstechniken in der MINT-Bildung.

Die erste Ebene umfasst das MINT-Wissenschaftsverständnis (vgl. Abb. 17). Diese Ebene beinhaltet, was die Wissenschaftsdisziplinen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik miteinander im Besonderen verbindet und den Zusammenhang „MINT“ charakterisiert. Dazu werden die für den Bildungskontext wichtigen Aspekte der NOS (McComas, 2017) auf MINT-Bildung übertragen und weiterentwickelt. Sie werden in den Eigenschaften des Wissens konkretisiert.

So zeigt diese Ebene

- erstens, was Wissen in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik kennzeichnet: *Nature of Knowledge* (Vorläufigkeit, Belastbarkeit, Anschlussfähigkeit, von Menschen geschaffen),
- und zweitens die Gemeinsamkeiten im Vorgehen bzw. das Entstehen dieses Wissens: *Nature of Inquiry* (Erklärungen und Lösungen entwickeln, Untersuchungen durchführen, darstellen und kommunizieren).

Nature of Knowledge in MINT

Alle Wissenschaften streben nach einem durch forschendes Vorgehen hervorgebrachten Wissen in einem bestimmten Bereich. Ergebnisse dieser Betätigung sind von Menschen geschaffene Theorien, Erklärungen und Artefakte. Theorien über Gesetzmäßigkeiten der Natur oder Mathematik entstehen in der Wissenschaft auch durch einen in Aushandlungsprozessen hervorgebrachten Diskurskonsens (Seifert, 2013). Die Ergebnisse des Forschens stellen dabei immer lediglich den aktuellen Stand des derzeitigen Wissens dar und sind daher vorläufig. Da sie in methodisch kontrollierten Forschungsprozessen entstanden sind, sind sie jedoch belastbar und anschlussfähig. Das bedeutet, dass der Prozess der Erkenntnisgewinnung nie aufhört. Zu jedem Zeitpunkt ist das bestehende Wissen in gewisser Weise unvollständig und vorläufig.

Nature of Inquiry in MINT: Erklärungen und Lösungen, Untersuchen und Überprüfen, Darstellen und Kommunizieren

Forscherinnen und Forscher in den MINT-Disziplinen folgen dabei einer bestimmten Vorgehensweise (*Nature of Inquiry*), die sich von anderen Vorgehensweisen, z. B. solchen in den interpretativen Forschungsrichtungen (wie der Hermeneutik oder Ethnografie), unterscheidet, denn sie **formulieren Erklärungen und entwickeln Lösungen** (National Research Council, 2012; Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019b). Menschen, die MINT-Wissenschaften betreiben, gehen damit über eine Beschreibung und Interpretation beobachtbarer Phänomene hinaus und analysieren und erklären mögliche Zusammenhänge von Ursachen und Wirkungen bzw. gestalten auf der Basis dieser Analyse (sozio-)technische Systeme.

Dazu gehört es zuallererst, das noch Ungeklärte und Benötigte (Forschungsfragen und Bedarfe) über individuelle Zugänge zu unserer unterschiedlich interpretierbaren Welt festzustellen. Außerdem legen die Menschen, die in MINT-Disziplinen tätig sind, zu Beginn Annahmen und Bedingungen fest wie etwa Parameter oder Objekte und ihre Relationen zueinander. Dies liefert ihnen die Voraussetzung dafür, Zusammenhänge zu erklären, d. h., Strukturen zu finden, die wiederum Tatsachen erklären.

Um zu diesen Erklärungen zu gelangen, bedienen sich die MINT-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler der Argumentation und Begründung. Für dieses wissenschaftliche Vorgehen ist eine Reihe von Unterscheidungen nötig (Tens, 2013). So müssen MINT-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler für ihre Argumentationen zwischen

- a) Wahrnehmung und Nachdenken sowie
- b) Behauptungen und Begründungen unterscheiden und
- c) Wahr (im Sinne von widerspruchsfrei und intern konsistent) und Falsch mithilfe der Logik erkennen.

Um Tatsachen mit Strukturen zu erklären und so Erkenntnisse zu gewinnen, stellen Forschende in den MINT-Disziplinen dafür Hypothesen („Wenn-dann“-Annahmen) auf und überprüfen diese empirisch (s.u. „Untersuchung und Überprüfung“). Mithilfe der Beschreibung von Kausalitäten und Wahrscheinlichkeiten (Ursache-Wirkung, Zweck-Mittel) formulieren sie dabei Vermutungen über Wirkungszusammenhänge. So gewonnene Erklärungen können sowohl zur Prognose als auch zur Rekonstruktion von Sachverhalten dienen. Solche Vermutungen über Wirkzusammenhänge drücken die MINT-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler in theoretisch begründeten und empirisch beobachteten „Wenn-dann“-Folgen aus. Dabei unterscheiden sie zukünftige (Prognose) oder vergangene Ereignisse

(Rekonstruktion), die zu einem bestimmten Zeitpunkt eintreffen würden („dann“), falls bestimmte Umstände vorlägen („wenn“).

Neben der Erkenntnisgewinnung spielt auch die Gestaltung in den MINT-Disziplinen eine wesentliche Rolle. Denn die Menschen, die in den MINT-Disziplinen tätig sind, erklären zum einen Zusammenhänge, nehmen aber auch direkten Einfluss auf die Welt und gestalten sie um, indem sie z. B. nützliche materielle oder digitale Artefakte entwickeln, die in der Welt Verwendung finden. So werden besonders in Technik und Informatik Lösungen (Artefakte, die einen bestimmten Zweck erfüllen) gestaltet. Dabei ist die Funktionalität der Artefakte, um ein bestimmtes Problem zu lösen, ein entscheidendes Bewertungskriterium (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2015, 2018a). In diesen Prozessen explorieren und realisieren die MINT-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler, d. h., sie probieren aus, setzen sich kreativ mit Gegenständen auseinander, sie gehen nach dem Prinzip Versuch und Irrtum vor, sie entwickeln und entwerfen, erstellen Prototypen und Alternativen (Intervention und Implementation).



Die wissenschaftliche Betätigung in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik zeichnet sich außerdem durch systematische **Untersuchung und Überprüfung** aus (Tetens, 2013). Denn MINT-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler testen für diese Überprüfung – im Sinne einer methodisch kontrollierten Untersuchung – Hypothesen. Dabei vergleichen sie systematisch, indem sie Daten erheben, Variablen konstant halten und variieren, durchrechnen, analysieren, auswerten und optimieren. Ihnen geht es dabei darum, empirische Evidenz (Nachweise, Belege) und/oder logische Evidenz (Beweise) für ihre Erklärungen zu erzeugen. Die Entwicklung, der Einsatz und die Reflexion von Messinstrumenten spielt dabei eine wesentliche Rolle, wobei die Messinstrumente reliable und valide, d. h. zuverlässige und gültige, Ergebnisse liefern sollen.

Die **Darstellung und Kommunikation** ihrer Erklärungen bzw. Lösungen und ihres Forschungsprozesses ermöglicht den MINT-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftlern den wissenschaftlichen Diskurs (Tetens, 2013). Dazu gehört einerseits die Aufbereitung, d. h., sie organisieren Daten (mithilfe von Tabellen, Formeln, Diagrammen, Texten) und dokumentieren (z. B. in Protokollen und Berichten) in möglichst deutungssicherer Sprache (Fachsprache, formalisiert). An-

dererseits gehört dazu der Austausch mit anderen. MINT-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler agieren transparent und veröffentlichen ihre Ergebnisse und Vorgehensweisen z. B. über Präsentationen oder Publikationen und begeben sich darüber hinaus in einen gleichberechtigten Diskurs (erörtern, diskutieren, kritisieren von (eigenen) Ergebnissen und Methoden). Dadurch stellen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Überprüfbarkeit und Replizierbarkeit der generierten Ergebnisse her, was ein wesentliches Gütekriterium wissenschaftlich generierten Wissens ist.

Die **Reflexion** spielt neben den oben beschriebenen drei Charakteristika (Erklärung & Lösung, Untersuchung & Überprüfung und Darstellung & Kommunikation) für das MINT-Wissenschaftsverständnis eine entscheidende Rolle, denn die MINT-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler nutzen relevante Quellen und prüfen reflektierend ihre Grundannahmen, ihr Vorgehen und ihre Ergebnisse auf Zulässigkeit (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019e, S. 8f., 2019a; O'Donnel, 2018). Außerdem schätzen MINT-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler Folgen ihrer Tätigkeiten ab (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019d, S. 65). Denn die MINT-Disziplinen verbindet die Chance, die Welt zu verstehen, Wissen zu generieren und Welt zu gestalten. Sie verbindet aber auch ein gemeinsamer ethischer Rahmen und Regeln guter wissenschaftlicher Praxis und Integrität¹⁶. Ihr Augenmerk liegt neben der Forschung und Entwicklung von Erkenntnissen und Artefakten auch auf deren Folgen. In der Anwendung werden dabei beispielsweise Grenzwerte bestimmt, ab wann etwas schädlich oder gefährlich ist, sowie ethische Fragen diskutiert, z. B. ob giftige Substanzen bei einem Forschungsprojekt zum Umweltschutz eingesetzt werden können (Verfahrensethik).

Die folgende Abbildung zeigt nun zusammenfassend die Bestandteile der ersten Ebene des Rahmenkonzepts, das MINT-Wissenschaftsverständnis und seine Elemente, auf einen Blick:

¹⁶ Beispiele für Regeln wissenschaftlicher Praxis z. B. unter <https://wissenschaftliche-integritaet.de/>.

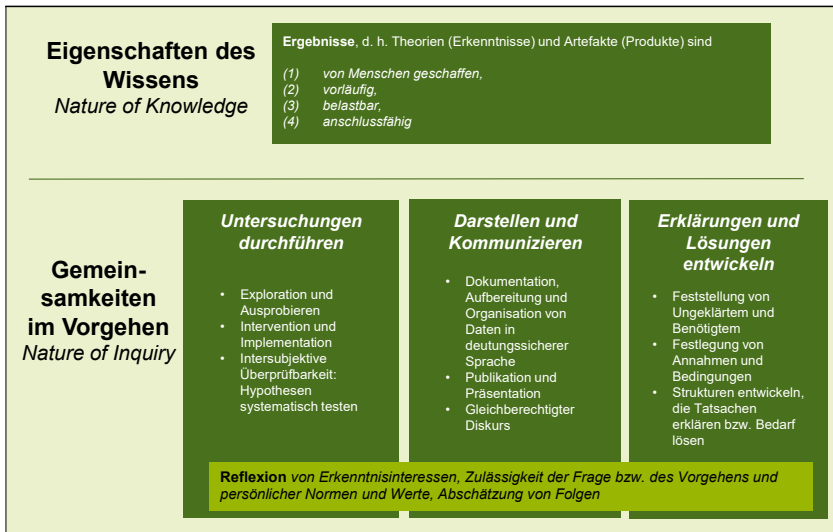


Abbildung 17. Erste Ebene des Rahmenkonzepts: Das MINT-Wissenschaftsverständnis

4.3 M, I, N und T vs. MINT?

Im nun folgenden Abschnitt wird diskutiert, welche Vor- und Nachteile eine fachspezifische gegenüber einer integrativen, fächerübergreifenden Sichtweise auf die MINT-Disziplinen mit Blick auf den Bildungskontext hat. Fachspezifische Kompetenzen in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik sind unerlässlich, um Probleme des Alltags lösen zu können. Dabei werden sowohl inhaltsbezogenes Wissen als auch Methoden und Vorgehensweisen sowie konkrete Arbeitstechniken benötigt. Übergreifende Kompetenzen in MINT ergänzen die fachspezifische Kompetenzentwicklung und bieten Anschlussfähigkeit an Lebenswelten der Kinder und authentisches Problemlösen.

Die MINT-Fächer haben ihre jeweils eigenen Wissenschaftsgeschichten und Eigenlogiken. Eine Durchdringung des jeweiligen Faches ist dabei Voraussetzung, um eine fundierte Lernbegleitung auf hohem Niveau leisten zu können (Blömeke et al., 2008). Eine Grundbildung in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik bildet nicht nur die Grundlage für die weitere Kompetenzentwicklung in den einzelnen Fächern, sondern ermöglicht generell die Teilhabe an unserer heutigen Wissensgesellschaft (Marquardt-Mau, 2004).

Allerdings arbeiten die MINT-Disziplinen selbst oft übergreifend zusammen, teilen Methoden und benötigen sich gegenseitig.¹⁷ Werden problemhaltige Inhalte nur aus einer einzelnen fachlichen Sicht heraus analysiert und bewertet, besteht die Gefahr, dass andere Perspektiven außer Acht gelassen oder andere Bezugsdisziplinen und ihre Methoden lediglich als Hilfswissenschaften gesehen werden. So wird auch ihr (einzelner wie gemeinsamer) Wert für eine allgemeine problemorientierte Bildung eingeschränkt (Hüttner, 2020). Die Lebenswelten von Kindern wie von Erwachsenen sind im Alltag nicht durch eine Trennung von Fachdisziplinen geprägt (Schroeder, 2019).

Alltägliche Probleme eignen sich vortrefflich als Lerngelegenheiten der MINT-Bildung, obwohl sie oft nicht mit genau einer der jeweiligen MINT-Vorgehensweisen allein zu lösen sind – bzw. es fällt allein die Zuordnung des Problems zu einer der Disziplinen schwer. Eine flexible Anwendung von unterschiedlichen MINT-Methoden zum Lösen authentischer Probleme kann hier sinnvoll sein (Priemer et al., 2019; Kind & Osborne, 2017). Ein fächerübergreifenderes Denken und Handeln ermöglicht es, einen breiten Horizont von Kompetenzen aufzubauen. Von diesem ausgehend kann dann vertiefend forschend ein bestimmtes Verstehen und Problemlösen stattfinden. Die Lernenden nehmen so eine aktive Rolle in der Gestaltung der Welt ein.

Ein solch fächerübergreifendes Arbeiten, dass den Ambitionen der einzelnen Fächer gerecht wird, bringt allerdings sehr hohe Ansprüche mit sich (Hüttner, 2020). Denn um flexibel mit MINT-Methoden in Problemsituationen agieren zu können, ist ein vielseitiges Wissen und Können aus den einzelnen Disziplinen notwendig.

Zu berücksichtigen ist dabei weiterhin, dass Pädagoginnen und Pädagogen in Kita, Hort und Grundschule oftmals vor der Herausforderung stehen, Kinder in Bildungsbereichen, in denen die Fach- und Lehrkräfte selbst nicht unbedingt ausgebildet sind, beim Lernen zu begleiten (Ziegler et al., 2019). Ansätze, die für alle MINT-Disziplinen sinnstiftend sind, können in diesem Fall hilfreich sein. Dazu gehören z. B. die Unterstützung einer fragend-forschenden Haltung der Kinder, die Anregung der Kinder, selbst Erklärungen und Lösungen zu entwickeln, diese zu überprüfen und die Ergebnisse der Tätigkeiten mit anderen Lernenden zu teilen (vgl. *Nature of Inquiry* des MINT-Wissenschaftsverständnisses in diesem Rahmenkonzept).

17 Denn „[w]as sich theoretisch so scheinbar leicht trennen lässt, gerät im konkreten Experiment schnell zum interdisziplinären Vorhaben. Folglich würde gelten: Je mehr Experimente und Forschungspraxis in die Schuldidaktik hinzukommen, desto interdisziplinärer sollte die Vermittlung der Bildungsinhalte sein. Sofern das Experiment zum Verstehen der wissenschaftlichen Zusammenhänge und Prozesse dienen soll und nicht als Selbstzweck der bloßen finalorientierten Darstellung des gewünschten Effektes“ (Pfenning, 2014, S. 8).

5 MINT-Bildung

Nicht allein das MINT-Wissenschaftsverständnis spielt im Kontext von MINT-Bildungsprozessen eine Rolle. Denn neben dem Verständnis darüber, was die MINT-Wissenschaften und ihre Wissensproduktion auszeichnet, ist der Bildungsaspekt zu betrachten. Im Folgenden wird daher dargestellt und erläutert, warum welche Bildungsziele und -bereiche im Rahmenkonzept festgehalten sind.

5.1 Selbstbestimmung und Mündigkeit

Der emanzipatorische Bildungsansatz betrachtet individuelle Mündigkeit als Grundlage einer gesellschaftlichen Mitgestaltung (Bernhard et al., 2018). Mündigkeit wird dabei als die Fähigkeit und Bereitschaft verstanden, das soziale Leben in Gesellschaft, Familie usw. zu bewältigen (Sozialkompetenz), sein eigenes Leben autonom zu gestalten und für sich selbst verantwortlich (selbstbestimmt) zu sein sowie mit der Umwelt in Gesellschaft, Politik und Beruf zurechtzukommen und in dieser kritisch urteilen und handeln zu können (Sach- und Handlungskompetenz) (Bernhard et al., 2018). Lernen im Zuge einer solchen Bildung umfasst dabei kognitives, soziales und emotionales Lernen und ist damit nicht nur ergebnis-, sondern auch prozessorientiert (Klafki, 1980). Als wesentliches Ziel emanzipatorischer Bildung lässt sich definieren, dass Gesellschaft nur durch eine kritische Analyse begreifbar wird und damit Veränderungsprozesse angestoßen werden. Eine Bewusstseinsbildung (Theorie) und eine Handlungskompetenz (Praxis) sollen gemeinsam entwickelt werden. Mit diesem Spannungsverhältnis muss sich emanzipatorische Bildung vom Ziel, vom Inhalt und von der Methodik her auseinandersetzen (Adam, 2018).

Kinder werden dabei als Akteurinnen und Akteure gesehen – jedes Kind wird als neugierig, aktiv, kompetent und als eine individuelle Persönlichkeit betrachtet, die sich selbstständig, in Interaktion mit anderen und auf ihre Weise die Welt, die sie umgibt, aneignet (Heinzel, 2000). Dieses Bild vom Kind prägt damit die Auffassung, wie Kinder lernen, sich die Welt erschließen und wie darauf aufbauend pädagogisches Handeln konzipiert werden kann. Pädagogische Fach- und Lehrkräfte können diesen Prozess ko-konstruktiv unterstützen, indem sie die Voraussetzung für eine gute Lernumgebung mit möglichst vielen Erfahrungsbereichen schaffen und durch gezielte Angebote kindliche Bildungsprozesse unterstützen (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019b).

Über die Auseinandersetzung mit Natur und Technik, Mathematik und Informatik, mit MINT-Vorgehensweisen und -Arbeitstechniken können Kinder Sachverhalte und Phänomene entdecken und erforschen, komplexen Fragen nachgehen

und dadurch handlungsrelevantes Wissen aufbauen (vgl. Abb. 18 und Abb. 19). Dadurch erwerben Kinder die Fähigkeit, grundlegende Zusammenhänge selbst zu erschließen, zu beurteilen und darauf beruhend Entscheidungen zu treffen. Eng verbunden mit dem Ziel des Aufbaus von MINT-Wissen, geeigneter Denk- und Handlungsweisen ist es, die Selbstwirksamkeitserwartung der Kinder zu stärken (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019b). Somit leistet MINT-Bildung einen wichtigen Beitrag zur allgemeinen Bildung im Sinne dieses emanzipatorischen Bildungsverständnisses. Dabei stellen die fragend-forschende Haltung, das Beobachten und Reflektieren und das Wissen über Zusammenhänge wichtige Voraussetzungen für das ganzheitliche Erschließen der Welt und eine kritische Auseinandersetzung mit ihr dar. Zur Grundbildung in den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik gehört neben der Erkenntnisgewinnung und dem konzeptuellen Wissen vor allem die Kompetenz, dieses Wissen durch geeignete Denk- und Handlungsweisen zu erwerben, zu erweitern und anzuwenden (Klafki, 1985). MINT-Bildung ist damit ein ebenfalls wichtiger Teil unter anderen Bildungsbereichen wie z. B. der sozialwissenschaftlichen und politischen Bildung anzusehen, der zur kritischen Gesellschaftsanalyse, Mündigkeit und Selbstbestimmung beiträgt.

5.2 Inhalts- und Prozessbereiche

MINT-Bildung ist neben dem abstrakteren Wissen über die MINT-Wissenschaften (vgl. *Ebene Wissenschaftsverständnis*, Abb. 17) durch konkrete MINT-Wissensbestände (Inhaltsbereiche), die die Kinder in diesem Bildungsbereich erwerben, sowie MINT-Denk- und Handlungsweisen (Prozessbereiche) gekennzeichnet. Diese Inhalts- und Prozessbereiche der MINT-Bildung sind auf der folgenden und zweiten Ebene des Rahmenkonzepts zusammengefasst (vgl. Abb. 18).

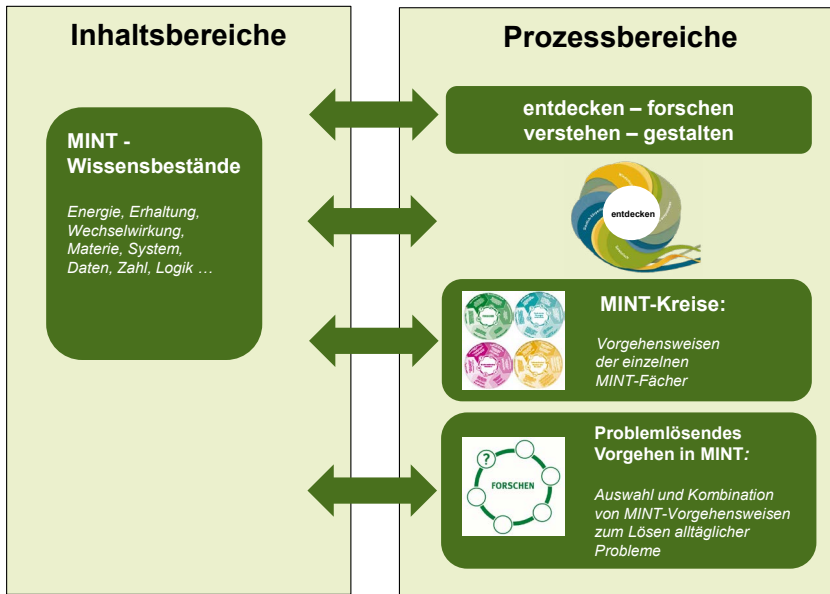


Abbildung 18. Zweite Ebene des Rahmenkonzepts: Inhalts- und Prozessbereiche der MINT-Bildung

5.2.1 Inhaltsbereiche

In den verschiedenen MINT-Bildungsdisziplinen mit den entsprechenden Fachdidaktiken sowie den Curricula werden Kerninhalte von MINT-Bildung wie beispielsweise *Energie, Materie, System, Daten* oder *Zahl* festgelegt, die für die jeweilige Disziplin zentral sind. So lassen sich für die MINT-Bildung in Kita, Hort und Grundschule für die einzelnen Disziplinen beispielsweise folgende Inhaltsbereiche¹⁸ auflisten (z.B. Steffensky, 2017; Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019d, 2018a, 2017, 2015, 2013a):

- **Mathematik:** Zahlen und Operationen, Raum und Form, Muster und Strukturen, Größen und Messen, Daten, Häufigkeit und Wahrscheinlichkeit;
- **Informatik:** Information und Daten, Sprachen und Automaten, Algorithmen (und Programmierung), Informatiksysteme, „Informatik, Mensch und Gesellschaft“;
- **Naturwissenschaften:** Materie, Wechselwirkung, Energie;

¹⁸ Die im Folgenden benannten Inhaltsbereiche beziehen sich auf die Kategorisierungen, die von der Stiftung unter Einbezug fachdidaktischer Expertise in ihren Veröffentlichungen zugrunde gelegt wurden. Damit wird nicht ausgeschlossen, dass andere Kategorisierungen von Inhaltsbereichen vorhanden sind (z. B. Bildungsstandards des IQB).

- Technik: Materialeigenschaften, Handhabung von Werkzeugen, Geräten und Maschinen, Wissen über Technik, Wissen über Mechanismen, Sozio-Technik.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Formulierung von Basiskonzepten, hier ein Beispiel für den Sachunterricht der Grundschule:

- Leben ist Veränderung.
- Dinge/Lebewesen beeinflussen sich gegenseitig.
- Nur mit Energie kann man etwas tun.
- Auf der Welt geht nichts verloren.
- Menschen gestalten (z. B.: Landesschulamt und Lehrkräfteakademie Hessen, 2013).

Eine solche Formulierung übergreifender Konzepte stellt eine sinnstiftende Alternative zu einer Liste der einzelnen Inhalte der Einzeldisziplinen dar. Neben diesen Inhaltsbereichen sind die **Prozesse** der MINT-Bildung als zweite Säule dieser Ebene zu verstehen.

5.2.2 Prozessbereiche

MINT-Denk- und -Handlungsweisen sind nicht nur selbst wesentlicher Bestandteil von MINT-Bildung, darüber hinaus kann mit ihnen generell inhaltliches Wissen erworben und erweitert werden. Sie bilden Methoden der Erkenntnisgewinnung. Deshalb ist diesem Bereich eine besondere Bildungswirksamkeit zuzumessen. Die Vorgehensweisen oder Prozesse sind dabei in einem Kontinuum zwischen allgemein (z. B. Ablauf der Erkenntnisgewinnung) bis spezifisch (z. B. Ablauf eines technischen Experiments) verortet.

Mehrere Prozessbereiche sind im Kontext von MINT-Bildungsprozessen für den Bereich der frühen und Primarbildung zu unterscheiden bzw. ergänzen sich gegenseitig. So ist z. B. das zyklische, systematische Forschen, bei dem sich Phasen des Denkens und Handelns abwechseln, mit dem Entdecken zusammenzudenken (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019b).

5.2.2.1 Entdecken

Beim Entdecken geht es in Vorbereitung und Ergänzung zum systematischen Forschen um das Sammeln von Grunderfahrungen. In das Sammeln von Erfahrungen gehen dabei nicht nur die Gedanken, sondern auch Gefühle und Körpererfahrungen ein. Das Entdecken hat verschiedene Facetten (aktiv-ausprobierend, sinnlich-körperlich, spielend, wiederholend). So hängen Entdeckungen mit der

konkreten Umgebung der Kinder zusammen und haben ihren Ausgangspunkt oft in alltäglichen Situationen. Spielerische, erste Entdeckungen sind nicht auf ein Lernziel ausgerichtet. Sie können auch in Geschichten eingebaut werden. Kinder sind Meisterinnen bzw. Meister darin, sich Situationen zu erklären (z. B.: Das Eis schmilzt, damit die Vögel etwas zu trinken haben.). Diese Erklärungen sind häufig belastbar und bewähren sich in der Lebenswelt des Kindes (Fischer, 2009; Pauen in: Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2013a). Sie bilden eine Basis für das weitere Lernen bzw. ein gezieltes Vorgehen beim Forschen (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019b). Das Kind ist interessiert und bereit, sich zu fokussieren und zu konzentrieren.

5.2.2.2 Forschen

Nach dem Entdecken kann ein gezieltes Vorgehen folgen: das Forschen. Bei der Betrachtung des forschenden Vorgehens lassen sich zwei zentrale Prozesse beschreiben: die Erkenntnisgewinnung (Theoriebildung) und das Design (die Anwendung bzw. Praxis) – also das Verstehen und Gestalten (Tetens, 2013).

Verstehen und Gestalten

Beim forschenden Vorgehen in MINT lässt sich einerseits nach dem „Wie ist das?“ bzw. „Warum ist das so?“ fragen. Hierbei geht es um das Verstehen und Erklären und somit um die Suche nach Erkenntnissen (Erkenntnisgewinnung (*Scientific Inquiry*)). Die Resultate dieses Forschens sind eben solche Erkenntnisse, d. h. Theorien über (Natur-)Gesetze oder mathematische Sätze. Die Ergebnisse dieses verstehenden Vorgehens werden mit „richtig“ und „falsch“ bzw. „bewährt“ und „nicht bewährt“ bewertet. Sie liefern belastbare Aussagen oder geprüfte Hypothesen.

Beim Forschen im MINT-Bereich geht es andererseits auch darum, selbst etwas zu gestalten und Einfluss auf die Umgebung nehmen zu können. Diese Veränderungen haben wiederum Auswirkungen auf andere bzw. die Umwelt etc. Die Menschen entwickeln seit jeher Techniken, die ihnen das Leben erleichtern sollen. Zuerst wurde dabei körperliche Arbeit an Werkzeuge und Maschinen abgegeben (Technik). Darauf folgte die Übertragung geistiger Arbeit an Computer (Informatik) (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2018a). Forschend-gestaltendes Vorgehen in MINT fragt nach dem „Wozu?“, denn hier werden Dinge erschaffen, die auf einen bestimmten Nutzen ausgerichtet sind (Design) (Schulte et al., 2017). Diese werden dann beispielsweise mit „funktioniert“ oder „funktioniert nicht“ bzw. „besser“ oder „schlechter“ bewertet. Eine solche Bewertung wird vermutlich komplexer werden und etwaige Folgen beinhalten, z. B. „funktioniert mit Risiken und Nebenwirkungen“. Im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung kann die Bewertung entsprechend den Werthaltungen (Menschenwürde, Erhaltung der Le-

bensgrundlagen und Gerechtigkeit) oder Nachhaltigkeitsstrategien (s.u.) stattfinden. Diese Bewertungen sind nie eindimensional. Sie erfordern die Betrachtung der Sachverhalte und Artefakte aus mehreren Perspektiven und das Berücksichtigen von Wechselwirkungen und gegenseitigen Abhängigkeiten. Forschen ist demnach eine Auseinandersetzung mit einer konkreten Frage, einem Problem oder einem Bedarf. Dabei wechseln sich verschiedene Phasen des (Nach-)Denkens mit Phasen des Handelns ab.

Beim **naturwissenschaftlichen Forschen**¹⁹ handelt es sich um folgende sechs Phasen:

1. Frage an die Natur stellen,
2. Ideen und Vermutungen sammeln,
3. Ausprobieren und Versuch durchführen,
4. Beobachten und Beschreiben,
5. Ergebnisse dokumentieren und
6. Ergebnisse erörtern.

Beim **mathematischen Forschen** sind es die sechs Phasen:

1. Mathematische Fragestellung erfassen,
2. Begriffe klären und Bezeichnungen vereinbaren,
3. Beispiele ausprobieren,
4. Muster erkennen,
5. Muster prüfen und nutzen und
6. Ergebnisse erörtern.

Das **Entwickeln technischer Lösungen** folgt diesen sechs Phasen:

1. Bedarf formulieren,
2. Erste Praxisphase: zielgerichtet Probieren,
3. Entscheidung treffen,

¹⁹ Vgl. Marquardt-Mau, 2004. *Das didaktische Konzept einer naturwissenschaftlichen Grundbildung zum Forschen mit Kindern und das damit verbundene Modell des Forschungskreislaufs wurde von Prof. Dr. Brunhilde Marquardt-Mau entwickelt (2004) und im pädagogischen Ansatz der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ adaptiert.*

4. Zweite Praxisphase: realisieren und optimieren,
5. Lösungen beurteilen und
6. Perspektiven erweitern.

Und das **informatische Denken und Handeln** ist von folgenden Phasen geprägt:

1. Frage oder Bedarf aus informatischer Perspektive formulieren,
2. Situation gezielt beschreiben,
3. Modell entwickeln,
4. Modell anwenden,
5. Ergebnis evaluieren und
6. Ergebnisse und Prozess erörtern.

Die folgenden MINT-Kreise (vgl. Abb. 19-22) zeigen neben diesen Phasen der jeweiligen MINT-Vorgehensweisen auch Impulse zur Lernbegleitung der Kinder in den verschiedenen Phasen (Kreise für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2013b, 2016c, 2018b, 2018c)).

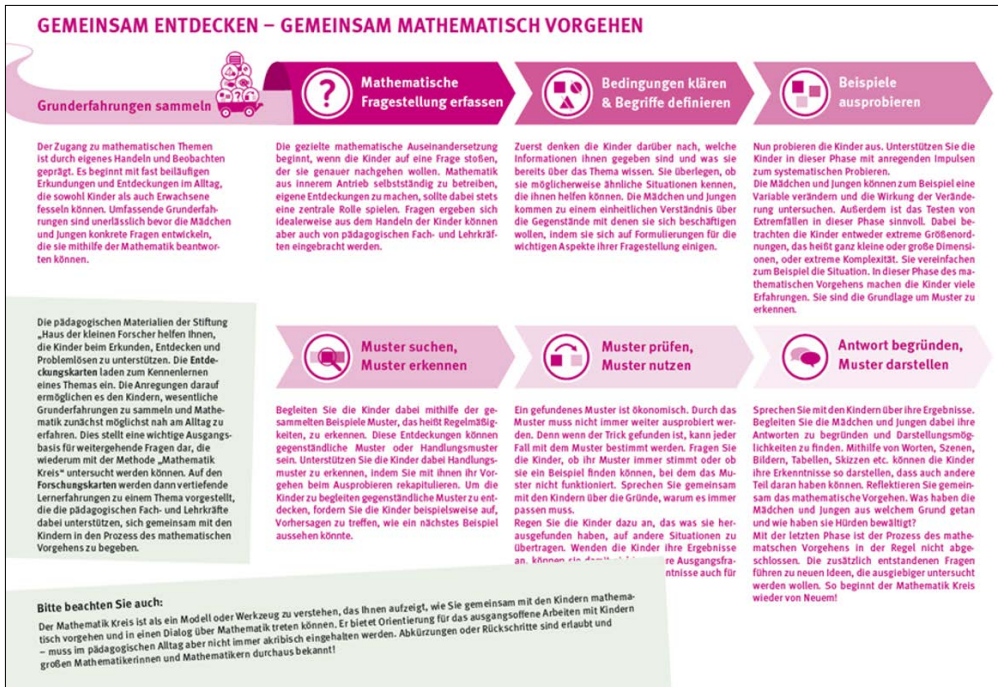
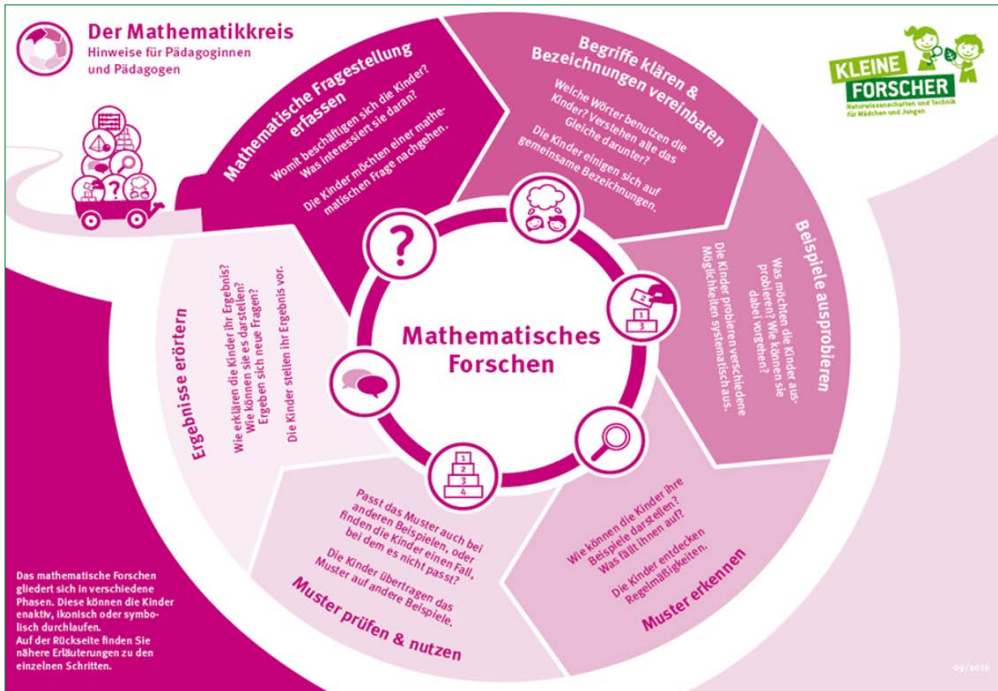


Abbildung 19. Der Mathematikkreis der Stiftung Haus der kleinen Forscher

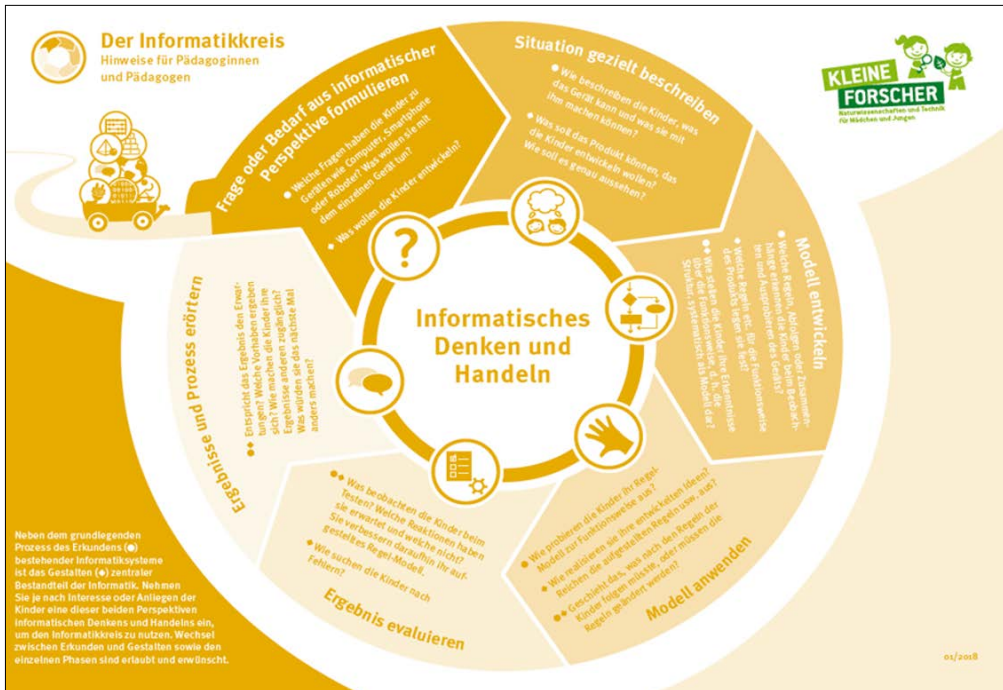


Abbildung 20. Der Informatikkreis der Stiftung Haus der kleinen Forscher

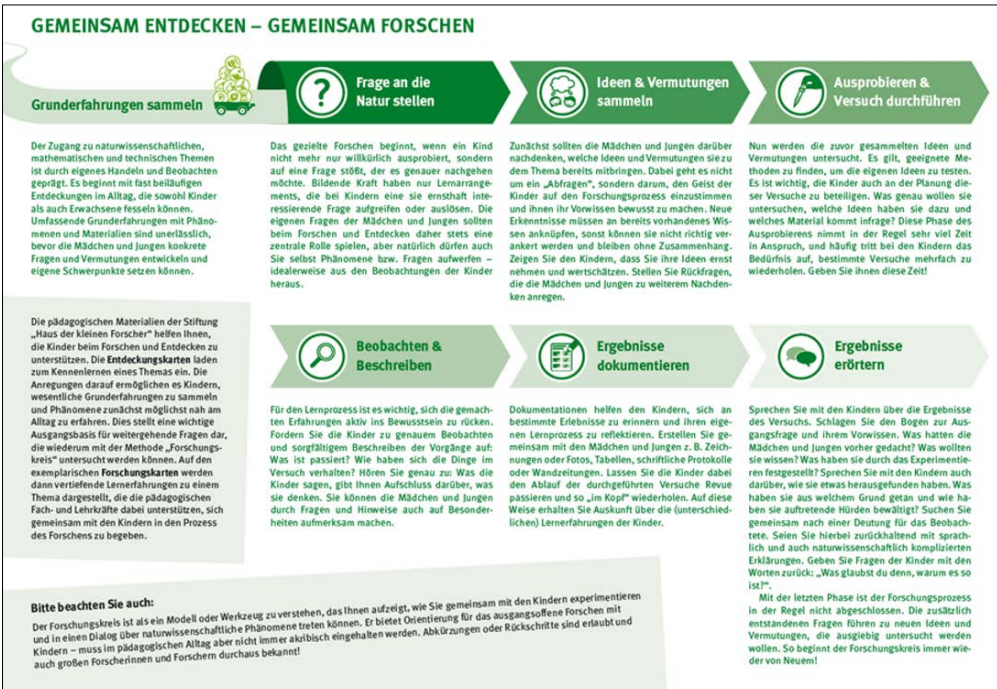
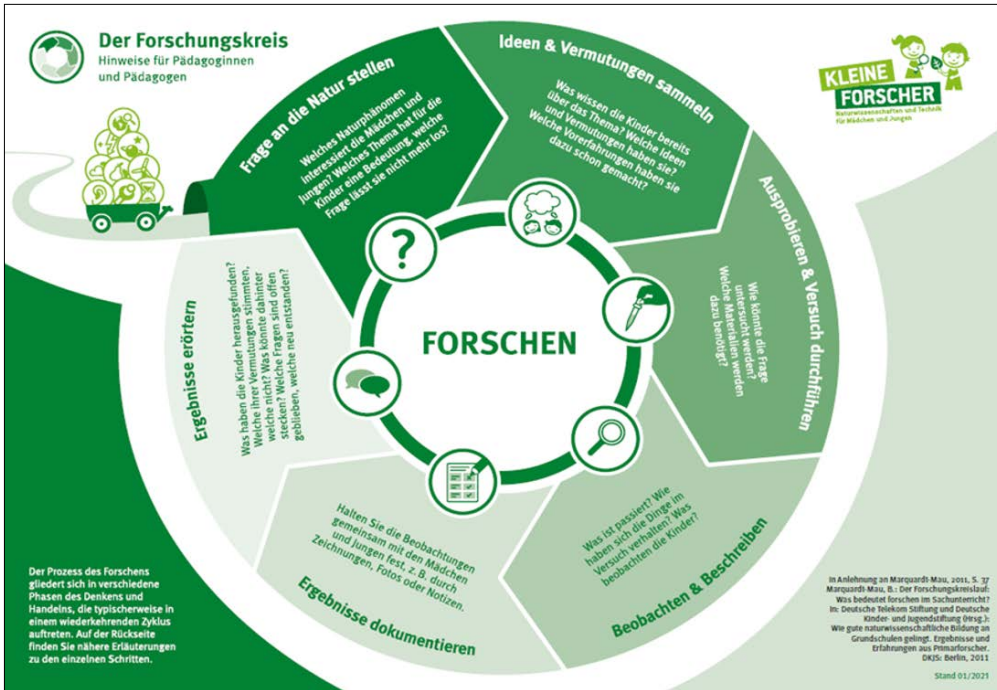


Abbildung 21. Der Forschungskreis für Naturwissenschaften der Stiftung Haus der kleinen Forscher

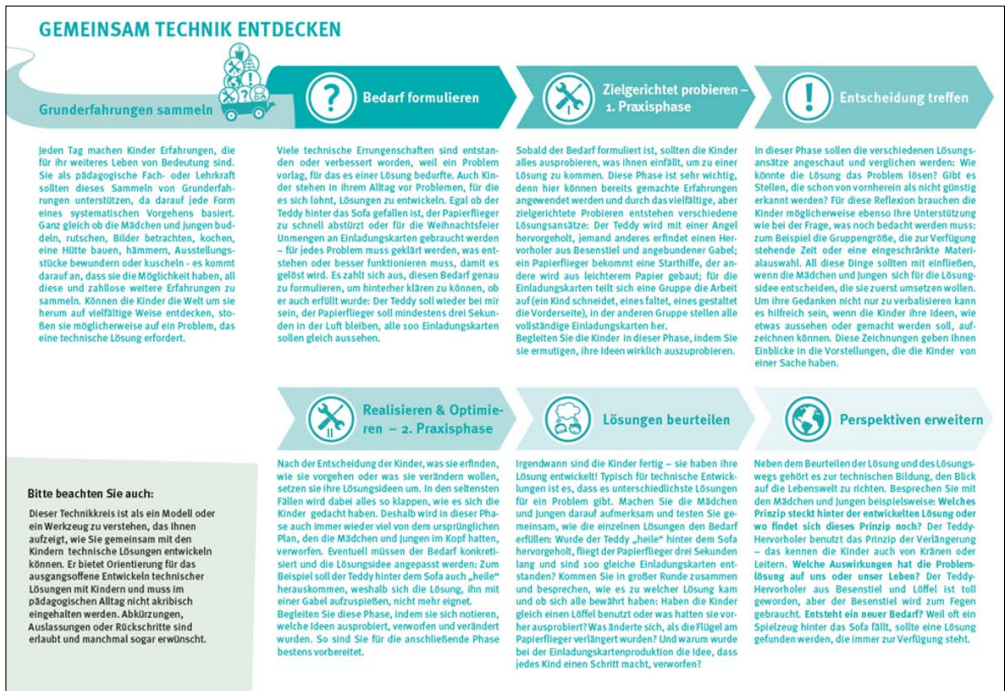
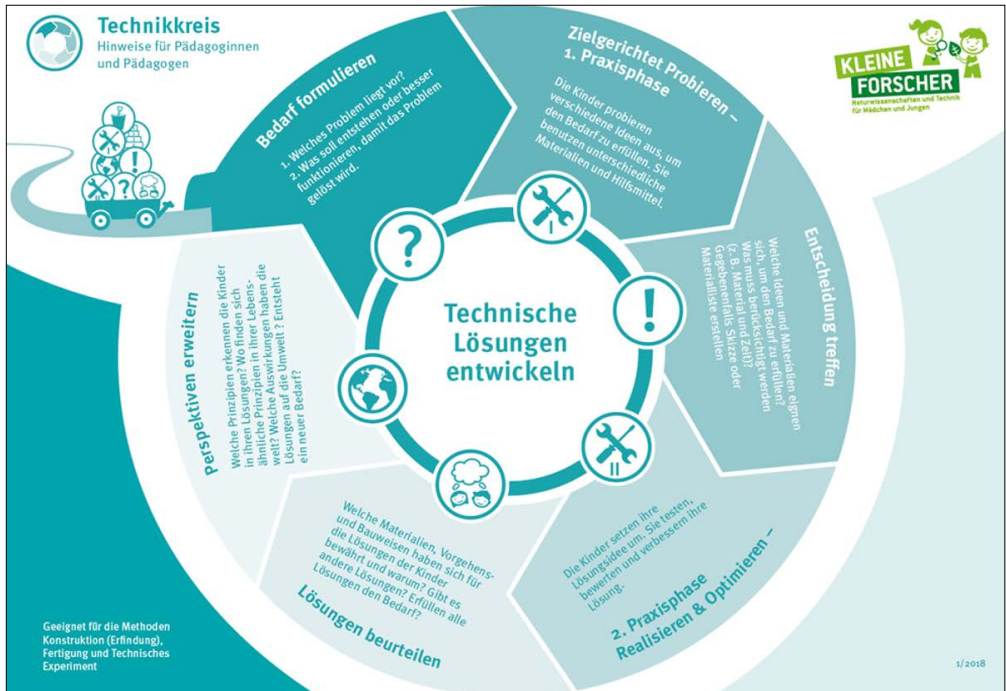


Abbildung 22. Der Technikkreis der Stiftung Haus der kleinen Forscher

5.3 MINT-Arbeitstechniken

In der tatsächlichen Bildungssituation beim Entdecken und Forschen spielen im Kontext der MINT-Bildung konkrete Tätigkeiten eine entscheidende Rolle. Die jeweiligen Tätigkeiten bilden in ihrem Zusammenspiel die Grundlage der MINT-Bildungsprozesse, des Erwerbs von Wissen oder eines Verständnisses der Wissenschaften. Die MINT-Arbeitstechniken stellen diese konkreten Tätigkeiten dar, die während des Tätigseins eingesetzt werden, z. B. betrachten, vergleichen, schätzen, messen, berechnen, mischen, trennen, planen, mikroskopieren, zeichnen, bauen, zerlegen, zusammensetzen, aktiv zuhören, Gedanken zusammenfassen²⁰ (vgl. Abb. 23). In der Kombination der konkreten Tätigkeiten (Arbeitstechniken) bilden sie dann einen größeren Prozessbereich (Mayer, 2007). Daher sind sie konzeptionell eng verwandt mit den unter den MINT-Prozessbereichen genannten Handlungsweisen des Entdeckens und Forschens in MINT, sollen hier aber als konkrete Arbeitstechniken als eigene Ebene hervorgehoben sein. Denn diese konkreten Arbeitstechniken sind es, die die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte in der Handlungssituation mit Kindern in ihren MINT-Bildungsprozessen begleiten.

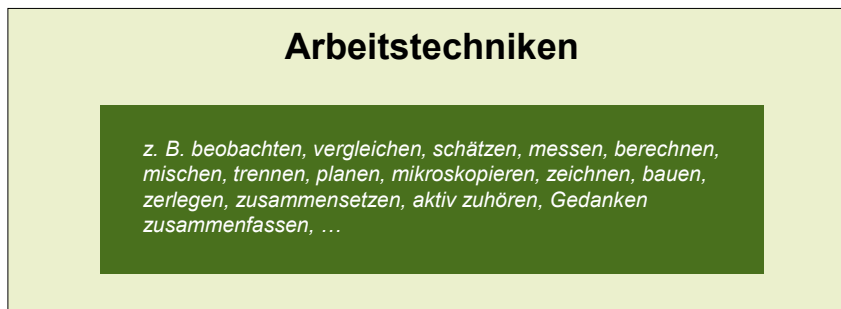


Abbildung 23. Dritte Ebene des Rahmenkonzepts: MINT-Arbeitstechniken im Kontext von MINT-Bildung

5.4 Zusammenfassung des Rahmenkonzepts einer MINT-Bildung

Zusammenfassend geht ein weites Verständnis von MINT-Bildung über die Inhalts- und Prozessbereiche der einzelnen MINT-Disziplinen hinaus (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019d, 2018a, 2017, 2015, 2013a). Es schließt daneben

²⁰ Diese Liste stellt keinen Anspruch auf Vollständigkeit dar. Hier sind lediglich einige Beispiele für solche Arbeitstechniken zusammengetragen.

u. a. auch ein Verständnis über die MINT-Wissenschaften und konkrete Arbeitstechniken ein (Mayer, 2007; Grygier, 2008; Vorholzer & Aufschnaiter, 2020; Stefensky, 2017). Daher verbindet das Rahmenkonzept einer MINT-Bildung all diese Aspekte miteinander. Neben dem die MINT-Disziplinen verbindenden Kern des *entdeckenden und forschenden Vorgehens* bilden auch MINT-Inhalte, konkrete Arbeitstechniken sowie die abstraktere Frage, wie MINT-Wissen entsteht, wesentliche Bezugspunkte. Diese unterschiedlichen Aspekte werden zusammenfassend durch die drei dargestellten Ebenen im Rahmenkonzept gegliedert (für eine Zusammenfassung vgl. Abb. 24):

- das MINT-Wissenschaftsverständnis (Kapitel 4.2, Abb. 17),
- Inhalts- und Prozessbereiche von MINT-Bildung (Kapitel 5.2, Abb. 18) und
- Konkrete MINT-Arbeitstechniken im Kontext von MINT-Bildung (Kapitel 5.3, Abb. 23).

Abbildung 24 zeigt das MINT-Rahmenkonzept mit seinen drei Ebenen auf einen Blick. Dabei stehen die Ebenen in einem engen Zusammenhang miteinander. So kann beispielsweise die einzelne Arbeitstechnik des Messens Bestandteil der Beantwortung einer naturwissenschaftlichen Fragestellung im Prozess des Forschens sein, was wiederum zu Erfahrungen mit der Überprüfung und Belastbarkeit entstandenen Wissens und zum allgemeinen Wissenschaftsverständnis beiträgt.

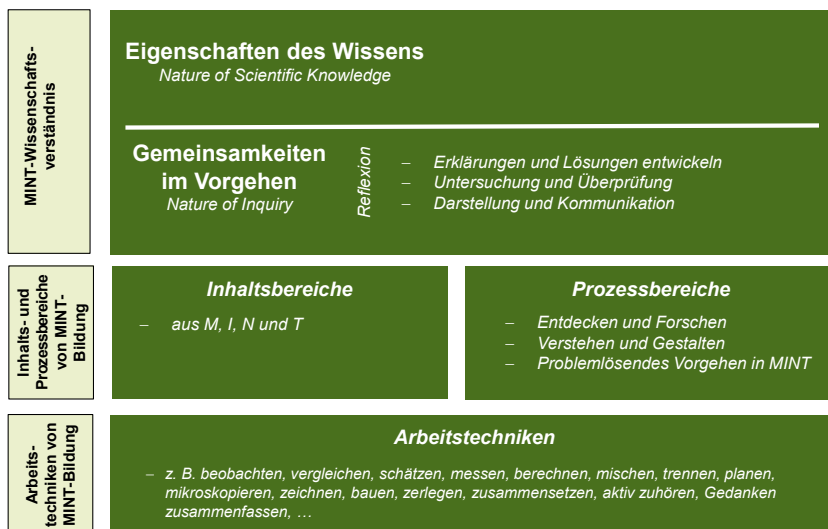


Abbildung 24. Rahmenkonzept einer MINT-Bildung (in Anlehnung an: Rahmenkonzept wissenschaftsmethodischer Kompetenzen, Mayer, 2007, S. 178)

6 Fazit und Ausblick

In den vorherigen Kapiteln wurde ein Rahmenkonzept einer MINT-Bildung vorgestellt, so wie es sich aktuell für die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ sinnvoll in ihr Bildungsverständnis, in vorhandene Kompetenzmodelle und Fachdidaktiken einbetten lässt und anschlussfähig ist.

Das Rahmenkonzept stellt kein Kompetenz- oder gar Entwicklungsmodell dar, das entwicklungspsychologische Aspekte aufgreift, indem es die verschiedenen Entwicklungsstufen auf Ebene der Kinder oder pädagogischen Fach- und Lehrkräften definiert. Ebenso wenig beinhaltet es didaktische Konzepte zur Umsetzung oder zu pädagogischen Unterstützungsmöglichkeiten.²¹

Damit ist das Rahmenkonzept kein Praxisleitfaden, sondern dient der (fach-) didaktischen Fundierung. Es ermöglicht einen Transfer von wissenschaftlichen Erkenntnissen und deren Nutzbarmachung für die Praxis sowie die Anschlussfähigkeit der (Weiter-)Entwicklung von Bildungsangeboten. Es besteht Bewusstheit darüber, dass Lernen ein komplexer und ganzheitlicher Prozess ist, der auch motivationale und emotionale sowie soziale Aspekte beinhaltet. Eine Nutzung des Rahmenkonzepts einer MINT-Bildung z. B. in Bezug auf Umsetzungskonzepte wäre daher denkbar und wünschenswert.

Für die Weiterentwicklung des Rahmenkonzeptes einer MINT-Bildung in Bezug auf nachhaltige Entwicklung ergeben sich insbesondere folgende Empfehlungen. Die Prozessbereiche Wertebildung, Positionierung und Handeln könnten im Konzept ergänzt werden und stärker mit den Forschungsprozessen (MINT-Kreise) verknüpft und etwaige Verschränkungen erörtern werden. So kann die Stiftung u. a. weitere wichtige Erkenntnisse dazu erlangen und praktische Hinweise geben, wie über frühe Bildung mit MINT-Denk- und -Handlungsweisen in Richtung nachhaltige Entwicklung gearbeitet werden kann. Dabei kann auch die Frage behandelt werden, welche Rolle einzeldisziplinäre Fachlichkeit (M, I, N und T vs. MINT) in einer guten transdisziplinären MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung spielt. Aus diesen Überlegungen könnten sich perspektivisch auch Kriterien einer MINT-Lernbegleitung ableiten lassen, die gleichzeitig Ziele für eine nachhaltige Entwicklung in Lernsituationen mit Kindern berücksichtigen. Zudem könnten kon-

²¹ Ausführungen zu diesen Aspekten in Bezug auf M, I, N und T als Einzeldisziplinen und BNE-Einzeldisziplinen finden sich in den Bänden der Schriftenreihe der Stiftung zu Zieldimensionen einer mathematischen, informatischen, naturwissenschaftlichen und technischen Bildung sowie einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2013a, 2015, 2017, 2018a und 2019d). Im pädagogischen Ansatz der Stiftung sowie in der Praxisbroschüre „MINT ist überall!“ gibt es erste MINT-übergreifende didaktische Konzepte (Stiftung Haus der kleinen Forscher 2019b, 2019e).

krete pädagogische Unterstützungsmöglichkeiten und didaktische Überlegungen zum Einsatz in der Praxis angeschlossen werden.

Darüber hinaus bietet das Rahmenkonzept Anknüpfungspunkte für weitere Überlegungen zu entwicklungspsychologischen Aspekten von Lernenden. Aktuell werden im Konzept fachdidaktisches Wissen und spezifische Kompetenzen in den Bildungsbereichen von MINT abgebildet, ohne dass Unterscheidungen innerhalb bestimmter Altersstufen getroffen werden. Eine solche Erweiterung auf der Kind-Ebene und eine Abgrenzung zu möglichen Inhalten der Erwachsenenbildung könnten das Konzept erweitern und den Transfer in die pädagogische Praxis in Kitas, Horten und Grundschulen erleichtern.

D Gelingensbedingungen von MINT-Fortbildungen für Primarschullehrkräfte

Julia Barenthien, Simone Dunekacke*



- 1 Einleitung
- 2 MINT-Bildung in der Primarstufe
- 3 Unterrichtsqualität in der MINT-Bildung in der Primarstufe
- 4 Struktur und Ausprägung der professionellen Kompetenz von Primarstufenlehrkräften
- 5 Fortbildungen als Professionalisierungsmaßnahme
- 6 Zusammenfassung und Ableitung von Implikationen für die Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

**Beide Autorinnen haben im gleichen Maße zum Entstehen der Expertise beigetragen (geteilte Erstautorinnenschaft).*

1 Einleitung

MINT-Bildung im Primarstufenunterricht stellt einen wichtigen Baustein für das lebenslange Lernen von Kindern dar. Unter MINT werden in dieser Expertise Unterrichtsinhalte aus den Bereichen **Mathematik**, **Informatik**, **Naturwissenschaft** und **Technik** verstanden. MINT-Bildung gilt als besonders wichtig, weil ihr das Potenzial zugeschrieben wird, für die persönliche und berufliche Kompetenzentwicklung von Menschen bedeutsam zu sein (Falloon, Hatzigianni, Bower, Forbes & Stevenson, 2020). Grundlegende MINT-Kompetenzen gelten daher auch als zentrale Komponenten der sogenannten „Schlüsselkompetenzen des 21. Jahrhunderts“ (OECD Lernkompass für 2030, OECD, 2020) und sind damit entscheidend für die gesellschaftliche Teilhabe und Chancengleichheit. Unter MINT-Kompetenz werden inhaltliche und prozessbezogene²² Aspekte verstanden. Zu Kompetenzen zählen dabei Wissen, Motivation und Volition sowie die notwendigen Fähigkeiten, um Probleme in verschiedenen Situationen lösen zu können (Weinert, 2001). Insbesondere den sogenannten prozessbezogenen Aspekten wird dabei eine wichtige Funktion zugeschrieben (Falloon et al., 2020), weil sie als zentral für den Kompetenzerwerb der Schülerinnen und Schüler und die Anwendung der Kompetenzen gelten (Pedaste, Mäeots, Siiman, de Jong, van Riesen, Kamp, Manoli, Zacharia & Tsourlidaki, 2015) sowie eine wichtige Verbindung zwischen den verschiedenen MINT-Bereichen darstellen (Clements & Sarama, 2021).

MINT-Bildung wird wie andere Bildungsprozesse auch als ein lebenslanger Prozess verstanden, dessen Grundlage früh gelegt wird. Lehrkräfte sowie ihr Unterricht werden als zentral angesehen, um Kindern Begegnungen mit Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik in der Schule zu ermöglichen und ihre Kompetenzentwicklung zu fördern (Falloon et al., 2020). Befunde der aktuellen TIMSS-Studie zeigen, dass Kinder in der Primarstufe in Mathematik im Vergleich der verschiedenen TIMSS-Erhebungen stabil eine mittlere Kompetenz aufweisen (Selter, Walter, Heinze, Brandt & Jentsch, 2020). Diese Stabilität ist zunächst positiv zu sehen, da sich die Rahmenbedingungen, beispielsweise durch die Umsetzung von Inklusion, zunehmende Heterogenität mit Blick auf verschiedene Merkmale oder einen Mangel an (Fach-)Lehrkräften, eher ungünstig entwickelt haben. Demgegenüber sind jedoch zwei kritische Einschränkungen zu bedenken: Erstens zeigt die TIMSS-Studie, dass es anderen Ländern mit vergleichbaren Ausgangsbedingungen gelingt, die Mathematikkompetenz von Kindern in der Primarstufe zu verbessern. Zweitens muss bei der Interpretation der

²² Die prozessbezogenen Kompetenzen beinhalten beispielsweise das Bearbeiten eines Problems in einem (altersgemäßen) Forschungskreis oder einem Modellierungsprozess oder das Sammeln, Darstellen und Interpretieren von Daten.

Befunde die Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die Kompetenzstufen berücksichtigt werden. Hier zeigt sich, dass ein Viertel der Kinder in der Primarstufe lediglich die niedrigsten Niveaustufen I und II und nur ein sehr kleiner Anteil von Kindern die höchste Kompetenzstufe V erreicht (Selter et al., 2020, S. 112). Dies deutet auf die große Heterogenität der Mathematikkompetenz hin und auf Entwicklungsbedarfe bei der Gestaltung des Mathematikunterrichts. Vor diesem Hintergrund kommen Selter et al. (2020, S. 112) zu der Schlussfolgerung, dass zukünftig „Maßnahmen zur Weiterentwicklung des Mathematikunterrichts in der Primarstufe zu intensivieren und zu systematisieren [sind]. Dabei ist sowohl die Lehrkräfteausbildung noch konsequenter auf die professionsbezogenen Anforderungen auszurichten als auch das fachbezogene, kontinuierliche Weiterlernen im Beruf beständig zu unterstützen“. Auch für den Sachunterricht zeigt TIMSS, dass seit 2007 ca. ein Viertel der Viertklässlerinnen und Viertklässler aus Deutschland lediglich die unteren beiden Kompetenzstufen erreicht (Steffensky, Scholz, Kasper & Köller, 2020). Diese Schülerinnen und Schüler können allenfalls elementares Faktenwissen in alltagsnahen Kontexten reproduzieren und sind nicht gut auf den naturwissenschaftlichen Unterricht der weiterführenden Schulen vorbereitet.

Auch im Hinblick auf die Motivation berichten Studien immer wieder über ein besonders geringes Interesse sowie eine geringe Selbstwirksamkeitserwartung von Kindern und Jugendlichen in den Fächern Naturwissenschaften und Mathematik (Jansen, Schroeders & Lüdtke, 2014). Obwohl Vorschulkinder noch hoch motiviert sind (Mantzicopoulos, Patrick & Samarapungavan, 2008; Oppermann, Brunner, Eccles & Anders, 2018), sinkt im Laufe der Grundschulzeit die Motivation und es bilden sich Geschlechtsunterschiede in der Motivation – unabhängig von der Leistung – heraus (Jacobs, Lanza, Osgood, Eccles & Wigfield, 2002). Diese Geschlechtsunterschiede verstärken sich im Laufe der Schulzeit und tragen letztendlich dazu bei, dass Frauen seltener MINT-Studien- und Berufsfelder wählen (Lauerermann, Chow & Eccles, 2015). Ergebnisse aus der NEPS-Studie weisen positiverweise allerdings darauf hin, dass der Besuch der Primarstufe im Mittel einen großen Effekt auf die naturwissenschaftliche Kompetenz von Kindern hat (Kähler, Hahn & Köller, 2021). Die Ergebnisse der Studie weisen aber auch darauf hin, dass die Ausgangskompetenz in der ersten Klasse der stärkste Prädiktor für die naturwissenschaftliche Kompetenz in der dritten Jahrgangsstufe ist. Da die Kinder mit einer großen Spannweite von Ausgangskompetenzen in die Schule kommen, betonen die Befunde aus der NEPS-Studie umso mehr die Wichtigkeit der Schule und somit der Lehrkräfte, um Chancengleichheit bei Kindern herzustellen.

Die Unterrichtsqualität gilt als wesentlicher Prädiktor für die Kompetenz und die Motivation der Kinder (Helmke, 2009). Für eine hohe Unterrichtsqualität spielt insbesondere die professionelle Kompetenz der Lehrkraft eine bedeutsame Rolle (Helmke, 2009; Baumert, Kunter, Blum, Brunner, Voss, Jordan, Klusmann,

Krauss, Neubrand & Tsai, 2010; Krauss, Bruckmaier, Lindl, Hilbert, Steib & Blum, 2020). Die Entwicklung professioneller Kompetenz wird dabei als das Ergebnis von Lernprozessen verstanden (Klieme & Hartig, 2008), d. h., den Lerngelegenheiten von Lehrkräften in Studium und Vorbereitungsdienst (Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2010) sowie der Fortbildung (Lipowsky, Rzejak & Dorst, 2011; Hattie, 2011) kommt eine zentrale Funktion in der Kompetenzentwicklung der Lehrkräfte und damit mittelfristig der Unterrichtsqualität und der Kompetenzentwicklung der Kinder zu (Terhart, 2012). Bildungsinitiativen wie die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ bieten Fortbildungen zu MINT-Bildungsinhalten an, um eine Weiterentwicklung der professionellen Kompetenz der Lehrkräfte und – damit verbunden – eine Erhöhung der Unterrichtsqualität anzuregen. Gleichzeitig stellt sich hier für die Anbietenden von Fortbildungen die Herausforderung, Angebote für eine sehr heterogene Zielgruppe zu konzipieren.

Mit Blick auf die grundständige Ausbildung, also das Studium und den Vorbereitungsdienst, ist Mathematik im Gegensatz zu Informatik, Naturwissenschaften und Technik der einzige Bereich, für den eine eigenständige Lehrkräftebildung in der Primarstufe vorhanden ist. Allerdings ist diese aufgrund des föderalen Systems der Bundesrepublik sehr unterschiedlich hinsichtlich der fachlichen und fachdidaktischen Curricula konzipiert (Porsch, 2020). Dies spiegelt sich auch in der erreichten Kompetenz wider, die entsprechend heterogen ausfällt (Blömeke et al., 2010). Das Kontinuum reicht dabei von Lehrkräften, die Mathematik später ohne Ausbildung, d. h., fachfremd unterrichten, bis zu solchen, deren Ausbildung ähnlich zu denen der Sekundarstufe I erfolgte (Porsch, 2020; Blömeke et al., 2010). Informatik, Naturwissenschaften und Technik sind in der Regel nicht als eigene Studienfächer für Lehrkräfte der Primarstufe vorgesehen, und die Inhalte werden im Studium des Sachunterrichts vermittelt, der als ein mehrperspektivisches Fach konzipiert ist. Auch das Studium des Sachunterrichts bzw. seiner Didaktik kennzeichnet sich durch eine große Heterogenität zwischen den Bundesländern (Baumgardt & Kaiser, 2015). Die Heterogenität bezieht sich hier u. a. auf die Integration von fachwissenschaftlichen Anteilen der verschiedenen Perspektiven bzw. den dazugehörigen Fachdisziplinen, aber auch generell auf die Frage, welche Perspektiven berücksichtigt werden. Eine deutliche Unterscheidung zwischen naturwissenschaftlicher und sozialwissenschaftlicher Perspektive ist hier zu beobachten (Baumgardt & Kaiser, 2015).

Binner und Rösken-Winter (2020) kommen daher zu dem Schluss, dass insbesondere für den Mathematikunterricht in der Primarstufe fachspezifische Fortbildungsangebote zwingend nötig sind, um allen Lehrkräften mit ihren jeweils individuellen Voraussetzungen ein gutes (Weiter-)Lernen im Beruf zu ermöglichen. Diese Forderung kann sicher auch auf die Lehrkräfte im Sachunterricht übertragen werden und verweist damit für alle MINT-Bereiche auf die Bedeutung bereichs-

spezifischer Fortbildungen. Während im internationalen Kontext die Bedeutung fachspezifischer Fortbildungen gegenüber allgemein pädagogisch-psychologischen Fortbildungen für die Unterrichtsqualität in MINT-Bereichen schon länger diskutiert wird (für einen Überblick: Barzel & Selter, 2015), wird die Thematik in Deutschland erst seit ca. 15 Jahren aufgegriffen (Törner, 2015). Damit ergeben sich für Deutschland besondere Herausforderungen beispielsweise mit Blick auf die Veränderung individueller Faktoren auf Ebene der Lehrkräfte, etwa hinsichtlich ihrer fachbezogenen Überzeugungen, aber auch systemischer Faktoren auf Ebene der verantwortlichen Bundesländer sowie der einzelnen Schulen (Törner, 2015). Mit dem *Deutschen Zentrum Lehrerbildung Mathematik* (DZLM) (Barzel & Selter, 2015; DZLM, 2014) wurden für den Mathematikunterricht bereits erste Schritte unternommen, um die Situation zu verändern. Die Gründung des DZLM wurde insbesondere vor dem Hintergrund forciert, dass die Lehrkräftefortbildung, die Implementation der Fortbildungsergebnisse und eine begleitende qualitativ hochwertige Evaluation bis 2010 in Deutschland fehlten (Tenorth, Blum, Heinze, Peter-Koop, Post, Selter, Tippelt & Törner, 2010, S. 75). Auch im Bereich Naturwissenschaften gab und gibt es Bemühungen, den Sachunterricht weiterzuentwickeln. Beispielhaft ist hier *SINUS an Grundschulen* (Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts) zu nennen. Die Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ im Bereich der Primarstufe fügt sich in diese Bemühungen sehr gut ein und bietet darüber hinausgehendes Potenzial, was beispielsweise Fragen des Übergangs vom Kindergarten in die Grundschule angeht.

Das erst vor einigen Jahren erwachte Interesse an Fortbildungen für MINT-Lehrkräfte in der Primarstufe und die damit verbundenen Herausforderungen spiegeln sich auch in den Forschungsbefunden zu Merkmalen effektiver Fortbildungen und deren Wirkmechanismen wider, zu denen insgesamt, insbesondere national, wenige Befunde vorliegen und diese häufig auf Fallanalysen oder kleinen Stichproben beruhen (Barzel & Selter, 2015; Gersten, Taylor, Keys, Rolfhus & Newman-Gonchar, 2014). Diese Situation ist insbesondere für Schulen und andere Akteure der Administration, aber auch Fortbildungsanbieter herausfordernd, da sie ihre Entscheidungen zur Planung und Implementation von Fortbildungsangeboten nur auf unzureichende Evidenz stützen können (Gersten et al., 2014).

Vor diesem Hintergrund stellt die vorliegende Expertise neben einer vertieften Darstellung der Theorien zur Unterrichtsqualität sowie der professionellen Kompetenz von MINT-Lehrkräften in der Primarstufe aktuelle empirische Befunde aus Studien zur Wirkung von Fortbildungen zur MINT-Bildung für Primarstufenlehrkräfte dar. Ziel ist es, auf Basis der vorliegenden Befunde erste Kriterien zu identifizieren, die der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ bei der Entwicklung von MINT-Fortbildungen für Primarstufenlehrkräfte helfen können.

2 MINT-Bildung in der Primarstufe

Der Begriff „MINT“ wird im Bildungskontext als Sammelbegriff für die vier Bildungsbereiche Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik verwendet. Die MINT-Bildungsbereiche werden häufig gemeinsam betrachtet, da sie sich prozessbezogene Kompetenz (sogenannte Denk- und Arbeitsweisen) teilen (Clements & Sarama, 2021), die eine zentrale Funktion für den Kompetenzerwerb der Schülerinnen und Schüler sowie die Anwendung von erworbenen MINT-Kompetenz einnimmt (Pedaste et al., 2015). Zudem sind die MINT-Bildungsbereiche solche, in denen es einerseits schwerfällt, gut ausgebildete Fachkräfte zu gewinnen, und andererseits Disparitäten zuungunsten von Mädchen bzw. Frauen zu beobachten sind. Mit Blick auf die Implementation im Primarstufenunterricht wird MINT-Bildung als Querschnittsthema gesehen, das in verschiedenen Bereichen bzw. Fächern verortet ist, wie im Mathematikunterricht, Sachunterricht oder Werken (KMK, 2015). Lediglich für den Bereich Mathematik ist ein eigenständiges Unterrichtsfach mit eigener, grundschulspezifischer Lehrkräftebildung etabliert (KMK, 2015). Die erforderliche professionelle Kompetenz für die anderen Bereiche sowie die geforderte fachübergreifende Implementation (KMK, 2015) müssen die Lehrkräfte an anderen Stellen erwerben, z. B. in der Lehrkräftebildung zum Fach Sachunterricht oder in Fortbildungen. Dies spiegelt sich auch an der curricularen Konzeption der MINT-Bereiche wider. Während für den Bereich Mathematik bereits seit 2004 eigene Bildungsstandards vorliegen (KMK, 2004), ist der Bereich Naturwissenschaften vor allem im Perspektivrahmen Sachunterricht (GDSU, 2013) beschrieben, und für die Bereiche Informatik und Technik liegen erste Stellungnahmen von Fachverbänden oder Stiftungen vor (Informatik: Dagstuhl-Erklärung, 2016; Missomelius, 2016; Technik: Graube, Jeretin-Kopf, Kosack, Mammes, Renn & Wiesmüller, 2015).

Mit Blick auf die mathematische Bildung formulieren die Bildungsstandards dabei allgemeine (KMK, 2004) bzw. prozessbezogene (Benz, Grüßing, Lorenz, Reiss, Selter & Wolring, 2017) Kompetenz: Problemlösen, Kommunizieren, Argumentieren, Modellieren und Darstellen. Darüber hinaus wird die inhaltsbezogene Kompetenz (Benz et al., 2017; KMK, 2004) formuliert: Zahlen und Operationen, Raum und Form, Muster und Strukturen, Größen und Messen, Daten, Häufigkeit und Wahrscheinlichkeit. Beide Kompetenzbereiche sollen dabei vor allem Aspekte wiedergeben, die für Mathematik bzw. das Lernen von Mathematik typisch und bedeutsam sind (KMK, 2004). Gerade mit Blick auf die beschriebenen Disparitäten in den MINT-Bereichen ist, neben dem Erwerb von Wissen und Fertigkeiten, das Wecken, Erhalten und Fördern von Interesse, Motivation und Selbstwirksamkeitserwartung ein wichtiger Aspekt (Benz et al., 2017).

Die Bereiche Naturwissenschaft und Technik werden im Perspektivrahmen Sachunterricht (GDSU, 2013) als zwei Perspektiven des Sachunterrichts beschrieben. Übergeordnetes Ziel des Sachunterrichts ist es, dass Kinder ihre „natürliche, kulturelle, soziale und technische Umwelt sachbezogen [...] verstehen, sie sich auf dieser Grundlage bildungswirksam [...] erschließen und sich darin [...] orientieren, mitwirken



und [...] handeln.“ (GDSU, 2013, S. 9). Im Rahmen der naturwissenschaftsbezogenen Perspektive werden dabei der Erwerb von Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen (GDSU, 2013, S. 39) bzw. das wissenschaftliche Denken und der Aufbau von Verständnis der Naturwissenschaften (Anders, Hardy, Sodian & Steffensky, 2013, S. 91) als wichtige Ziele benannt. Die GDSU (2013) zählt hierzu: Naturphänomene sachorientiert (objektiv) untersuchen und verstehen; Naturwissenschaftliche Methoden aneignen und anwenden; Naturphänomene auf Regelmäßigkeiten zurückführen; Konsequenzen aus naturwissenschaftlichen Erkenntnissen für das Alltagshandeln ableiten; naturwissenschaftliches Lernen bewerten und reflektieren. Darüber hinaus werden perspektivbezogene Themenbereiche (GDSU, 2013, S. 39) bzw. naturwissenschaftliches Wissen (Anders et al., 2013, S. 105) als relevant beschrieben. Das Themenspektrum ist dabei sehr vielfältig und bezieht sich auf Aspekte der belebten und unbelebten Natur sowie die Bedeutung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse für einen verantwortungsvollen Umgang mit der Natur (GDSU, 2013, S. 38). Ausgangspunkt der Lernaktivitäten sind dabei Alltagserfahrungen oder Phänomene, zu denen die Kinder im Laufe der Primarstufenzeit fachlich adäquatere Vorstellungen entwickeln. Neben diesen kognitiven Aspekten wird auch mit Blick auf den Bereich Naturwissenschaften das Aufgreifen, Wecken und Fördern von Interesse, Motivation und Selbstwirksamkeit im Zusammenhang mit naturwissenschaftlichen Themen betont (Anders et al., 2013, S. 89).

Der Bildungsbereich Technik ist für Kinder in der Regel von hohem Interesse, wird aber häufig nur unter funktionalen Gesichtspunkten und weniger mit Blick auf die Produktion und Bewertung technischer Prozesse betrachtet (Graube et al., 2015, S. 22; GDSU, 2013, S. 63). Im Unterschied zum Bereich Naturwissenschaften stehen im Bereich Technik nicht kausale Ursache-Wirkungs-Beziehungen, sondern finale Fragen nach Sinn und Zweck einer Technik im Mittelpunkt (Graube et al., 2015, S. 37). Die Unterscheidung von technikbezogenen Denk-,

Arbeits- und Handlungsweisen (GDSU, 2013, S. 64; Graube et al., 2015, S. 98), inhaltlichen Themenbereichen sowie dem Aufgreifen (GDSU, 2013, S. 64; Graube et al., 2015, S. 98), Wecken und Fördern von Interesse, Motivation und Selbstwirksamkeitsentwicklung (Graube et al., 2015, S. 98) findet sich auch im Bereich Technik. Ergänzend wird hier auf den Bereich der technischen Kreativität (Graube et al., 2015, S. 98) verwiesen, der Aspekte der Denk- und Arbeitsweisen sowie des inhaltlichen Wissens verbindet.

Der Bereich der informatischen Bildung stellt einen relativ jungen, aber sehr zentralen Bereich dar. So betonen die Gesellschaft für Informatik (GI, 2019) und Bergner, Köster, Magenheimer, Müller, Romeike, Schroeder & Schulte (2018, S. 28), dass Informatik die Lebenswelt von Erwachsenen und Kindern zunehmend durchdringt und grundlegende Interessen und Kompetenzen von elementarer Bedeutung für eine eigenständige und verantwortungsbewusste Nutzung sind. Dabei werden auch mit Blick auf den Bereich Informatik Prozessbereiche (Modellieren und Implementieren; Begründen und Bewerten; Strukturieren und Vernetzen; Kommunizieren und Kooperieren; Darstellen und Interpretieren) sowie Inhaltsbereiche (Information und Daten; Algorithmen; Sprachen und Automaten; Informatiksysteme; Informatik, Mensch und Gesellschaft) unterschieden (GI, 2019; Bergner et al., 2018, S. 121ff.). Informatik grenzt sich dabei zu den Naturwissenschaften ab, da nicht nur bestehende Phänomene erklärt werden (kausal), sondern der Frage nachgegangen wird, wie die Welt sein könnte (Perspektive) (Bergner et al., 2018, S. 51). Im Unterschied zur Technik werden dabei aber vor allem sprachliche Formulierungen zur Konstruktion genutzt (Bergner et al., 2018, S. 54). Mit der Mathematik verbindet die Informatik die Idee der Algorithmen und des Modellierens, setzt dabei aber primär auf die Beschreibung von Prozeduren (Bergner et al., 2018; S. 54; Eberle, 1996, S. 329). In Ergänzung dazu sollen auch und gerade mit Blick auf die informatische Bildung Motivation, Interesse und Selbstwirksamkeit der Kinder aufgegriffen, angebahnt und gefördert werden (Bergner et al., 2018, S. 135).

Alle vier MINT-Bildungsbereiche sehen ihr zentrales Ziel darin, Interesse, Motivation und Selbstwirksamkeitserwartung der Kinder zu fördern und dies, ausgehend von bereichsspezifisch definierter prozessbezogener Kompetenz (bzw. Denk- und Arbeitsweisen) und inhaltsbezogener Kompetenz, zu tun. Während dies für Naturwissenschaft, Technik und Informatik stärker von lebensweltlichen Phänomenen ausgehend geschieht, orientiert sich die Mathematik eher an zentralen Ideen des Faches, die altersangemessen thematisiert werden.

3 Unterrichtsqualität in der MINT-Bildung in der Primarstufe

Als zentral für das erfolgreiche Lernen der Schülerinnen und Schüler wird in der Unterrichtsforschung die Unterrichtsqualität angenommen (Steffensky & Neuhaus, 2018; Praetorius, Klieme, Herbert & Pinger, 2018; vgl. auch Beitrag A in diesem Band). Es stellt sich die Frage, woran eine hohe Unterrichtsqualität festgemacht wird. In Bezug auf Merkmale von Unterricht wird oftmals zwischen Oberflächen- und Tiefenstrukturen von Unterricht unterschieden (Oser & Baeriswyl 2001). Unter Oberflächenstrukturen von Unterricht werden Merkmale des Unterrichts verstanden, die unmittelbar beobachtbar sind (z. B. Unterrichtsmethoden wie Frontalunterricht oder Sozialformen wie Gruppenarbeit). Anders als Oberflächenstrukturen sind Tiefenstrukturen des Unterrichts Merkmale, die eine lange Beobachtung des Unterrichts bedürfen und nicht direkt zu beobachten sind, sondern interpretiert werden müssen. Ob der Unterricht beispielsweise die Schülerinnen und Schüler kognitiv aktiviert, ein Merkmal der Unterrichtsqualität, lässt sich nicht zwangsläufig anhand der Oberflächenstruktur, sondern nur anhand der Tiefenstrukturmerkmale des Unterrichts ableiten. Als Tiefenstrukturmerkmale werden in der Regel die kognitive Aktivierung und emotionale Unterstützung der Schülerinnen und Schüler durch die Lehrkraft sowie die Klassenführung verstanden, die in Kapitel 3.1 genauer definiert werden. Hierbei ist jedoch einschränkend anzumerken, dass die Definitionen bzw. die Indikatoren für die Dimensionen der Unterrichtsqualität bzw. Tiefenstrukturmerkmale variieren und die genannten Dimensionen in verschiedenen Studien noch um weitere Dimensionen, z. B. die kognitive Unterstützung, erweitert wurden (Kleickmann, Steffensky & Praetorius, 2020). Anhand bisheriger Studienergebnisse zeigt sich, dass Oberflächen- und Tiefenmerkmale nicht notwendigerweise miteinander zusammenhängen müssen: So ist es möglich, dass das Oberflächenstrukturmerkmal Gruppenunterricht für die Schülerinnen und Schüler hoch oder niedrig kognitiv aktivierend (Tiefenstrukturmerkmal) sein kann (Lipowsky, 2002). Da empirische Befunde auf positive Zusammenhänge zwischen den Tiefenstrukturmerkmalen und den Leistungen der Schülerinnen und Schüler hinweisen (Praetorius et al., 2018), werden in den folgenden Abschnitten Merkmale der Unterrichtsqualität, genauer gesagt die Tiefenstrukturmerkmale, detaillierter fokussiert. Da die Unterrichtsqualität maßgeblich von der Lehrkraft und ihrem Handeln beeinflusst wird, wird im Anschluss daran auch auf die Rolle der Lehrkraft für guten Unterricht eingegangen.

3.1 Merkmale von Unterrichtsqualität

Eine Vielzahl von Studien beschäftigt sich mit der Identifikation von Merkmalen der Unterrichtsqualität bzw. guten Unterrichts. Fasst man diese Forschungsbefunde zusammen, ergibt sich über viele Studien und Metaanalysen (z. B. Seidel & Shavelson, 2007; Hattie, 2009; Praetorius et al., 2018; Pianta & Hamre, 2009) hinweg eine (nicht unbedingt vollständige) Liste von drei wesentlichen Tiefenstrukturmerkmalen guten Unterrichts: Klassenführung, kognitive Aktivierung und emotionale Unterstützung. Klassenführung zielt darauf ab, dass ein hoher Anteil der Lernzeit effektiv und bestmöglich für Lernprozesse genutzt werden kann, indem die Lehrkraft z. B. Regeln etabliert, um Störungen und Unterbrechungen des Unterrichtsgeschehens vorzubeugen (Steffensky & Neuhaus, 2018; Lipowsky, 2007). Eine gute Klassenführung ermöglicht es folglich, möglichst viel Unterrichtszeit für die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler zu nutzen. Die emotionale Unterstützung hingegen bezieht sich auf das Herstellen eines konstruktiven Klassenklimas durch die Lehrkraft sowie gute Lehrer-Schüler-Beziehungen. Kognitive Aktivierung meint die vertiefte Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand. Die kognitive Aktivierung zielt auf die Erweiterung des Wissens und die Weiterentwicklung der Kompetenz der Schülerinnen und Schüler ab. Alle drei Qualitätsmerkmale haben sich in verschiedenen Studien als prädiktiv für die Kompetenzentwicklung von Schülerinnen und Schülern erwiesen (z. B. Baumert et al., 2010; Kunter, Klusmann, Baumert, Richter, Voss & Hachfeld, 2013; Kleickmann et al., 2020). Da die emotionale Unterstützung und Klassenführung eher als generische Qualitätsmerkmale gelten, wird für das domänenspezifische Lernen von Schülerinnen und Schülern insbesondere die kognitive Aktivierung als bedeutsam angenommen. Das bedeutet allerdings nicht, dass die anderen beiden Qualitätsmerkmale nicht relevant für das Lernen von Schülerinnen und Schülern im MINT-Bereich sind. Vielmehr ist anzunehmen, dass die kognitive Unterstützung besonders gut fruchtet, wenn ein gutes Klassenklima sowie eine gute Lehrer-Schüler-Beziehung besteht und die Rahmenbedingungen in der Klasse Lernprozesse ermöglichen bzw. begünstigen. Dies verweist auf die Rolle der Lehrkräfte im Lernprozess, auf die im Folgenden eingegangen werden soll.

3.2 Rolle der Lehrkraft

Lehrkräfte haben eine wichtige Funktion für das Lernen der Schülerinnen und Schüler (Lipowsky & Rzejak, 2019). So sind die Lehrkräfte diejenigen, die den Unterricht planen und durchführen und folglich Lerngelegenheiten für die Schülerinnen und Schüler bereitstellen. Ob diese Lerngelegenheiten dann zum Aufbau

von Kompetenz aufseiten der Schülerinnen und Schüler führen, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Hierbei spielen neben der durch die Lehrkraft hergestellten Unterrichtsqualität auch die Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler sowie strukturelle Rahmenbedingungen der Schulen eine Rolle, wie sie u. a. im Angebot-Nutzungs-Modell von Helmke (2009) beschrieben werden. Dennoch zeigt sich über Studien aus dem Schulbereich hinweg, dass die Tiefenstrukturmerkmale des Unterrichts (kognitive Aktivierung, emotionale Unterstützung und Klassenführung) einen positiven Einfluss auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler haben (z. B. Begrich, Fauth, Kunter & Klieme, 2017; Clausen, Reusser & Klieme, 2003; für einen Überblick: Praetorius et al., 2018). Empirische Befunde weisen darauf hin, dass die professionelle Kompetenz der Lehrkräfte in den verschiedenen MINT-Bereichen bedeutsam für die erreichte Unterrichtsqualität ist (z. B. Kleickmann, Tröbst, Jone, Vehmeyer & Möller, 2016; Jentsch, Schlesinger, Heinrichs, Kaiser, König & Blömeke, 2021). Eine Studie von Jentsch et al. (2021) zeigt beispielsweise, dass die mathematikbezogenen situationsspezifischen Fertigkeiten (vgl. Kapitel 4.3) von Sekundarstufenlehrkräften positiv mit der kognitiven Aktivierung ($r = .36, p < .01$) sowie der konstruktiven Unterstützung (vergleichbar der emotionalen Unterstützung, $r = .22, p < .05$) zusammenhängen. Letztere hängt auch mit dem mathematischen Fachwissen zusammen ($r = .24, p < .05$). Für das mathematikdidaktische Wissen zeigen sich entgegen der Erwartung keine signifikanten Zusammenhänge. Auch mit einem in der Studie identifizierten Merkmal der Unterrichtsqualität, nämlich der fachdidaktischen Strukturierung, das ausschließlich fachbezogene Merkmale enthält, weisen das Wissen und die situationsspezifischen Fertigkeiten nur in der Tendenz, aber nicht statistisch bedeutsam, positive Zusammenhänge auf (Jentsch et al., 2021). Jentsch et al. (2021) diskutieren als mögliche Gründe, dass die Kompetenzfacetten der Lehrkräfte möglicherweise noch handlungsnäher erfasst werden müssten, z. B. über Aufgabenanalysen, oder auch weitere Facetten professioneller Kompetenz, insbesondere fachbezogene Überzeugungen und Selbstwirksamkeitserwartungen, berücksichtigt werden sollten. Da dies auf die Herausforderungen im Zusammenhang mit bereichsspezifischer professioneller Kompetenz verweist, soll im Folgenden auf diese spezifisch mit Blick auf Grundschullehrkräfte, die MINT-Themen unterrichten, eingegangen werden.

4 Struktur und Ausprägung der professionellen Kompetenz von Primarstufenlehrkräften

Die professionelle Kompetenz von Lehrkräften wird als wichtig für den Umgang mit den Aufgaben und Herausforderungen der Tätigkeit einer Lehrkraft angesehen. Kompetenz umfasst grundsätzlich kognitive, motivationale und emotionale Aspekte (OECD, 2003) sowie die damit verbundenen Fähigkeiten und Fertigkeiten, um Probleme in variablen Situationen zu lösen (Weinert, 2001). Diese Aspekte haben sich auch im Zusammenhang mit professioneller Kompetenz von Lehrkräften in der Lehrprofessionsforschung etabliert. Professionelle Kompetenz wird dabei als ein mehrdimensionales Konstrukt verstanden, zu dem Dispositionen, situationspezifische Fertigkeiten und Performanz gezählt werden (Blömeke, Gustafsson & Shavelson, 2015). Abbildung 25 gibt einen Überblick darüber, wie das Zusammenwirken dieser Kompetenzfacetten theoretisch konzeptualisiert wird.

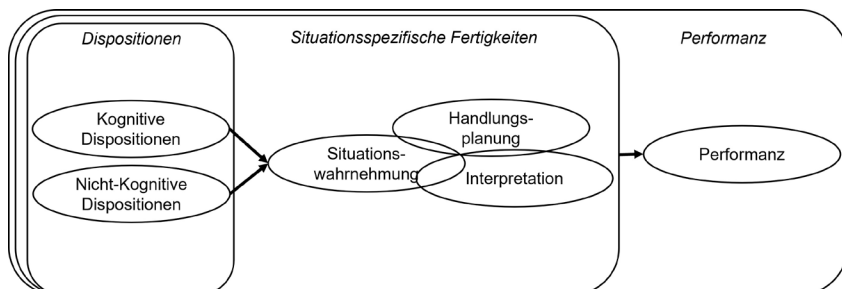


Abbildung 25. Kompetenz als Kontinuum (Blömeke et al., 2015)

Dieses Modell von Kompetenz als Kontinuum (Blömeke et al., 2015) geht davon aus, dass die Basis professioneller Kompetenz Dispositionen sind. Hierzu zählen einerseits kognitive Facetten wie das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen und andererseits nicht-kognitive Facetten wie Überzeugungen und motivationale Orientierungen. Situationspezifische Fertigkeiten werden als Mediator zwischen den Dispositionen und der tatsächlichen Performanz, also dem unterrichtlichen Handeln gesehen, und in den letzten Jahren verstärkt empirisch untersucht (Dindyal, Schack, Choy & Sherin, 2021), worauf in Kapitel 4.3 detailliert eingegangen wird. In dieser Expertise liegt der Fokus auf den Dispositionen und den situationspezifischen Fertigkeiten, da davon auszugehen ist, dass diese in Fortbildungen direkt adressiert werden können und dadurch wiederum in Veränderungen des unterrichtlichen Handelns der Lehrkräfte resultieren können.

4.1 Professionswissen

Das fachspezifische professionelle Wissen von Lehrkräften wird oftmals in Anlehnung an Shulman (1986) in Fachwissen und fachdidaktisches Wissen differenziert. Fachwissen beschreibt dabei das Wissen, das eine Lehrkraft über den fachlichen Inhalt und die Struktur des Faches hat. Das Fachwissen wird in den meisten Konzeptionen so konzeptualisiert, dass die Lehrkraft mehr Fachwissen als die Schülerinnen und Schüler haben sollte. Das fachdidaktische Wissen von Lehrkräften wird von Shulman (1986) definiert als ein Verständnis darüber, wie Inhalte den Lernenden am besten zugänglich gemacht werden können. Darüber hinaus umfasst es auch Wissen über fachspezifische Entwicklungsverläufe von Schülerinnen und Schülern. Insbesondere dem fachdidaktischen Wissen wird eine besondere Rolle für das Lernen und die Leistungen der Schülerinnen und Schüler zugesprochen (Chan & Hume, 2019).

Das professionelle Wissen von (angehenden) Mathematiklehrkräften in der Primarstufe wird schon seit einigen Jahren in Deutschland (Blömeke et al., 2015; Knievel, Heinze & Lindmeier, 2015; Blömeke et al., 2010) und anderen Ländern (Hill, Rowan & Ball, 2005) untersucht. In der *Teacher Education and Development Study Mathematics (TEDS-M)* (Blömeke et al., 2010) konnte gezeigt werden, dass sich bei angehenden Primarstufenlehrkräften mathematisches und mathematikdidaktisches Wissen als zwei getrennte Dimensionen entsprechend der Annahme von Shulman (1986) konzipieren lassen, die jedoch eng miteinander korrelieren ($r = .62$). Die Studie zeigte weiterhin, dass sich angehende Lehrkräfte in Deutschland in ihrem mathematischen Fachwissen nicht vom internationalen Mittelwert ($M (SD) = 500 (100)$) unterscheiden, wenn sie in Mathematik ausgebildet werden. Werden sie nicht im Fach Mathematik ausgebildet, unterscheiden sie sich allerdings und verfügen über geringeres Wissen (Blömeke et al., 2010, S. 220). Auch beim mathematikdidaktischen Wissen wirkt sich eine fachbezogene Ausbildung positiv auf das erreichte Wissen aus (Blömeke et al., 2010). In einer Follow-up-Studie (TEDS-FU, u. a. Blömeke, Hoth, Döhrmann, Busse, Kaiser & König, 2015) zeigte sich, dass sich beim mathematischen (-13 Punkte, $p < .10$) und mathematikdidaktischen Wissen (+2 Punkte, n.s.) keine signifikanten Veränderungen in den ersten drei Berufsjahren ergeben (Blömeke, Hoth et al., 2015). Die Studie identifiziert drei Profile von Lehrkräften am Berufseinstieg, solche mit niedrigem Wissen deutlich unterhalb des internationalen Mittelwerts, ein „reguläres“ Profil, bei dem mathematisches und mathematikdidaktisches Wissen dem Mittelwert entsprechen, und ein optimales Profil, bei dem das erreichte Wissen über dem Mittelwert liegt.

Eine ältere Studie aus den USA zeigt, dass das mathematische Fachwissen der Lehrkräfte mit der Leistungsentwicklung der Schülerinnen und Schüler in der

ersten und dritten Klasse zusammenhängt (Hill et al., 2005). Für Deutschland zeigen Studien einen Zusammenhang des fachdidaktischen Wissens mit Leistungen von Schülerinnen und Schülern in der Sekundarstufe (Krauss et al., 2020; Baumert et al., 2010), wobei der Effekt über die Unterrichtsqualität mediiert wird. Für die Primarstufe ließ sich ein Zusammenhang mit dem professionellen Wissen noch nicht zeigen (Muntoni, Dunekacke, Heinze & Retelsdorf, 2019).

Im Bereich der Forschung zum Professionswissen von Sachunterrichtslehrkräften sind Befunde zum naturwissenschaftsspezifischen Fachwissen und fachdidaktischen Wissen von Primarstufenlehrkräften noch selten. In einer der bisher vorliegenden Studien von Meschede, Fiebranz, Möller und Steffensky (2017) zeigte sich, dass berufstätige Sachunterrichtslehrkräfte ein signifikant höheres fachdidaktisches Wissen zu typischen Themen des Sachunterrichts (Wasserkreislauf sowie Schwimmen und Sinken) haben als Sachunterrichtslehramtsstudierende ($\Delta M = .36$; $p = .04$, $d = .36$). Dieser Befund ist inkonsistent mit Studien aus anderen Schulstufen im Bereich des naturwissenschaftlichen Unterrichts (z. B. Kleickmann, Richter, Kunter, Elsner, Besser, Krauss & Baumert, 2013), und Meschede et al. (2017) diskutieren, ob die unterschiedlichen Befunde möglicherweise auf die hohe Fortbildungsteilnahme der teilnehmenden berufstätigen Lehrkräfte in ihrer Studie zurückzuführen sind.

Im Hinblick auf Zusammenhänge zwischen Professionswissen und den Schülerleistungen konnten Lange, Ohle, Kleickmann, Kauertz, Möller und Fischer (2015) in der PLUS-Studie zeigen, dass das fachdidaktische Wissen der 60 Sachunterrichtslehrkräfte positiv mit dem Wissen der Schülerinnen und Schüler zusammenhängt. Für das Fachwissen zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zu den Leistungen der Schülerinnen und Schüler. Dies könnte zum einen daran liegen, dass das Fachwissen der untersuchten Sachunterrichtslehrkräfte relativ gering ausgeprägt war und dadurch die Varianz der Prädiktorvariablen eingeschränkt war. Da mit Blick auf die curricularen Inhalte des Sachunterrichts derzeit nicht davon ausgegangen wird, dass Lehrkräfte Wissen auf universitärem Niveau benötigen (vgl. Anders et al., 2013), könnte das Ergebnis alternativ inhaltlich als primarstufenspezifischer Befund interpretiert werden: Es könnte sein, dass das in dieser Studie erfasste Fachwissen der Lehrkräfte für Lernfortschritte der Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Primarstufe nicht von gleicher Bedeutung wie das der Lehrkräfte in der Sekundarstufe ist. Da in der vorliegenden Untersuchung die Unterrichtsprozesse nicht mit untersucht wurden, bedeutet dies nicht, dass das Fachwissen der Lehrkräfte im Sachunterricht unwichtig ist.

Fokussiert man das Wissen von Primarstufenlehrkräften im Bereich Technik, liegen nur wenig Forschungsbefunde vor. Rohaan, Taconis und Jochems (2012) zeigten, dass Primarstufenlehrkräfte aus den Niederlanden nur eine geringe bis

mittlere Ausprägung des fachdidaktischen Wissens zu technischer Bildung aufweisen. Allerdings erreichten die Primarstufenlehrkräfte im Mittel hohe Werte im Fachwissen. Hierbei ist jedoch einschränkend anzumerken, dass der eingesetzte Wissenstest ursprünglich für 11- bis 12-Jährige konstruiert wurde und von den Autorinnen und Autoren für Primarstufenlehrkräfte als einfach zu bearbeiten eingestuft wurde. Für den Bereich der informatischen Bildung in der Primarstufe fehlen Studien zum professionellen Wissen der Lehrkräfte (Bergner et al., 2018).

4.2 Nicht-kognitive Facetten professioneller Kompetenz

Die nicht-kognitiven Facetten professioneller Kompetenz von Lehrkräften stellen wichtige Facetten dar. Aus MINT-Perspektive werden hier häufig Überzeugungen und motivationale Konstrukte betrachtet.

Überzeugungen werden definiert als Annahmen, die subjektiv als wahr angenommen werden (Voss, Kleickmann, Kunter & Hachfeld, 2013). Sie können also sowohl auf wissenschaftliches Wissen als auch auf explizite oder implizite subjektive Konzepte zurückgeführt werden. Im Schulkontext werden die Überzeugungen oftmals in Bezug auf lerntheoretische Annahmen konzeptualisiert. Das bedeutet, diese Überzeugungen umfassen Annahmen, wie Kinder fachspezifische Kompetenz erwerben und wie der Unterricht gestaltet werden sollte, z. B. ob er instruktional oder eher (ko-)konstruktivistisch sein sollte. Diese lerntheoretischen Überzeugungen beeinflussen das unterrichtliche Handeln der Lehrkräfte (Kleickmann et al., 2016). In der Lehrerprofessionsforschung werden die lerntheoretischen Überzeugungen in der Regel in (ko-)konstruktivistische Überzeugungen und transmissive Überzeugungen über das Lehren und Lernen unterteilt (Kleickmann et al., 2016; Voss et al., 2013). Eine hohe Ausprägung (ko-)konstruktivistischer Überzeugungen spricht dafür, dass Lehrkräfte eher annehmen, dass das Lernen von Schülerinnen und Schülern am besten mit einer Kombination aus einer hohen Initiative der Schülerinnen und Schüler, die aktiv Wissen erwerben, sowie einer hohen Initiative der Lehrkraft gelingt. Eine hohe Ausprägung transmissiver Überzeugungen hingegen spricht dafür, dass Lehrkräfte eher annehmen, dass das Lernen von Schülerinnen und Schülern am besten durch rezeptives Lernen und Wiederholen gelingt. Damit geht ein hohes Engagement der Lehrkraft und eine eher passive Rolle der Schülerinnen und Schüler einher. Wichtig ist anzumerken, dass diese beiden Überzeugungen simultan und nicht nur exklusiv vorliegen können (Voss et al., 2013).

Blömeke, Hoth et al. (2015) konnten zeigen, dass sich eine konstruktivistische Sicht von Primarstufenlehrkräften auf das Lernen und Lehren von Mathematik bzw. die Sicht auf Mathematik als etwas Statischem in den ersten Berufsjahren nicht mehr signifikant gegenüber dem Ausbildungsende verändert. In der Profil-

analyse tendieren die Lehrkräfte im Profil mit niedrigem Wissen auch eher dazu, Mathematik als etwas Statisches zu betrachten, während Lehrkräfte im optimalen Profil, also mit hohem Wissen, eher die konstruktivistischen Aspekte betonen (Blömeke, Hoth et al., 2015). Weitere Befunde zu den Überzeugungen von Mathematiklehrkräften der Primarstufe liefert die Studie von Lui und Bonner (2016). In dieser Studie zeigte sich, dass die Überzeugungen der an der Studie teilnehmenden Lehrkräfte stärker ko-konstruktivistisch als traditionell bzw. transmissiv waren. Auch bei Sachunterrichtslehrkräften in Deutschland deutet sich ein ähnliches Muster für die Ausprägung der Überzeugungen an (Meschede et al., 2017): Die Überzeugungen der an der Studie teilnehmenden berufstätigen Lehrkräfte waren stärker ko-konstruktivistisch als transmissiv. Im Vergleich mit Masterlehramtsstudierenden des Sachunterrichts zeigten die berufstätigen Sachunterrichtslehrkräfte signifikant geringere transmissive Überzeugungen als die Lehramtsstudierenden ($\Delta M = .55$; $p = .01$, $d = .55$). Bei den ko-konstruktivistischen Überzeugungen gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen berufstätigen Lehrkräften und Lehramtsstudierenden ($\Delta M = .11$; $p = .44$). Eine mögliche Erklärung für die signifikant geringeren transmissiven Überzeugungen berufstätiger Lehrkräfte im Gegensatz zu Lehramtsstudierenden könnte die steigende praktische Berufs- bzw. Unterrichtserfahrung sein, die eine Abkehr von einer stärker lehrerzentrierten Lehrweise herbeiführt.

Die Motivation von Lehrkräften wird oftmals in verschiedene Dimensionen unterteilt, zu denen Enthusiasmus und Selbstwirksamkeitserwartungen (Baumert & Kunter, 2013) zählen. Enthusiasmus beschreibt den Grad der positiven emotionalen Erfahrungen während des Unterrichtens (Kunter, Frenzel, Nagy, Baumert & Pekrun, 2011). Die Selbstwirksamkeit von Lehrkräften bezieht sich auf die Wahrnehmung ihrer Fähigkeiten, die Aufgabe des Unterrichtens zu erfüllen (vgl. Bandura, 1977). Beide Aspekte der Motivation von Lehrkräften haben sich als prädiktiv für ihre Unterrichtsqualität erwiesen (z. B. Bitto & Butler, 2010). Diese Ergebnisse betonen somit die wichtige Rolle der Motivation von Lehrkräften für die Qualität des Unterrichts.

Für das Fach Mathematik zeigt eine Studie aus den USA, dass die Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkräfte mit der Unterrichtsqualität sowie der Leistung der Schülerinnen und Schüler in der unterrichteten Klasse positiv zusammenhängt (Perera & John, 2020). Im Hinblick auf das Unterrichten von Naturwissenschaften berichten Primarstufenlehrkräfte eine geringe Selbstwirksamkeitserwartung – dies trifft insbesondere im Bereich der unbelebten Natur zu (z. B. Appleton, 2008b). Auch Ergebnisse anderer Studien, die auf Selbstberichten beruhen, zeigen moderate Ausprägungen der Selbstwirksamkeitserwartungen von Primarstufenlehrkräften in Bezug auf die unbelebte Natur (z. B. Kleickmann et al., 2016). Im Hinblick auf technische Bildung schätzten sich Primarstufenlehrkräfte in einer

Studie von Rohaan et al. (2010) moderat selbstwirksam hinsichtlich des Unterrichts von Technik ein. Zugleich hatten die Lehrkräfte in der Studie von Rohaan et al. (2010) eher eine positive als eine negative Einstellung gegenüber technischer Bildung.

4.3 Situationspezifische Fertigkeiten

Situationspezifische Fertigkeiten werden neben dem Professionswissen sowie den nicht-kognitiven Kompetenzaspekten als eine wichtige Facette der professionellen Kompetenz von Lehrkräften verstanden (Blömeke et al., 2015), aber erst in den letzten Jahren verstärkt untersucht (Dindyal et al., 2021). Zu den situationspezifischen Fertigkeiten gehören, insbesondere im Fachunterricht, das Identifizieren lernrelevanter Situationen, die sogenannte Situationswahrnehmung, das Interpretieren dieser Situationen und das Entwickeln einer adäquaten Handlungsplanung, die dann in Performanz überführt werden kann. In der Fachliteratur wird in diesem Kontext auch von der professionellen Wahrnehmung des Unterrichts gesprochen. Den situationspezifischen Fertigkeiten bzw. der professionellen Wahrnehmung des Unterrichts wird in den letzten Jahren eine essenzielle Bedeutung aufseiten der Lehrkräfte für eine hohe Unterrichtsqualität und die Leistung der Schülerinnen und Schüler zugesprochen (Roth, Ganier, Chen, Lemmens, Schwille & Wickler, 2011; Sherin & van Es, 2009; Blömeke et al., 2015; Depaepe, Verschaffel & Star, 2020).

Wenngleich verschiedene Arbeitsgruppen die Kompetenzaspekte leicht unterschiedlich konzeptualisieren, kann trotzdem geschlussfolgert werden, dass sie für die professionelle Kompetenz von Lehrkräften eine zentrale Rolle spielen und damit zukünftig auch in der Aus- und Fortbildung, beispielsweise in den Fortbildungen der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, berücksichtigt werden sollten. Hierfür spricht auch, dass empirische Befunde, trotz aller Unterschiede in der Konzeptualisierung, darauf hindeuten, dass sich die situationspezifischen Fertigkeiten deutlich empirisch von anderen Konstrukten, z. B. dem Wissen oder den Überzeugungen, trennen lassen (z. B. Meschede et al., 2017; Blömeke, Hoth et al., 2015; Rohaan et al., 2012).



Für den Bereich Mathematik liegen für deutsche Primarstufenlehrkräfte empirische Befunde aus zwei Studien vor (Blömeke, Hoth et al., 2015; Knievel et al., 2015). Im Rahmen der TEDS-FU Studie zeigte sich, dass Personen in dem Profil mit hohem professionellen Wissen und konstruktiven Überzeugungen zum Lehren und Lernen von Mathematik auch mehr mathematikbezogene Unterrichtssituationen wahrnehmen, diese fachbezogener interpretieren und Handlungsplanungen beschreiben können als Lehrkräfte in den Profilen mit niedrigerem Wissen (Blömeke, Hoth et al., 2015). In der Studie von Knievel et al. (2015) zeigte sich, dass die Fertigkeit, Unterricht mathematikbezogen zu reflektieren (Konstrukt vergleichbar der Unterrichtswahrnehmung; Stahnke, Schüler & Rösken-Winter, 2016), eng mit dem professionellen Wissen sowie der Fähigkeit, eine fachbezogene Handlung zu planen, zusammenhängt. Im Hinblick auf die professionelle Wahrnehmung von Sachunterrichtslehrkräften weisen erste Befunde von Meschede et al. (2017) darauf hin, dass berufstätige Sachunterrichtslehrkräfte konsistent mit den Annahmen der Experten-Novizen-Forschung über eine signifikant höhere Ausprägung der professionellen Wahrnehmung verfügen als Masterlehramtsstudierende des Sachunterrichts ($\Delta M = .31$; $p < .05$, $d = .31$). Folglich waren erfahrene Lehrkräfte in dieser Studie besser in der Lage, relevante Unterrichtssituationen zu beschreiben und zu interpretieren, als Lehramtsstudierende.

4.4 Erste und zweite Phase der Lehrkräftebildung: Ausgangspunkt für die Entwicklung professioneller Kompetenz

Die Lehrkräftebildung in Deutschland ist in drei Phasen gegliedert: das universitäre Studium, den Vorbereitungsdienst (auch als Referendariat bezeichnet) und die Fort- und Weiterbildung während der Tätigkeit als Lehrkraft (Schmidt-Hertha, 2020). Insbesondere die Unterscheidung zwischen universitärem Studium und Vorbereitungsdienst stellt ein Alleinstellungsmerkmal im internationalen Kontext dar (Kunz & Uhl, 2021). Während im Studium die Vermittlung von theoretischem Wissen und fachlichen Kenntnissen im Mittelpunkt steht, geht es im Vorbereitungsdienst um die Schul- und Unterrichtspraxis (Peitz & Harring, 2021). Die Fortbildung soll dann der langfristigen Weiterentwicklung der professionellen Kompetenz dienen (vgl. Kapitel 5 dieses Beitrags).

Das Studium findet an einer Universität oder einer gleichwertigen Einrichtung statt und bietet vor allem formale Lerngelegenheiten, um fachliches Wissen, fachdidaktisches Wissen sowie pädagogisches Wissen zu erwerben. Die Studiendauer variiert zwischen den Bundesländern und den verschiedenen Typen von Studiengängen. Eine ältere Zusammenstellung von Döhrmann, Hacke und Buch-

holz (2010) wies eine Spannweite von 6 bis 9,5 Semestern für ein primarstufenbezogenes Studium mit dem Unterrichtsfach Mathematik aus. Die Integration der fachlichen Anteile kann dabei stark variieren (Porsch, 2020; Döhrmann et al., 2010), was auch für den Sachunterricht gilt (Baumgardt & Kaiser, 2015) und sich in unterschiedlicher Kompetenz widerspiegelt (Blömeke et al., 2010). Den einzigen gemeinsamen Kern zwischen den verschiedenen Bundesländern und Universitäten bzw. gleichwertigen Einrichtungen zur Regelung der ersten Phase stellen die *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften* der Kultusministerkonferenz dar (KMK, 2004, i.d.F. vom 16.05.2019).

Der Vorbereitungsdienst wird in Verantwortung der Bundesländer organisiert, durchgeführt und weiterentwickelt, weswegen sich hier eine nahezu unübersichtliche Heterogenität der Ausbildungsformen entwickelt hat (Kunz & Uhl, 2021). Zwar liegt auch für den Vorbereitungsdienst, in Anlehnung an die *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*, ein Beschluss der Kultusministerkonferenz vor (KMK, 2012), der jedoch sehr kurzgehalten ist. Kunz und Uhl (2021, S. 16) fassen die inhaltsbezogenen Gemeinsamkeiten der Bundesländer folgendermaßen zusammen: „Die Lehrkräfte sollen im Rahmen ihrer praktischen Ausbildung die für den Schuldienst erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten in einem Umfang erwerben, der ihnen nach Abschluss der Ausbildung in ihrem jeweiligen Lehramt die eigenständige, sachgerechte Ausübung des Lehrerberufs gestattet.“ Darüber hinaus fließen immer wieder auch aktuelle Querschnittsthemen wie z. B. Inklusion in den Vorbereitungsdienst ein (Kunz & Uhl, 2021). Der Vorbereitungsdienst baut in der Regel auf dem Studium als Eingangsvoraussetzung auf, was jedoch mit Blick auf Möglichkeiten des Quer- und Seiteneinstiegs mittlerweile ebenfalls variiert (Kunz & Uhl, 2021). Auch die Dauer des Vorbereitungsdienstes variiert zwischen 16 und 24 Monaten (Kunz & Uhl, 2021). Im Vorbereitungsdienst werden Lerngelegenheiten in Form von theoretischen Seminaren (in Verantwortung der sogenannten Studienseminaren) und in Form von schulpraktischen Lerngelegenheiten an der Ausbildungsschule angeboten (Kunz & Uhl, 2021). Die Lerngelegenheiten an der Schule setzen sich aus Hospitationen im Unterricht von Mentorinnen und Mentoren sowie eigenverantwortlichem Unterricht zusammen (Kunz & Uhl, 2021).

5 Fortbildungen als Professionalisierungsmaßnahme

Neben dem Studium und dem Vorbereitungsdienst werden Fortbildungen eine besondere Rolle für die Professionalisierung von Lehrkräften sowie die Erhöhung der Unterrichtsqualität zugesprochen. Sie werden daher auch als dritte Phase der Lehrkräftebildung betrachtet (Schmidt-Hertha, 2020). Durch sie können berufstätige Lehrkräfte ihre professionelle Kompetenz sowie ihre Unterrichtsqualität erhöhen, die wiederum einen positiven Einfluss auf die Leistungen von Schülerinnen und Schülern hat. Angesichts von Forschungsbefunden, die beispielsweise auf Hemmungen von Lehrkräften, Sachunterricht zu unterrichten, hinweisen, gelten Fortbildungen zudem als notwendig, um eine regelmäßige und qualitativ hochwertige Umsetzung eines guten Unterrichts zu erzielen (vgl. Appleton, 2008b). Fortbildungen im MINT-Bereich werden insbesondere als wichtig angesehen, da aufgrund der Breitbandausbildung der Lehrkräfte angenommen wird, dass nicht alle Lehrkräfte ausreichend zum Unterrichten von MINT-Themen in der Primarstufe vorbereitet sind.

5.1 Theoretische Annahmen zur Wirkung von Fortbildungen

Fortbildungen werden als wirkungsvolle Möglichkeit gesehen, um die professionelle Kompetenz von Lehrkräften bzw. Facetten davon zu fördern. Die intendierte Wirkung der Fortbildungen stellt sich allerdings nicht automatisch durch den Besuch von Fortbildungen ein. Ob eine Fortbildung die intendierte Wirkung entfaltet, ist von verschiedenen Einflussfaktoren abhängig, die wiederum einander beeinflussen können. Angebots-Nutzungs-Modelle wie das von Lipowsky (2019) geben einen Einblick in die Komplexität des Gefüges und mögliche Einflussfaktoren für die Wirkung von Fortbildungen (Abb. 26).

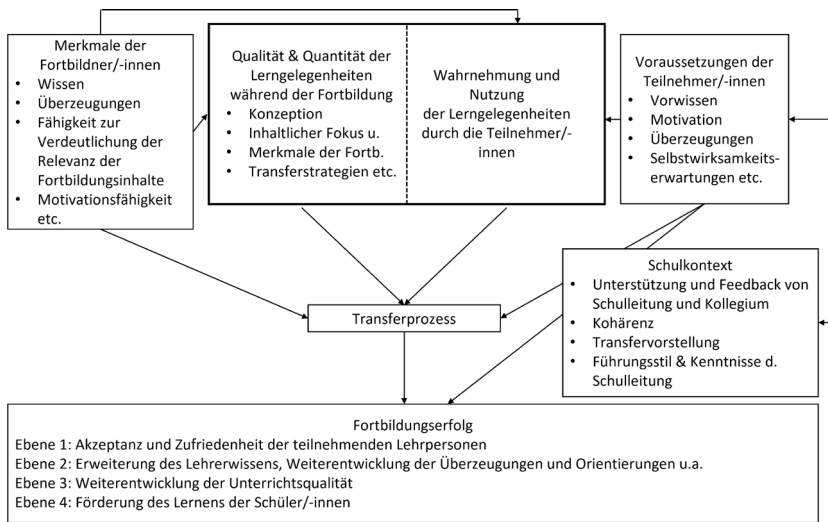


Abbildung 26. Angebots-Nutzungs-Modell zur systematischen Unterscheidung von Einflussfaktoren im Kontext von Fortbildungen (Lipowsky, 2019; Lipowsky & Rzejak, 2021)

Betrachtet man das Modell, stehen die Quantität und Qualität der Lerngelegenheiten innerhalb der Fortbildung im Fokus, die beispielsweise durch die Merkmale der Fortbildung (z. B. didaktische Konzeption, unterstützte Transferprozesse) beeinflusst werden. Als einen Einflussfaktor für die Quantität und die Qualität der Lerngelegenheiten innerhalb der Fortbildung werden wiederum Merkmale der Fortbildenden wie ihr Wissen, ihre Überzeugungen, ihre Motivationsfähigkeit und ihre Fähigkeit, die Relevanz der Inhalte überzeugend zugänglich zu machen, angesehen. Wie erfolgreich die Fortbildung ist und wie gut der Transfer der Fortbildungsinhalte in die Praxis gelingt, ist aber nicht nur von der Quantität und Qualität der Lerngelegenheiten abhängig, sondern auch davon, wie die teilnehmenden Lehrkräfte die Lerngelegenheiten wahrnehmen und nutzen. So wird angenommen, dass die Wirkung sich je nach Voraussetzungen der teilnehmenden Lehrkräfte (z. B. Vorwissen, Selbstwirksamkeitserwartungen, Überzeugungen) sowie dem Schulkontext, in dem die teilnehmenden Lehrkräfte arbeiten, unterscheiden kann. Insgesamt ist bislang wenig darüber bekannt, ob und wie die individuellen Voraussetzungen der teilnehmenden Lehrkräfte mit spezifischen Fortbildungsmerkmalen interagieren. Aspekte des Schulkontextes werden als wichtiger Einflussfaktor für die Entfaltung des Fortbildungserfolgs angesehen (Robinson & Timperley, 2007), da sie das Handeln der Lehrkräfte beeinflussen. Hier beeinflussen vermutlich insbesondere Unterstützung der Lehrkräfte durch das Arbeitsumfeld (Schulleitung und Kollegium), Transfervorstellungen und -strategien in der Schule, ein unterrichtsbezogener Führungsstil der Schulleitung sowie deren

Kenntnisse über wirksamen Unterricht und erfolgreiche Professionalisierungsmaßnahmen, ob und wie Fortbildungsinhalte über das Ende der Fortbildung hinaus implementiert werden (u. a. Robinson & Timperley, 2007).

Insgesamt verdeutlicht das Angebot-Nutzungs-Modell von Lipowsky (2019) die Komplexität des Wirkungsgefüges von Fortbildungen und die Schwierigkeit, die gewünschte Wirkung von Fortbildungen auf Lehrkräfte und die Kompetenzentwicklung von Schülerinnen und Schülern zu erzielen. An dieser Stelle setzen die in den vergangenen Jahren entstandenen Reviews und Meta-Analysen zu Merkmalen effektiver Fortbildungen an. Van Veen, Zwart und Meirink (2012) arbeiten in ihrem Überblick zu allgemeinen Merkmalen effektiver Fortbildungen nach dem Stand von 2012 heraus, dass der Nachweis von Effektivität ein Zusammenspiel aus qualitativen und quantitativen Arbeiten sein sollte. Dadurch wird einerseits empirische Evidenz generiert, andererseits kann über Fallstudien auch Prozesswissen generiert werden. In einer aktuelleren Zusammenfassung von Sims und Fletcher-Wood (2021) werden sechs Merkmale effektiver Fortbildungen identifiziert. Beide Auflistungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst und gegenübergestellt.

Tabelle 1. Allgemeine Merkmale effektiver Fortbildungen

	Merkmal	Beschreibung	van Veen et al. (2012) ²³	Sims & Fletcher-Wood (2021) ²⁴
Qualität und Quantität der Lernmöglichkeiten während der Fortbildung	Inhaltlicher Fokus	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fokus der Intervention/Fortbildung liegt auf der Unterrichtspraxis, genauer gesagt auf dem fachlichen und fachdidaktischen Wissen und den Lernprozessen der Schülerinnen und Schüler (van Veen et al., 2012, S. 12). ■ Ein inhaltlich-fachlicher Fokus wird oft mit allgemein-pädagogischen Fortbildungen verglichen. Ein Angebot bzw. Integration von fachlichen und allgemeinen Aspekten könnte besonders effektiv sein (Sims & Fletcher-Wood, 2021). 	x	x
	Aktives Lernen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Formen aktiven Lernens wie Beobachtung von Expertenlehrkräften bzw. Beobachtung durch Expertenlehrkräfte mit anschließender Diskussion, Analyse der Arbeiten von Schülerinnen und Schülern (Inquiry-based) (van Veen et al., 2012, S. 13). ■ Die Möglichkeit, die Lerninhalte in der Praxis anzuwenden (Sims & Fletcher-Wood, 2021). 	x	x
	Qualität der Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> ■ Inhalte sollten theorie- und evidenzbasiert ausgewählt, angeboten und auf einem anspruchsvollen Niveau behandelt werden. Beispiele sollten keine alltäglichen Routinebeispiele sein, sondern die Teilnehmenden anregen und herausfordern. Die Teilnehmenden sollten längerfristig Zugang zu Materialien haben (van Veen et al., 2012, S. 13). 	x	keine Angaben
	Kohärenz	<ul style="list-style-type: none"> ■ Erstens Kohärenz mit Curricula, Bildungsplänen u.Ä. Zweitens Kohärenz mit dem Vorwissen und den Einstellungen der Lehrkräfte (van Veen et al., 2012, S. 14). 	x	keine Angaben
	Lernzielorientierung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sowohl die Lernziele auf Ebene der Lehrkräfte als auch die mit der Fortbildung intendierten Lernziele auf Ebene der Schülerinnen und Schüler sind gemeint (van Veen et al., 2012, S. 14). 	x	keine Angaben
	Dauer und Nachhaltigkeit	<ul style="list-style-type: none"> ■ Dauer bezieht sich sowohl auf den Umfang in Stunden als auch die Zeitspanne, über die diese verteilt ist. Es lassen sich enge Zusammenhänge mit organisatorischen Bedingungen feststellen. Unklare Befundlage: Höherer Umfang und Spanne erscheint effektiver, aber es kann auch „zu viel“ sein (van Veen et al., 2012, S. 14). ■ Eine Anordnung der Fortbildungsinhalte über einen längeren Zeitraum wird als lernförderlich beschrieben. Befunde verweisen auf die Bedeutung der Spanne. So konnten z. B. für die lernzirkelförmige Anordnung der Inhalte über einen längeren Zeitraum positive Effekte gezeigt werden (Sims & Fletcher-Wood, 2021). 	x	x
	Design	<ul style="list-style-type: none"> ■ <i>Traditionell:</i> eintägige Workshops, Seminare, Konferenzen; passive Rolle der Lehrkräfte. <i>Innovativ:</i> Kooperation, Coaching, Praxisbezug; aktive Rolle der Lehrkräfte (van Veen et al., 2012). 	nicht bedeutsam	keine Angaben

23 Van Veen et al. (2012) beziehen in ihr Review elf Reviews und 34 Primärstudien ein. Einbezogen wurden nur Arbeiten, für die auch Effektstärken ermittelt wurden. Die Arbeiten beziehen sich primär auf Grundschullehrkräfte in den USA und die Bereiche Mathematik und Naturwissenschaften. Die Fortbildungsdauer in den einbezogenen Studien variierte zwischen drei Monaten und fünf Jahren.

24 Sims und Fletcher-Wood (2021) beziehen sich in ihrer Synthese von Merkmalen auf verschiedene Literaturreviews.

	Merkmal	Beschreibung	van Veen et al. (2012) ²³	Sims & Fletcher-Wood (2021) ²⁴
Merkmale der Teilnehmenden	Gemeinsame und kooperative Teilnahme	<ul style="list-style-type: none"> ■ Austausch zwischen Lehrkräften einer Schule oder verschiedener Schulen als eine Möglichkeit, den Lernerfolg zu erhöhen. Lehrkräfte übernehmen dabei zunehmend mehr Verantwortung für ihre Professionalisierung (van Veen et al., 2012, S. 13). ■ Gemeinsame Teilnahme, um sich gegenseitig zu unterstützen oder Unklarheiten zu klären (Sims & Fletcher-Wood, 2021). 	x	x
	Freiwillige Teilnahme	<ul style="list-style-type: none"> ■ Freiwillige Teilnahme wird häufig als lernförderlich beschrieben. Es gibt jedoch Hinweise, dass verpflichtende Teilnahme ebenfalls förderlich ist, wenn die Lernziele transparent und für die Teilnehmenden bedeutsam sind (Sims & Fletcher-Wood, 2021). 	keine Angaben	divergent
Merkmale der Fortbildenden	Externe Fortbildnerinnen und Fortbildner	<ul style="list-style-type: none"> ■ Begründet wird dies damit, dass dadurch neue Ideen und Themen in die Fortbildungen bzw. Schulen eingebracht werden (Sims & Fletcher-Wood, 2021). 	keine Angaben	x
Schulkontext	Organisatorische Bedingungen auf Ebene der Schule	<ul style="list-style-type: none"> ■ Hierunter werden sehr unterschiedliche Aspekte gefasst, z. B. die Rolle der Schulleitung, Lerngemeinschaften der Lehrkräfte, aber auch die zur Verfügung stehende Fortbildungszeit oder die Schulkultur (Fokus Entwicklung der Lehrkräfte). Es sind insbesondere mit Blick auf die Lernkultur auf Ebene der Lehrkräfte Bezüge zur Organisationsentwicklung zukünftig herzustellen (van Veen et al., 2012, S. 15ff.). 	bislang weniger systematisch betrachtet	keine Angaben

Anmerkungen. x = Das Merkmal wird in der jeweiligen Arbeit im weitesten Sinne als effektiv beschrieben. Keine Angabe = In der Arbeit wird auf das jeweilige Merkmal nicht weiter eingegangen.

Die genannten Merkmale, die jeweils auf einer Synthese umfangreicher Literatur basieren, sind dabei vor dem Hintergrund einiger Limitationen zu betrachten. Einerseits sollte hier berücksichtigt werden, dass zu einigen Merkmalen bislang wenig systematische Evidenz vorliegt, z. B. innovative Designs oder die Berücksichtigung der organisatorischen Bedingungen der Schule (van Veen et al., 2012). Andererseits sind methodische Probleme im Zusammenhang mit den Primärstudien, aber auch den Reviews zu berücksichtigen. Viele der verwendeten Forschungsdesigns erlauben keine Rückschlüsse auf kausale Wirkmechanismen, z. B. durch die Verwendung experimenteller Designs ohne Kontrollgruppe (van Veen et al., 2012), sondern geben lediglich Hinweise auf korrelative Zusammenhänge (Sims & Fletcher-Wood, 2021). Insbesondere mit Blick auf die Reviews kommt den Einschlusskriterien dabei besondere Bedeutung zu. Schon Guskey (2003a, b) verweist darauf, dass diese häufig zu weich gewählt werden. Sims und Fletcher-Wood (2021) plädieren dafür, nur noch Arbeiten in Reviews aufzunehmen, die die Kompetenz der Schülerinnen und Schüler als abhängige Variable

betrachten, da dies das eigentliche Ziel sei (hierzu auch schon Guskeys, 2003b). Sims und Fletcher-Wood (2021) kommen zu der Einschätzung, dass insbesondere mit Blick auf die Merkmale Dauer, gemeinsame Teilnahme und Fachbezug die Wirkung nicht eindeutig belegt ist. Als ein weiteres Problem ist anzusehen, dass viele Studien auf Selbstberichten der teilnehmenden Lehrkräfte beruhen und nicht auf objektiven Maßen, wie beispielsweise der Kompetenz der Lehrkräfte oder der Schülerinnen und Schüler. Dies führt dazu, dass Effekte von Fortbildungen nur schwer geschätzt werden können (van Veen et al., 2012).

Fortbildungserfolg kann nach Kirkpatrick (1979) auf vier Ebenen gemessen werden: der Zufriedenheit der Teilnehmenden (*reaction*), der Kompetenzentwicklung der Teilnehmenden (*learning*), ihrem Verhalten im Unterricht bzw. der Unterrichtsqualität (*behavior*) sowie der Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler (*results*). Erste empirische Befunde legen nahe, dass ein Fortbildungserfolg auf einer Ebene nicht notwendigerweise auch einen Fortbildungserfolg auf einer anderen Ebene impliziert. So zeigte sich in verschiedenen Fortbildungsstudien, dass eine hohe Zufriedenheit der Lehrkräfte mit der Fortbildung nicht zwangsläufig auch mit (positiven) Veränderungen auf Ebene der Kompetenz, dem Unterrichtshandeln oder der Kompetenz der Schülerinnen und Schüler einhergehen muss (z. B. Goldschmidt & Phelps, 2010).

Im Folgenden werden empirische Befunde aus Studien berichtet, in denen die in Tabelle 1 beschriebenen Merkmale effektiver Fortbildungen für Lehrkräfte, die MINT-Themen in der Primarstufe unterrichten, untersucht wurden. Dabei liegt der Fokus auf Studien, die tatsächlich Wirkungen untersuchen und objektive Maße heranziehen. Diese waren jedoch nicht zu allen Merkmalen guter Fortbildungen verfügbar, sodass zu einigen Merkmalen ggf. auch auf Studien mit einem für diese Fragestellung weniger geeigneten Design (z. B. Fallstudien oder Interventionsstudien ohne Kontrollgruppe) zurückgegriffen wurde. Die entsprechenden Einschränkungen werden jeweils diskutiert und auch in Kapitel 6 noch einmal aufgegriffen. Zur besseren Nachvollziehbarkeit werden die Studien übergeordnet nach den verschiedenen MINT-Bereichen und auf die verschiedenen Merkmale bezogen geordnet. Dabei stehen insbesondere die evaluierten Fortbildungen sowie die Ergebnisse der Studien im Mittelpunkt. Genauere Angaben zum Studiendesign werden nur berichtet, sofern sie für das Verständnis und die Einordnung der Ergebnisse relevant sind.

5.2 Empirische Befunde zur Wirkung von Fortbildungen

5.2.1 Wirkung von Fortbildungen im Bereich Mathematik

Tabelle 2 fasst formale Merkmale der Fortbildungen zusammen, die in den in diesem Kapitel berichteten Primärstudien evaluiert wurden.

Tabelle 2. Merkmale der Primärstudien

Studie	Land	Programm/Thema	Fortbildende	Dauer
Studien mit quantitativem Design				
Selter et al. (2015)	D, NRW	Einführung der Bista	keine Angaben	<ul style="list-style-type: none"> ■ 20 Stunden ■ 1,5 Jahre
Prast et al. (2015)	Niederlande	Differenzierung im MU	externe Personen schulinterne Coaches	<ul style="list-style-type: none"> ■ 30 Stunden ■ 10 Teamsitzungen
Kutaka et al. (2017)	USA	Primarily Math (Zahlen & Operationen; Raum & Form)	erfahrene Fortbildende	<ul style="list-style-type: none"> ■ zwei Sommerkurse ■ Kurse während des Schuljahres
Lindvall (2017)	Schweden	A) Unterrichtsqualität B) Curriculumimplementation	keine Angaben	<ul style="list-style-type: none"> ■ A) über ein Jahr, keine näheren Angaben ■ B) k. A.
Topping et al. (2011)	Schottland	Duolog Math	Projektmitarbeitende erfahrene Lehrkräfte aus dem Programm	<ul style="list-style-type: none"> ■ zwei halbe Tage
Fallstudiendesigns				
Copley (2004)	USA	Early Childhood Mathematics Collaborative	Universitätsprofessorinnen und -professoren	<ul style="list-style-type: none"> ■ 60 h (pro Schule)
McGee et al. (2013)	USA		Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler	<ul style="list-style-type: none"> ■ 60 Stunden Sommerkurse ■ 24 Stunden Follow-up-Kurse während des Schuljahres
Mishal & Patkin (2016)	Israel	New Horizon educational reform	keine Angaben	<ul style="list-style-type: none"> ■ 240-300 (später 120) Stunden in zwei Jahren
Rogers et al. (2007) ⁷	USA	Implementierung von Bildungsstandards	keine Angaben	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2-3 Wochen Sommerkurse ■ mehrere Follow-up-Kurse während des Schuljahres
Herbert & Bragg (2017)	Australien, Kanada	Mathematisches Argumentieren	Mitarbeitende des Projekts	<ul style="list-style-type: none"> ■ keine Angaben
Scott et al. (2012)	Australien	Fachdidaktisches Wissen	keine Angaben	<ul style="list-style-type: none"> ■ keine Angaben
Roche & Gervasoni (2017)	Australien	Leading Mathematics Learning and Teaching (LMLT)	keine Angaben	sechs Tage

Inhaltlicher Fokus

Grundsätzlich beziehen sich alle hier berichteten Primärstudien auf Aspekte von Mathematikunterricht, einige Arbeiten heben jedoch den inhaltlichen Fokus in seiner Bedeutung für die Effektivität der Fortbildung besonders hervor. Selter, Gräsel, Reinhold & Trempler (2015) untersuchen den Effekt von fachbezogenen Fortbildungskursen im Vergleich zu zwei Kontrollgruppen²⁵, die vor dem Hintergrund der Einführung der Bildungsstandards in Nordrhein-Westfalen durchgeführt wurden. Die Angebote mit inhaltlichem Fokus wurden als am nützlichsten mit Blick auf die Förderung prozessbezogener Fähigkeiten im Unterricht identifiziert. Lehrkräfte in der Gruppe ohne inhaltlichen Fokus zeigten sich weniger offen für die Einführung, hatten weniger Vertrauen, die Einführung gut zu bewältigen, empfanden die Aufgabe als Belastung und identifizierten sich weniger mit dem Inhalt.²⁶ Auf die Einstellungen zum Lehren und Lernen von Mathematik hatten die fachbezogenen Fortbildungen einen indirekten Effekt. Selter et al. (2015) vermuten, dass die Fortbildungen, die direkt mit der Einführung der Bildungsstandards zusammenfielen, assistierend wirkten und verhinderten, dass die Lehrkräfte sich allein gelassen fühlten. In der Studie von Prast, van de Weijer-Bergsma, Kroesbergen & van Luit (2018) werden schulweite Fortbildungen mit einem inhaltlichen Fokus zur Differenzierung im Mathematikunterricht untersucht. Die Fortbildung war am Differenzierungskreislauf und seiner unterrichtlichen Integration orientiert (Prast et al. 2015) und zeichnete sich durch Entscheidungsmöglichkeiten für die einzelnen Schulen aus, um eine hohe Adaptivität zu gewährleisten. In den Fortbildungstreffen wurde professionelles Wissen, z. B. zu Schülerlösungen, vermittelt. Die Treffen waren auch methodisch vielfältig gestaltet und nutzten die gemeinsame Textarbeit, das Ausprobieren konkreter Methoden und die gemeinsame Unterrichtsvorbereitung. Darüber hinaus wurden exemplarische Stunden pro Schule videografiert und später gemeinsam analysiert. Den Lehrkräften standen Texte zur Nachbereitung zur Verfügung. Die verschiedenen Fortbildungsmaterialien wurden in Form einer *tool box* angeboten, aus der die Schulen wählen konnten. Projektcoaches sollten die langfristige Implementation der Fortbildungsinhalte unterstützen. Die Projektcoaches erhielten eine zusätzliche Schulung im Umfang von fünf Sitzungen, in der sie beispielsweise Methoden zur Ist-Stand-Analyse einer Schule lernten. In der ersten Kohorte zeigte die Fortbildung einen signifikanten Effekt auf die Mathematikkompetenz der Schülerinnen und Schüler, der sich zu-

25 Gruppe A: Fokus prozessbezogene Kompetenzen im Mathematikunterricht (fachdidaktischer Fokus); Gruppe B: Kooperation von Lehrkräften; Gruppe C: Kombination aus beiden; Gruppe D: Informationsveranstaltung zum neuen Curriculum; Gruppe E: Kontrollgruppe ohne weitere Angebote.

26 $F(2, 92) = 3.63$; $p = .03$; partielles $\eta^2 = .08$

dem für verschiedene Leistungsstände unterschied.²⁷ Ein Follow-up-Effekt zeigte sich nicht. In der zweiten Kohorte zeigten sich keine signifikanten Effekte. Prast et al. (2018) diskutieren, dass insbesondere die Bearbeitung der verschiedenen Schritte des Differenzierungskreises den Lehrkräften geholfen hat, verschiedene Methoden (z. B. Bildung homogenerer Leistungsgruppen) sinnvoll in den Unterricht zu integrieren. Genauere Hinweise, welche Teile der Fortbildung effektiv waren, können Prast et al. (2018) aus ihrer Studie aber nicht ableiten. Für die Unterschiede zwischen Kohorte 1 und 2 wird ein Rückgang in der Motivation der Schulen in Kohorte 2 (Warte-Kontrollgruppe) als ursächlich vermutet. Alternativ könnte auch die geringere Praxiserfahrung der Lehrkräfte in Kohorte 2 eine Rolle spielen. In dem Fortbildungsprogramm *Primarily Math*, das von Kutaka, Smith, Albano, Edwards, Ren, Beattie, Lewis, Heaton & Stroup (2017) evaluiert wird, stehen fachmathematische und didaktische Aspekte im Vordergrund. Im Rahmen der Evaluationsstudie wurden in einem Prä-post-Test-Design Daten von Lehrkräften und deren Schülerinnen und Schülern aus einer Interventions- und Kontrollgruppe erhoben.²⁸ Auf Ebene der Lehrkräfte zeigten sich signifikante Effekte des Programms für das Wissen im Bereich Zahlen und Operationen, ihre Angst, ihre Motivation sowie ihre schülerbezogenen Einstellungen. Die Leistung der Schülerinnen und Schüler verbesserte sich zwar deskriptiv ab dem zweiten Jahr in den Interventionsgruppen, der Effekt ist aber statistisch nicht bedeutsam. Von den betrachteten Lehrkraft-Variablen trägt lediglich die verminderte Angst statistisch zur Veränderung der Kompetenz der Schülerinnen und Schüler bei. Kutaka et al. (2017) argumentieren, dass der Fokus auf mathematische Inhalte zu Beginn neben anderen Merkmalen, auf die im Folgenden noch eingegangen wird, ursächlich für die Effekte sein könnte. Xenofontos, Fraser, Priestley und Priestley (2020) arbeiten in ihrem Review den Forschungsstand zum Umgang mit sozialer Gerechtigkeit im Mathematikunterricht auf und gehen dabei auch auf Fortbildungen zu diesem Thema ein. Im Ergebnis zeigt das Review, dass hier eine enge Vernetzung von fachlichen und auf soziale Gerechtigkeit bezogenen Aspekten wichtig ist.

Neben den gezeigten Befunden aus Experimentaldesigns und systematischen Reviews nehmen auch einige Fallstudien den inhaltlichen Fokus in den Blick. Copley (2004) beschreibt ein Fortbildungsprogramm, das sich an Lehrkräfte und Dozierende in der Ausbildung richtet. Mit dem Programm soll sowohl das Ma-

27 *Effekt für alle Schülerinnen und Schüler:* $\beta = 0.15$, $p < .05$; *Unterschiede für Schülerinnen und Schüler mit mittlerer Leistung* ($\beta = 0.10$, $p < .05$), *hoher Leistung* ($\beta = 0.12$, $p < .05$), *schwacher Leistung* ($\beta = 0.12$, $p = .05$).

28 *Ebene der Lehrkräfte (K-3 in den USA):* (1) *Mathematical Knowledge for Teaching survey (MKT)*, Hill et al., 2004); (2) *Fennema-Sherman Mathematics Attitudes Scales for Teachers (FSMAS)*, Fennema & Sherman, 1976 bzw. Ren, Green & Smith, 2016); (3) *Mathematics Beliefs Scale (MBS)*, Capraro, 2001 bzw. Ren & Smith, 2013). *Ebene der Schülerinnen und Schüler: Test of Early Mathematics Ability-Edition 3 (TEMA-3)*, Ginsburg & Baroody, 2003).

thematiklernen von Kindern im Elementar- und Primarbereich unterstützt werden als auch das Verständnis der Lehrkräfte für Mathematik und das Mathematiklernen verbessert werden. Im Rahmen des Programms werden verschiedene methodische Elemente genutzt, z. B. Vorführstunden durch die Dozierenden, Beobachtung und Feedback zu Unterrichtsstunden der Teilnehmenden, Arbeitsgruppen und Coaching. Die einstündigen Arbeitsgruppentreffen folgten immer demselben Ablauf²⁹ und fanden in der regulären Unterrichtszeit statt. In einer begleitenden, deskriptiv-qualitativ angelegten Evaluation zeigt Copley (2004), dass Fortbildungen effektiv sind, wenn sie die positive Einstellung der Lehrkräfte zu Mathematik ansprechen, auf relevante fachliche Inhalte fokussieren und das kindliche Lernen mit in den Blick nehmen. Im Rahmen der *New Horizon educational reform* in Israel beschreiben Mishal und Patkin (2016) Fortbildungskurse, die klassenstufenspezifisch mathematische und mathematikdidaktische Themen für fachfremd unterrichtende Lehrkräfte anboten. Die Lehrkräfte sollten das Curriculum kennenlernen, mathematisches Fachwissen und mathematikdidaktisches Wissen erwerben, ihre didaktischen Fähigkeiten weiterentwickeln und Unterrichtsmaterialien kennenlernen. In der begleitenden Interviewstudie berichteten die Lehrkräfte, dass sie mit dem erworbenen Fachwissen weniger zufrieden waren als mit den anderen Teilen des Kurses. Mishal und Patkin (2016) heben hervor, dass die Lehrkräfte ihren Bedarf für Fortbildung im fachdidaktischen Wissen sehen, jedoch nicht im mathematischen Fachwissen. Herbert und Bragg (2017) evaluieren anhand eines Fallstudiendesigns eine Fortbildung zum mathematischen Argumentieren.³⁰ Als ein lernförderlicher Aspekt der Fortbildung wird beschrieben, dass die Lehrkräfte verschiedene, neue Unterrichtsmethoden von ihren Kolleginnen und Kollegen kennen lernen konnten.

In der Interviewstudie von Rogers, Abbell, Lannin, Wang, Musikul, Barker und Dingman (2007)³¹ wurden Lehrkräfte sowie Fortbildnerinnen und Fortbildner zu Merkmalen effektiver Fortbildungen in Mathematik bzw. Naturwissenschaften befragt. In den Ergebnissen wird das Hineinversetzen der Lehrkräfte in das Lernen

29 (1) Kurze Informationen zum Projekt; (2) Bericht der Lehrkräfte von ihren Unterrichtsbeobachtungen; (3) Bericht der Lehrkräfte von Arbeiten der Schülerinnen und Schüler zum Thema der letzten Sitzung; (4) Einführung in einen neuen Standard; (5) Leseaufgabe und Unterrichtsvorschlag zum Standard, der in der nächsten Sitzung behandelt wird.

30 In Australien nahmen Lehrkräfte der Klasse 5 teil und in Kanada der Klassen 2 und 3. Die Fortbildung bestand aus vier Phasen: (1) Informationen zum mathematischen Argumentieren und dem Forschungsprojekt; (2) Planung von Unterrichtsstunden durch die Lehrkräfte mit bedarfsorientierter Unterstützung durch die Fortbildenden; (3) Durchführung der Unterrichtsstunden mit gegenseitiger Hospitation der Lehrkräfte; unterstützt wurde diese Phase durch einen Beobachtungsbogen und freie Mitschriften; (4) Diskussion der Unterrichtsstunden und Arbeitsergebnisse der Schülerinnen und Schüler; die Diskussion wurde im Rahmen der Begleitforschung videografiert.

31 72 Lehrkräfte und 23 Fortbildnerinnen und Fortbildner aus allen Schulformen (Primarstufe bis Oberstufe), die Mathematik oder Naturwissenschaften unterrichten bzw. in Fortbildungen anbieten.

der Schülerinnen und Schüler (sogenannte Teacher as Learner) als ein wichtiges Merkmal beschrieben. Die Fortbildenden benennen außerdem die Bedeutung des Fach- und fachdidaktischen Wissens.

Aktives Lernen

Das aktive Lernen bzw. Methoden, wie dies angeregt werden kann, werden in verschiedenen Studien benannt. Kutaka et al. (2017) können das eigenständige Lösen mathematischer Probleme als lernförderlich beschreiben, heben aber hervor, dass ausreichend Zeit zur Reflexion als lernförderlich beschrieben wird (Kutaka et al., 2017). In diesem Zusammenhang verweist das Review von Xenofontos et al. (2020) darauf, dass ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Theorie und praktischer Anwendung wichtig ist.

Anwendungsbezug als Merkmal effektiver Fortbildungen wird auch in der Interviewstudie von Rogers et al. (2007) herausgearbeitet und bezieht sich auf verschiedene Aspekte, wie die thematische Passung der Fortbildungsinhalte zu den Unterrichtsthemen der Klassenstufe sowie niedrigschwellige Möglichkeiten, die Unterrichtsmaterialien aus der Fortbildung in den eigenen Unterricht implementieren zu können. Herbert und Bragg (2017) verweisen ebenfalls darauf, dass die enge Einbindung der Fortbildung in den Unterrichtsprozess ein positives Element für effektive Fortbildungen sein kann. Auf die Bedeutung der Implementationsmöglichkeiten im eigenen Unterricht verweist auch die Interviewstudie von McGee, Wang und Polly (2013).³² Die Studie zeigt, dass ggf. auch Unterstützungssysteme hierfür in der Fortbildungsplanung berücksichtigt werden müssen. Scott, Clarkson und McDonough (2012) beschreiben einen Portfolio-Ansatz, mit dem das fachdidaktische Wissen von Primarstufenlehrkräften gefördert werden soll. Im Rahmen einer begleitenden Fallstudie zeigt sich, dass anwendungsfreundliche Materialien, die bei der Unterrichtsplanung helfen und z. B. konkrete Hinweise zur Gestaltung von Unterrichtsgesprächen geben, als hilfreich gelten. In diesem Zusammenhang wird auch ein einfacher und schneller Zugang zu den Materialien als hilfreich beschrieben. Hinderliche Merkmale wurden nicht benannt.

Darüber hinaus wird deutlich, dass das Ausführen der Lernaktivitäten, z. B. von Hands-on-Aktivitäten, lernförderlich ist (Rogers et al., 2007). Die Lehrkräfte können so die Lernerfahrungen von Schülerinnen und Schülern nachempfinden. Auch die Fortbildenden heben dies als Merkmal effektiver Fortbildungen hervor, betonen aber, dass ausreichend Zeit für Diskussion und Reflexion mitentscheidend für die Effektivität der Methode ist.

³² Die Fortbildung adressiert das mathematische Fachwissen sowie Führungskompetenz und Wissen zur Implementation von Bildungsstandards.

Ein Bereich, der beim aktiven Lernen eine besondere Funktion einnimmt, ist die Beobachtung von Unterricht. In der Fallstudie von Copley (2004) wird die Unterrichtsbeobachtung, also das Beobachten anderer Lehrkräfte, als effektive Methode identifiziert. Ergänzend dazu identifizieren Herbert und Bragg (2017) die Beobachtung durch andere Lehrkräfte als effektiv, also dass Lehrkräfte selbst beobachtet werden. Insbesondere die Möglichkeit, im Anschluss die Beobachtungen zu diskutieren, wird positiv hervorgehoben. Diese Diskussionsrunden bieten die Möglichkeit, während der Stunde unbemerkte Reaktionen von Schülerinnen und Schülern oder verpasste Reaktionsmöglichkeiten der Lehrkräfte zu identifizieren und zu diskutieren. Demgegenüber merken die Lehrkräfte aber auch an, dass die Beobachtungssituation für sie zunächst ein Gefühl der Nervosität ausgelöst hat und die Methode mit hohen Kosten verbunden ist.

Qualität der Inhalte

Das Merkmal Qualität der Inhalte wird in den Studien, die sich auf Mathematikunterricht in der Grundschule beziehen, kaum explizit angesprochen. Da viele der Kurse von Forschenden mitentwickelt wurden (z. B. McGee et al., 2013) oder sich explizit auf evidenzbasierte Modelle beziehen (z. B. Prast et al., 2018), kann vermutet werden, dass hier ein Mindestmaß an Qualität im Sinne empirischer Fundierung berücksichtigt wird. Lee, Mojica und Lovett (2020) beschreiben einen Onlinekurs, mit dem das Unterrichten von Statistik unterstützt werden soll, der sich aber primär an Lehrkräfte ab der fünften Klasse richtet. Im Rahmen von vertiefenden Selbstberichten zeigt sich in der Evaluation, dass u. a. der Bezug auf ein Modell zum Forschungsprozess (der Kurs bezieht sich auf den mathematischen Inhalt Daten, Häufigkeit und Wahrscheinlichkeit) sowie Expertendiskussionen den Lehrkräften in der positiven Entwicklung ihrer Einstellung zum Thema geholfen haben.

Kohärenz

Lindvall und Ryve (2019) arbeiten in ihrem systematischen Literaturreview heraus, dass zu dem häufig genannten Merkmal Kohärenz drei unterschiedliche Interpretationen vorzufinden sind: (1) Kohärenz mit äußeren Faktoren (z. B. Bildungsstandards); (2) Kohärenz innerhalb der Fortbildung (z. B. der verwendeten Methoden); (3) Kohärenz zwischen den vorgegebenen oder von den Lehrkräften formulierten Zielen und denen der Fortbildung. Lindvall und Ryve (2019) schlussfolgern, dass Lehrkräfte in den von ihnen berücksichtigten Studien eher als Umsetzerinnen und Umsetzer von Zielen oder Methoden gesehen werden.

Dass Fortbildungen die Implementation von Bildungsstandards unterstützen können, wird in der Studie von Selter et al. (2015) deutlich. Auch die Fallstudie von Copley (2004) kommt zu dem Ergebnis, dass zumindest die Kenntnis von Bildungsstandards förderlich für den Fortbildungserfolg ist. Dies wird auch in der

Interviewstudie von McGee et al. (2013) deutlich, in der insbesondere die Verbindung von Fortbildungsinhalten, dem Lernen der Schülerinnen und Schüler sowie den Bildungsstandards als effektives Merkmal herausgearbeitet wird. Mishal und Patkin (2016) zeigen anhand von Selbstberichten von Lehrkräften, dass Lerngelegenheiten zu Bildungsstandards zum weiteren Wissens- und Fähigkeitserwerb während der Fortbildung beitragen.

Mit Blick auf die Kohärenz der Fortbildungsziele zeigt Lindvall (2017), dass das Fortbildungsangebot zum Vorwissen bzw. der aktuellen Tätigkeit der Lehrkraft kohärent sein sollte. Lindvall (2017) beschreibt zwei Large-scale-Fortbildungsprogramme, die sich an Lehrkräfte in der Grund- und weiterführenden Schule richteten.³³ Die Effektivität der Fortbildungen wurde anhand nationaler Tests auf Ebene der Schülerinnen und Schüler evaluiert.³⁴ Die Autorin zeigt, dass die Programme scheinbar unterschiedlich in den verschiedenen Klassenstufen sowie für die Primar- und Sekundarstufe wirken.³⁵ Für die Primarstufe sieht Lindvall (2017) eher Vorteile für Programm A, da es bevorzugt Themen anspricht, die üblich für die schwedische Primarstufe sind, sich also kohärent in die Arbeit der Lehrkräfte einfügen, z. B. das Problemlösen. Dass der Kompetenzzuwachs nicht signifikant ist, erklärt Lindvall (2017) damit, dass die Schülerinnen und Schüler in der zweiten Klasse mit der Methode Problemlösen möglicherweise schon zu vertraut waren. Umgekehrt vermutet Lindvall (2017), dass der fachliche Anspruch in Programm B möglicherweise zu hoch für die Primarstufenlehrkräfte gewesen sein könnte. Auch in Schweden haben diese in der Regel deutlich weniger fachbezogenes Vorwissen. Das Programm könnte damit nicht kohärent an ihr Vorwissen angeschlossen haben und in der Folge fehlte die Basis für die weitere erfolgreiche Teilnahme am Programm und die Umsetzung im Unterricht. Vor diesem Hintergrund kommt Lindvall (2017; 2016) zu dem Schluss, dass Programme spezifisch zum Ausbildungsstand der Lehrkräfte und dem „üblichen“ Unterricht in ihrer Schulstufe passen sollten, also keine *One-size-fits-all*-Lösungen angeboten werden sollten.

33 Die Programme waren methodisch sehr ähnlich entlang der Merkmale guter Fortbildungen von Desimone (2009) aufgebaut: Fachbezug, aktives Lernen, Kohärenz, Dauer, gemeinsame Teilnahme. Unterschiede: Programm A Fokus auf Curriculum; Planung konkreter Unterrichtsstunden sowie Berücksichtigung der Jahresplanung. Programm B Strukturierung auch entlang mathematischer Inhalte und auf die Unterrichtsplanung mithilfe eines Schemas (Popov, 2014).

34 Die Programme A und B stellten dabei jeweils eine Interventionsgruppe dar. Zusätzlich lagen Daten einer Kontrollgruppe vor, in der die Lehrkräfte an keinem der beiden Programme teilgenommen hatten.

35 Programm A: Leistung der Schülerinnen und Schüler in der zweiten Klasse nimmt leicht zu (nicht signifikant), in der sechsten Klasse nimmt die Leistung zu ($p < .001$). Signifikanter Rückgang der Leistung in den Klassen sieben und acht. Programm B: Signifikanter Rückgang der Leistung in Klasse zwei ($d = .18$) und signifikanter Zuwachs in Klasse acht und neun (jeweils $d = .30$). Bei dem negativen Effekt könnte es sich um ein Artefakt handeln, da üblicherweise positive Effekte berichtet werden (Lindvall, 2017).

Lernzielorientierung

Das Merkmal Lernzielorientierung wird in den in diesem Kapitel vorgestellten Studien nicht explizit angesprochen. Es wird aber bei der Vorstellung des Best-Practice-Beispiels DZLM thematisiert (vgl. Kapitel 5.3.2).

Dauer und Nachhaltigkeit

Boyle und Lamprianou (2006) untersuchen die Fortbildungsteilnahme an verschiedenen Formen (Hospitationen, Coaching, Kooperation (Networking), Kurse) für Mathematik-, Naturwissenschafts- und Englischlehrkräfte in Großbritannien. Sie können deskriptiv zeigen, dass die Fortbildungsteilnahme bei Naturwissenschaftslehrkräften geringer ist als in den anderen beiden Gruppen. Dabei spielen längerfristige Angebote nur eine nachgeordnete Rolle.

Xenofontos et al. (2020) zeigen in ihrem Review, dass, zumindest wenn das Thema soziale Gerechtigkeit im Mathematikunterricht behandelt wird, die Fortbildung von hinreichendem Umfang und angemessener Dauer sein muss, wobei nicht näher ausgeführt wird, was darunter zu verstehen ist. Hervorgehoben wird aber, dass in der Regel Angebote, die sich über einen längeren Zeitraum erstrecken und aus zwei Phasen bestehen, effektiver sind. Dabei wird eine Phase der Wissensvermittlung und Diskussion sowie eine Phase der Wissensanwendung (im Unterricht) unterschieden. In der Studie von Kutaka et al. (2017) wird die Dauer des Programms als ein wichtiges Merkmal hervorgehoben. Das beschriebene Programm besteht aus sogenannten Sommerkursen, in denen die Vermittlung von Fachwissen zentral ist, und Angeboten während des Schuljahres, bei denen fachdidaktische Aspekte im Mittelpunkt stehen. In der Studie wird insbesondere auch die flexible Anpassung des Fortbildungsangebots an den eigenen Unterricht von den Autorinnen und Autoren als mögliche Ursache für positive Fortbildungseffekte diskutiert.

Design

Boyle und Lamprianou (2006) berichten, wie häufig ausgewählte Fortbildungsdesigns von britischen Lehrkräften genutzt werden. Am häufigsten nutzen Lehrkräfte, unabhängig vom Unterrichtsfach, Hospitationen bei anderen Lehrkräften (65 %). Nur 10 % der befragten Mathematiklehrkräfte nutzten Coaching-



Angebote, während dies 20 % der Englischlehrkräfte taten. 32 % der Lehrkräfte nutzten längerfristige Kooperationen mit Kolleginnen und Kollegen, was einen deutlichen Zuwachs gegenüber der ersten Befragung 2002 (16 %) darstellt. 53 % der befragten Lehrkräfte nutzen Möglichkeiten für eine geteilte Unterrichtsvorbereitung. Demgegenüber spielen Kurse (in Präsenz oder online) nur eine untergeordnete Rolle. Lerngruppen werden häufiger genutzt (21% im Jahr 2004 gegenüber 4 % in 2002).

In der von McGee et al. (2013) durchgeführten Interviewstudie zeigte sich, dass die fortlaufende Erfassung von Bedarfen der Lehrkräfte ein wichtiges Element ist, um den Lernerfolg zu erhöhen. Die Lehrkräfte können so fortlaufend in die (Weiter-)Entwicklung der Fortbildung eingebunden werden, indem sie beispielsweise Wünsche für Vertiefungen oder Exkurse anbringen können, auf die dann im Fortbildungsverlauf eingegangen werden kann. Rogers et al. (2007) ergänzen hierzu aus der Perspektive von Fortbildenden, dass es bedeutsam ist, die teilnehmenden Lehrkräfte als Kolleginnen und Kollegen zu sehen. Hiermit ist einerseits eine vertrauensvolle und respektvolle Grundhaltung gegenüber den Lehrkräften gemeint und andererseits das Anerkennen der individuellen Voraussetzungen der Lehrkräfte bei der Planung sowie Möglichkeiten für die Lehrkräfte, an der Planung zu partizipieren.

Gemeinsame und kooperative Teilnahme

In der Evaluationsstudie von Selter et al. (2015) zeigte sich, dass Lehrkräfte, die entweder eine fachbezogene Fortbildung oder eine Kombination aus Fachbezug und Kooperationsförderung erhielten, nach den Fortbildungen mehr Vertrauen hatten, die Einführung der Bildungsstandards zu bewältigen. In der Studie von Prast et al. (2018) haben jeweils alle Mathematiklehrkräfte einer Schule an der Fortbildung teilgenommen. Die Studie erlaubt zwar keine genauen Aussagen zu wirksamen Elementen, jedoch vermuten Prast et al. (2018), dass die (gemeinsame) Motivation an den Schulen zu den positiven Effekten im ersten Studienjahr beigetragen haben könnte. Kutaka et al. (2017) können in ihrer Studie herausarbeiten, dass u. a. das kooperative Arbeiten während der Kurse von den Lehrkräften als hilfreich beschrieben wird. Vorarbeiten von Fleharty und Edwards (2013) konnten zeigen, dass u. a. die fachbezogene Stärkung der Kooperation von Schule und Familie sich positiv auswirkte. Weiterhin werden ausgebaute Netzwerke innerhalb einer Schule, aber auch zwischen Schulen als möglicher positiver Verstärker beschrieben (Hopkins, Spillane, Jakopovic & Heaton, 2013).

Auch in der Fallstudie von Copley (2004) wurde herausgearbeitet, dass Lerngemeinschaften lernförderlich sein können und damit eine Voraussetzung für gelingende Kooperation darstellen. Topping et al. (2011) untersuchen die Implementationsgüte des Programms Duolog Math, bei dem es darum geht, ein Peer-

Tutoring-System auf Ebene der Schülerinnen und Schüler umzusetzen. An der Fortbildung, die die Lehrkräfte erhielten, nahmen zwei Lehrkräfte pro Schule teil. An beiden Fortbildungstagen stand neben der Vermittlung von Informationen zur Methode auch der Austausch zwischen den teilnehmenden Lehrkräften (Tag 1) sowie mit Lehrkräften, die bereits Erfahrung mit der Methode hatten (Tag 2), im Mittelpunkt. Die Studie zeigt, dass die Umsetzung auf Ebene der Lehrkräfte in beiden Jahren ähnlich gut gelingt. Topping et al. (2011) vermuten, dass sich die Lehrkräfte im zweiten Jahr stärker mit den erfahreneren Lehrkräften ausgetauscht haben könnten, was zu der hier erst sichtbar werdenden besseren Implementation auf der Ebene der Schülerinnen und Schüler führte. In der Studie von Rogers et al. (2007) wird die Vernetzung zwischen Lehrkräften als Aspekt effektiver Fortbildungen benannt. Dies bezieht sich zum einen auf Vernetzung während der einzelnen Fortbildungsmaßnahmen. Durch den Austausch mit anderen Lehrkräften, die in derselben Klassenstufe und zum selben Thema unterrichten, wird für die Lehrkräfte weiteres Lernen ermöglicht, das eine Ergänzung zum Kurs darstellt. Auch die Initiierung von (informellem) Austausch außerhalb der Fortbildungsmaßnahmen wird als wichtige Hilfe beschrieben. Lehrkräfte nutzen diesen Austausch, um Materialien zu teilen, sich über Methoden zu informieren oder sich gegenseitig Hilfeleistung bei unterrichtsbezogenen Fragen anzubieten. Der informelle Austausch findet in der Freizeit in unterschiedlicher Form statt (E-Mail, webbasiert). Scott et al. (2012) können in ihrer Fallstudie herausarbeiten, dass der Austausch mit Forscherinnen und Forschern, mit anderen Fachlehrkräften oder in professionellen Lerngruppen als sehr lernförderlich beschrieben wird. Dies zeigt sich auch in der Studie von Herbert und Bragg (2017), hier speziell mit Blick auf Peer-Feedback, den Aufbau kollegialer Beziehungen und gegenseitige Hospitationen.

Freiwillige Teilnahme

Xenofontos et al. (2020) zeigen im Zusammenhang von Fortbildungen zu sozialer Gerechtigkeit und Mathematikunterricht, dass die Lehrkräfte offen für das Thema sein müssen, was durch eine freiwillige Teilnahme leichter zu erreichen ist.

Externe Fortbildnerinnen und Fortbildner

Xenofontos et al. (2020) arbeiten für Fortbildungen zu sozialer Gerechtigkeit und Mathematikunterricht heraus, dass die Fortbildung einen geschützten Raum bieten muss, um über die Thematik offen zu sprechen. Hierbei kommt den fortbildenden Personen eine Schlüsselrolle zu. Mishal und Patkin (2016) zeigen, dass die Lehrkräfte mit den fortbildenden Personen überwiegend zufrieden waren.

Linder (2011) gibt Hinweise, dass es zwar zahlreiche Forschungen zur Effektivität von Fortbildungen im Allgemeinen gibt, aber wenig über die Fortbildenden bekannt ist. In einer qualitativen Analyse kann Linder (2011) über zwei Gruppen

hinweg³⁶ zeigen, dass fünf Merkmale für beide Gruppen entscheidend sind: die fachliche Glaubwürdigkeit und Erfahrung, die Unterstützung durch Fortbildnerinnen und Fortbildner, die Motivation der Fortbildnerinnen und Fortbildner für das Thema, die Organisation der Fortbildung und die Persönlichkeit insgesamt. In ihrer vergleichenden Betrachtung von teilnehmenden Lehrkräften und Fortbildenden können Rogers et al. (2007) in der Diskussion herausarbeiten, dass sich Lehrkräfte und fortbildende Personen in drei Punkten unterscheiden. Erstens betonen die Lehrkräfte lediglich das Durchführen von Aktivitäten aus der Perspektive der Schülerinnen und Schüler. Demgegenüber heben die Fortbildenden hervor, dass der Reflexion der Aktivitäten eine wichtige Funktion zukommt. Zweitens sprechen die Lehrkräfte lediglich von der Bedeutung von Netzwerken. Die Fortbildenden betonen, dass ein kollegiales, vertrauensvolles Verhältnis dabei von großer Bedeutung für das Lernen ist. Drittens betonen die Fortbildenden die Bedeutung von Fach- und fachdidaktischem Wissen, während die Lehrkräfte dem weniger Bedeutung beimessen.

Organisatorische Bedingungen auf Ebene der Schule

LaPointe-McEwan, DeLuca und Klinger (2017) arbeiten in einer Interviewstudie mit Mathematiklehrkräften (K-12) und Fachkonferenzleitungen heraus, dass die Fachkonferenzleitungen eine wichtige Funktion haben, wenn es darum geht, in kooperativen Lernsettings die Nutzung von Evidenz in der Unterrichtsgestaltung zu implementieren. Die Leitungen benötigten dabei jedoch eigene, spezifische Angebote, um ihre Forschungskompetenz zu entwickeln und so die Lehrkräfte zu unterstützen. Roche und Gervasoni (2017) beschreiben ein mathematikbezogenes Fortbildungsangebot, das sich an Schulleitungen und andere Leitungskräfte richtet. Ziel war es, im Anschluss an den Kurs die mathematikbezogene Schulentwicklung verbessern zu können.³⁷ Anhand von zwei Bereichen³⁸ werden Verände-

36 *Gruppe 1: Lehrkräfte, die an In-house-Fortbildungen teilgenommen haben, die sich über einen längeren Zeitraum erstrecken; Gruppe 2: Lehrkräfte, die an zweitägigen Workshops teilgenommen haben.*

37 *Inhalte des Kurses waren: (1) Wissen aus Forschung, Schulverwaltung und Praxis; (2) Bezug zum staatlichen Test- und Fördersystem (Mathematics Assessment Interview (MAI) and associated growth point framework); (3) Effektiver Mathematikunterricht; (4) Entwicklung eines Umsetzungsplans für die eigene Schule*

38 *„1. We are interested in your perceptions of the amount of change in your teaching practice since you commenced professional learning aligned with [their whole-school] approach. Please indicate the extent to which these aspects were/are a part of your teaching of mathematics (prior to the implementation of [their whole-school reform] and now) using the scale below. [The scale was from 0 = Not at all and 10 = A great deal.] 2. We are interested in the extent to which the recent focus of mathematics in your school has contributed to a change in your knowledge about the teaching of mathematics. Please rate your understanding of this content (prior to the implementation of the [their whole-school reform] and now) using the scale below. [The scale was from 0 = No understanding and 10 = A thorough understanding.]“ (Roche & Gervasoni, 2017, Hervorhebungen im Original).*

rungen in der Unterrichtspraxis und im Wissen der Lehrkräfte erfasst. Deskriptiv zeigen sich positive Veränderungen in der Unterrichtspraxis, z. B. dem Einsatz offener Aufgaben oder der Schülerinnen- und Schülerorientierung und dem Wissen. Lehrkräfte, die vorher schon eine mathematikbezogene Spezialisierung erfahren hatten, zeigten größere selbstberichtete Wissenszuwächse. Roche und Gervasoni (2017) sehen ihren Ansatz, (Fach-)Leitungen zu adressieren, damit als einen erfolgversprechenden Ansatz, um trotz begrenzter Ressourcen (Geld, Zeit) die Qualität von Mathematikunterricht zu verbessern. Die Autorinnen nehmen an, dass insbesondere die Teilnahme der (Fach-)Leitungen, die Verankerung für die Klassenlehrkräfte an der eigenen Schule und die Entwicklung eines empirisch basierten Handlungsplans für jede einzelne Schule zum Erfolg der Fortbildung beigetragen haben.

Rogers et al. (2007) gleichen ihre Befunde mit der existierenden Forschung und den bildungspolitischen Standards ab. Dabei fällt auf, dass drei Bereiche weder durch die Lehrkräfte noch die Fortbildenden angesprochen werden: erstens die Herausforderung fachbezogene Einstellungen und Wissen durch transformative Lernprozesse weiterzuentwickeln. Zweitens geht keine der befragten Gruppen darauf ein, dass die Lehrkräfte auch dazu befähigt werden sollten fachbezogene Leitungsaufgaben, beispielsweise als Fachleitung an ihrer Schule, zu übernehmen. Drittens wird nicht auf die Kompetenz von Schülerinnen und Schülern als Indikator für den Fortbildungsbedarf und -erfolg eingegangen. Fortbildende gelten dabei als Mittler zwischen durch Forschung und Politik definierten Merkmalen effektiver Fortbildung sowie den Bedarfen der Lehrkräfte. Rogers et al. (2007) leiten daraus verschiedene Forderungen für die Praxis ab: Erstens sollte Lernen in Fortbildungen als ein transformatives Lernen und weniger als additives Lernen verstanden werden. Dies gilt insbesondere für das Fach- und fachdidaktische Wissen. Zweitens sollten Lehrkräfte darin unterstützt werden, auch Leitungsaufgaben zu übernehmen, um die Effekte der Fortbildung nachhaltiger in den einzelnen Schulen zu implementieren. Lässt man diesen Punkt außer Acht, wird eine Fortbildungsmaßnahme möglicherweise nur den Unterricht einer einzelnen Lehrkraft (positiv) beeinflussen. Wird außerdem eine Implementation in der Schule mitgedacht, können auch andere Fachlehrkräfte an der Schule davon profitieren. So kann die fachbezogene Unterrichtsentwicklung effektiver gelenkt und unterstützt werden. Drittens sollte zukünftig die Nutzung von empirischen Daten, beispielsweise aus Vergleichsarbeiten, in Fortbildungen expliziter thematisiert werden, sodass diese Daten von den Lehrkräften für die Förderung der Schülerinnen und Schüler auch effektiv genutzt werden können.

5.2.2 Wirkung von Fortbildungen im Bereich Naturwissenschaften

Im Bereich Naturwissenschaften liegen bereits einige Studien vor, die die Wirkung von Fortbildungen auf die professionelle Kompetenz sowie Fähigkeiten von Lehrkräften, ihre Unterrichtspraktiken (Unterrichtsqualität) und die Schülerleistungen untersuchen. Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die Merkmale der recherchierten Primärstudien zu Fortbildungen für Primarstufenlehrkräfte im Bereich Naturwissenschaften. Im Rahmen der Literaturrecherche konnten anhand der vorliegenden Studien verschiedene Gelingensbedingungen in Form von Fortbildungsmerkmalen identifiziert werden. Anhand dieser Fortbildungsmerkmale werden die recherchierten Studien und ihre Ergebnisse systematisch vorgestellt.

Tabelle 3. Merkmale der Primärstudien

Studie	Land	Programm/Thema	Fortbildnerinnen und Fortbildner	Dauer
Studien mit quantitativem Design				
Borman et al., 2009	USA	Teaching SMART (Teaching Science, Mathematics and Relevant Technologies)-Fortbildungsprogramm (3 jährliche Treffen sowie Coaching-Treffen mit einer Lehrkraft und eine halbtägige Networking-Session)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Expertinnen und Experten (Lehrkräfte (ressource teachers), Weiteres nicht benannt) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3 Jahre
Ertikanto et al., 2017	Indonesien	Vergleich von zwei Fortbildungsprogrammen mit Fokus auf Scientific Inquiry -SITP: Scientific Inquiry -MSSITP: Scientific Inquiry + Modellernen mithilfe von Experten	<ul style="list-style-type: none"> ■ Expertinnen und Experten (Forschende) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 35 Stunden Kontaktzeit ■ 5 Einheiten
Grigg et al., 2013	USA	Vergleich von zwei Fortbildungsprogrammen zum forschenden Lernen (Inquiry-based Learning): -IG1: Science Immersion -IG2: Full Option Science System (FOSS) (Hands-on-Curriculum) -VG: Vergleichsgruppe	<ul style="list-style-type: none"> ■ Expertinnen und Experten (Teams aus pädagogischen und naturwissenschaftlichen Fakultäten von Partneruniversitäten, LAUSD-Zentrale und dem lokalen Distrikt und LAUSD-Lehrkräfte für Naturwissenschaften) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Science Immersion: 2-5 Tage ■ FOSS: 1-3 Tage
Heller et al., 2012	USA	Vergleich dreier Fortbildungsprogramme: -IG1: Teaching Cases: Analyse schriftlicher Fälle, die nicht aus dem eigenen Unterricht stammen, sowie Diskussion über Unterrichtspraxis -IG2: Looking at Student Work: Analyse von Dokumenten der eigenen Schülerinnen und Schüler sowie Diskussion über Unterrichtspraxis -IG3: Metacognitive Analysis: schriftliche Reflexion mithilfe von Prompts zu Inquiry und Diskussion -CG: Kontrollgruppe	<ul style="list-style-type: none"> ■ Expertinnen und Experten (geschulte lokale Fortbildende) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 24 Stunden Kontaktzeit ■ 3 Tage

Studie	Land	Programm/Thema	Fortbildnerinnen und Fortbildner	Dauer
Kleickmann et al. (2016)	D	Verschiedene Intensität von Experten-Scaffolding sowie Einsatz von Curriculumsmaterialien -IG1: Materialien und Fortbildung mit viel Scaffolding durch Experten -IG2: Materialien und Fortbildung mit wenig Scaffolding durch Experten -KG: Kontrollgruppe, die nur Materialien erhält -BG: Baseline-Gruppe (keine Intervention)	<ul style="list-style-type: none"> Experte (Hochschuldozent mit Erfahrung im Unterrichten von Sachunterricht) 	<ul style="list-style-type: none"> 100 Stunden Kontaktzeit 16 Tage
Lumpe et al., 2012	USA	langdauernde Fortbildung (adaptierte Version vom Full Option Science System (FOSS))	<ul style="list-style-type: none"> Expertinnen und Experten (aus Naturwissenschaftsdidaktik, Förderlehrkräfte und Forschende) 	<ul style="list-style-type: none"> Über 80 Stunden Kontaktzeit im Jahr
Mant et al., 2007	GB	Conceptual Challenge in Primary Science-Fortbildungsprogramm -IG: Teilnahme am Fortbildungsprogramm -KG: keine Fortbildung	<ul style="list-style-type: none"> Expertinnen und Experten (keine genaue Angabe) 	<ul style="list-style-type: none"> 8 volle Fortbildungstage und 4 halbe Fortbildungstage verteilt über das Schuljahr hinweg
Roth et al., 2011	USA	Fortbildungsprogramm STeLLA mit Fokus auf Vorstellungen von Lernenden und videobasierte Unterrichtsanalyse IG: Fortbildungsprogramm STeLLA mit dem Fokus auf inhaltspezifische Instruktion und Schülerdenken mithilfe von videobasierter Unterrichtsanalyse KG: keine Fortbildung	<ul style="list-style-type: none"> Expertinnen und Experten (aus der naturwissenschaftlichen Fakultät) 	<ul style="list-style-type: none"> 10 Monate
Roth et al., 2019	USA	Vergleich Fortbildungsprogramme mit unterschiedlichen Fokussen IG1: STeLLA-Fortbildungsprogramm mit Fokus auf Praxisanalyse IG2: Vertiefung Fachwissen	<ul style="list-style-type: none"> Expertinnen und Experten (erfahrene Fortbildende) 	<ul style="list-style-type: none"> 24 Stunden Kontaktzeit 14 Wochen
van Aalderen-Smeets et al., 2015	Niederlande	Fortbildung mit Fokus auf Überzeugungen zum (Lehren von) Naturwissenschaften und Inquiry IG: Fortbildung KG: keine Fortbildung		<ul style="list-style-type: none"> Kontaktzeit von 18 Stunden (6 Treffen à 3 Stunden) Zusätzlich 35-40 Stunden Vorbereitungszeit und Aufgaben für die Lehrkräfte 6 Monate
Qualitative Studien und querschnittliche Studien				
Appleton, 2008a	Australien	zweitägiger Workshop zum neuen Curriculum sowie zusätzliches (wöchentliches) Mentoring	<ul style="list-style-type: none"> Experte (Mentor/Forscher) 	<ul style="list-style-type: none"> keine genaue Angabe
Dalehefte & Rieck, 2014	D	Vergleich des Unterrichts von SINUS-an-Grundschulen-Lehrkräften mit einer Kontrollgruppe -IG: SINUS an Grundschulen (Lehrerprofessionalisierungsprogramm) -KG: Kontrollgruppe ohne Teilnahme an SINUS an Grundschulen	<ul style="list-style-type: none"> Fortbildung durch Expertinnen und Experten (Forschende u. Fortbildende/Lehrkräfte) Kooperation/aktive Zusammenarbeit zwischen Lehrkräften in Teams 	<ul style="list-style-type: none"> keine genaue Angabe

Inhaltlicher Fokus

Alle bei der Literaturrecherche identifizierten Fortbildungen zeichnen sich durch ihren Fachbezug aus, also ihren Fokus auf fachspezifische Inhalte. Im Fokus vieler Fortbildungen für Lehrkräfte im Bereich Naturwissenschaften steht dabei insbesondere eine stärkere Implementation des (naturwissenschaftlichen) Inhalts „Denk- und Arbeitsweisen“ (z. B. Fragen stellen, Beweise sammeln und interpretieren, Erklärungen kommunizieren) bzw. des forschenden Lernens in den Unterricht. Denk- und Arbeitsweisen gelten insbesondere in MINT als zentral für das Lernen der Schülerinnen und Schüler. Nicht nur weil Denk- und Arbeitsweisen selbst Bestandteil von MINT sind, sondern weil sie auch „Handwerkszeug“ zum Erwerb des inhaltsbezogenen Wissens darstellen. Verschiedene Studien zeigen allerdings, dass forschungsbasiertes Lernen mit geringer Anleitung und Unterstützung durch die Lehrkräfte nicht zum Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler führen muss (Kirschner, Sweller & Clark, 2006). Dies deutet darauf hin, dass Schülerinnen und Schüler verstärkt Unterstützung beim forschungsbasierten Lernen benötigen. Vor diesen Befunden scheint es umso wichtiger, Lehrkräfte auch für diesen Aspekt fortzubilden.

Vor diesem Hintergrund untersuchten Grigg, Kelly, Gamoran und Borman (2013) die Wirkung zweier Fortbildungsprogramme, deren Fokus auf **forschendes Lernen (Inquiry-based Learning)** lag. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass beide Fortbildungsprogramme dazu führten, dass im Sachunterricht mehr forschungsbasiert (Inquiry-based) gelehrt und gelernt wurde. Allerdings zeigte sich, dass es sich um einzelne Aspekte von Inquiry handelte. Diese Aspekte überschritten sich mit den Aspekten von Inquiry, die am häufigsten in den Fortbildungen thematisiert wurden (Grigg et al., 2013). Hierbei handelte es sich um die Beschäftigung mit wissenschaftlichen Fragestellungen, die Nutzung von Evidenz für die Beantwortung von Fragestellungen und die Formulierung von Erklärungen anhand von Evidenz. Hingegen wurde im Unterricht weniger beobachtet, dass Lernende Erklärungen mit wissenschaftlichen Erkenntnissen verbinden und ihre Erklärungen rechtfertigen. Hier ergaben allerdings auch die Beobachtungen der Fortbildungen, dass es den Fortbildenden schwerfiel, diese Aspekte adäquat zu vermitteln.

Auch Ertikanto et al. (2017) verglichen in ihrer Studie zwei Fortbildungsprogramme (SITP & MSSITP), die auf die Förderung der Fähigkeiten zum **Scientific Inquiry** (Denk- und Arbeitsweisen) ausgerichtet waren und auf die Förderung der Fähigkeiten der Lehrkräfte durch **Manuale, Unterrichtspläne, Lehrmaterialien und der Thematisierung von Scientific Inquiry** in Fortbildungen abzielten. Der Unterschied zwischen den beiden Fortbildungsprogrammen lag darin, dass im MSSITP-Fortbildungsprogramm Scientific Inquiry zusätzlich auch durch Modelllernen an-

hand von Expertinnen und Experten im Sinne von sozialem Lernen nach Bandura unterstützt wurde. Die Ergebnisse weisen auf höhere Scientific-Inquiry-Fähigkeiten der Lehrpersonen des MSSITP-Fortbildungsprogramm gegenüber dem anderen Fortbildungsprogramm hin ($p = .00$). Dies könnte folglich darauf hindeuten, dass geeignete Instruktionen bzw. Unterstützungsmaßnahmen höhere Effekte erzielen.

Auch in der Studie von Lumpe, Czerniak, Haney & Beltyukova (2012) liegt der Fokus auf **dem forschenden Lernen**, wenn auch weitere Merkmale guter Fortbildungen (z. B. aktives Lernen, inhaltlicher Fokus, Kohärenz und Dauer, kollektive Teilnahme) bei der Konzeption dieser Fortbildung berücksichtigt wurden. Als zusätzliche Unterstützungsmaßnahme nahmen die teilnehmenden Lehrkräfte nicht nur an den Fortbildungen, sondern an **Unterstützungstreffen mit anderen Lehrkräften** (Gesamtfortbildungsdauer über 80 Stunden) teil. Die Wirkung des Fortbildungsprogramms wurde auf die Selbstwirksamkeitserwartung und die Kontextüberzeugungen der Lehrkräfte untersucht, und der Posttest zeigte einen signifikanten Zuwachs in der Selbstwirksamkeitserwartung und eine signifikante Reduktion der Kontextüberzeugungen (Überzeugungen zur Unterstützung durch das Arbeitsumfeld). Letzteres ist verwunderlich, da durch die kollektive Teilnahme eher eine Verbesserung dieser Überzeugungen erwartet worden wäre. Denkbar wäre aber, dass erst durch die bewusste Auseinandersetzung mit der Unterstützung durch das Arbeitsumfeld gemerkt wurde, dass man sich nicht gut genug unterstützt fühlt. Allerdings ist einschränkend anzumerken, dass eine Kontroll- und Vergleichsgruppe fehlt. Dadurch ist unklar, ob die Veränderungen in den Überzeugungen möglicherweise auf Retest-Effekte und nicht auf die Fortbildung zurückzuführen sind. Dies könnte aber möglicherweise dadurch entkräftet werden, dass in der Studie ein positiver Zusammenhang zwischen der Anzahl der Fortbildungsstunden und den Leistungen der Schülerinnen und Schüler gefunden wurde.

Weitere Studien kombinierten das forschende Lernen mit anderen inhaltlichen Fokussen. In der Studie von van Aalderen-Smeets und van der Molen (2015) lag neben dem forschenden Lernen ein Schwerpunkt des Fortbildungsprogramms auf der Auseinandersetzung mit den Überzeugungen der Lehrkräfte zu(m Unterrichten von) Naturwissenschaften. Im Rahmen des Fortbildungsprogramms wurden die einzelnen Komponenten der Überzeugungen zu Naturwissenschaften und zum Unterrichten von Naturwissenschaften hinterfragt und ein Bewusstsein für die eigenen Überzeugungen geschaffen. Eine Beispielaufgabe zur Auseinandersetzung mit den Überzeugungen zu Naturwissenschaften war es, in einem Tagebuch festzuhalten, was die Lehrkräfte im Alltag alles mit naturwissenschaftlichem Bezug beobachten können, um die Relevanz von Naturwissenschaften bewusst zu machen. Weitere Beispielaktivitäten waren Diskussionen über die eigenen Überzeugungen in Bezug auf (das Unterrichten) von Naturwissenschaften, die Relevanz

von Naturwissenschaften sowie geschlechterstereotype Vorstellungen. Es zeigte sich, dass die fortgebildeten Lehrkräfte nach der Fortbildung eine höhere Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf das Unterrichten von Naturwissenschaften hatten und sich weniger abhängig von Kontextfaktoren fühlten. Zudem hatten die Lehrkräfte nach der Fortbildung signifikant mehr Freude am Unterrichten von Naturwissenschaften als die Lehrkräfte der Kontrollgruppe. Die Fortbildung hatte auch positive Effekte auf die persönlichen Überzeugungen hinsichtlich Naturwissenschaften, der Wahrnehmung der Relevanz von Naturwissenschaften und Ängste hinsichtlich des Unterrichts von Naturwissenschaften wurden abgebaut. Des Weiteren gaben die fortgebildeten Lehrkräfte an, nach der Fortbildung häufiger Naturwissenschaften in der Grundschule zu unterrichten.

Neben dem Fokus auf das forschende Lernen setzen viele Fortbildungen auch vermehrt ihren Schwerpunkt auf das Lernen der Schülerinnen und Schüler sowie deren Vorstellungen zu verschiedenen Themen des Sachunterrichts. Um zu prüfen, ob Fortbildungen mit einem Fokus auf die reine Vermittlung von Fachwissen oder Fortbildungen, die die Auseinandersetzung mit dem Lernen der Schülerinnen und Schüler anhand von Fallanalysen aus der eigenen Praxis fördern, besser geeignet sind, um die professionelle Kompetenz und die Unterrichtspraxis der Lehrkräfte zu verändern, wurden in einer Studie von Roth, Wilson, Tylor, Stuhlsatz und Hvidsten (2019) zwei Fortbildungsmaßnahmen miteinander verglichen. Die Fortbildungsmaßnahme STeLLA hatte ihren Schwerpunkt in der **Praxisanalyse**, während die andere Fortbildungsmaßnahme auf die Vertiefung des Fachwissens fokussierte. Die Praxisanalyse-Gruppe beschäftigte sich intensiv mit den Vorstellungen ihrer Schülerinnen und Schüler zu naturwissenschaftlichen Konzepten sowie ihren Lernprozessen und ging der Frage nach, wie diese im Unterricht entstehen und dort weiterentwickelt werden können. Zudem beschäftigte sich diese Gruppe damit, wie inhaltlich kohärente Unterrichtsstunden gestaltet werden können. Vom Unterschied in der Ausrichtung abgesehen, glichen sich die Fortbildungsmaßnahmen in der Dauer (sowohl in Bezug auf die Gesamtstundenzahl als auch auf die Zeitspanne von einem Jahr) sowie der Implementation von Eigenschaften effektiver Fortbildungen in die Maßnahmen (z. B. aktives Lernen). Es zeigten sich signifikante Treatment-Effekte für die Praxisanalysegruppe im Fachwissen ($\beta = 4.77$, $SE = 0.77$, $p = .001$), fachdidaktischen Wissen ($\beta = 5.33$, $SE = 0.77$, $p = .001$) und in den Unterrichtspraktiken ($\beta = 15.60$, $SE = 1.32$, $p = .001$). Der indirekte Effekt der STeLLA-Fortbildung (vermittelt über die Unterrichtspraktiken) ist statistisch signifikant ($p = .02$). Die Autorinnen und Autoren schlussfolgern auf Basis ihrer Ergebnisse, dass das Fortbildungsprogramm STeLLA über die bisherigen förderlichen Eigenschaften von Fortbildungen weitere Aspekte eingeführt hat, die für das Lehren und Lernen von Naturwissenschaften förderlich sind.

Weitere Studien prüfen hingegen, ob es einen Unterschied in der Wirkung von Fortbildungen auf die professionelle Kompetenz sowie die Unterrichtspraktiken von Sachunterrichtslehrkräften macht, wie die Auseinandersetzung mit den Vorstellungen und Lernprozessen der Schülerinnen und Schüler erfolgte. Hierbei wurden in verschiedenen Studien unterschiedliche Formen von Fall- bzw. Praxisanalysen miteinander verglichen. Ein Beispiel dafür ist die Studie von Heller, Daehler, Wong, Shinohara und Miratrix (2012), die bei der Evaluation dreier Fortbildungsansätze (Teaching Cases, Looking at Student Work und Metacognitive Analysis) untersucht, wie **verschiedene Arten von Fallanalysen** sich auf das naturwissenschaftliche Wissen der Grundschullehrkräfte und der von ihnen unterrichteten Schülerinnen und Schüler auswirken. In allen drei Fortbildungsansätzen lag (a) der inhaltliche Fokus auf dem naturwissenschaftlichen Thema „Stromkreislauf“, (b) gab es Möglichkeiten für aktives Lernen (active learning) der Lehrkräfte, (c) war das Curriculum der Fortbildung kohärent mit dem Curriculum, das die Lehrkräfte im Unterricht adressieren sollen, (d) war die Dauer und Länge der Kontaktzeit substanziell (3 x 8 Stunden Kontaktzeit) und (e) fand kollektive Partizipation statt, bei der sich die Lehrkräfte am professionellen Diskurs und der kritischen Reflexion beteiligen. Die drei Fortbildungsansätze unterscheiden sich allerdings in der Art und Weise, wie sie das (fachdidaktische) Wissen der Lehrkräfte steigern wollen. Während der Fortbildungsansatz Teaching Cases anhand von **schriftlichen Fällen, die nicht aus dem eigenen Unterricht stammen**, über Unterrichtspraxis diskutierte, analysierten die teilnehmenden Lehrkräfte aus dem Looking-at-Student-Work-Fortbildungsansatz **Dokumente der eigenen Schülerinnen und Schüler**. Beim Fortbildungsansatz Metacognitive Analysis reflektierten die Lehrkräfte in den Sitzungen zuerst mithilfe von inhaltsspezifischen Prompts³⁹ schriftlich zu Inquiry und diskutierten anschließend in der Gruppe ihre eigenen Lernprozesse. Die **Prompts, die die schriftliche Reflexionen unterstützen sollten**, bezogen sich auf Inquiry und fokussierten auf folgende Inhalte: (a) naturwissenschaftliche Ideen/Inhalte, die sie während der wissenschaftlichen Untersuchung gelernt haben, (b) Konzepte, die besonders knifflig oder überraschend waren, (c) die Logik hinter einer falschen wissenschaftlichen Idee, die sie hatten, und (d) die Auswirkungen auf das, was Schülerinnen und Schüler lernen sollten und wie der wissenschaftliche Inhalt gelehrt werden sollte. Neben den drei Fortbildungsansätzen umfasste das Studiendesign auch eine vierte Gruppe, deren Lehrkräfte an keiner der drei genannten Fortbildungen teilnahmen und somit als Kontrollgruppe fungierte. Die Ergebnisse der statistischen Analysen zeigten, dass Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler der drei Fortbildungsansätze im Posttest

39 Prompts sind kurze Hinweise, z. B. in Form von allgemeinen Fragen oder genauen Ausführungsanleitungen. Sie sollen zu verschiedenen Zeiten des Lernprozesses dazu anregen, bestimmte Aspekte eines Themas (kognitiv) oder der eigenen Lernaktivität (metakognitiv) zu reflektieren.

signifikant besser im Wissenstest abschnitten als Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Auch für die schriftlichen Begründungen zu Fragen zum Thema Stromkreislauf bzw. das Begründungswissen der Lehrkräfte sowie das der Schülerinnen und Schüler zeichnete sich dieses Bild ab. Vertiefte Analysen zeigten, dass das Lehrkraftwissen am Ende der Fortbildung den Wissenszuwachs der Schülerinnen und Schüler signifikant vorhersagte. Betrachtet man die Kompetenz der Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler ein Jahr nach der Fortbildung erneut, verändern sich die Ergebnisse und weisen somit eine zum Teil eingeschränkte Nachhaltigkeit: Während die fortgebildeten Lehrkräfte und ihre Schülerinnen und Schüler weiter signifikant höhere Scores im Wissenstest erzielten, zeichnet sich ein Jahr nach der Fortbildung ab, dass lediglich die Lehrkräfte des Teaching-Cases-Fortbildungsansatzes (Analyse von schriftlichen Fällen, die nicht aus dem eigenen Unterricht stammen) noch signifikant besser beim Begründungswissen abschnitten als die Lehrkräfte der Kontrollgruppe. Bei den Schülerinnen und Schülern gaben im Jahr nach der Fortbildung nur die von Lehrkräften der Teaching-Cases und Looking at Student Work (Analyse von Dokumenten der eigenen Schülerinnen und Schüler) unterrichteten Schülerinnen und Schüler signifikant adäquatere Begründungen als die Schülerinnen und Schüler aus der Kontrollgruppe an. Insgesamt verdeutlicht die Untersuchung, dass der kognitive Fokus auf die Schülervorstellungen bedeutsam für das Lernen der Schülerinnen und Schüler ist, aber die Methode der Auseinandersetzung mit diesen Vorstellungen eine Rolle für die Nachhaltigkeit der Effekte spielen könnte.

Aktives Lernen

Fortbildungsprogramme für den Sachunterricht, die sich in wissenschaftlichen Studien als effektiv erwiesen haben, setzen mehrheitlich auf das aktive Lernen der Lehrkräfte während der Fortbildung. Wie die Lehrkräfte zum aktiven Lernen angeregt wurden, unterscheidet sich aber zwischen den verschiedenen Fortbildungsprogrammen. Während beispielsweise Heller et al. (2012) die Lehrkräfte durch Prompts oder die Analyse von Dokumenten fremder oder eigener Schülerinnen und Schüler zum aktiven Lernen anregten, setzen andere wirksame Fortbildungen auf aktives Lernen, indem sie Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern durch das Führen von Interviews durch die Lehrkräfte oder Praxiserprobungsphasen auf den Grund gehen (Kleickmann et al., 2016). Fortbildungen, die auf die Verbesserung von Inquiry-based Learning im Unterricht abzielen, involvieren Lehrkräfte in den meisten Fällen selbst durch forschendes Lernen. Weitere Methoden, um aktives Lernen anzuregen, sind die Gestaltung von Unterrichtsmaterialien oder Unterrichtseinheiten (Mant, Wilson & Coates, 2007; Grigg et al., 2013). So besuchten in der Studie von Mant et al. (2007) Lehrkräfte beispielsweise ein Fortbildungsprogramm und entwickelten Unterrichtseinheiten zu naturwissenschaft-

lichen Inhalten, die stärker auf das praktische Arbeiten, die Diskussion und das Denken und weniger auf bloßes Aufschreiben von Inhalten fokussierten. Die Studienergebnisse zeigten, dass mehr Schülerinnen und Schüler besser im Wissens-tests abschnitten als vorher. Zudem waren die Schülerinnen und Schüler sowie die Lehrkräfte engagierter und motivierter hinsichtlich des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Dies könnte auf die Wirksamkeit dieser Methode des aktiven Lernens hindeuten.

Qualität der Inhalte

Ein Merkmal vieler erfolgreicher Fortbildungen im Bereich Naturwissenschaften ist die Nutzung von theorie- und evidenzbasierten Inhalten. Dies bezieht sich zum einen auf die Auswahl und Aufbereitung der fachspezifischen Inhalte und zum anderen auf die Konzeption und Gestaltung der Fortbildungen anhand von Fortbildungsmerkmalen, die sich empirisch auch als förderlich erwiesen haben. Bei der Gestaltung sind zudem die Methoden bzw. Unterstützungsmaßnahmen für die Vermittlung von Inhalten wichtig. Ähnlich wie bei den Schülerinnen und Schülern können Bildungsangebote mit geeigneten Unterstützungsmaßnahmen das Lernen von Lehrkräften unterstützen. Um einen Einblick zu erhalten, welche Unterstützungsmaßnahmen besonders geeignet für die Förderung des Lernens der Lehrkräfte sind, werden im Folgenden Studien vorgestellt, die die Wirkung unterschiedlicher Unterstützungsmaßnahmen im Rahmen von Fortbildungen für Primarstufenlehrkräfte untersucht und evaluiert haben. In einer Studie von Kleickmann et al. (2016) wurde beispielsweise in einer Stichprobe von 73 Sachunterrichtslehrkräften untersucht, welche Bedeutung verschiedene Ausprägungen an **Unterstützungsmaßnahmen (Scaffolding)** durch Expertinnen und Experten für die Erhöhung der Kompetenz der Lehrkräfte, der Unterrichtsqualität und der Leistungen der Schülerinnen und Schüler hat. Da vielfach diskutiert wird, inwiefern es ausreicht, Lehrkräfte lediglich mit gut ausgearbeiteten didaktischen Materialien auszustatten, um ihr Unterrichtshandeln zu verbessern, wurde in der Studie zudem dieser Fragestellung nachgegangen. Während zwei Interventionsgruppen an einer Fortbildung mit unterschiedlichem Umfang an **Scaffolding (hoch vs. niedrig) teilnahmen sowie didaktische Materialien** erhielten, bekam eine Interventionsgruppe lediglich die didaktischen Materialien und die Kontrollgruppe weder die didaktischen Materialien noch die Fortbildungen. Das Experten-Scaffolding umfasst in dieser Studie das Herausfordern der naiven Vorstellungen der Lehrkräfte durch das Geben von (Gegen-)Beispielen, das Bilden von Analogien, das Anregen von Diskussionen sowie das Einbeziehen der Lehrkräfte in wissenschaftliche Untersuchungen. Des Weiteren wurde die Konstruktion von wissenschaftlich korrektem Wissen durch adaptive Aufforderungen und Hilfe bei der Anwendung neu erworbener Konzepte (z. B. der Vergleich der Dichte von Objekten) auf naturwis-

senschaftliche Phänomene unterstützt. In Bezug auf das fachdidaktische Wissen wurden die Lehrkräfte ermutigt, ihre eigenen inhaltsbezogenen Lernprozesse zu reflektieren. Die zwei Gruppen (Scaffolding hoch vs. niedrig) unterschieden sich im Umfang des Scaffolding durch den Experten, wobei die Gruppe Scaffolding niedrig rund 50% weniger Scaffolding erhielt (circa 10 Stunden) als die Gruppe Scaffolding hoch (circa 19 Stunden). Da die Gruppe mit niedrigem Scaffolding dadurch mehr freie Zeit zur Verfügung hatte, wurde diese Zeit für Unterrichtsvorfürungen und -analysen genutzt. Der inhaltliche Fokus des fünfmonatigen Fortbildungsprogramms sowie der Materialien lag auf elf naturwissenschaftlichen Themen (insbesondere Schwimmen & Sinken sowie beispielsweise Luft & Luftdruck, Magnetismus, Stromkreisläufe), die für Kinder in der Primarstufe geeignet sind. Um die Ergebnisse der Studie besser einordnen zu können, wurde zudem eine Gruppe an Lehrkräften hinzugezogen, die weder eine Fortbildung noch das didaktische Material erhielt (eine sogenannte Baseline-Gruppe). Bei den Lehrkräften zeigten sich in den beiden Scaffolding-Gruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant höhere Scores in den Beliefs zum Conceptual Change ($ES = 1.07$), also den Überzeugungen, ob und wie Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern, die nicht wissenschaftlich korrekten Vorstellungen entsprechen, verändert werden können. Die transmissiven Überzeugungen ($ES = -0.60$) sanken hingegen signifikant. Das bedeutet, dass Lehrpersonen weniger die Überzeugung hatten, dass die Vermittlung von Inhalten lediglich durch einen Transfer von Lehrkraft auf Schülerinnen und Schüler erfolgen soll, bei dem die Schülerinnen und Schüler die Inhalte passiv aufnehmen (transmissive Beliefs). Zugleich verringerten sich auch die Hands-on-Beliefs ($ES = -0.53$). Folglich hatten die Lehrkräfte weniger die Überzeugung, dass Naturwissenschaften mit Lernen anhand von Hands-on-Aktivitäten gleichgesetzt werden (Hands-on-Beliefs). Bei der Motivation zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Im Hinblick auf die Unterrichtsqualität zeigte sich, dass



die beiden Scaffolding-Gruppen signifikant höhere Ratings bei zwei Indikatoren der Unterrichtsqualität, nämlich Herausfordern der Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler ($ES = 1.05$) und Strukturierung des Inhalts ($ES = 0.76$), erzielten als die Lehrkräfte der Kontrollgruppe. In Bezug auf die Schülerinnen und Schüler fanden Kleickmann et al. (2016) in ihrer Studie heraus,

dass Schülerinnen und Schüler von Lehrkräften, die nur didaktische Materialien erhielten, geringere Leistungen erzielten als Schülerinnen und Schüler von Lehrkräften, die Zugang zu diesen Materialien und dem Scaffolding durch Expertinnen und Experten hatten ($ES = 0.55$). Zugleich erzielten die Schülerinnen und Schüler der Lehrkräfte in der Gruppe mit dem hohen Scaffolding bessere Leistungen als Schülerinnen und Schüler von Lehrkräften aus der Gruppe mit niedrigem Scaffolding ($ES = 0.45$). Weiteren Analysen zeigten, dass die Unterrichtsqualität der Lehrkräfte ein wichtiger Mediator für die Effekte der Fortbildungen auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler war. Die Studienergebnisse weisen somit insgesamt darauf hin, dass (intensives) Scaffolding zum einen eine effektive Unterstützungsmaßnahme für das Lernen der Lehrkräfte in Fortbildungen sein kann und zum anderen die Ausgabe von didaktischem Material allein (ohne weitere Unterstützungsmaßnahmen) nicht zwangsläufig hilfreich ist, um die Entwicklung des Unterrichts anzuregen.

Kohärenz

Viele erfolgreiche Fortbildungen für Primarstufenlehrkräfte im Bereich Naturwissenschaften haben gemeinsam, dass die Inhalte der Fortbildungen im Einklang mit den Curricula, Bildungsplänen etc. stehen. So werden beispielsweise in der Studie von Kleickmann et al. (2016) Konzepte wie Elektrizität, Luft und Wasser aufgegriffen, die in den Curricula wiederzufinden sind. Auch Roth et al. (2019) und weitere Forschende orientierten sich bei der Gestaltung der Fortbildungen an den Curricula des Landes bzw. des Bezirks. Im Hinblick auf die Kohärenz der Fortbildungsinhalte mit dem Vorwissen und den Einstellungen der Lehrkräfte fehlt es noch an systematischen Studien bzw. wird dies in den bisherigen Studien nicht erwähnt.

Lernzielorientierung

Es konnten keine Studien identifiziert werden, in denen das Merkmal Lernzielorientierung explizit angesprochen und variiert wurde.

Dauer und Nachhaltigkeit

Die Dauer der Fortbildung wird oft als grundlegende Gelingensbedingung für einen nachhaltigen positiven Effekt der Fortbildungen diskutiert. Bei den recherchierten Fortbildungsstudien im Bereich Naturwissenschaften variierte die **Kontaktzeit der Fortbildungen** bis hin zu 100 Stunden (Kleickmann et al., 2016). Die minimale Kontaktzeit der vorgestellten Studien belief sich auf einen Fortbildungstag. Hierbei ist anzumerken, dass bei den Fortbildungsprogrammen nicht immer die gesamte Kontaktzeit am Stück verbracht wurde. So erstreckte sich beispielsweise das 100-stündige Fortbildungsprogramm von Kleickmann et al. (2016) über

fünf Monate. Auch andere Studien, beispielsweise die Studie von Heller et al. (2012), verteilten ihre Kontaktzeit von 24 Stunden auf acht Präsenztermine à drei Stunden.

Im Hinblick auf die **Nachhaltigkeit von Fortbildungen für Primarstufenlehrkräfte im Bereich Naturwissenschaften** liegen bisher wenig empirische Befunde vor, die nach dem Test direkt nach der Fortbildung (Posttest) noch mehrere Wochen später eine Testung (Follow-up-Test) durchführten. In der Studie von Heller et al. (2012) wurden beispielsweise die Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler ein Jahr nach der Fortbildung erneut befragt und getestet. Es gab also einen Posttest und einen Follow-up-Test. Dabei wurden das Fachwissen in einem Multiple-Choice-Test abgefragt sowie schriftlich nach Begründungen für die Auswahl der Antworten gefragt. Beim Wissenstest zeigte sich, dass die fortgebildeten Lehrkräfte ihren Wissenszuwachs auch nach einem Jahr beibehalten konnten. Auch bei den Schülerinnen und Schülern der fortgebildeten Lehrkräfte zeigten sich im Post- und Follow-up-Test signifikant größere Wissenszuwächse als bei den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppenlehrkräfte. Nachdem die Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler aller Fortbildungsgruppen in den schriftlichen Begründungen besser im Posttest abschnitten als die Kontrollgruppe, war dies bei den schriftlichen Begründungen nach einem Jahr nur noch bei einer Gruppe bei den fortgebildeten Lehrkräften (Teaching Cases) und zwei Gruppen bei den Schülerinnen und Schülern (Teaching Cases und Looking at Student Work) der Fall. Diese Analyseergebnisse der schriftlichen Begründungen könnten darauf hindeuten, dass Fallanalysen ein wichtiges Werkzeug in Fortbildungen zur Weiterentwicklung professioneller Kompetenzen von Lehrkräften und ihrer Praktiken sein könnten.

Design

Fortbildungen können in verschiedenen Formaten durchgeführt werden. Mögliche Formate sind **Präsenz-, Online- oder Mischformate aus Präsenz- und Onlinelehre**, sogenannte Blended-Learning-Formate (Graham, 2013). Vorteile in Online- und Blended-Learning-Formaten werden vor allem in der besseren Integration in den Tagesablauf der Lehrkräfte sowie der Ortsunabhängigkeit und leichten Erreichbarkeit der Lernressourcen gesehen, wobei gleichzeitig eine Unterstützung in Echtzeit gewährleistet werden kann (Dede, Ketelhut, Whitehouse & McCloskey, 2009). Da im Kontext von naturwissenschaftlicher Bildung in der Grundschule bisher hauptsächlich die Wirksamkeit von Präsenzfortbildungen untersucht wurde (die sich in den meisten Fällen als gut herausgestellt hat), ist bisher wenig darüber bekannt, ob Online- oder Blended-Learning-Fortbildungen eine ähnliche Wirkung wie Präsenzfortbildungen erzielen können. Erste Studien dieser Art im Kontext der Primarstufe (Fishman, Konstantopoulos, Kubitskey, Vath, Park, Johnson & Edelson, 2013) vergleichen die Wirksamkeit einer Präsenz- und einer Online- bzw.

Blended-Learning-Fortbildung im Hinblick auf Unterschiede in der Implementati-
on von neuen Curriculumsmaterialien in den naturwissenschaftlichen Unterricht,
der professionellen Kompetenz der Lehrkräfte und der Leistung der Schülerinnen
und Schüler. Die Präsenzfortbildung war ein einwöchiger Workshop (48 Stunden).
Die **Blended-Learning-Fortbildung** bestand aus einem **zweitägigen Präsenzteil**
(16 Stunden), bei dem das Curriculum vorgestellt wurde und den Lehrkräften die
Verwendung des Onlinesystems gezeigt wurde, und der **asynchronen Arbeit mit**
Onlinematerialien, die die Teilnehmenden zu jeder Zeit bearbeiten konnten. Auch
wenn sich die Fortbildungen in ihrem Format und der Zeit der Nutzung unterschieden,
war das Thema in beiden Fortbildungen gleich. Die Ergebnisse des Posttests
zeigten unter Kontrolle der Hintergrundmerkmale der Lehrkräfte keine signifikan-
ten Gruppenunterschiede im Fachwissen der Lehrkräfte, ihrer Selbstwirksam-
keitserwartung und den Beliefs über das Unterrichten von Umweltwissenschaft-
ten. Auch hinsichtlich des Lernens der Schülerinnen und Schülern konnten keine
Unterschiede zwischen den Bedingungen festgestellt werden. Dies könnte darauf
hindeuten, dass Präsenz- und Blended-Learning-Fortbildungen ähnlich wirksam
sind, wenn die Qualität der Lerngelegenheiten in den Präsenz- und Blended-Lear-
ning-Fortbildungen gleichermaßen hoch ist. Dies wäre konsistent mit weiteren Be-
funden aus dem Fortbildungskontext, die darauf hinweisen, dass bei Online- und
Blended-Learning-Fortbildungen ähnliche Merkmale bedeutsam sein könnten wie
bei Präsenzfortbildungen (Hill, Beisiegel & Jacob, 2013). Dies deutet auch eine
Metaanalyse von Gegenfurtner und Ebner (2019) an. In dieser wurde der Einsatz
von Onlineformaten für das Lernen in der Ausbildung und im Studium untersucht.
Gegenfurtner und Ebner (2019) leiten aus ihren Befunden ab: Erstens: *Der Kom-
petenzzuwachs der Lernenden von Prä- zu Posttest war höher, wenn die Webinare*
länger dauerten. Dies ist vermutlich auf die längere Auseinandersetzung mit dem
Inhalt zurückzuführen. Eine optimale Dauer der Webinare konnte allerdings nicht
abgeleitet werden. Zweitens: Zwar zeigten sich größere Kompetenzzuwächse bei
der Nutzung bestimmter Technologien, allerdings ist davon auszugehen, dass es
mehr darauf ankommt, wie die Technologien genutzt und implementiert werden
als auf die Technologie an sich. Nichtsdestotrotz bedeutet dies nicht, dass Prä-
senzfortbildungen eins zu eins auf Online- oder Blended-Learning-Formate über-
tragen werden sollten.

Hinsichtlich der Wirksamkeit von Präsenzfortbildungen zeigten die Studien
aus naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht mehrheitlich positive Effekte.
Aber auch bei den **Präsenzfortbildungen** im Bereich der Naturwissenschaften va-
riiert das **Design der Fortbildungen**. Einige der vorgestellten Studien (z. B. Kleick-
mann et al., 2016) erweiterten das klassische Format der Präsenzfortbildungen
durch Praxiserprobungsphasen, bei denen Lehrkräfte Fortbildungsinhalte in ihren
eigenen Unterricht implementieren und im Anschluss in einer weiteren Veranstal-

tung reflektieren. Diese Praxiserprobungsphasen gelten als förderlich für die Wirkung von Fortbildungen, da sie auch außerhalb der Präsenzfortbildung aktives Lernen ermöglichen.

Als weitere innovative Designs von Fortbildungen gelten Präsenzveranstaltungen, die mit Coaching oder Mentoring kombiniert werden. Ein Beispiel dafür ist die qualitative Fortbildungsstudie von Appleton (2008b) aus dem Bereich Naturwissenschaften. Die an der Studie teilnehmenden Lehrkräfte erhielten einen **zweitägigen Workshop** zu dem neuen Curriculum Australiens zu Beginn des Programms und wurden bei der Implementation des neuen Curriculums durch **wöchentliche Mentoringsitzungen** durch einen Mentor unterstützt. Im Fokus des Workshops und der Mentoringsitzungen standen Aspekte des fachdidaktischen Wissens wie Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler sowie das Scaffolding des Lernens der Schülerinnen und Schüler. Sowohl der Mentor als auch die teilnehmenden Lehrkräfte konnten positive Veränderungen des fachdidaktischen Wissens und der Unterrichtspraktiken der Lehrkräfte beobachten. Einen Einblick in wichtige Merkmale von Mentorinnen und Mentoren könnten die Berichte der Lehrkräfte aus der Studie von Appleton (2008a) geben, die angaben, dass ihr Mentor ihnen mit seinem Expertenwissen über das Curriculum, die naturwissenschaftlichen Inhalte, naturwissenschaftliches fachdidaktisches Wissen, pädagogisches Wissen und Diagnostik zur Seite stand (Appleton, 2008a). Zudem zeigte er ihnen alternative Sichtweisen des Unterrichts und Lernens, forderte ihre bisherigen Unterrichtspraktiken heraus und half ihnen, stärker darüber nachzudenken, wie sie ihre Schülerinnen und Schülern beim Lernen unterstützen können. Dies gab ihnen neues Selbstbewusstsein beim Unterrichten von Naturwissenschaften. Aufgrund des qualitativen Studiendesigns bleibt unklar, ob das Mentoring positive Effekte auf die professionelle Kompetenz der Lehrkräfte, ihre Unterrichtspraktiken und die Leistungen der Schülerinnen und Schüler hatte.

Gemeinsame und kooperative Teilnahme

Viele wirksame Fortbildungen zeichnen sich durch die kollektive Fortbildungsteilnahme, also die Fortbildungsteilnahme durch mehrere Lehrkräfte einer Schule, aus. Grundgedanke hinter der kollektiven Teilnahme ist es, dass es durch die Kooperation von Lehrkräften sowie ein unterstützendes Arbeitsumfeld leichter fällt, die Fortbildungsinhalte in die Praxis zu transferieren. Einige Fortbildungsansätze gehen noch darüber hinaus und regen die Kollaboration bzw. Kooperation zwischen Lehrkräften von verschiedenen Schulen in sogenannten professionellen Lerngemeinschaft (PLGs) an. Diese haben sich als Möglichkeit zur kritischen Reflexion und zur Erweiterung des Wissens erwiesen, und gut entwickelte PLGs zeigten positive Effekte auf die Unterrichtspraxis der Lehrkräfte und das Lernen der Schülerinnen und Schüler (Vescio, Ross & Adams, 2008).

Ein Beispiel für ein Fortbildungsprogramm mit dem Merkmal „kollektive und kooperative Teilnahme“ ist die bereits unter dem Merkmal **inhaltlicher Fokus** erwähnte Studie von Lumpe, et al. (2012). Neben der kollektiven Teilnahme der Lehrkräfte wurden als zusätzliche Unterstützungsmaßnahme **Unterstützungstreffen mit anderen Lehrkräften** angeboten. Die Wirkung des Fortbildungsprogramms wurde auf



die Selbstwirksamkeitserwartung und die Kontextüberzeugungen der Lehrkräfte untersucht und der Posttest zeigte einen signifikanten Zuwachs in der Selbstwirksamkeitserwartung und eine signifikante Reduktion der Kontextüberzeugungen (Überzeugungen zur Unterstützung durch das Arbeitsumfeld). Eine Erklärung für die signifikante Reduktion der Kontextüberzeugungen könnte sein, dass erst durch die bewusste Auseinandersetzung mit der Unterstützung durch das Arbeitsumfeld bemerkt wurde, dass man sich nicht gut genug unterstützt fühlt. Allerdings ist einschränkend anzumerken, dass eine Kontroll- und Vergleichsgruppe fehlte. Dadurch bleibt unklar, ob die Veränderungen in den Überzeugungen möglicherweise auf Retest-Effekte und nicht auf die Fortbildung zurückzuführen sind. Dies könnte aber möglicherweise dadurch entkräftet werden, dass in der Studie ein positiver Zusammenhang zwischen der Anzahl der Fortbildungsstunden und den Leistungen der Schülerinnen und Schüler gefunden wurde.

Freiwillige Teilnahme

Nahezu alle recherchierten Studienergebnisse basieren auf der freiwilligen Teilnahme der Grundschullehrkräfte an der Fortbildung. Lediglich in einer Studie war es für die Grundschullehrkräfte verbindlich an der Fortbildung teilzunehmen: In der Studie von Grigg et al. (2013) wurden zwei Fortbildungen (Full Option Science System (FOSS) und Science Immersion) miteinander verglichen, bei der die FOSS-Fortbildung verbindlich für alle Lehrkräfte war, während die Teilnahme an der Science-Immersion-Fortbildung optional war. Nach beiden Fortbildungen zeigten sich positive Effekte auf die Unterrichtspraktiken der Lehrkräfte, was implizieren könnte, dass auch verpflichtende Fortbildungen wirken. Allerdings muss hier einschränkend angemerkt werden, dass die beiden Fortbildungen sich in ihrer Dauer (2–5 Tage (Science Immersion) vs. 1–3 Tage (FOSS)), in den Inhalten und den Vermittlungsmethoden unterschieden.

Externe Fortbildnerinnen und Fortbildner

Alle bisher berichteten Studien nutzten externe Fortbildnerinnen und Fortbildner, um die Fortbildungsinhalte zu vermitteln und die Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts anzuregen. Im Kontext von Fortbildungen für Primarstufenlehrkräfte gibt es keine Studien, die Unterschiede in der Wirksamkeit von durch externe und interne Fortbildnerinnen und Fortbildner durchgeführte Fortbildungen miteinander vergleichen. Die Durchführung von Fortbildungen durch externe Fortbildnerinnen und Fortbildner wird allerdings als besonders positiv eingeschätzt, da sie fachlich speziell auf die Fortbildungsinhalte vorbereitet sind und neue fachliche Impulse mit in die Schulen tragen können.

Organisatorische Bedingungen auf Ebene der Schule

Die recherchierten Fortbildungsstudien im Bereich des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Primarstufe untersuchten nicht explizit die Bedingungen auf Ebene der Schule im Hinblick auf die Wirksamkeit der Fortbildungen.

5.2.3 Wirkung von Fortbildungen im Bereich Informatik und Technik

In der Forschung zur Wirksamkeit von Fortbildungen für Primarstufenlehrkräfte liegen bisher kaum Studien zu den Disziplinen Informatik und Technik vor. Eine qualitative Studie von Slangen, van Keulen und Gravemeijer (2011) aus den Niederlanden eröffnet einen ersten Einblick in die Gestaltung und Wirkung einer Fortbildung zum Thema Robotik. Der Fokus der vier Sitzungen lag auf der Förderung des Fachwissens und des fachdidaktischen Wissens der Lehrkräfte. Darüber hinaus wurden die Lehrkräfte mit dem **forschenden Lernen sowie dem Design-based Learning** als didaktisch-methodische Umsetzung im Unterricht vertraut gemacht. Um das Lernen der Lehrkräfte zu unterstützen, wurde mit Videofallbeispielen, die die **erfolgreiche Umsetzung von Scaffolding-Strategien** zeigen, gearbeitet. Es wurde also **Modellernen** als eine Methode in die Fortbildungen integriert. Des Weiteren wurde ein **reflexiver Diskurs über typische konzeptuelle Vorstellungen zu Robotik** in den Sitzungen angeregt. Nach der Fortbildung äußerten die Primarstufenlehrkräfte mehr fachlich und fachdidaktisch korrekte Vorstellungen zum Thema Robotik und waren sich der Wichtigkeit von Scaffolding-Strategien für das Lernen der Schülerinnen und Schüler bewusst. Die Mehrheit der teilnehmenden Lehrkräfte gab zudem an, sich als selbstwirksamer im Hinblick auf das Unterrichten von Robotik wahrzunehmen als vor der Fortbildung. Diese Befunde sind positiv zu bewerten, allerdings ist durch das Fehlen einer Kontrollgruppe nicht eindeutig klar, ob die positiven Veränderungen allein auf die Fortbildung und nicht auch auf Retest-Effekte zurückzuführen sind. Um diesen methodischen Mangel zu umgehen, wurden in einer Studie von Borman, Boydston, Lee, Lanehart und Cotner

(2009) die Unterrichtspraktiken und Leistungen von Schülerinnen und Schülern in der Fortbildungsgruppe mit einer Kontrollgruppe verglichen. Bei der Fortbildung handelte es sich um das dreijährige Fortbildungsprogramm SMART (*Teaching Science, Mathematics and Relevant Technologies*) zu Naturwissenschaften, Mathematik und Technik. Zentrale Merkmale der Fortbildung waren der **Fokus auf forschendes Lernen, Coaching-Treffen und Kooperation mit anderen Lehrkräften** sowie die **Bereitstellung geplanter strukturierter Hands-on-Aktivitäten sowie Kits zur Durchführung der Aktivitäten**. Um einen Einblick in die Wirksamkeit des Fortbildungsprogramms zu erlangen, wurden die Unterrichtspraktiken der Lehrkräfte und das Wissen der Schülerinnen und Schüler mit denen einer Kontrollgruppe verglichen. Die Selbstberichte zeigen, dass Lehrkräfte des SMART-Fortbildungsprogramms signifikant häufiger berichteten, forschendes Lernen sowie Hands-on-Aktivitäten in den Unterricht zu implementieren. Auf Ebene der Schülerinnen und Schüler konnte allerdings kein signifikanter Unterschied im inhaltlichen Wissen festgestellt werden. Da das prozessbezogene Wissen der Schülerinnen und Schüler nicht erhoben wurde, ist nicht auszuschließen, dass es zu Veränderungen im prozessbezogenen Wissen der Schülerinnen und Schüler durch die Teilnahme der Lehrkräfte am Fortbildungsprogramm gekommen ist.

5.3 Best-Practice-Beispiele

Dieses Kapitel der Expertise präsentiert Beispiele von Fortbildungsprogrammen für Primarstufenlehrkräfte, die in Deutschland in einem großen Maßstab implementiert wurden. Hierzu zählt das Fortbildungsprogramm *SINUS an Grundschulen*, das bis 2013 die Weiterentwicklung der professionellen Kompetenz von Primarstufenlehrkräften und der Unterrichtsqualität in den Bereichen Mathematik und Naturwissenschaften angeregt hat. Zudem wird auch das DZLM-Fortbildungsprogramm vorgestellt, das auf das Unterrichtsfach Mathematik fokussiert.

5.3.1 SINUS an Grundschulen

Ein Best-Practice-Beispiel für eine Professionalisierungsmaßnahme für (Primarstufen-)Lehrkräfte stellt das SINUS-Programm (Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts) dar. Seit 1998 zielt SINUS auf die Professionalisierung von Lehrkräften weiterführender Schulen und auf die Weiterentwicklung der Kompetenz von Lehrkräften ab. Dieser Ansatz wurde im Jahr 2004 auch auf die Grundschule (SINUS-Transfer Grundschule) transferiert und bis 2013 durch das Programm *SINUS an Grundschulen* fortgeführt.

Das Programm *SINUS an Grundschulen* gab den teilnehmenden Lehrkräften die Möglichkeit, durch **die Arbeit in Modulen, die Bereitstellung von Materialien,**

die **Anregung einer aktiven Zusammenarbeit innerhalb der Schule sowie zwischen den Lehrpersonen aus verschiedenen teilnehmenden Schulen sowie Fortbildungsangeboten** selbstbestimmt ihr fachliches und fachdidaktisches Wissen in den Naturwissenschaften und Mathematik auszubauen und zu vertiefen sowie ihren Unterricht weiterzuentwickeln. Grundlage des Programms *SINUS an Grundschulen* bildeten zehn theoretisch und empirisch fundierte Module. Die Module sind in Tabelle 4 dargestellt. Die **schriftlichen Modulbeschreibungen** gaben eine kurze Einführung in den Problembereich und die empirische Fundierung des Moduls (Ostermeier, Prenzel & Duit, 2010). Zudem wurden konkrete Beispiele von Möglichkeiten zur Überwindung dieser Probleme im Unterricht gegeben. Neben den grundlegenden Modulbeschreibungen standen zudem auf einer **Onlineplattform modulbezogene Materialien wie Best-Practice-Beispiele zur Verfügung**. Diese wurden von Pädagoginnen und Pädagogen und Forschenden im Bereich Naturwissenschaft und Mathematik, die an Universitäten und Fortbildungsinstituten für Lehrkräfte tätig sind, entwickelt. Die Lehrkräfte konnten sich neben schriftlichen Modulbeschreibungen und Onlineressourcen auch durch **Fortbildungen** mit den grundlegenden Inhalten der Module vertraut machen. Die Fortbildungen gaben in der Regel eine Einführung in die modulspezifischen Ideen und deren Forschungsgrundlage. Ein weiterer zentraler Bestandteil der Fortbildungen war zudem die Thematisierung von innovativen modulbezogenen Beispielen, die im Unterricht angewendet werden können. Um die **Autonomie der Lehrkräfte und Schulen** bei der Teilnahme am Fortbildungsprogramm zu wahren, wurde sichergestellt, dass diese sich selbst ihren Schwerpunkt bei der Arbeit mit den Modulen auswählen können.

Zudem wurden die Lehrkräfte bei ihrer Arbeit im SINUS-Programm durch eine Person unterstützt, die die Programmaktivitäten auf Schulebene koordinierte. Darüber hinaus waren die Schulen in kleinen Schulnetzwerken organisiert, die eine **aktive Zusammenarbeit zwischen den Schulen** ermöglichen sollten. Jedes Schulnetzwerk hatte mindestens eine Koordinatorin oder einen Koordinator, deren/dessen Aufgabe es war, fachliche Unterstützung zu geben und die unterrichtsbezogene Arbeit der Lehrkräfte anzuleiten und zu strukturieren. Neben der Koordination der Schulnetzwerke waren mehrere Unterstützungsstrukturen auf Ebene der beteiligten Bundesländer angesiedelt. Lokale Bezirksverwaltungen und Bildungsministerien sowie die Fortbildungsinstitute der Länder wurden zur Unterstützung für die Infrastruktur des Programms genutzt.

Tabelle 4. Module und Schwerpunkte im Programm SINUS an Grundschulen (Dalehefte & Rieck, 2014)

Module	Wahlmöglichkeiten
Basismodule	<ul style="list-style-type: none"> ■ Modul G1: Gute Aufgaben ■ Modul G2: Entdecken, Erforschen, Erklären ■ Modul G3: Schülervorstellungen aufgreifen, grundlegende Ideen entwickeln
Erweiterungs- module	<ul style="list-style-type: none"> ■ Modul G4: Lernschwierigkeiten erkennen – verständnisvolles Lernen fördern ■ Modul G5: Talente entdecken und unterstützen ■ Modul G6: Fächerübergreifend und fächerverbindend unterrichten ■ Modul G7: Interessen von Mädchen und Jungen aufgreifen und weiterentwickeln ■ Modul G8: Eigenständig lernen – Gemeinsam lernen ■ Modul G9: Lernen begleiten – Lernergebnisse beurteilen ■ Modul G10: Übergänge gestalten
Schwerpunkte	<ul style="list-style-type: none"> ■ Umsetzung der Bildungsstandards in Mathematik ■ Anschlussfähiges Lernen im Sachunterricht ■ Lernende mit besonderem Förderbedarf unterstützen ■ Übergänge gestalten ■ Datenbasierte Rückmeldung

In verschiedenen Forschungsarbeiten wurde die Wirksamkeit des Programms untersucht. Um Erkenntnisse über die Wirksamkeit des SINUS-Programms zu sammeln, analysierten Dalehefte und Rieck (2014) beispielsweise die mathematische Kompetenz von 1.493 Schülerinnen und Schülern und das Weiterbildungs- und Kooperationsverhalten von 68 Mathematiklehrkräften an SINUS-Grundschulen und verglichen die Ergebnisse mit Ergebnissen der für Deutschland repräsentativen TIMSS 2011. Auf Ebene der Lehrkräfte zeigte sich im Vergleich eine signifikant höhere Fortbildungsteilnahme der SINUS-Lehrkräfte als bei den Vergleichslehrkräften. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass **Schülerinnen und Schüler aus SINUS-Grundschulen höhere Werte der mathematischen Kompetenz** aufwiesen als Schülerinnen und Schüler anderer Grundschulen (Mittelwertsdifferenz: 13 Punkte; $p < .05$; $d = .18$).

Im Bereich der Naturwissenschaften liegen für *SINUS an Grundschulen* nur wenige Befunde vor. Eine Videostudie im Rahmen von *SINUS an Grundschulen* weist darauf hin, dass SINUS-Lehrkräfte häufiger verschiedene (natur-)wissenschaftliche Methoden in ihrem Sachunterricht einsetzen als Lehrkräfte der Kontrollgruppe (Dalehefte & Rieck, 2014). Da die Stichprobe allerdings recht klein ist, lassen sich diese Ergebnisse nicht auf die gesamte SINUS-Stichprobe generalisieren und sind eher als explorativ zu bezeichnen. Auf Basis dieser Ergebnisse lässt sich lediglich feststellen, dass sowohl SINUS-Lehrkräfte als auch die Lehrkräfte der Kontrollgruppe und ihre Schülerinnen und Schüler in den Sachunterrichtsstunden beobachten und beschreiben, eigene wissenschaftliche Fragestellungen entwickeln, systematisieren, vergleichen und kategorisieren, verallgemeinern bzw. Analogien und Modelle verwenden, forschen und experimentieren sowie zusammenfassen und auswerten zu können.

5.3.2 DZLM – Deutsches Zentrum Lehrerbildung Mathematik

Das *Deutsche Zentrum Lehrerbildung Mathematik* (DZLM; <https://www.dzlm.de/>) wurde 2011 gegründet und wird dabei von zwei Leitfragen gerahmt: der inhaltlichen Frage, welche Kompetenz bzw. Kompetenzfacetten Lehrkräfte, Fortbildende sowie Multiplikatorinnen und Multiplikatoren benötigen, um qualitativ hochwertigen Mathematikunterricht bzw. Fortbildungen zu gestalten, und methodisch von Fragen nach Kriterien guter Fortbildungen (DZLM, 2014; Barzel & Selter, 2015). Bei den Lehrkräften liegt der Fokus auf Lehrkräften an nicht-gymnasialen Schulformen und fachfremd unterrichtenden Lehrkräften (DZLM, 2014; Barzel & Selter, 2015). Die Fortbildungen sind kompetenzorientiert gestaltet, und ihnen liegt ein Kompetenzmodell zugrunde (DZLM, 2014, S. 4). Da eine Zielsetzung des DZLM die Ausbildung von Multiplikatorinnen und Multiplikatoren ist, wird auch spezifische Kompetenz für Fortbildende, nämlich in den Bereichen Fortbildungsdidaktik und -management sowie technische Fähigkeiten, beschrieben (DZLM, 2014, S. 4). Alle Fortbildungen des DZLM orientieren sich an sechs Gestaltungsprinzipien, die aus dem internationalen Forschungsstand abgeleitet wurden (DZLM, 2014, S. 8; Barzel & Selter, 2015, S. 268f.; Rösken-Winter et al., 2015). Barzel und Selter (2015, S. 269ff.) konkretisieren für die Gestaltungsprinzipien, wie diese in den Fortbildungsangeboten berücksichtigt werden. Mit Blick auf die **Kompetenzorientierung** wird jedes Angebot im Kompetenzmodell verortet. Es werden zu erwerbende Kompetenzfacetten formuliert, transparent kommuniziert und bei der Evaluation des Kurses berücksichtigt. Die **Teilnehmerorientierung** wird u. a. durch eine kooperative Planung (z. B. Einbezug von lokal verantwortlichen Personen der Administration) und die Analyse von Vorwissen und Erfahrungen berücksichtigt. Mit Blick auf die **Lehr-Lern-Vielfalt** setzt das DZLM auf verschiedene methodische Zugänge (z. B. E-Learning, kollaboratives Arbeiten u. a.) sowie bei langfristigen Angeboten auf den Wechsel von Präsenzterminen und reflektierten Praxisphasen. Hierdurch kann auch eine fortlaufende Weiterentwicklung des Fortbildungsangebots im Sinne des Design-Based-Research ermöglicht werden. Der **Fallbezug** wird sowohl als Ausgangspunkt für das Lernen als auch zur Anwendung des Gelernten genutzt. Dabei wird u. a. auf Praxisbeispiele der Lehrkräfte, Videos, Schülerdokumente zurückgegriffen. Die **Kooperationsanregung** erfolgt mit Blick sowohl auf die Kooperation in Präsenzveranstaltungen als auch die langfristige Implementation von Kooperationen im Schulalltag und wird durch unterschiedliche Methoden unterstützt (z. B. gegenseitige Hospitation, gemeinsame Aufgabenbearbeitung, Bereitstellung von online-Plattformen für den Austausch). **Reflexion** wird idealerweise zyklisch in die Fortbildungsangebote integriert, sodass sie sich auch auf die Praxisphasen erstrecken kann. Reflexion bezieht sich dabei auf unterrichtliche Merkmale (Aufgaben, Sequenzen, Schülerlösungen) und das eigene Lernen der Lehrkräfte (Lernverhalten, Überzeugungen, Übertragbarkeit auf den eigenen

Unterricht). Bei Angeboten für Multiplikatorinnen und Multiplikatoren kommt zusätzlich die Reflexion der eigenen Rolle als Erwachsenenbildner bzw. Erwachsenenbildnerin hinzu. Kennzeichnend für die Arbeit des DZLM ist dabei eine enge Verknüpfung der Fortbildungstätigkeit mit einem Forschungskonzept, sodass mittlerweile erste Ergebnisse zur Evaluation vorliegen, auf die im Folgenden eingegangen werden soll.

Der von Binner und Rösken-Winter (2020) beschriebene Kurs *Stochastik in der Grundschule* kann von Lehrkräften mit unterschiedlichen Qualifikationen besucht werden, die in der vier- oder sechsjährigen Primarstufe unterrichten. Die fachliche Ausgestaltung orientiert sich an den Standards für die Lehrerbildung sowie den Bildungsstandards Mathematik für die Primarstufe und den mittleren Schulabschluss. Der Kurs thematisiert dabei in vier Modulen⁴⁰ zentrale Themen der Stochastik aus fachwissenschaftlicher und fachdidaktischer Perspektive und initiiert das Arbeiten in Professionellen Lerngemeinschaften, einem Leitprinzip des DZLM (Bonsen & Rolff, 2006; Ostermeier et al., 2010; DZLM, 2014). Die Präsenztage beginnen mit dem Austausch und der Reflexion der vorausgegangenen Praxisphase und sind methodisch vielfältig gestaltet (vgl. Merkmal Lehr-Lern-Vielfalt). In dem beschriebenen Kurs kommt den Aufgaben eine besondere Funktion zu, da diese Lernprozesse initiieren können und auch eine diagnostische Funktion haben.⁴¹ In ihrem didaktischen Aufbau ähneln sich die einzelnen Module. Die Lehrkräfte arbeiten zunächst selbst an Aufgaben (Lehrkraft als Lerner), dann erschließen sie sich aus diesen Erfahrungen heraus die Lehr-Lern-Prozesse der Schülerinnen und Schüler. Im weiteren Verlauf erarbeiten sie selbst Aufgaben und adaptieren sie für verschiedene Jahrgangsstufen. Für die Praxisphase erhalten die Lehrkräfte einen fachlichen Arbeitsauftrag sowie den Auftrag, eines der Unterrichtsbeispiele zu erproben und zu reflektieren. Binner und Grassmann (2018) halten im Zuge der Evaluation der Fortbildung fest, dass die **Verbindung von Fachwissen und fachdidaktischem Wissen** lernförderlich ist. Mit Blick auf die Gestaltungsprinzipien beschreiben die teilnehmenden Lehrkräfte zunächst den **Wechsel zwischen selbst lernender Person und lehrender Person**, d. h. das Hineinversetzen in die

40 Ein Modul besteht aus einem Präsenztag im Umfang von 7 bzw. 7,5 Zeitstunden und einer Praxisphase. Insgesamt umfasst die Fortbildung damit nach Binner und Rösken-Winter (2020, S. 201) ca. 28 Stunden Präsenzlernzeit. Die Module erstrecken sich über ein Schulhalbjahr.

41 Der Aufgabentext lautet: „Hallo Kinder, ich hatte in der letzten Woche viel zu tun und den überraschenden Wintereinbruch nutzte ich für ausgiebige Aktivitäten im Freien. So fand ich keine Zeit, um die Klassenarbeit zu korrigieren. Meine Söhne hatten dann am Wochenende jeder eine Idee, wie ich schnell zu den Noten kommen könnte. Jürgen schlug vor, dass ich die Noten mit einem schlichten Würfel auswürfeln sollte. Das erschien mir zu langweilig. Matthias wollte mit einer Münze die Noten wie folgt ermitteln: Für jede Arbeit wird viermal eine Münze geworfen. Dabei wird gezählt, wie oft dabei „Wappen“ fällt. Zur Anzahl wird 1 addiert und dieses Ergebnis wird als Note erteilt. Wie wird wohl die Klassenarbeit ausfallen? Wird es Ärger geben?“

jeweils andere Rolle, als hilfreich. Auch die **Heterogenität der Teilnehmenden** wird als sehr gewinnbringend beschrieben. Die fachfremden Lehrkräfte profitierten von der Expertise der Fachlehrkräfte und diese wiederum von den Fragen der anderen. Auch die im Laufe des Kurses erstellte **Aufgabensammlung** wird als sehr hilfreich beschrieben. Huethorst und Selter (2020) beschreiben einen Kurs⁴², der sich ebenfalls an fachfremd unterrichtende Lehrkräfte in der Primarstufe richtet und zum Ziel hat, die Kompetenz der Lehrkräfte in der unterrichtlichen Berücksichtigung von prozessbezogener Kompetenz (Problemlösen, Modellieren, Argumentieren und Darstellen) zu stärken. Der Kurs orientiert sich ebenfalls an den Gestaltungsprinzipien des DZLM (Huethorst & Selter, 2020, S. 176 bzw. DZLM, 2014; Barzel & Selter, 2015) sowie weiteren **gegenstandsspezifischen Designprinzipien**⁴³ mit Blick auf die prozessbezogene Kompetenz. Auch in diesem Kurs ist ein Wechsel zwischen Präsenz- und Distanzphasen vorgesehen (Huethorst & Selter, 2020). Die Teilnehmenden arbeiten in den Planungsphasen in jahrgangshomogenen Gruppen und werden von den Fortbildnerinnen und Fortbildnern unterstützt. Um das Potenzial der eingesetzten Aufgaben(-Formate) angemessen nutzen zu können, wird in jeder Sitzung auch auf den mathematischen Gehalt auf primarstufenspezifischer und algebraischer Ebene eingegangen, und die Teilnehmenden werden mit primarstufengemäßen Materialien beim Transfer zwischen den beiden Ebenen unterstützt. Hierzu gehört z. B. die Analyse der Lösungen von Schülerinnen und Schülern, um die Lehrkräfte auf Unterrichtsergebnisse vorzubereiten. Der Lernprozess der Teilnehmenden wird darüber hinaus durch eine Internetseite⁴⁴ unterstützt. Die Lehrkräfte können hier Themen des Kurses vertiefen und sich weitere Themen und Aufgaben erschließen. Anhand einer sogenannten Standortbestimmung (SOB)⁴⁵ (Huethorst & Selter, 2020, S. 185) zeigt sich, dass sich die primarstufengemäßen Begründungen positiv verändern, während bei den algebraischen Begründungen nach wie vor Aspekte nicht berücksichtigt werden.

42 *Der Kurs besteht aus fünf dreistündigen Präsenzsitzungen (= fünf Module), die an Nachmittagen stattfinden. Die Sitzungen sind gleich aufgebaut und beginnen mit einer Reflexion der Praxisphase, gefolgt von der Auseinandersetzung mit fachlichen und fachdidaktischen Aspekten sowie der Planung von Unterrichtseinheiten.*

43 *„1) Schaffung gemeinsamer Planungsphasen, 2) Schaffung individueller Erprobungsphasen, 3) Schaffung gemeinsamer Reflexionsphasen, 4) Auseinandersetzung mit Aufgabenformaten a. auf grundschulgemäßer Ebene und b. auf algebraischer/mathematischer Ebene, 5) Auseinandersetzung mit Praxisprodukten, 6) Einbeziehung von Selbststudiumsphasen mit Hilfe von primakom.dzlm.de, 7) Zusammenführung von fachlichen und fachdidaktischen Elementen“ (Huethorst & Selter, 2020, S. 177).*

44 <https://primakom.dzlm.de/>

45 *Die SOB besteht aus zwei Aufgaben, die dem Feld der produktiven Übungsformate zugeschrieben werden, nämlich Zahlenkette, im Beitrag ausführlich beschrieben, und Zahlengitter, strukturgleich wird nicht näher beschrieben. Die Aufgabe Zahlenkette wird in der Fortbildung auch mit den Teilnehmenden aus mathematischer und didaktischer Perspektive behandelt (Huethorst & Selter, 2020).*

Mit Blick auf die Fortbildenden beschreiben Prediger und Kortenkamp (2018) anhand des Einsatzes von Offenen Bildungsmaterialien (OER: Open Educational Resources) praktische Erfahrungen und Studienergebnisse. Diese haben gezeigt, dass sechs Aspekte bei der Nutzung beachtet werden sollten: (1) Transparenz von Inhalten und Zielen (z. B. Formulierung von Zielen); (2) gute Strukturierung und leichte Implementation in die Fortbildung (z. B. zusätzliche Hinweise); (3) hoher Praxisbezug (z. B. Praxisbeispiele); (4) rechtliche Aspekte (z. B. Bildrechte); (5) technische Aspekte (z. B. Dateiformate); (6) Fortbildende zur Nutzung ermutigen. Höveler, Laferi und Selter (2018) sowie Scherer und Hoffman (2018) beschreiben Kurse für Multiplikatorinnen und Multiplikatoren, also Fortbildende, die die DZLM-Gestaltungsprinzipien (DZLM, 2014, Barzel & Selter, 2015) berücksichtigen. In der Evaluation von Scherer und Hoffmann (2018) zeigt sich, dass die Teilnehmenden nach dem Kurs davon ausgehen, die gelernten Inhalte im eigenen Unterricht und in der Fortbildungstätigkeit umsetzen zu können. Dies wird auch ein Jahr nach Ende des Kurses so gesehen. Besonders positiv und nachhaltig wirkend beschreiben die Teilnehmenden die **Kooperation** mit Kolleginnen und Kollegen u. a. in sogenannten Professionellen Lerngemeinschaften. Schüler, Rösken-Winter, Weißenrieder und Blömeke (2014) untersuchen, wie sich das selbstberichtete professionelle Wissen von Multiplikatorinnen und Multiplikatoren durch eine Qualifizierungsmaßnahme, die entlang der DZLM-Gestaltungsprinzipien konzipiert ist, verändert und welche Bedeutung den verschiedenen Gestaltungsprinzipien durch die Lehrkräfte zugewiesen wird. Die zwölf teilnehmenden Personen berichten auf allen Items zur Selbsteinschätzung ihrer Kompetenz eine Verbesserung direkt nach der Maßnahme und sechs Monate später. Dies kann als Indikator für die Nachhaltigkeit des Angebots interpretiert werden. Den sechs Gestaltungsprinzipien wird eine unterschiedliche Bedeutung zugeschrieben.⁴⁶ Eine vertiefende qualitative Analyse zeigt, dass die Teilnehmenden selbst häufig auf die Prinzipien der Kompetenzorientierung und Fallbezogenheit verweisen. Schüler et al. (2014) verweisen darauf, dass es zwischen dem, was Multiplikatorinnen und Multiplikatoren als relevante Gestaltungsprinzipien nennen, und den theoretisch hergeleiteten Gestaltungsprinzipien eine Diskrepanz gibt und die Umsetzung in den Fortbildungsangeboten der Multiplikatorinnen und Multiplikatoren genauer untersucht werden sollte.

Wenngleich die Gestaltungsprinzipien des DZLM nicht deckungsgleich mit den in Tabelle 1 genannten Merkmalen sind, zeigt sich doch eine hohe Anschlussfähigkeit. Besonders hervorzuheben ist dabei die Verbindung von fachlichem und didaktischem Wissen (Binner & Rösken-Winter, 2020; Huethorst & Selter, 2020),

46 „Teilnehmerorientierung 1,6; Kompetenzorientierung 2,0; Kooperationsanregung 2,0; Reflexionsförderung 3,6; Fallbezogenheit 4,1; Methodenvielfalt 4,4“ (Schüler et al., 2014, S. 1105) auf einer Skala von 1 (sehr relevant) bis 6 (weniger relevant).

die mit dem inhaltlichen Fokus korrespondiert. Auch eine Orientierung am Vorwissen der Teilnehmenden (Huethorst & Selter, 2020) ist ein wichtiger Aspekt des Merkmals Kohärenz. In diesem Zusammenhang sind auch die Befunde zur Heterogenität der Fortbildungsteilnehmenden interessant. Binner und Grassmann (2018) arbeiten heraus, dass die Heterogenität der Teilnehmenden als lernförderlich beschrieben wird, während Lindvall (2016; 2017) zu dem Ergebnis kommt, dass Fortbildungsangebote sehr spezifisch an die Vorkenntnisse der Teilnehmenden anschließen müssen. Hier sind mehrere Erklärungen denkbar. Zunächst sollten die unterschiedlichen Designs der Studien berücksichtigt werden (Selbstberichte/Interviestudie (Binner & Grassmann, 2018) vs. Leistungen (Lindvall, 2016, 2017)), die insbesondere im Fall der Selbstberichte zu einer verzerrten Wahrnehmung führen könnten. Weiterhin wäre aber auch denkbar, dass die didaktisch-methodische Gestaltung bei Binner und Grassmann (2018) so angelegt war, dass die Lehrkräfte trotz unterschiedlicher Voraussetzungen einen Lernerfolg erreichen konnten. Schließlich wäre denkbar, dass die Heterogenität, die bei Binner und Grassmann (2018) insbesondere über die Jahrgangsstufe bzw. das fachfremde Unterrichten abgebildet wurde, bei dem Thema des Kurses (Stochastik) nicht so sehr zum Tragen kam. Als Grund hierfür könnte das relativ geringe Vorwissen der Lehrkräfte zum Thema zählen, da es noch nicht immer in der heutigen Präsenz im Curriculum der Primarstufe verankert war. Mit Blick auf das Merkmal aktives Lernen werden immer wieder Anknüpfungspunkte genannt, z. B. das eigene Lösen von Aufgaben oder das Diskutieren der Lösungen von Schülerinnen und Schülern (Binner & Rösken-Winter, 2020; Huethorst & Selter, 2020). Austausch und Kooperation zwischen Kolleginnen und Kollegen werden ebenfalls mehrfach, auch im Zusammenhang mit den Fortbildenden, thematisiert. Besonders hervorzuheben ist der Moment der Reflexion, der in den Fortbildungskonzeptionen des DZLM genuin mitgedacht ist und auch allgemein immer wieder betont wird. Durch die Arbeiten des DZLM zu Multiplikatorinnen und Multiplikatoren, also Fortbildenden, wird außerdem die wichtige Funktion dieser Personengruppe nochmal gestärkt.

6 Zusammenfassung und Ableitung von Implikationen für die Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

In den vorangegangenen Kapiteln der Expertise wurde ein Einblick in den theoretischen Hintergrund sowie in empirische Befunde zur Wirksamkeit von Fortbildungen zu MINT-Themen für Primarstufenlehrkräfte gegeben. Insgesamt bestätigen die vorliegenden Arbeiten, dass Fortbildungen bzw. Merkmale lernförderlicher Fortbildungen für Lehrkräfte, die MINT-Themen in der Primarstufe unterrichten, bislang weniger intensiv beforscht wurden als dies für andere Schulstufen bzw. Fächer der Fall ist. Dies wurde bereits von verschiedenen Autorinnen und Autoren hervorgehoben (Binner & Rösken-Winter, 2020; Barzel & Selter, 2015; Törner, 2015; Tenorth et al., 2010). Dieses Forschungsdesiderat ist umso bedauerlicher, als Studien darauf verweisen, dass Kinder bereits im Elementar- und Primarbereich zentrale Kompetenz in den MINT-Bereichen erwerben, sie aber in Deutschland teilweise nur ein niedriges bis mittleres Kompetenzniveau erreichen (Selter et al., 2020; Steffensky et al., 2020). Gleichzeitig zeigen Studien aber, dass die fachbezogene Unterrichtsqualität eine Stellschraube zur Verbesserung der Kompetenz der Schülerinnen und Schüler sein kann (Steffensky & Neuhaus, 2018; Kunter et al., 2013; Baumert et al., 2010; Hattie, 2009; Seidel & Shavelson, 2007). Die professionelle Kompetenz der Lehrkräfte bzw. einzelne Facetten davon werden dabei als prädiktiv für die Unterrichtsqualität (Jentsch et al., 2021; Perera & John, 2020) bzw. die Kompetenz der Schülerinnen und Schüler (Krauss et al., 2020; Baumert et al., 2010; Hill et al., 2005; Perera & John, 2020) angesehen.

Entlang von elf Merkmalen effektiver Fortbildungen im Allgemeinen, nämlich dem inhaltlichen Fokus, dem aktiven Lernen, der Qualität der Inhalte, der Kohärenz, der Lernzielorientierung, der Dauer und Nachhaltigkeit der Fortbildungen, dem Design der Fortbildungen, der kooperativen Teilnahme von Lehrkräften, der freiwilligen Teilnahme von Lehrkräften, der Funktion der Fortbildenden sowie den organisatorischen Bedingungen auf Ebene der Schule, wurden in Kapitel 5 empirische Befunde, die sich spezifisch auf Fortbildungen zu MINT-Themen in der Grundschule beziehen, vorgestellt.

Über die verschiedenen Fortbildungsstudien für Primarstufenlehrkräfte, die MINT-Themen unterrichten, zeigte sich konsistent, dass wirksame Fortbildungen einen **inhaltlichen Fokus** setzen, spezifische Themen in ihren Fortbildungen in den Mittelpunkt stellen und Bezug zur Unterrichtspraxis des Faches nehmen (Mathe: z. B. Selter et al., 2015, Prast et al., 2018; Kutaka et al., 2017; Mishal & Patkin, 2016; Herbert & Bragg, 2017; Rogers et al., 2007; Naturwissenschaften:

z. B. Roth et al., 2019; Kleickmann et al., 2016; Lumpe et al., 2012; Grigg et al., 2013). Dies kann verschiedene Funktionen erfüllen, z. B. die Unterstützung bei der Einführung fachbezogener Innovationen oder den Abbau von Ängsten bei den Lehrkräften, indem ihr Wissen erweitert wird. Als ein weiteres Merkmal der wirksamen Fortbildungen konnte das **aktive Lernen** identifiziert werden. Methoden des aktiven Lernens in den Fortbildungsstudien war die (angeleitete) Reflexion der Inhalte, der eigenen Unterrichtspraxis oder des eigenen Lernweges (Xenofontos et al., 2020; Rogers et al., 2007; Herbert & Bragg, 2017; McGee et al., 2013; Kleickmann et al., 2016; Heller et al., 2012; Roth et al., 2019). Weitere Methoden des aktiven Lernens waren u. a. die Unterstützung der Lehrkräfte bei der Implementation der erworbenen Kompetenz in den eigenen Unterricht (McGee et al., 2013; Scott et al., 2012), aber auch die Unterrichtsbeobachtung und -analyse sowie die Fallanalyse (z. B. Copley, 2004; Herbert & Bragg, 2017; Roth et al., 2019; Heller et al., 2016; Kleickmann et al., 2016) und das forschende Lernen durch die Lehrkräfte (z. B. Ertikanto et al., 2017; Grigg et al., 2013). Viele Studien, die eine positive Wirkung von MINT-Fortbildungen für Primarstufenlehrkräfte feststellten, berücksichtigten bei der Konzeption die **Qualität der Inhalte**. Das bedeutet, dass sie nicht nur theorie- und evidenzbasierte Inhalte auswählten, sondern auch theorie- und evidenzbasierte Methoden zur Vermittlung dieser Inhalte (z. B. aktives Lernen oder Methoden der Vermittlung wie Scaffolding) nutzten.

Die **Kohärenz** der Fortbildungsinhalte mit dem Vorwissen und der Schulsituation der Lehrkräfte einerseits (Lindvall, 2016; 2017) sowie den Bildungsstandards andererseits (Selter et al., 2015; Copley, 2004; McGee et al., 2013; Mischal & Patkin, 2016; Roth et al., 2019; Heller et al., 2012; Kleickmann et al., 2016) wurde bei der Konzeption der Fortbildungen im Rahmen von Fortbildungsstudien berücksichtigt. Des Weiteren konnten in einigen Studien Aspekte der **Lernzielorientierung** identifiziert werden.



Auch die angemessene **Dauer** einer Fortbildung wurde immer wieder als bedeutsam für den Fortbildungserfolg angesehen. Jedoch waren die Ergebnisse der Studien inkonsistent: Es zeigten sich sowohl Fortbildungen mit geringer Kontaktzeit (2 Tage) als auch Fortbildungen mit längeren Kontaktzeiten als wirksam. Hierbei sollte jedoch angemerkt werden, dass die Kontaktzeit nicht immer am Stück stattfand, son-

dern oftmals über mehrere Wochen oder Monate gestreckt wurde. Teilweise wurde die Kontaktzeit durch Praxiserprobungsphasen unterbrochen. Insgesamt lässt sich folglich festhalten, dass es keine einheitlichen Befunde zur Dauer wirksamer Fortbildungen gibt. Dies ist möglicherweise auch darauf zurückzuführen, dass nur wenige Studien die Nachhaltigkeit der positiven Effekte der MINT-Fortbildungen für Primarstufenlehrkräfte untersucht haben, bei denen die Dauer der Fortbildungen bzw. die Kontaktzeit eine besondere Rolle spielen könnte. In der Diskussion um wirksame Fortbildungsmerkmale werden auch Aspekte des **Designs** immer wieder thematisiert. Nur wenige Studien vergleichen hier systematisch verschiedene Designs wie Präsenz-, Online- und Blended-Learning-Fortbildungsformate oder innovative Designs wie Coaching. Erste Befunde aus dem Bereich Naturwissenschaften deuten allerdings darauf hin, dass Präsenz- und Blended-Learning-Fortbildungsformate gleich wirksam sein können (Fishman et al., 2013).

Ebenso spielt die **Kooperation** von Lehrkräften für den Fortbildungserfolg eine wichtige Rolle. Hierbei gilt eine entsprechende Anregung von Kooperation, Austauschforen, aber auch ein vertrauensvolles Lernklima im Rahmen der Fortbildung als wichtig (Prast et al., 2018; Kutaka et al., 2017; Xenofontos et al., 2020; Rogers et al., 2007; Selter et al., 2015). Dies verweist auf die **Fortbildenden**, die neben anderen Funktionen auch einen Teil der Verantwortung dafür tragen, dieses vertrauensvolle Lernklima herzustellen. Darüber hinaus hat sich deren fachliche Expertise als bedeutsam erwiesen (Linder, 2011). Insgesamt fehlt es in Bezug auf die Fortbildenden noch an empirischen Befunden dazu, welche Qualifikation und Kompetenz sie mitbringen müssen, um wirksame MINT-Fortbildungen für Primarstufenlehrkräfte zu gestalten. Nicht zuletzt weisen erste Studienergebnisse aus der Literaturrecherche auf die Bedeutung der **Rahmenbedingungen an den Schulen** hin (LaPointe-McEwan et al., 2017; Roche & Gervasoni, 2017). Insbesondere die Funktion von Fachleitungen, also mittleren Führungskräften, wird als eine Möglichkeit diskutiert, um Fortbildungseffekte breiter in die Unterrichtsentwicklung der einzelnen Schulen zu implementieren (Roche & Gervasoni, 2017).

6.1 Implikationen aus den vorgestellten Forschungsbefunden

Bereits einleitend zu dieser Expertise wurde deutlich, dass im Kontext von Fortbildungen für Lehrkräfte, die MINT-Themen in der Primarstufe unterrichten, dem Thema Heterogenität ein doppelter Stellenwert zukommt: zum einen mit Blick auf die Heterogenität der Lehrkräfte selbst und zum anderen mit Blick auf die Heterogenität der Schülerinnen und Schüler u. a. in ihrer Kompetenz. Die Lehrkräfte unterscheiden sich in ihrer individuellen, insbesondere auch MINT-bezogenen

Ausbildung sehr stark von Lehrkräften mit einer sehr guten und fachbezogenen Ausbildung bis zu solchen, die ein Fach bzw. einen Bereich fachfremd unterrichten (Blömeke et al., 2010; Porsch, 2020; Baumgardt & Kaiser, 2015; Binner & Rösken-Winter, 2020). In einigen Bundesländern (z. B. Berlin) wird die Komplexität durch die vermehrte Einstellung von Quer- und Seiteneinsteigenden nochmals erhöht. Diese differente Ausbildungssituation spiegelt sich in unterschiedlichem Vorwissen der Lehrkräfte am Ende der Ausbildung wider (Blömeke et al., 2010), die sich auch bei berufstätigen Lehrkräften beobachten lässt (Blömeke et al., 2015; Meschede et al., 2017). Für die Konzeption von Fortbildungen muss also von heterogenen individuellen fachbezogenen Voraussetzungen mit Blick auf das Wissen, die Überzeugungen und Motivation sowie vermutlich auch andere Facetten professioneller Kompetenz ausgegangen werden. Darüber hinaus unterscheiden sich die Lehrkräfte aber natürlich auch in ihrer aktuellen beruflichen Situation, also der Frage danach, in welchen Klassenstufen sie aktuell unterrichten und welche MINT-Themen dabei unterrichtet werden. An dieser Stelle greift auch die Heterogenität der Schülerinnen und Schüler, die mit Blick auf ihre Kompetenz in den verschiedenen MINT-Bereichen eine große Spannweite aufweisen (Selter et al., 2020; Steffensky et al., 2020; Jansen et al., 2014; Jacobs et al., 2002). Hieraus ergeben sich für die Konzeption von Fortbildungen zwei Herausforderungen: erstens der Umgang mit Heterogenität in der Fortbildungsgruppe selbst und zweitens das Thema Heterogenität als ein Aspekt bei der Herstellung guter Unterrichtsqualität.

Aus den aufgezeigten Studien wird auch mit Blick auf MINT-Themen in Fortbildungen die Heterogenität der Teilnehmenden bezüglich ihrer individuellen Kompetenz immer wieder deutlich (Binner & Rösken-Winter, 2020; Huethorst & Selter, 2020). In verschiedenen Studien hat es sich als hilfreich erwiesen, wenn die teilnehmenden Lehrkräfte in derselben Klassenstufe (z. B. Heller et al., 2012) bzw. zum selben Thema auch während der Fortbildungsteilnahme unterrichten (Rogers et al., 2007; Kutaka et al., 2017) und das Fortbildungsangebot an ihr individuelles Vorwissen anschließt (Lindvall, 2017; 2016). Da die Fokussierung auf Klassenstufen bzw. Themen eher als Maßnahme der äußeren Differenzierung und Homogenisierung zu betrachten ist, die auch praktisch gut umzusetzen sein könnte ist davon auszugehen, dass die Gruppe der teilnehmenden Lehrkräfte mit Blick auf ihre professionelle Kompetenz trotzdem noch eine hohe Heterogenität aufweisen wird. An dieser Stelle können aus den empirischen Befunden weitere Hinweise abgeleitet werden, um allen Lehrkräften effektives Lernen zu ermöglichen. Zu nennen sind hier themenbezogene diagnostische Aufgaben, sogenannte Standortbestimmungen, wie sie beispielsweise Huethorst und Selter (2020) vorschlagen, die oben diskutierten Möglichkeiten, die auf Ebene der einzelnen Lehrkräfte ansetzen (inhaltlicher Fokus, Reflexion, verschiedene Kompetenzfacetten ansprechen),

aber auch das Ermöglichen von fachbezogenem Austausch und Kooperation (für Mathematik: Binner & Grassmann, 2018; Selter et al., 2015; Prast et al., 2018; Kutaka et al., 2017; Copley, 2004; Topping et al., 2011; Rogers et al., 2007; Scott et al., 2012; Herbert & Bragg, 2017; für Naturwissenschaften: z. B. Lumpe et al., 2012; Dalehefte & Rieck, 2014) sowie die Implementation möglichst konkreter Unterstützungsmaßnahmen beim Transfer der Fortbildungsinhalte in die Unterrichtspraxis (für Mathematik: Rogers et al., 2007; Herbert & Bragg, 2017; McGee et al., 2013; Scott et al., 2012). Auf Basis der vorgestellten Best-Practice-Beispiele (z. B. *SINUS an Grundschulen*), die ein besonderes Augenmerk auch auf Transfer bzw. Transferunterstützung gelegt haben, lassen sich einige Ideen für die Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ ableiten. Eine Möglichkeit ist es, die **stärkere Zusammenarbeit im Kollegium der Schulen bzw. die Kooperationen zwischen Lehrkräften** der gleichen oder unterschiedlichen Schulen durch explizite Treffen, aber auch die Bearbeitung gemeinsamer Aufgaben anzuregen.

Neben diesen didaktisch-methodischen Möglichkeiten sollte bei der Konzeption der Fortbildungen außerdem die Heterogenität der Schülerinnen und Schüler mit Blick auf ihre Kompetenz in den verschiedenen MINT-Bereichen in den Blick genommen werden. Qualitativ gute Lerngelegenheiten in MINT-Bereichen auch in der Grundschule gelten als eine zentrale Stellschraube, um Schülerinnen und Schülern, unabhängig von ihrer Lernausgangslage, eine Kompetenzentwicklung zu ermöglichen. Dies erfordert vonseiten der Lehrkräfte, sich mit der fachlichen Kompetenz ihrer Schülerinnen und Schüler differenziert auseinanderzusetzen, z. B. durch das Durchführen und Auswerten diagnostischer Aufgaben oder das Nutzen empirischer Daten z. B. aus den Vergleichsarbeiten. Eine weitere Möglichkeit wäre die Arbeit mit Fallbeispielen, die im Rahmen der Fortbildung analysiert und darauf aufbauend adaptive Unterrichtsschritte geplant werden könnten. Dies sind Möglichkeiten, die bislang im MINT-Unterricht der Primarstufe noch nicht flächendeckend implementiert sind bzw. noch nicht immer zu den entsprechenden Konsequenzen für die Unterrichtsplanung führen. Hier könnten Fortbildungen beispielsweise durch die Implementation von diagnostischen Aufgaben⁴⁷, die die Lehrkräfte mit ihren Schülerinnen und Schülern durchführen und die dann in der Fortbildung besprochen und reflektiert werden, inklusive möglicher Unterrichtsformen, wie mit dem Ergebnis umgegangen werden soll, einen Beitrag zur Verbesserung der Unterrichtsqualität leisten. Gleichzeitig wird dadurch ermöglicht, dass

47 Für Mathematik liegen erste Beispiele zu einzelnen Themen vor (im Kontext von Fortbildungen: Huethorst & Selter, 2020; Mathe macht stark Grundschule: <https://nzl.lernetz.de/index.php/projektinformationen-136.html>); für Naturwissenschaften liegen erste Beispiele vor (im Kontext des Fortbildungsprogramms SINUS an Grundschulen): Schönknecht & Maier, 2012; http://www.sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_SGS/Handreichung_Schoenknecht_Maier.pdf).

sich die Lehrkräfte verstärkt mit dem Lernen der Schülerinnen und Schüler bzw. ihren Vorstellungen, aber auch möglichen Lernschwierigkeiten mit einem MINT-Thema beschäftigen (Kutaka et al., 2017; Rogers et al., 2007; Roth et al., 2019). Einige Fortbildungen (z. B. Roth et al., 2019) haben dieses Konzept noch weiterentwickelt und regen die Lehrkräfte in den Fortbildungen weiter an, Parallelen zwischen den eigenen Erfahrungen und Lernprozessen und denen ihrer Schülerinnen und Schüler herzustellen. Dieses Vorgehen bietet die Möglichkeit der **Perspektiv-einnahme der Position der Schülerinnen und Schüler durch die Lehrkräfte**. Hier geht es u. a. auch darum, den Lehrkräften den Zusammenhang zwischen ihrem Handeln und den Lernprozessen der Schülerinnen und Schüler aufzuzeigen. Um die Perspektive der Schülerinnen und Schüler zu übernehmen, werden in einigen Studien (z. B. Roth et al., 2019) auch Videos, Material aus dem eigenen Unterricht oder andere Fallbeispiele eingesetzt. Diese Methoden sind gleichzeitig geeignet, um das **aktive Lernen** der Lehrkräfte anzuregen, das als ein förderliches Merkmal von Fortbildungen gilt. Weitere Methoden des aktiven Lernens, die bei der Konzeption von Fortbildungen berücksichtigt werden können, sind das forschende Lernen, die eigenständige Gestaltung von Materialien oder Unterrichtseinheiten sowie mit den Fortbildungen verbundene Praxiserprobungsphasen. All diese Maßnahmen hängen dabei einerseits mit der zur Verfügung stehenden Zeit bzw. der Verteilung der Zeit für eine Fortbildung zusammen, andererseits aber auch mit der Reflexion der Lehrkräfte, da diese als wesentlich für die Entwicklung bzw. Veränderung von Kompetenzen angesehen werden kann. Die Heterogenität der Schülerinnen und Schüler kann aber auch eine Rolle bei der Auswahl fachlicher Inhalte für die Fortbildungen spielen. Hier könnte es sinnvoll sein, sich an den inhaltlichen Fortbildungsbedarfen der Lehrkräfte zu orientieren und durch eine Befragung der Zielgruppe herauszufinden, ob es spezifische Themenbereiche gibt, bei denen die Lehrkräfte Fortbildungsbedarf sehen, sich innovative Impulse zur Umsetzung von spezifischen Inhalten in heterogenen Klassen wünschen und bzw. oder sich selbst besonders wenig selbstwirksam wahrnehmen. Die dadurch gesammelten Bedarfe können dann gezielt in den Fortbildungen adressiert werden.

Hinsichtlich des im Bereich der Lehrerfortbildungsforschung viel diskutierten Punkts der **Dauer der Fortbildungen** lässt sich aufgrund der inkonsistenten Befunde keine klare Empfehlung aussprechen. Timperley, Wilson, Barrar und Fung (2007) diskutieren als Schwellenwert Mindestzeiträume von einem halben Jahr. Zwar bieten diese langen Zeiträume keine Garantie für positive Wirkungen der Fortbildung, jedoch ermöglichen sie günstige Voraussetzungen für das Einbinden von Lehrkräften in lernwirksame Aktivitäten. Lipowsky und Rzejak (2019) geben im Hinblick auf Empfehlungen zur Dauer der Fortbildungen generell zu bedenken, dass eine einheitliche Empfehlung für die Dauer von Fortbildungen schwierig und wenig sinnvoll ist, da die Dauer der Fortbildung vermutlich stark von deren Zielen

und Inhalten (z. B. Wissensvermittlung vs. Weiterentwicklung des Unterrichts) sowie den Voraussetzungen der teilnehmenden Lehrkräfte abhängig ist und darauf angepasst sein sollte. Dabei sollte zudem auch berücksichtigt werden, welche Dauer und welcher Umfang der Fortbildungen noch gut in den Schulalltag der Lehrkräfte einzubauen ist, um einen vorzeitigen Abbruch der Fortbildung zu reduzieren. In vielen der Studien strecken sich die Angebote über einen längeren Zeitraum (z. B. ein Schulhalbjahr), in dem mehrere kürzere Fortbildungseinheiten angeboten werden (Kutaka et al., 2017). Insbesondere mit Blick auf das Erproben (sogenannte Praxiserprobungsphasen) und das spätere gemeinsame Diskutieren und Reflektieren von diagnostischen Aufgaben, Unterrichtsmaterialien und Unterrichtsstunden stellt dies einen wichtigen Aspekt dar. Gleichzeitig wird dadurch das individuelle Lernen der Lehrkräfte unterstützt, da sich die Beschäftigung mit dem Thema über einen längeren Zeitraum erstreckt. Hier sollte perspektivisch überlegt werden, inwieweit eine sinnvolle, niedrighschwellige Verschränkung von Online- und Präsenzangeboten, sogenanntes Blended-Learning, eine Option darstellen kann, um die längerfristige und kontinuierliche Auseinandersetzung mit den Fortbildungsinhalten zu ermöglichen.

Gerade wenn Überzeugungen und motivationale Aspekte sowie handlungsnähere Aspekte in Fortbildungen adressiert werden, kann davon ausgegangen werden, dass der Reflexion eine noch stärkere Bedeutung zukommt. Bereits in den aktuellen Arbeiten wird, insbesondere auch durch die Fortbildenden, hervorgehoben, dass sowohl im Zusammenhang mit dem Durchführen von Hands-on-Aktivitäten in Fortbildungen, z. B. dem Erproben von Aufgabenformaten wie der *Zahlenkette* (Huethorst & Selter, 2020), als auch mit dem Experimentieren oder Praxiserprobungsphasen (z. B. Kleickmann et al., 2016) der Reflexion ein besonderer Stellenwert zukommt (Kutaka et al., 2017; Rogers et al., 2007). Insbesondere im Zusammenhang mit Unterrichtsbeobachtungen, die ebenfalls als sehr lernförderlich beschrieben werden, da sie das Potenzial haben, Reaktionen und insbesondere verpasste Reaktionsmöglichkeiten einer Lehrkraft zu diskutieren (Herbert & Bragg, 2017), kommt der Reflexion besondere Bedeutung zu. Hierbei geht es darum, Raum und Lernklima (Xenofontos et al., 2020) so zu gestalten, dass die Lehrkräfte neben gelungenen Aspekten einer Aufgabenbearbeitung oder einer Unterrichtssequenz auch jene Aspekte ansprechen, bei denen sie sich vielleicht unsicher fühlten, das Gefühl hatten, das Unterrichtsziel nicht zu erreichen o.Ä. Hierbei kann es hilfreich sein, gezielte Impulse bzw. Prompts vorzugeben, um die Reflexion der Lehrkräfte anzuregen und zu unterstützen. Reflexionsphasen sollten sehr bewusst in die Fortbildung eingebaut werden, woraus sich weitere Fragen nach der inhaltlichen und organisatorischen Gestaltung einer Fortbildung ergeben. Zunächst soll nochmal die Frage der Heterogenität bzw. der Differenzierung angesprochen werden, aber auch die Frage, wie eine Implementation der

Fortbildungsinhalte durch die Fortbildungskonzeption unterstützt werden kann und welchen Stellenwert die Kooperation der Lehrkräfte einnimmt. Der Stellenwert der Reflexion verweist aber neben den strukturell-qualitativen Merkmalen der Fortbildungen, die durch die Anbieter von Fortbildungen, z. B. die Stiftung „Haus der Kleinen Forscher“, sehr direkt beeinflusst werden können, auf Aspekte, die auf der Ebene der Lehrkräfte angesiedelt sind.

In Kapitel 4 wurden zentrale Facetten professioneller Kompetenz von Lehrkräften und ihre Bedeutung für die Unterrichtsqualität und die Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler dargestellt. In den vorliegenden Studien wird dabei der Erwerb von **Fachwissen und fachdidaktischem Wissen** im Rahmen von Fortbildungen immer wieder diskutiert (für Mathematik: Prast et al., 2018; Kutaka et al., 2017; Lindvall, 2017; Mishal & Patkin, 2016; Herbert & Bragg, 2017; Rogers et al., 2007; für Naturwissenschaften: Roth et al., 2019; Kleickmann et al., 2016). Im Bereich der Mathematik zeigte sich, dass die Teilnehmenden dabei eher das fachdidaktische Wissen als bedeutsam ansehen (Mishal & Patkin, 2016; Rogers et al., 2007), während Fortbildende auch das Fachwissen in den Blick nehmen (Rogers et al., 2007). Demgegenüber werden nicht-kognitive Aspekte wie Überzeugungen (Selter et al., 2015), Motivation, Selbstwirksamkeitserwartung oder Ängste (Prast et al., 2018) seltener angesprochen bzw. die Wirkung von Fortbildungen auf diese Kompetenzfacetten wird kaum untersucht. Sie werden jedoch als ursächlich für den Fortbildungserfolg (Prast et al., 2018) angenommen und gelten als wichtige Einflussfaktoren für eine hohe Unterrichtsqualität (Jentsch et al., 2020). Allerdings ist durch den fehlenden Fokus der Studien auf die nicht-kognitiven Aspekten unklar, welche Wirkmechanismen zugrunde liegen. Aufgrund dieser wichtigen Bedeutung sollten Fortbildungen in Zukunft neben dem professionellen Wissen insbesondere auch die nicht-kognitiven Facetten in den Blick nehmen und entsprechende Lerngelegenheiten anbieten. Dies entspricht auch einem zeitgemäßen Verständnis von Lehren und Lernen, in dem Emotionen neben Kognitionen ein zentraler Stellenwert zukommt (Pekrun, 2006). Die Förderung dieser könnte aber im MINT-Bereich besonders bedeutsam sein, da verschiedene Befunde zeigen, dass viele Primarstufenlehrkräfte eine geringe Selbstwirksamkeitserwartung im Hinblick auf das Unterrichten von MINT-Themen haben.

In den vorliegenden Fortbildungsstudien werden zudem wenig die situationspezifischen Fertigkeiten, also beispielsweise die professionelle Wahrnehmung der Lehrkräfte, adressiert, bzw. wird dies nicht explizit benannt (Ausnahmen: z. B. Roth et al., 2011; Roth et al., 2019). Das könnte daran liegen, dass diese erst in den vergangenen Jahren stärker als eigenständige Facette professioneller Kompetenz in den Blick genommen wurden (Dindyal et al., 2021). Da die professionelle Wahrnehmung aber mit dem professionellen Wissen der Lehrkräfte (Blömeke et al., 2015; Knievel et al., 2015) bzw. ihrer beruflichen Erfahrung (Meschede

et al., 2017) einerseits und fachbezogeneren Aspekten der Unterrichtsqualität (Jentsch et al., 2020) andererseits zusammenhängen, könnten diese einen vielversprechenden Ansatzpunkt für Fortbildungen darstellen. Sie liegen damit nämlich, möglicherweise im Gegensatz zum professionellen Wissen, dichter an den Vorerfahrungen der Lehrkräfte (Kohärenz), aber auch am tatsächlichen Unterricht (Implementation der Inhalte). Die professionelle Wahrnehmung, der theoretisch oft eine Art „Brückenfunktion“ zugeschrieben wird, könnte diese möglicherweise auch in den Fortbildungen einnehmen. Als effektive Möglichkeit zur Förderung der professionellen Wahrnehmung hat sich in Studien für (Primarstufen-)Lehrkräfte die systematische Analyse von Unterrichtsvideos erwiesen (z. B. Roth et al., 2011; Sherin & van Es, 2009).

Zusammenfassend ist für die Konzeption von Fortbildungen durch die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ an dieser Stelle besonders wichtig, die Mehrdimensionalität professioneller Kompetenz zu berücksichtigen. Wenngleich die Kompetenzfacetten in der Forschung teilweise unterschiedlich konzeptualisiert werden, kann empirisch davon ausgegangen werden, dass es sich bei professioneller Kompetenz um ein mehrdimensionales Konstrukt handelt, dessen verschiedene Facetten sich empirisch trennen lassen. Bei der Konzeption von Fortbildungen sollten dabei die verschiedenen „übergeordneten“ Bereiche theoretisch-konzeptionell und didaktisch-methodisch mitbedacht werden. Das bedeutet, Fortbildungen sollten das Wissen, die Überzeugungen und Motivationen der Lehrkräfte, aber auch, aus den zuvor beschriebenen Gründen, ihre situationspezifischen Fertigkeiten gleichermaßen ansprechen. Die Leitfrage für die Konzeption von Fortbildungen sollte lauten: Welches Wissen ist wirklich nötig, um die Unterrichtssituation fachlich und fachdidaktisch zu erkennen, zu interpretieren und zu nutzen? Dies verweist nochmals auf die oben besprochene Bedeutung des Themas Heterogenität der Fortbildungsteilnehmenden und damit erforderlichen Möglichkeiten der Differenzierung sowie auf die Notwendigkeit der Reflexion.

Aus den in Kapitel 5 vorgestellten Studienbefunden werden zwei weitere, übergeordnete Aspekte deutlich, die perspektivisch auch durch die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ bei der Konzeption von Fortbildungen stärker in den Blick genommen werden sollten. Hierzu gehören Aspekte, die sich um die Fortbildenden selbst, also die Lehrenden in den Fortbildungen, drehen, sowie Fragen nach den organisatorischen Rahmenbedingungen an den Schulen der Lehrkräfte bzw. der Punkt, wie hier eine breitere Implementation der Fortbildungsinhalte unterstützt werden kann. Auf diese beiden Aspekte soll im Folgenden eingegangen werden.

Auch wenn die vorliegende Expertise ihren Schwerpunkt auf Merkmale wirksamer Fortbildungen gesetzt hat, lässt sich aus den theoretischen Modellen zum Fortbildungserfolg (Lipowsky & Rzejak, 2019) die besondere **Rolle der Fortbilden-**

den ableiten. Es ist davon auszugehen, dass analog zur Wirkung der professionellen Kompetenz der Lehrkräfte die professionelle Kompetenz der Fortbildenden ein wichtiger Prädiktor für die Qualität der Lerngelegenheiten während der Fortbildungen ist und damit den Grundstein für den Fortbildungserfolg legt. Daher sollte der Auswahl, aber auch der Weiterqualifizierung der Fortbildenden eine besondere Aufmerksamkeit zukommen. Empirische Befunde geben Hinweise, dass bei Fortbildenden sowohl ihre fachliche Kompetenz als auch ihre Persönlichkeit von Bedeutung für die Teilnehmenden ist (Linder, 2011). Die Interviewstudie von Rogers et al. (2007) hat gezeigt, dass sich Fortbildende, in dem, was sie als lernwirksam in Fortbildungen betrachten, durchaus von den Teilnehmenden unterscheiden, z. B. mit Blick auf den Stellenwert des Fachwissens, die Bedeutung der Reflexion und die Bedeutung eines vertrauensvollen, kollegialen und kooperativen Lernklimas. All dies sind Punkte, die Fortbildende deutlich expliziter ausführen und in ihrer Bedeutung hervorheben. Dies betont also nochmal die Notwendigkeit, die Gruppe der Fortbildenden explizit zu fokussieren. Aus der Perspektive eines Fortbildungsanbieters, wie es die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ ist, kann dies an verschiedenen Stellen erfolgen. So sollten die Fortbildenden sorgfältig ausgewählt werden und transparente Kriterien, beispielsweise mit Blick auf die fachliche, aber auch fortbildungsdidaktische Expertise der Fortbildenden, entwickelt werden. Darüber hinaus sollten Fortbildende selbst die Gelegenheit zur Fortbildung haben, sei es durch den Anbieter oder durch externe Angebote. Hier könnten beispielsweise unterschiedliche Sichtweisen von Fortbildungsteilnehmenden und Fortbildenden thematisiert werden. Hierdurch können diese für die Bedarfe der Teilnehmenden sensibilisiert werden, und so kann möglicherweise eine höhere Passung zwischen den Personengruppen hergestellt werden. Beide Aspekte sind umso bedeutender, da sich die fachliche Expertise der Fortbildenden für alle Beteiligten als wichtiges Kriterium herausgestellt hat. Da aber auch die Persönlichkeit und die fachbezogene Motivation der Fortbildenden von Bedeutung sind, sollten diese Kriterien ebenso angemessen berücksichtigt werden. Gerade mit Blick auf die Arbeit mit Multiplikatorinnen und Multiplikatoren könnte hier ein Austausch mit dem DZLM (Barzel & Selter, 2015; DZLM, 2014) gewinnbringend für beide Fortbildungsanbieter sein. Das DZLM arbeitet nicht nur mit Fortbildenden, sondern auch mit sogenannten Multiplikatorinnen und Multiplikatoren, also Lehrkräften, die selbst unterrichten und neben ihrer Unterrichtstätigkeit als Fortbildnerinnen und Fortbildner für andere Lehrkräfte tätig sind. In diesem Zusammenhang wurde für die Gruppe der Multiplikatorinnen und Multiplikatoren ein spezifisches Kompetenzmodell entwickelt, das neben fachlichen Anteilen zugleich Aspekte der Fortbildungsdidaktik und Methodik enthält (DZLM, 2014). Ein solches Modell könnte einen Ausgangspunkt darstellen, um zukünftig die Aus-

wahl und Weiterqualifikation von Fortbildenden praktisch zu leiten und empirisch zu untersuchen.

Neben den individuellen Merkmalen der teilnehmenden Lehrkräfte, den methodisch und didaktischen Aspekten der Fortbildungsgestaltung – insbesondere hinsichtlich des Umgangs mit der Heterogenität der teilnehmenden Lehrkräfte – sowie Fragen nach der Auswahl und Professionalisierung der Fortbil-



genden, stellt sich die Frage, welche Funktion dem Schulkontext zukommt. Bereits im Modell von Lipowsky und Rzejak (2019) zur Wirkung von Fortbildungen wird beispielsweise der Unterstützung durch die Schulleitungen, ihrem Führungsstil und den Transfervorstellungen der Schule Bedeutung zugeschrieben, die die individuellen Voraussetzungen der Lehrkräfte (z. B. Motivation), aber auch das Gelingen des Transferprozesses beeinflussen können. Den Schulkontext stärker in Überlegungen (und Evaluationen) zur Wirkung von Fortbildungen einzubeziehen, ist sinnvoll, da dadurch im Idealfall die Reichweite der Fortbildung erhöht werden kann und so eine (verbesserte) Unterrichtsqualität einer größeren Gruppe von Schülerinnen und Schülern und der Entwicklung ihrer MINT-Kompetenzen zugutekommt (Rogers et al., 2007). Dabei sind zwei Wege denkbar. Erstens ist es möglich, dass alle pädagogischen Fach- und Lehrkräfte einer Schule an einem Fortbildungsangebot teilnehmen. Zweitens sind verschiedene Szenarien denkbar, wie die teilnehmenden Lehrkräfte im Rahmen einer Tätigkeit als Fachleitung oder als Multiplikatorinnen und Multiplikatoren Fortbildungsinhalte in die Schule tragen. Der erste Weg wird in einigen der vorgestellten Studien gegangen (z. B. Prast et al., 2018; Ostermeier et al., 2010), ist jedoch sehr ressourcenaufwendig und könnte ggf. dem Merkmal der freiwilligen Teilnahme widersprechen. Bislang liegen nur wenige Arbeiten vor, die neben den Lehrkräften selbst auch Schulleitungen oder Fachleitungen miteinbeziehen (LaPointe-McEwan et al., 2017; Roche & Gervasoni, 2017). Beide Studien geben Hinweise darauf, dass dieser Weg erfolgversprechend sein kann, wenn es darum geht, die fachbezogene Unterrichtsqualität zu verbessern, insbesondere hinsichtlich einer Erhöhung der Schülerorientierung (Stichwort heterogene Voraussetzungen) bzw. der Nutzung empirischer Daten, z. B. aus Vergleichsarbeiten, in der Schule zu verstärken. Es zeigt sich außerdem, dass die Leitungskräfte dabei ggf. spezifische eigene Anteile brauchen, die genau die fachbezogenen Leitungsaufgaben adressieren (LaPointe-McEwan et al., 2017).

6.2 Limitationen

Bei der Interpretation der Befunde sollten zwei übergeordnete Einschränkungen beachtet werden, auf die im Folgenden näher eingegangen wird. Zum einen ist dies die Qualität der einbezogenen Primärstudien (Sims & Fletcher-Wood, 2021; van Veen et al., 2012) und zum anderen die Frage, auf welchen Ebenen die Wirkungen evaluiert werden (Kirkpatrick, 1979; Sims & Fletcher-Wood, 2020).

Die dargestellten Fortbildungsstudien sollten mit Vorsicht interpretiert und miteinander verglichen werden, da sie eine große Variabilität hinsichtlich ihrer (methodischen) Qualität aufweisen. So liegt eine Vielzahl von Fall- und Interviewstudien (z. B. Copley, 2004; Rogers et al., 2007; Appleton et al., 2008b), querschnittlichen Studien mit Vergleichsgruppe (z. B. Dalehefte & Rieck, 2014) oder Studien, die auf retrospektiven Selbstberichten von Lehrkräften basieren (Roche & Gervasoni, 2017; Appleton et al., 2008a), vor. Eher weniger Studien beruhen auf Prä-post-Vergleichen (z. B. Selter et al., 2015; Lindvall, 2017; Prast et al., 2018; Kleickmann et al., 2016; Heller et al., 2012; Roth et al., 2019). Damit geht einher, dass einige Studien nur auf sehr kleinen Stichproben beruhen. Auch die Güte der Testinstrumente wird in vielen Studien nicht hinreichend beschrieben. Eine weitere Einschränkung der vorliegenden Expertise ist zudem, dass unklar ist, ob die Ergebnisse aus den vorgestellten Studien, die mehrheitlich nicht aus Deutschland stammen, auf den deutschen Kontext übertragen werden können, da es Unterschiede hinsichtlich der Ausbildungs- und Fortbildungssituationen von Lehrkräften in Deutschland und anderen Ländern gibt. Hier sollte jedoch nochmal an die Überlegungen von van Veen et al. (2012) erinnert werden, die darauf hinweisen, dass der Nachweis von Fortbildungseffektivität in der Regel nur in einem Zusammenwirken aus qualitativen und quantitativen Arbeiten möglich ist. Erstere können in der Regel kleinschrittiger förderliche Merkmale identifizieren, während letztere empirisch belastbare Hinweise auf die Wirkungen geben können. Ein weiterer Grund für die Studiensituation könnten auch Herausforderungen bei der Datenerhebung sein. So sind qualitative Studien, die auf kleineren Stichproben und Forschungsinstrumenten, die in der Entwicklung weniger aufwendig sind, beruhen deutlich leichter durchzuführen als beispielsweise Experimentalstudien mit einem Prä-post-Test-Design, in denen professionelle Kompetenz erfasst werden sollen. Aus fortbildungspraktischer Sicht ist darüber hinaus anzumerken, dass in vielen der diskutierten Studien nicht explizit thematisiert wird, wer die Fortbildungen durchgeführt hat (Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, externe Fortbildende), sodass die Befunde auch hierdurch beeinflusst sein könnten, da den Fortbildenden eine wichtige Funktion zukommt. Daher sei an dieser Stelle nochmal an die Schlussfolgerung von Sims und Fletcher-Wood (2020) verwiesen, die davon ausgehen, dass für einige Merkmale, wie beispielsweise die Fortbildungsdauer,

aber auch der fachliche Bezug, die Wirkung noch nicht eindeutig und kausal belegt ist, selbst wenn eine Reihe von einzelnen Hinweisen hierzu vorliegen, die aber eben von sehr unterschiedlicher forschungsmethodischer Güte sind.

Im Hinblick auf die Ebene, auf der die Wirkungen untersucht wurden, lässt sich für die vorliegenden Studien feststellen, dass viele Studien im Sinne der vier Ebenen nach Kirkpatrick (1979; reaction, learning, behavior und results) vor allem auf der zweiten Ebene (learning), der Ebene der Kompetenz der Lehrkräfte, angesiedelt sind. Nur wenige Studien untersuchen tatsächlich, ob der Transfer in die Schule gelingt, indem sie die Effekte auf die Unterrichtspraktiken der Lehrkräfte (behavior) und die Schülerleistungen (results) prüfen (Ausnahme für Naturwissenschaften z. B. Heller et al., 2012; Roth et al., 2011; Roth et al., 2019; Kleickmann et al., 2016). Dies ist sicherlich ein dringliches Forschungsdesiderat. Gleichzeitig sind große forschungsmethodische Herausforderungen zu nennen. So argumentiert bereits Terhart (2012), dass die Evaluation des gesamten Wirkmechanismus der Lehrkräftebildung (in dem Fall Studium und Vorbereitungsdienst), über die Unterrichtsqualität bis zur Leistung(sentwicklung) der Schülerinnen und Schüler sehr komplex ist. Es handele sich hierbei um zwei, hintereinander geschaltete Angebots-Nutzungs-Modelle (1. Lehrkräftebildung auf die Lehrkräftekompetenz, 2. Lehrkräftekompetenz auf die Kompetenz der Schülerinnen und Schüler). Terhart (2012) plädiert dafür, empirische Evidenz für einzelne Teile der Modelle zu sammeln, wie dies beispielsweise in den großen Studien zur Lehrkräftebildung (Blömeke et al., 2010) bzw. Lehrkräften im Beruf (Baumert et al., 2010; Blömeke et al., 2015) erfolgt. Durch Fortbildungen wird diese Annahme um eine weitere Komponente bzw. – wie aus den Ausführungen deutlich wurde – ein weiteres Angebots-Nutzungs-Modell ergänzt, was die Komplexität noch weiter erhöhen dürfte und daher eine Ursache für die unbefriedigende Befundlage mit Blick auf die Wirkung von Fortbildungen auf die Kompetenzentwicklung von Schülerinnen und Schülern sein könnte.

Trotz dieser Einschränkungen gibt die vorliegende Expertise einen Überblick über den bisherigen Forschungsstand zu MINT-Fortbildungen in der Primarstufe und zeigt weitere zukünftige Forschungsfragen auf, die angesichts der bedeutenden Rolle des MINT-Unterrichts für die Kompetenzentwicklung von Kindern verfolgt werden sollten. Insgesamt ist allerdings zu berücksichtigen, dass der Fortbildungserfolg von verschiedenen Faktoren abhängt (z. B. Unterstützung des Arbeitsumfelds; individuellen Voraussetzungen der Teilnehmenden), die den Fortbildungserfolg positiv sowie negativ beeinflussen können. In diesem Zusammenhang wäre es auch wichtig, stärker Faktoren zu verfolgen, die den Fortbildungserfolg beeinträchtigen könnten oder auch „nicht“ wirken. Hierzu fehlt es bislang aber an empirischen Forschungen (Lindvall, 2017). Auch Wechselwirkungen sollten in den Blick genommen werden.

6.3 Implikationen für die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

Was lässt sich nun anhand der vorliegenden empirischen Befunde für die Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ ableiten? Für die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, die Fortbildungen konzipiert und gestaltet, ist es wichtig, sich bewusst zu machen, welche Ziele mit den Fortbildungen verfolgt werden sollen. Konkret bedeutet dies, sich darüber bewusst zu sein, welche Ebenen des Fortbildungserfolgs adressiert und welche Kompetenzaspekte der Lehrkräfte mit den Fortbildungen weiterentwickelt werden sollen. Dieses Bewusstsein ist grundlegend, um die Fortbildungen zu konzipieren und zu gestalten. Die dargestellten Befunde geben dabei Hinweise, dass verschiedene kognitive und nicht-kognitive Facetten professioneller Kompetenz in Fortbildungen explizit angesprochen werden sollten.

Bei der Konzeption der Fortbildungen sollten zudem wissenschaftliche Befunde berücksichtigt werden, um möglichst wirksame Fortbildungen zu erstellen. Dies kann sichergestellt werden, indem eine Rückkopplung oder Zusammenarbeit mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern stattfindet (Lipowsky & Rzejak, 2021). Hier setzt die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ mit dieser Expertise sowie ihren weiteren wissenschaftlichen Schriften bereits an. Nicht nur bei der Konzeption der Fortbildungen, sondern auch bei den konkreten Inhalten der Fortbildungen sollten wissenschaftliche Befunde eine Rolle spielen. Hier ist es wichtig, auf wissenschaftliche Grundlagen der Unterrichtsforschung einzugehen und diese mit den Lehrkräften zu beleuchten.

Bei der konkreten Konzeption der Fortbildungen sollten die durch die Literaturrecherche identifizierten Merkmale wirksamer Fortbildungen berücksichtigt werden und Umsetzung finden (siehe Zusammenfassung). Darüber hinaus ist zu überlegen, wie konkrete Angebote aussehen können, um die kontinuierliche Auseinandersetzung von Primarstufenlehrkräften mit Inhalten und Methoden der MINT-Bildung in der Primarstufe anzuregen und niedrigschwellige Möglichkeiten anzubieten, diese auch in einem anspruchsvollen und fordernden Schulalltag aufrechtzuerhalten. Nur so kann eine langfristige Weiterentwicklung des MINT-Unterrichts in der Primarstufe gelingen. Beispiele könnten digitale Formate wie Foren sein, in denen die Lehrkräfte sich niedrigschwellig und zeitnah über ihre Erfahrungen bei der Implementation von Fortbildungsinhalten im Schulalltag und unterrichtsbezogene Fragen (z. B. anonymisierte Arbeiten von Schülerinnen und Schülern) austauschen können. Diese Art des Austauschs gibt den Lehrkräften Möglichkeiten zur Kooperation zwischen Lehrkräften verschiedener Schulen. Dies kann eine kritische Reflexion des eigenen Unterrichts sowie die Erweiterung des

Wissens anregen und damit der Weiterentwicklung der Unterrichtspraxis dienen. Des Weiteren könnten den Lehrkräften digitale Angebote zur Verfügung gestellt werden, bei denen sie in kurzen Webinaren oder Videos zusätzlich zur Präsenzfortbildung weiteren Input bekommen oder Aufgaben erhalten, die sie in ihrer Unterrichtspraxis umsetzen können. Solche niedrigschwelligen Angebote können Lehrkräfte zu einer längerfristigen Auseinandersetzung mit ihrem Unterricht und dessen Weiterentwicklung anregen. Mit Blick auf den Lernbereich Mathematik sind in den letzten Jahren durch den Auf- und Ausbau des DZLM verschiedene Initiativen zur Fortbildung von Lehrkräften und sogenannten Multiplikatorinnen und Multiplikatoren entstanden. Hier wäre es aus Perspektive der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ eine Möglichkeit, zunächst an der Expertise des DZLM und der Arbeit von *SINUS an Grundschulen* zu partizipieren und zu profitieren. Gleichzeitig gilt es aber auch zu fragen, wo spezifische eigene Schwerpunkte der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ liegen könnten. An dieser Stelle sollen exemplarisch drei mögliche Schwerpunktsetzungen diskutiert werden. Erstens verfügt die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ über umfangreiche Expertise mit Blick auf das Lernen im Kindergartenbereich. Hier stellen sich gerade mit Blick auf den Übergang vom Elementar- in den Primarbereich auch Fragen, wie das mathematische Lernen der Kinder anschlussfähig (Gasteiger, 2017) gestaltet werden kann, um allen Kindern einen guten Start in den Mathematikunterricht der Primarstufe zu ermöglichen, gerade wenn man bedenkt, dass Kinder mit sehr unterschiedlichen Voraussetzungen in den Unterricht starten. An dieser Stelle könnte die Expertise der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ einen großen Gewinn darstellen. Auch für die Bereiche Informatik, Naturwissenschaften und Technik (INT) kann eine bereichsspezifische Betrachtung der Gestaltung des Übergangs eine gewinnbringende Perspektive darstellen, da auch hier die Kompetenz, die die Kinder mitbringen, ein wesentlicher Prädiktor sind (z. B. Morgan, Farkas, Hillemeier & Maczuga, 2016). Zweitens kann ein weiterer Vorteil der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ in der Betrachtung unterschiedlicher Themenbereiche aus dem Primarstufencurriculum liegen. Zwar wird die Fachspezifität von Fortbildungen betont (Lindvall, 2017; Selter et al., 2015), dies bezieht sich jedoch häufig auf die Abgrenzung zu allgemein-pädagogischen Fortbildungen ohne jeglichen Fachbezug. Perspektivisch sollte theoretisch und empirisch geklärt werden, ob und ggf. welche Gemeinsamkeiten zwischen den verschiedenen MINT-Bereichen bestehen. So wäre beispielsweise denkbar, dass im Bereich der prozessbezogenen Kompetenz bzw. Denk- und Arbeitsweisen sich Überschneidungen finden (Clements & Sarma, 2021). Das Ausloten solcher Potenziale könnte fortbildungs- und unterrichtspraktische Vorteile aufzeigen. Es könnte damit die Effektivität von Fortbildungen erhöht werden, da sich positive Effekte möglicherweise auf verschiedene Fächer auswirken können und den knappen Ressourcen insbesondere mit Blick auf die

zur Verfügung stehende Zeit begegnet werden könnte. Dies wäre relevant, da sowohl in Mathematik als auch im Sachunterricht, in dem die Mehrheit der INT-Lerngelegenheiten in der Primarstufe angesiedelt sein dürfte, ein hoher Anteil von fachfremd unterrichtenden Lehrkräften zu verzeichnen ist (für Mathematik: Binner & Rösken-Winter, 2020). Bezüglich des Unterrichts könnte ein solches Vorgehen Potenzial auf verschiedene aktuelle pädagogische Ansätze, z. B. fächerübergreifender Unterricht oder Projektarbeit, haben. Daraus ergibt sich ein dritter Bereich, in den die Expertise der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ einfließen könnte, nämlich die unterrichtsbezogene Schulentwicklung. Es gibt Hinweise darauf, dass sich eine stärkere Verankerung der Fortbildungsinhalte im Kollegium positiv auf den Fortbildungserfolg auswirkt (Roche & Gervasoni, 2017). Da die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ bereits für den Elementarbereich das Thema der Organisationsentwicklung in den Blick genommen hat, könnte hier ebenfalls Potenzial für eine Schwerpunktsetzung im schulischen Bereich liegen.

E Entwicklung und Pilotierung der Fortbildungsreihe „Informatische Bildung im Grundschulunterricht“

Stiftung Haus der kleinen Forscher



- 1 Einleitung
- 2 Fortbildungsreihe „Informatische Bildung im Grundschulunterricht“
- 3 Entwickeln – Theoretische Hintergründe und Konzeptentwicklung
- 4 Testung des Prototyps – Pilotierung der Fortbildungsreihe
- 5 Evaluieren – Begleitende formative Evaluation zur Fortbildungsreihe
- 6 Reflektieren – Umgang mit den Ergebnissen
- 7 Ausblick

1 Einleitung

Aktuelle Forschungsbefunde belegen eine nur gering ausgeprägte Motivation sowie Selbstwirksamkeit von Grundschülerinnen und Grundschülern im Kontext MINT (Jansen, Schroeders & Lüdtke, 2014). Darüber hinaus schneiden Schülerinnen und Schüler deutscher Grundschulen in den Naturwissenschaften international vergleichsweise schlechter ab (Selter et al., 2020). Ähnlich gestaltet sich die Situation für Lehrkräfte im Primarbereich. Während diese sehr heterogene Ausbildungshintergründe, bezogen auf MINT, aufweisen, zeigen Forschungsergebnisse auch hier eine geringe Selbstwirksamkeit im Unterrichten zu MINT-Themen und -Fragestellungen auf (Appleton, 2008). Aufgrund dieser Ausgangssituation hat die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ im Rahmen der Projekte PRIMA!Start und PRIMA!2023 eine Fortbildungsreihe entwickelt, um Grundschullehrkräfte zu den Themenbereichen Energiebildung und informatische Bildung im Kontext der Methodik des entdeckenden und forschenden Lernens fortzubilden und sie in ihren Kompetenzen der Lernbegleitung in einem schülerorientierten Unterricht zu MINT-Themen und -Fragestellungen zu stärken.

Der folgende Beitrag befasst sich exemplarisch mit der Entwicklung der Fortbildungsreihe „Informatische Bildung im Grundschulunterricht“ und zeigt auf, inwiefern die Angebotsentwicklung der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ einzelnen theoretischen und empirischen Befunden aus den vorangegangenen Expertisen entspricht (vgl. hierzu insbesondere Beitrag D von Barenthien & Duneck in diesem Band).

Hierzu wird ein Überblick über die Ziele der Fortbildungsreihe sowie zur theoretisch fundierten und wirkungsorientierten Fortbildungsentwicklung gegeben. Des Weiteren werden Ergebnisse einer begleitenden formativen Evaluation im Rahmen der Testphase des Angebots (Pilotierung) vorgestellt.

2 Fortbildungsreihe „Informatische Bildung im Grundschulunterricht“

2.1 Wirkannahmen

Die Fortbildungsreihe „Informatische Bildung im Grundschulunterricht“ adressiert die Weiterentwicklung der professionellen Handlungskompetenz von Grundschullehrkräften. Folgende Dimensionen spielen hierbei eine tragende Rolle: Überzeugungen und Werthaltungen, motivationale Orientierungen, selbstregulative Fähigkeiten, Professionswissen (Blömeke, Gustafsson & Shavelson, 2015). Um eine möglichst breite (Fortbildungs-)Wirkung zu erzielen, bedienen verschiedene Elemente und Formate innerhalb der Fortbildungsreihe die benannten Dimensionen an unterschiedlichen Stellen in der Fortbildung. In Anlehnung an die im Forschungsdiskurs vielfach angeführten Wirkebenen von (Lehrkräfte-)Fortbildungen (Lipowsky & Rzejak, 2019; 2021) setzt die Fortbildungsreihe neben der von den Teilnehmenden grundsätzlichen Akzeptanz und empfundenen Relevanz des Fortbildungsthemas sowie der Zufriedenheit mit dem Fortbildungsangebot (Ebene 1) insbesondere bei der Kompetenzentwicklung der Grundschullehrkräfte (Ebene 2), der Weiterentwicklung des unterrichtlichen Handelns sowie der Unterrichtsqualität (Ebene 3) an. Die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler (Ebene 4) wird durch die Fortbildung nicht direkt adressiert. Jedoch wird angenommen, dass sich über einen entsprechend veränderten Unterricht indirekt MINT-bezogene Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler sowie ihre Motivation und Selbstwirksamkeit weiterentwickeln.

Die benannten Ebenen sind in Abbildung 27 dargestellt.

Ebene 1: Akzeptanz, Zufriedenheit und erlebte Relevanz

Ebene 2: Erweiterung von Wissen, Weiterentwicklung von Überzeugungen, Veränderung der Motivation etc.

Ebene 3: Erweiterung des Lehrkräftehandelns/Verbesserung der Unterrichtsqualität

Ebene 4: Entwicklung der Schülerinnen und Schüler (Kompetenzen, Motivation)

Abbildung 27. Wirkebenen von Lehrkräftefortbildungen nach Lipowsky und Rzejak (2019; 2021) – (Herv. der direkt adressierten Ebenen)

Darüber hinaus werden die Teilnehmenden dabei unterstützt, ihre Einflussmöglichkeiten im eigenen Kollegium zu erkennen und Bildungskonzepte aus der Fortbildung zu teilen. Das Anstoßen derartiger Austausch- und Transferprozesse wird im Rahmen der Fortbildungsreihe jedoch als nicht direkt intendierte Wirkung verstanden, da diese Prozesse nicht umfassend durch konkrete Formate innerhalb der Fortbildungsreihe adressiert werden und darüber hinaus vielfach durch äußere bzw. strukturelle Kontextfaktoren beeinflusst sind (z. B. Vernetzung im Kollegium, Unterstützung seitens der Schulleitung, Austauschgelegenheiten in schulischen Gremien etc.) (Kauffeld & Lehmann-Willenbrock, 2010).

2.2 Ziele und Aufbau der Fortbildungsreihe

Vor dem Hintergrund der beschriebenen Ausgangssituation sowie der antizipierten Reichweite der Wirkungen lassen sich konkrete Fortbildungsziele ableiten. Mit der Fortbildungsreihe zielt die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ übergeordnet darauf ab, die individuelle inhaltliche und prozessbezogene Kompetenzentwicklung der teilnehmenden Lehrkräfte zu fördern, indem diese darin bestärkt werden, entdeckendes und forschendes Lernen zu MINT-Themen und -Fragestellungen umzusetzen und diesbezüglich ihre Handlungsstrategien im Unterricht zu erweitern (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019; außerdem Beitrag C in diesem Band zum Verständnis der Methodik des entdeckenden und forschenden Lernens). Sie sollen insbesondere dazu befähigt werden, ihren Unterricht stärker schülerorientiert zu gestalten. Hierzu bauen die Teilnehmenden innerhalb der Fortbildung ihr fachliches und fachdidaktisches Wissen im Rahmen von Informatik⁴⁸ und informatischer Bildung⁴⁹ mit dem Ansatz des entdeckenden und forschenden Lernens

48 Die Thematisierung von „Informatik“ bezieht sich in der Fortbildung auf die Wissenschaft bzw. Fachdisziplin Informatik, die wie folgt definiert ist: „Informatik ist die Wissenschaft der automatischen Informationsverarbeitung, die ursprünglich mit mechanischen (analogen) Maschinen oder elektrischen Apparaten umgesetzt wurde. Mit der Erfindung des Mikroprozessors und der Informationsverarbeitung durch Computer wird die Informatik im 20. Jahrhundert als Wissenschaft der digitalen Informationsverarbeitung begründet, was der Disziplin einen enormen Bedeutungszuwachs verliehen hat“ (Bergner in diesem Band, Beitrag B, Kapitel 3, S. 82). Die Inhalte der Fortbildung umfassen in diesem Kontext auf inhaltlich-fachlicher Ebene Grundlagen, beispielsweise informatische Fachbegriffe (Algorithmus, Binärcode etc.) sowie informatische Prinzipien (z. B. das Prinzip der Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe – EVA-Prinzip). Die Lehrkräfte sollen in diesem Zusammenhang ein Grundverständnis der Informatik entwickeln, das ihnen hilft, informatische Bildung im eigenen Unterricht umzusetzen.

49 Informatische Bildung meint in diesem Zusammenhang die pädagogisch-didaktische Auseinandersetzung mit informatischen Phänomenen und Fragestellungen im Unterricht. Es geht darum, die Schülerinnen und Schüler zu begleiten, Grundkonzepte der Informationsverarbeitung sowie deren Relevanz für die Lösung gesellschaftlicher Probleme zu verstehen (siehe hierzu Bergner in diesem Band, Beitrag B, Kapitel 3).

weiter aus. Um sie hierbei zu unterstützen, sind die Inhalte der Fortbildungsreihe in drei Lernfeldern beschrieben (vgl. Abb. 28). Jedes Lernfeld beinhaltet Fortbildungsziele, die sowohl die konkreten inhaltlichen als auch die prozessbezogenen Schwerpunkte innerhalb der Fortbildungsreihe widerspiegeln.

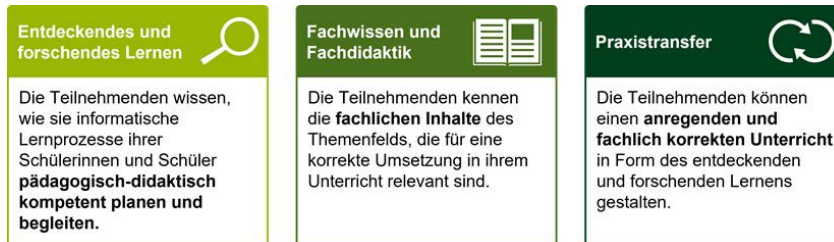


Abbildung 28. Lernfelder mit übergeordneten Fortbildungszielen (Grafik: Chart Factory / © 2022 Stiftung Haus der kleinen Forscher)

Im Rahmen der Module des Lernfelds „Praxistransfer“ nähern sich die Teilnehmenden der Methodik des entdeckenden und forschenden Lernens an, indem insbesondere folgende Orientierungspunkte im Verlauf der Fortbildung fokussiert betrachtet sowie diskutiert werden:

- einen entdeckenden Einstieg gestalten,
- das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler einbeziehen,
- mit den Schülerinnen und Schülern gemeinsam Fragen entwickeln,
- das Forschen dokumentieren und reflektieren sowie
- Repräsentationen und Modelle nutzen.

Im Fokus steht die Gestaltung eines eng an den Schülerinnen und Schülern orientierten Unterrichts, wobei die aufgeführten Aspekte einen Orientierungsrahmen hierfür darstellen. Sie sind demnach tragend für die Planung, Umsetzung und Reflexion der in der Fortbildungsreihe konzipierten Unterrichtsideen.

Ausgehend von den geschilderten Zielen sowie der Ausgangssituation der Zielgruppe wurde eine dreimonatige Blended-Learning-Fortbildungsreihe konzipiert, die klassisches Präsenzlernen in der Gruppe mit individualisierten Selbstlernphasen sowie kooperatives und soziales Lernen mit Lernprozessen in der beruflichen Praxis der Teilnehmenden verbindet. Durch individualisierte Selbstlernphasen nach eigenständig gesetzten Zielen und Schwerpunkten kann insbesondere den sehr heterogenen Ausbildungs- bzw. Wissensständen der Zielgruppe nachgekommen werden. Beispielsweise können die Teilnehmenden während der Planung und Durchführung ihrer Praxiserprobung flexibel auf verschiedene On-

line-Module auf der genutzten digitalen Lernplattform⁵⁰ zugreifen, um Materialien und Ideen für die Unterrichtsplanung und -umsetzung abzuleiten bzw. ihr Wissen je nach Bedarf zu verschiedenen Aspekten zu vertiefen (vgl. Abb. 29).

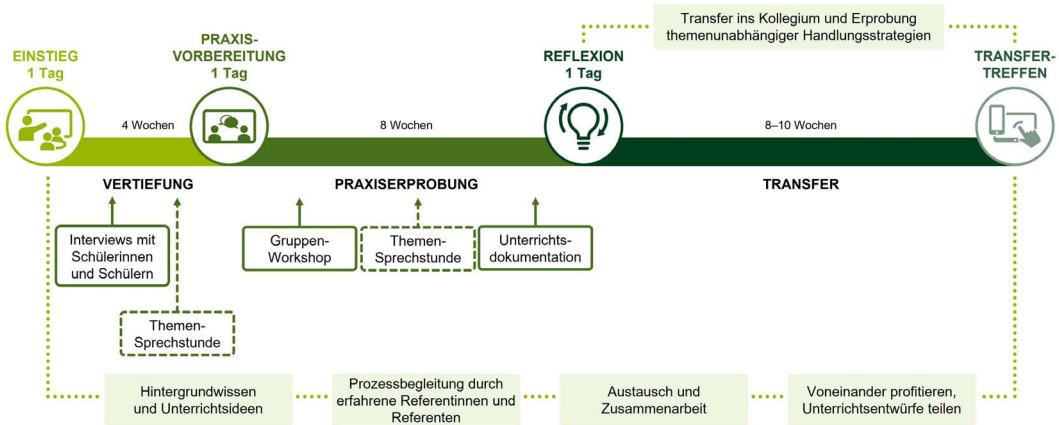


Abbildung 29. Struktur der Fortbildungsreihe „Informatische Bildung im Grundschulunterricht“ (Chart Factory / © 2022 Stiftung Haus der kleinen Forscher)

Im Rahmen verschiedener Phasen mit wechselnden Präsenz- und Online-Modulen können die Teilnehmenden ihre professionellen Handlungskompetenzen über einen längeren Zeitraum weiterentwickeln. In der Phase der Praxiserprobung werden gemeinsam Lösungen und Unterrichtskonzepte erarbeitet, die zu den jeweiligen Kontextbedingungen der eigenen Schule passen. Diese werden im eigenen Unterricht erprobt und in einem Reflexionstag anhand der oben aufgeführten Orientierungspunkte (z. B. eine starke Orientierung am Vorwissen und den Interessen der Schülerinnen und Schüler) im kollegialen Austausch reflektiert.

⁵⁰ Auf dieser Online-Lernplattform registrieren sich die Teilnehmenden bereits vor dem Start der Fortbildungsreihe und können anstehende Termine einsehen sowie Kontaktdaten zu ihren Fortbildnerinnen und Fortbildnern finden. Sie bearbeiten auf der Plattform die angebotenen (obligatorischen und freiwilligen) Online-Module, können weiterführende Materialien nutzen und herunterladen sowie sich mit anderen Teilnehmenden über ein Forum austauschen. Weiterhin bietet die Lernplattform die Möglichkeit, eigene Dokumente hochzuladen, um sich darüber mit anderen Teilnehmenden auszutauschen sowie den Fortbildnerinnen und Fortbildnern Einsicht in diese Dokumente zu ermöglichen, damit diese gezielt Rückmeldungen geben können (z. B. zu eingereichten Unterrichtsplänen).

3 *Entwickeln* – Theoretische Hintergründe und Konzeptentwicklung

Die Fortbildungsentwicklung erfolgte theoretisch fundiert und in Anlehnung an den Design-Based-Research-Ansatz.⁵¹ Theoretische Grundlagen bildeten dabei:

- Zieldimensionen informatischer Bildung auf Ebene pädagogischer Fach- und Lehrkräfte (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2018, S. 166ff.),
- das Transformationsmodell nach Stender (Stender, 2014),
- das EDAMA-Modell (Aeppli & Lötscher, 2016) sowie
- die aktuelle Befundlage zu Merkmalen wirksamer Fortbildungen für Grundschullehrkräfte im MINT-Bereich (vgl. Beitrag D von Barenthien & Dunekacke in diesem Band).

Die Zieldimensionen wurden für die Zielgruppe pädagogischer Fach- und Lehrkräfte bezogen auf den außerschulischen Bereich entwickelt. Daher sind Dimensionen zur Beschreibung der spezifisch unterrichtlichen Handlungskompetenz nicht enthalten. Um einen direkten Unterrichtsbezug zu gewährleisten, wurden deshalb zusätzlich Bezüge zu den KMK-Standards zur Lehrkräftebildung (KMK, 2019) hergestellt.

Des Weiteren liegt der Fortbildungskonzeption ein kompetenzorientierter Ansatz zugrunde (Frank & Iller, 2013). Kompetenzrahmen und Strukturmodelle der Lehrkräftebildung belegen, dass eine reflektierte Unterrichtsplanung, gute diagnostische Fertigkeiten und Kompetenzen im Beurteilen und Begleiten von Lernprozessen, die Strukturierung des Unterrichts sowie die reflektierte Gestaltung der Interaktion mit den eigenen Schülerinnen und Schülern Ansatzpunkte sind, die zur Verbesserung von Unterrichtsqualität beitragen (Frey, 2014).⁵² Dies verdeutlicht, vor welchen Herausforderungen Lehrkräfte im Rahmen der Unterrichtsentwicklung stehen: Zur eigenen Kompetenzentwicklung benötigen sie einerseits relativ zuverlässiges und reflektiertes Wissen zu ihrer spezifischen Situation, andererseits passende (kohärente) Inhalte, Impulse und Begleitung, um ihre persönlichen Entwicklungsziele erreichen zu können.

⁵¹ *Der Design-Based-Research-Ansatz folgt einem iterativen Entwicklungsschema, das folgende Phasen umfasst: Entwickeln – Testen – Evaluieren – Reflektieren. Diese Phasen werden entsprechend mehrfach durchlaufen, bis eine gewisse Sättigung erreicht ist (u. a. Reinmann, 2018).*

⁵² *Frey fasst Strukturen und Inhalte aktueller Kompetenzmodelle und -standards zum Lehrkräftenhandeln in einem Modell anhand von Kompetenzklassen und Handlungsfeldern zusammen (Frey, 2014, S. 238ff.).*

Hierzu bieten unterschiedliche Formate innerhalb der Fortbildungsreihe Unterstützung auf verschiedenen Ebenen:

- **Fortbildungstage:** Elemente zur persönlichen Zielsetzung, Reflexion der unterrichtlichen Rahmenbedingungen, Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler
- **Lernfeld Praxistransfer: Gruppen-Workshop** zur ko-kreativen Unterrichtsplanung, Praxiserprobung einer Unterrichtsidee, Online-Module mit „Praxisideen für den Unterricht“ und „Tipps für die Unterrichtsplanung“
- **Online-Module:** ermöglichen individualisiertes und selbstgesteuertes Lernen und enthalten Impulse zur professionellen Reflexion der Unterrichtsplanung
- **Reflexionsportfolios⁵³:** zur Beobachtung der eigenen Rolle als Lernbegleitung, des Handelns einzelner Schülerinnen und Schüler sowie der eigenen Erfolge und Herausforderungen
- **Dokumentation der Unterrichtserprobung („Unterrichtsdokumentation“)⁵⁴:** Grundlage für Austausch und Rückblick sowie für kollegiale Beratung der Teilnehmenden untereinander

Eine höhere Unterrichtsqualität geht mit der Entwicklung und Optimierung von Handlungsskripten⁵⁵ zum Unterrichten einher (Stender, 2014). Hierbei stellt die Unterrichtsplanung eine wesentliche Grundlage für die Ausbildung von tragfähigen Handlungskonzepten dar, da hierdurch Handlungen und Handlungswirkungen im Unterricht antizipiert werden (ebd.). Zudem fördert die anschließende Reflexion der Konsequenzen des Unterrichtshandelns die Weiterentwicklung und

53 *Im Kontext der Bearbeitung der Online-Module erhalten die Teilnehmenden Reflexionsfragen, die sie dazu anregen sollen, ihren eigenen Lern- und Entwicklungsprozess zu dokumentieren, diesen nachzuvollziehen und auf persönlicher sowie fachlicher Ebene zu reflektieren. Insbesondere sollen die eigene Rolle als Lernbegleitung, das Handeln der Schülerinnen und Schüler sowie die eigenen Erfolge und Herausforderungen in den Blick gefasst werden. Ihre Erkenntnisse, Erfahrungen und Ideen hierzu können sie in einem dafür vorgesehenen Portfolio festhalten.*

54 *Die Teilnehmenden sollen eine ausgefüllte Vorlage zur Planung und Dokumentation ihrer Unterrichtsidee einreichen und erhalten hierzu individuelles Feedback von den Fortbildnerinnen und Fortbildnern. Diese Vorlage dient grundsätzlich dazu, wesentliche Elemente der Unterrichtseinheit aufzuzeigen (z. B. Thema, Unterrichtsziele, Methoden und Sozialformen, Unterrichtsablauf). Darüber hinaus soll durch die Rückmeldung der Fortbildnerinnen und Fortbildner ein Bewusstsein darüber geschaffen werden, welche Lerngelegenheiten und Kompetenzzuwächse durch die Unterrichtsidee ermöglicht werden können, welche Aspekte bei der Lernbegleitung zu beachten sind und welche Stärken die Unterrichtseinheit bezogen auf das Entdecken und Forschen (bereits) aufweist.*

55 *Handlungsskripte meint hier in Anlehnung an Stender (2014) Routinen bzw. Handlungsabläufe, welche durch wiederholtes Ausführen bestimmter Tätigkeiten abgespeichert werden, sodass in ähnlichen Situationen darauf zurückgegriffen werden kann.*

Stärkung von Handlungsskripten (ebd.). Ein gutes Handlungsskript sollte hierbei insbesondere folgende funktionale Merkmale aufweisen:

1. Orientierung an Vorwissen, Bedingungen und Interessen der Schülerinnen und Schüler,
2. Kohärenz der einzelnen Planungsentscheidungen zueinander,
3. die kognitive Aktivierung der Schülerinnen und Schüler.

Die Fortbildnerinnen und Fortbildner unterstützen die Teilnehmenden daher in der Reflexion ihrer Unterrichtsplanung und ihres Unterrichtshandelns auf diesen Ebenen. Die Teilnehmenden skizzieren sowohl während der Bearbeitung der Online-Module als auch in den Fortbildungstagen erste didaktische Planungsschritte und reflektieren diese in der Gruppe. Zur Einschätzung von Vorwissen und Interessen der Schülerinnen und Schüler zum Themenbereich „Informatik“ werden die Lehrkräfte in der Vertiefungsphase dazu angehalten, Interviews mit den Schülerinnen und Schülern zu führen. Nach einer intensiven Auseinandersetzung mit den Interviewergebnissen sollen diese in der Entwicklung und Planung der eigenen Unterrichtsidee berücksichtigt werden. Weiterhin evaluieren die Teilnehmenden die Wirkung ihrer didaktischen Planung und ihres Unterrichtshandelns mit Blick auf die kognitive Anregung der Schülerinnen und Schüler. Dabei sind die Strukturierung des entdeckenden und forschenden Lernens, der Grad des eigenständigen Forschens sowie die Unterstützung des Erkenntnisprozesses durch die Lernbegleitung von besonderer Bedeutung. Diese Aspekte werden während der Praxiserprobung im Gruppen-Workshop thematisiert und ebenso im Reflexionstag in den Fokus gerückt.⁵⁶

Ein besonderes Augenmerk wird in der Fortbildung auf die Unterstützung und Förderung selbstständigen Lernens und Arbeitens gelegt. Darüber hinaus wird die Kompetenz zur Selbstbeobachtung, selbstkritischen Analyse und Reflexion des eigenen pädagogischen Handelns intensiv betrachtet. Hierzu befassen sich die Teilnehmenden mit einem Rahmenmodell zur Reflexion – dem EDAMA-Modell (Aeppli & Lötscher, 2016). In diesem Modell wird Reflexion als bewusstes Hin-

56 *Kompetenzrahmen und Strukturmodelle der Lehrkräftebildung belegen, dass eine reflektierte Unterrichtsplanung, gute diagnostische Fertigkeiten und Kompetenzen im Beurteilen und Begleiten von Lernprozessen, die Strukturierung des Unterrichts sowie die Gestaltung von Lehr-Lern-Interaktion Ansatzpunkte sind, die zur Verbesserung von Unterrichtsqualität beitragen (Frey, 2014). Zudem entspricht eine Fokussierung auf die Erarbeitung von Unterrichtsideen, deren Erprobung und insbesondere kriteriengeleitete reflexive Auswertung den im „Musterorientierungsrahmen für die Lehrkräftefortbildung“ aufgeführten Qualitätsmerkmalen „Reflektiertes Probehandeln“ und „Praxiserprobung“ (DVLfB, 2018, S. 48).*

terfragen von implizitem Erfahrungswissen bzw. getroffenen Annahmen und Entscheidungen beschrieben, das in fünf Phasen abläuft:

1. **Erleben** – eine Erfahrung machen
2. **Darstellen** – Rückblick
3. **Analysieren** – vertiefte Auseinandersetzung
4. **Maßnahmen** entwickeln, planen – Handlungsmöglichkeiten entwickeln, Konsequenzen ableiten
5. **Anwenden** – Maßnahmen umsetzen, erproben

Im Reflexionstag erhalten die Teilnehmenden einen Einblick in das Modell und konzentrieren sich insbesondere auf die Ebenen 3 und 4, indem sie ihren bisherigen Lernprozess analysieren (3), um anschließend fundiert Maßnahmen für ihr unterrichtliches Handeln abzuleiten (4). Diese Maßnahmen können dann in der folgenden Transferphase im Unterricht erprobt (5) und im abschließenden Transfertreffen wiederum analysiert werden (3).

Gelingensbedingungen wirksamer MINT-Fortbildungen für Grundschullehrkräfte

Die Konzeption der Fortbildungsreihe berücksichtigt die Mehrdimensionalität von professioneller Kompetenz, die Wissen, Einstellungen und motivationale Orientierungen sowie Fertigkeiten im praktischen Handeln umfasst (Blömeke, Gustafsson & Shavelson, 2015). Um die Fortbildungsreihe möglichst wirksam zu gestalten, wurden alle benannten Dimensionen in der Fortbildungskonzeption und -durchführung einbezogen (ebd.). Die Weiterentwicklung des fachlichen und fachdidaktischen Wissens wird insbesondere in den Online-Modulen fokussiert. Die Entwicklung von Einstellungen und motivationalen Orientierungen sowie des eigenen Selbstwirksamkeitsempfindens wird bei den Teilnehmenden angeregt, indem sie Gelegenheit bekommen, selbst zu entdecken und zu forschen⁵⁷, sich kollegial auszutauschen und gemeinsam zu reflektieren sowie die Lernbegleitung der Fortbildnerinnen und Fortbildner als Rollenvorbild zu erleben. Fertigkeiten im Unterrichtshandeln werden durch das eigene unterrichtliche Handeln im Rahmen der Praxiserprobung, der individuellen Begleitung der Teilnehmenden in dieser Phase sowie der intensiven Reflexion der Umsetzung gefördert.

Aus der Forschung zur Wirksamkeit von Lehrkräftefortbildungen lassen sich insbesondere die in Tabelle 5 aufgeführten Merkmale als effektiv definieren (vgl.

⁵⁷ Dies ist insbesondere an den Fortbildungstagen ein wichtiges methodisches Element. Zusätzlich gibt es auch in den Online-Modulen Elemente, die zu eigenem Entdecken und Forschen anregen.

Beitrag D von Barenthien & Dunekacke in diesem Band), die in der Fortbildungskonzeption auf unterschiedlichen Ebenen Berücksichtigung fanden.

Tabelle 5. Zentrale Merkmale wirksamer Fortbildungen für Grundschullehrkräfte im MINT-Bereich (vgl. Beitrag D von Julia Barenthien & Simone Dunekacke in diesem Band)

Zentrale Merkmale wirksamer Lehrkräftefortbildungen	Umsetzung in der Fortbildungskonzeption
<i>Austausch und Vernetzung</i>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Einbindung von Austausch- und Reflexionselementen in Fortbildungstagen und ergänzenden Themensprechstunden ■ Ko-kreative Entwicklung von Unterrichtsideen in Gruppen-Workshops
<i>Teacher as Researcher</i>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Lehrkräfte in der Rolle der „Forschenden“: Schärfung ihrer professionellen Wahrnehmung, z. B. in Bezug auf die Einschätzung von Vorwissen und Interessen der Schülerinnen und Schüler sowie für anregende Unterrichtssituationen ■ Videoanalysen in den Themensprechstunden ■ Gemeinsame Reflexion und Analyse der Unterrichtserprobung
<i>Orientierung an Schülerinnen und Schülern</i>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Durchführung und (kollegiale) Auswertung der Schülerinterviews ■ Entwicklung der Unterrichtsideen ausgehend vom Vorwissen und den Interessen der Schülerinnen und Schüler
<i>Lernbegleitung durch Fortbildnerinnen und Fortbildner</i>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bedarfsgerechte, unterstützende Begleitung der Lehrkräfte unter Berücksichtigung ihrer jeweiligen Ausgangslagen, z. B. durch individuelle Gesprächsangebote, bedarfsgerechte Themensprechstunden, technischen Support zur Lernplattform
<i>Kompatibilität mit der Fortbildungszielgruppe</i>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bestandsaufnahme bzgl. der Verortung informatischer Bildung in den Lehrplänen der Bundesländer ■ Individualisierung durch zusätzliche vertiefende fakultative Module aufgrund heterogener Ausgangssituation aufseiten der Zielgruppe ■ Entwicklung von Unterrichtsideen, die zur Lerngruppe und dem eigenen schulischen Kontext passen
<i>Aktives Lernen</i>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Lehrkräfte werden in jeder Phase der Fortbildung selbst aktiv (Umsetzung Unterrichtsidee, viele dialogische und reflexive Fortbildungselemente) ■ Hineinversetzen in die Rolle der Lernenden: Lehrkräfte erfahren entdeckendes und forschendes Lernen sowie eine ko-konstruktive Lernbegleitung durch die Fortbildnerinnen und Fortbildner, Erfahrungen hierbei können auf die Lernbegleitung der eigenen Schülerinnen und Schüler übertragen werden
<i>Bezug zur Unterrichtspraxis</i>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Insbesondere durch die Entwicklung einer eigenen Unterrichtsidee und die Erprobung dieser im eigenen unterrichtlichen Kontext gegeben ■ Videoarbeit: Medial angereicherte Online-Module mit Unterrichtsszenen, Videoanalysen in den Themensprechstunden ■ Praxisideen für den Unterricht als Anregungen in den Online-Modulen
<i>Themenbezug</i>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Konkreter Themenbezug durch Fokus auf informatische Bildung (keine allgemeinpädagogische Fortbildung)

4 Testung des Prototyps – Pilotierung der Fortbildungsreihe

Die entwickelte Fortbildungsreihe wurde als Prototyp in einem in der Stiftung etablierten Verfahren – der Pilotierung – umfassend getestet, um inhaltliche und methodische Anpassungen sowie Anpassungen in der Angebotsumsetzung abzuleiten. Pilotierung der Fortbildungsreihe bedeutete in diesem Zusammenhang eine vollumfassende Durchführung des Fortbildungsangebots mit der Zielgruppe. Von Februar bis Mai 2021 wurde die Fortbildungsreihe mit 40 teilnehmenden Grundschullehrkräften aus elf Bundesländern⁵⁸ in zwei Fortbildungsgruppen praktisch erprobt und in enger Zusammenarbeit mit der Professur für Didaktik der Informatik am Institut für Software- und Multimediatechnik der Technischen Universität Dresden begleitend evaluiert.⁵⁹ Die Präsenzveranstaltungen wurden methodisch zu Online-Workshops umgearbeitet, sodass die Pilotierung aufgrund der Coronapandemie rein digital umgesetzt werden konnte.

In dieser Testphase wurde insbesondere betrachtet, welche Bedarfe und Voraussetzungen der Teilnehmenden künftig verstärkt in der Fortbildungsweiterentwicklung und -durchführung Berücksichtigung finden sollten. Darüber hinaus wurde die Entwicklung der Teilnehmenden auf den antizipierten Wirkebenen untersucht (zu den Wirkebenen vgl. Abb. 27; weitere Ausführungen zur begleitenden Evaluation und den zentralen Ergebnissen finden sich hier in diesem Kapitel). Die teilnehmenden Lehrkräfte nahmen im Zuge der Pilotierung eine Doppelrolle ein: einerseits als reguläre Fortbildungsteilnehmende, andererseits aktiv eingebunden als Experten und Expertinnen ihrer eigenen beruflichen Praxis und somit in der Rolle von Entwicklungspartnerinnen und -partnern. Des Weiteren wurde die Fortbildung durch einen intensiven Hospitations- und Resümeeprozess, auch durch Mitarbeitende der Stiftung⁶⁰, eng begleitet. Flankierend dazu fanden ebenfalls Hospitationen aus dem wissenschaftlichen Bereich der Grundschuldidaktik und naturwissenschaftlichen Didaktik⁶¹ sowie der Informatikdidaktik⁶² statt. Rückmeldungen aus den Hospitationen sowie Ergebnisse aus der Evaluation flossen maßgeblich in die finale Weiterentwicklung der Fortbildungsreihe ein.

58 Es waren alle Bundesländer außer Baden-Württemberg, Brandenburg, Saarland, Sachsen-Anhalt und Thüringen vertreten.

59 Begleitung durch Christin Nenner, Wissenschaftliche Mitarbeiterin Technische Universität Dresden.

60 So nahmen interne Mitarbeitende der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ punktuell an einzelnen Fortbildungselementen teil und gaben direkt im Anschluss Feedback.

61 Begleitung durch Prof. Dr. Jörg Ramseger, Freie Universität Berlin.

62 Begleitung durch Christin Nenner, Wissenschaftliche Mitarbeiterin Technische Universität Dresden.

5 *Evaluieren* –begleitende formative Evaluation zur Fortbildungsreihe

5.1 Betrachtete Ebenen in der Evaluation

Ziel der Evaluation war es, durch den begleitenden formativen Ansatz (Balzer & Beywl, 2018 sowie Stockmann & Meyer, 2014) sicherzustellen, dass während der Pilotierung zu mehreren Messzeitpunkten erhobene Daten sukzessive an die Fortbildungsumsetzenden rückgekoppelt werden können. Auf diese Weise wurde Entwicklung – ein Lernen im Prozess – ermöglicht, sodass bereits während der Umsetzungsphase Anpassungen zur Verbesserung der Fortbildungskonzeption und -durchführung vorgenommen werden konnten. In Anlehnung an Balzer und Beywl (2018) wird in diesem Kontext auch von „interaktiver Evaluation“ (Balzer & Beywl, 2018, S. 60f.) gesprochen. Die evaluierende Person geht hierbei in den permanenten dialogischen Austausch mit den Umsetzenden, um Zwischenergebnisse zu berichten, diese gemeinsam zu bewerten und daraus Zwischenmaßnahmen und -anpassungen abzuleiten.

Die Evaluation untersuchte in diesem Zusammenhang die Wirkungen der Fortbildungsreihe auf den nachfolgend aufgeführten Ebenen. Diese sind angelehnt an das Vier-Ebenen-Modell nach Kirkpatrick (Kirkpatrick & Kayser Kirkpatrick, 2016) sowie an die vier Ebenen des Fortbildungserfolgs im Angebots-Nutzungs-Modell zur systematischen Unterscheidung von Einflussfaktoren im Kontext von (Lehrkräfte-)Fortbildungen nach Lipowsky und Rzejak (2019; 2021). Die Ebene der Organisation bzw. der Schülerinnen und Schüler als jeweils vierte Ebene in beiden Modellen ist hier jedoch ausgeklammert, da die Fortbildungsreihe primär Wirkungen auf den drei darüberliegenden Ebenen adressiert:

1. **Akzeptanz, Zufriedenheit und erlebte Relevanz**
2. **Lernerfolg** der Teilnehmenden im Sinne von Wissenserweiterung, Weiterentwicklung von Überzeugungen, Veränderungen in der Motivation und Selbstwirksamkeit
3. **Transfer** im Sinne der Erweiterung des berufspraktischen Handelns und der Verbesserung der Unterrichtsqualität

Mithilfe dieser Modelle zur Evaluation von beruflichen Fort- und Weiterbildungen sowie zur Operationalisierung von Fortbildungserfolg können auf verschiedenen Ebenen Wirkungen differenziert untersucht und aufgezeigt werden.

5.2 Methodische Zugänge

Um einen möglichst umfassenden Eindruck zur Ausgangssituation sowie zu den Entwicklungen der Teilnehmenden zu erhalten, wurde ein Mixed-Methods-Design (vgl. hierzu z. B. „Mixed-Methods-Approaches“ in Stockmann & Meyer, 2014, S. 213) aus quantitativen und qualitativen methodischen Zugängen gewählt (vgl. Abb. 31).

Quantitative Zugänge

Insgesamt umfasst das Evaluationskonzept fünf Fragebögen, welche allesamt in Form von Online-Befragungen umgesetzt worden sind (zu den Messzeitpunkten aller eingesetzten Fragebögen im Fortbildungsverlauf sowie den Rücklaufzahlen vgl. Abb. 30 und 31). Die Teilnehmenden erhielten vor Beginn der Fortbildung den ersten Fragebogen (Baseline-Befragung t0). Zusätzlich wurde ihnen nach allen drei Fortbildungstagen (Einstieg, Praxisvorbereitung und Reflexion) jeweils ein weiterer Fragebogen zugesendet (t1, t2, t3). Der letzte Fragebogen (Nachher-Befragung t4) wurde einige Wochen nach Durchlaufen der Fortbildungsreihe ausgefüllt. Während die Baseline-Befragung (t0) sowie die Nachher-Befragung (t4) Aspekte auf Ebene des entdeckenden und forschenden Lernens sowie der Informatik und informatischen Bildung auf übergeordneter Ebene in einem Prä-Post-Design aufgreifen, beziehen sich die drei Befragungen zu den Fortbildungstagen (t1, t2, t3) auf konkrete Lernziele des jeweiligen Fortbildungstages sowie auf Ziele im Rahmen der unmittelbar vorab durchlaufenen Fortbildungsphasen.⁶³

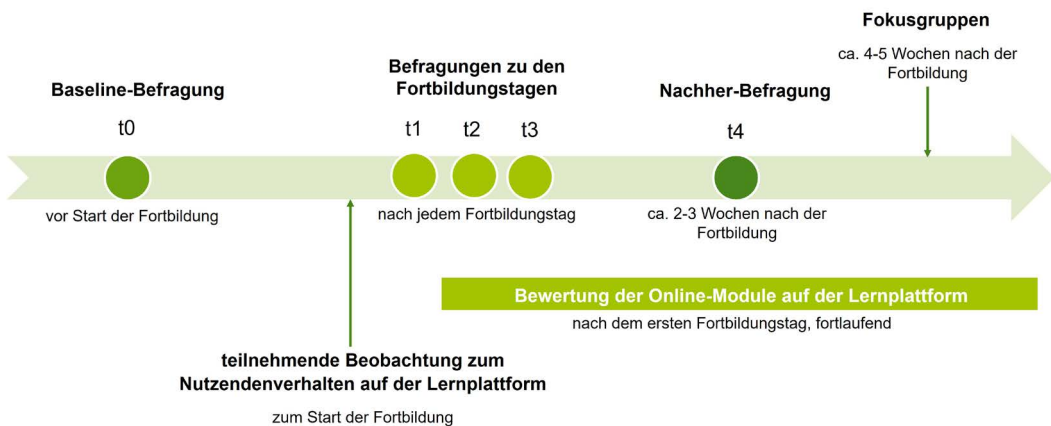


Abbildung 30. Darstellung von Messzeitpunkten der eingesetzten quantitativen und qualitativen methodischen Zugänge im Fortbildungsverlauf

⁶³ So beruht z. B. die Befragung nach dem Praxisvorbereitungstag (t2) auf konkreten Lernzielen des Praxisvorbereitungstages sowie auf Lernzielen aus der vorangegangenen Vertiefungsphase.

Ergänzend zu diesen Befragungen hatten die Teilnehmenden im Rahmen von Kurzumfragen die Möglichkeit, auf der Lernplattform angebotene Online-Module im Anschluss an die Bearbeitung zu bewerten.

Qualitative Zugänge

Darüber hinaus wurden zwei Fokusgruppen umgesetzt. Ziel war es hierbei, zu den Ergebnissen aus den quantitativen Befragungen zusätzlich vertiefte Erkenntnisse zur Unterrichtsplanung der Lehrkräfte zu erlangen. Für die Fokusgruppen relevante Themen⁶⁴ wurden aus Ergebnissen der quantitativen Befragungen sowie aus den Erfahrungen der Fortbildnerinnen und Fortbildner abgeleitet. Die Teilnehmenden sollten innerhalb der Fokusgruppen im gemeinsamen kollegialen Austausch zu den behandelten Themen selbst aktiv eigene Ideen entwickeln und präsentieren.

Zusätzlich wurde eine Dokumentenanalyse durchgeführt, indem eingereichte Entwürfe zur geplanten Unterrichtsumsetzung (im Kontext der Fortbildung „Unterrichtsdokumentation“ benannt) im Rahmen der Fortbildungsteilnahme kriteriengeleitet analysiert wurden. Die der Auswertung zugrunde gelegten Kriterien beziehen sich auf die beschriebenen Orientierungspunkte für einen gelungenen entdeckenden und forschenden Unterricht (vgl. Kapitel 2.2 dieses Beitrags).

Flankierend dazu wurde eine offene teilnehmende Beobachtung (Meyer, 2007, S. 265ff.) durchgeführt.⁶⁵ Ziel dieser Beobachtung war es zu erfahren, inwiefern die im Projekt eingesetzte Lernplattform nutzungsorientiert gestaltet ist (z. B. logischer Aufbau und ansprechende Gestaltung der Plattform). Es konnte aufgrund mangelnder zeitlicher Ressourcen und der hohen Arbeitsbelastung aufseiten der teilnehmenden Lehrkräfte – bedingt durch die Coronapandemie – nur eine einzige Beobachtung realisiert werden, weshalb die dadurch erhaltenen Erkenntnisse als explorativ einzuordnen sind.

64 **Fokusgruppe 1** zum Thema „Wie können wir Lehrkräfte bei der Entwicklung ihrer Unterrichtsideen und der Planung der Unterrichtserprobungen während der Fortbildung unterstützen, damit sie:
 ■ ihr Thema mit ihren Schülerinnen und Schülern entdeckend und forschend umsetzen können,
 ■ Klarheit über fachlich-inhaltliche Ziele und die Kompetenzziele ihrer Unterrichtserprobung haben und
 ■ das Fragenstellen und die selbstständige Erkenntnisgewinnung ihrer Schülerinnen und Schüler fördern können?“

Fokusgruppe 2 zum Thema „Wie müssen Praxisideen gestaltet sein, damit sie:
 ■ die entdeckende und forschende Umsetzung im Unterricht unterstützen,
 ■ für die Unterrichtsplanung verwendet werden können und
 ■ der Lehrkraft Orientierung für die Lernbegleitung beim Entdecken und Forschen mit Schülerinnen und Schülern geben?“

65 Hierzu fand die Beobachtung einer Lehrkraft im Kontext einer Zoom-Videokonferenz beim Erkunden der Lernplattform per Bildschirmteilung statt. Im Beobachtungsverlauf wurden dieser Lehrkraft einzelne Rückfragen zu ausgewählten Aspekten gestellt, um Hinweise zur Gestaltung und Nutzerfreundlichkeit der Lernplattform zu erhalten.

Alle quantitativen und qualitativen methodischen Zugänge sowie Rücklauf- bzw. Teilnehmendenzahlen sind in Abbildung 31 dargestellt.

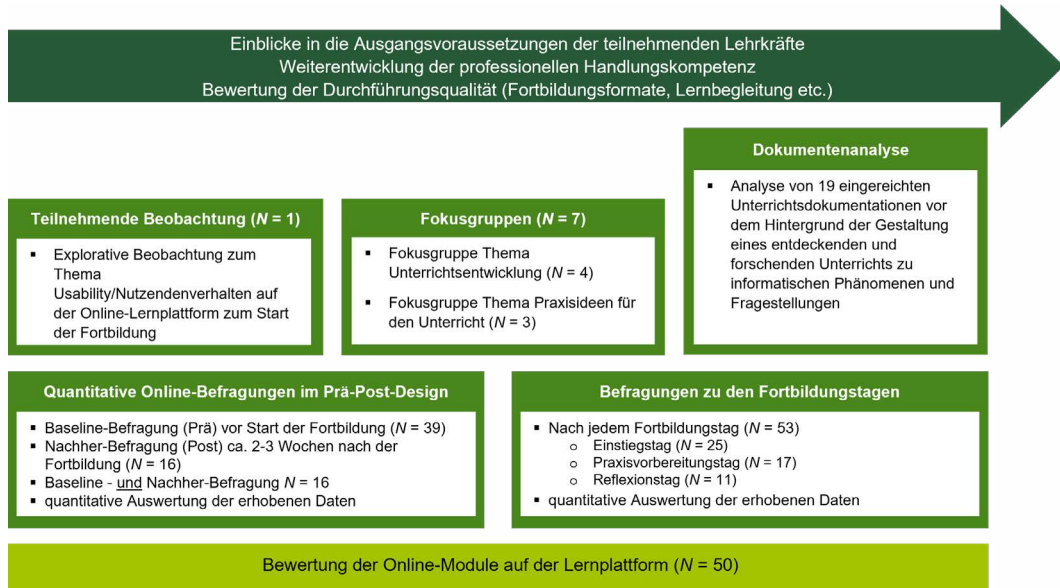


Abbildung 31. Mixed-Methods-Fortbildungsdesign – quantitative und qualitative methodische Zugänge

5.3 Auswertung

Beschreibung der Ausgangsstichprobe

Die Baseline-Befragung (t0) wurde von fast allen Fortbildungsteilnehmenden ausgefüllt – somit wurde eine Rücklaufquote von 98 % erreicht. Die erfassten Hintergrundvariablen geben Auskunft über die soziodemografische Verortung der Teilnehmenden in dieser Ausgangsstichprobe (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6. Stichprobe der Baseline-Befragung (t₀)⁶⁶

Geschlecht (N = 39)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 33 (85 %) weiblich ■ 6 (15 %) männlich
Alter in Jahren (M)	■ 44.9 (SD 10.1; N = 38)
Regionale Verteilung (N = 39)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 11 Bundesländer vertreten; nicht vertreten Baden-Württemberg, Brandenburg, Saarland, Sachsen-Anhalt und Thüringen ■ am häufigsten vertreten Nordrhein-Westfalen mit 18 % sowie mit jeweils 13 % Bayern, Hessen und Sachsen; am geringsten vertreten Bremen und Rheinland-Pfalz mit jeweils 3 % (eine Person)
Ausbildung – studierte Fächer (N = 39)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Die Teilnehmenden sind insbesondere in den Hauptfächern Deutsch und Mathematik ausgebildet. ■ Konkreten MINT-Bezug geben insgesamt 12 Personen an – bezogen auf Biologie (5), Naturwissenschaften (3), Geografie (2), Informatik (1) sowie Technik/Werken (1)
Berufserfahrung in Jahren (M)	■ 11.5 (SD 8.9; N = 38)
Berufliche Praxis – unterrichtete Fächer (N = 39)	■ Die Teilnehmenden unterrichten hauptsächlich in den Fächern Deutsch (30), Sachunterricht (30) und Mathematik (27), gefolgt von Kunst (20), Musik (19), Sport (16) sowie Englisch (11)
Berufliche Praxis – Funktionsstellen ⁶⁷ (N = 39)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 28 (72 %) Lehrkräfte bzw. Referendarinnen und Referendare ■ 15 (39 %) Lehrkräfte mit zusätzlichen Funktionsstellen (z. B. Fachleitung Sachunterricht, medienbeauftragte Personen) ■ 2 (5 %) (stellvertretende) Schulleitung

Auswertung der Fragebögen

Alle eingesetzten Fragebögen wurden quantitativ-deskriptiv ausgewertet. Unterschiede zwischen verschiedenen Messzeitpunkten beziehen sich auf Mittelwertvergleiche mithilfe von t-Tests für abhängige Stichproben. Sofern Unterschiede als signifikant berichtet werden, wird als Signifikanzniveau durchgängig das in der Bildungsforschung allgemein verwendete $\alpha = 5$ Prozent angenommen.⁶⁸ Offene Antworten in den Fragebögen wurden qualitativ mittels induktiver Kategorienbildung und Clusterung ausgewertet.

Auswertung der Fokusgruppen

Auch die Fokusgruppen wurden auf zusammenfassender Ebene ausgewertet. Zur Orientierung hierfür waren für beide Fokusgruppen zwei grobe Leitfragen maßgeblich:

- Welche Aspekte oder Rahmenbedingungen empfinden die Teilnehmenden als *hilfreich*?

66 Abweichungen in der Anzahl von der Gesamtstichprobe sind auf fehlende Werte zurückzuführen.

67 Mehrfachnennungen waren möglich, Angaben beziehen sich jeweils auf die Gesamtstichprobe N = 39

68 Berichtete Signifikanzen sind aufgrund der kleinen Stichprobe mit Vorsicht zu interpretieren.

- Welche Aspekte oder Rahmenbedingungen empfinden die Teilnehmenden als *herausfordernd*?

Diese Fragen wurden sowohl auf die Ergebnisse aus der Fokusgruppe zur Unterrichtsentwicklung als auch auf die Fokusgruppe zur Gestaltung von Praxisideen bezogen, um einen Eindruck zu den Bedarfen der Zielgruppe auf der Ebene von förderlichen sowie hinderlichen Rahmenbedingungen zu erhalten.

Auswertung der Unterrichtsdokumentationen

Die von den Teilnehmenden eingereichten Unterrichtsplanungen wurden qualitativ mittels deduktiver Vorgehensweise ausgewertet. Die im Rahmen des Fortbildungskonzeptes entwickelten Orientierungspunkte für einen Unterricht, welcher Elemente der Methodik des entdeckenden und forschenden Lernens aufgreift (vgl. Kapitel 2.2 in diesem Beitrag), konnten genutzt werden, um als Kodierungsschema in der Auswertung der Unterrichtsplanungen zu fungieren. Auf diese Weise ließ sich untersuchen, inwiefern die Teilnehmenden die benannten Orientierungspunkte in ihrer Unterrichtsplanung berücksichtigen.

Auswertung der offenen teilnehmenden Beobachtung

Eindrücke aus der Beobachtung wurden protokolliert und im Nachgang zusammenfassend ausgewertet. Aufgrund dessen wurden Anpassungsbedarfe in der Aufbereitung der Lernplattform abgeleitet. Der Fokus lag hierbei insbesondere auf Erkenntnissen zur Nutzerfreundlichkeit der Lernplattform sowie zum konkreten Verhalten beim Erkunden der Kursoberfläche und der Lerninhalte.

5.4 Darstellung zentraler Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in Anlehnung an die oben vorgestellten Ebenen nach Kirkpatrick und Kayser Kirkpatrick (2016) sowie Lipowsky und Rzejak (2019; 2021). Es sollen hierbei folgende Fragen beantwortet werden:

1. Wie wirkt das Fortbildungsangebot auf die **Zufriedenheit** der Teilnehmenden?
2. Wie wirkt sich das Durchlaufen der Fortbildungsreihe auf die **professionelle Kompetenz** der Teilnehmenden aus, insbesondere auf die Wissenserweiterung, Weiterentwicklung von Überzeugungen, Veränderungen in der Motivation und Selbstwirksamkeit?
3. Inwiefern gelingt ein **Transfer** von Fortbildungsinhalten und -methoden in die eigene berufliche Unterrichtspraxis?

Insgesamt zeigen die Ergebnisse aus verschiedenen Datenquellen und -analysen erste Hinweise zu Wirkungen der Fortbildungsreihe. Wirkungen werden in diesem Kontext verstanden als Veränderungen bzw. angestoßene Entwicklungen aufseiten der Zielgruppe – den teilnehmenden Lehrkräften – auf den oben benannten Ebenen. Diese Veränderungen basieren auf Selbsteinschätzungen der Teilnehmenden. Die Analyse der Wirkungen erfolgte hierbei durch einen Vergleich dieser Selbsteinschätzungen vor und nach Durchlaufen der Fortbildungsreihe und wurde ergänzt durch zusätzliche Wirkungshinweise aus dem qualitativen Datenmaterial. Es werden keine Zusammenhangsanalysen beispielsweise zu Rahmenbedingungen oder Hintergrundmerkmalen der Teilnehmenden berichtet. In den folgenden Unterkapiteln folgt die differenzierte Darstellung der Ergebnisse anhand der oben aufgeführten drei Leitfragen.

5.4.1 Frage 1: Wie wirkt das Fortbildungsangebot auf die Zufriedenheit der Teilnehmenden?

Rückmeldungen aus den einzelnen Befragungen zu den Fortbildungstagen (t1, t2, t3; N = 49)⁶⁹ zeigen grundsätzlich eine hohe Zufriedenheit mit den Inhalten und Formaten der Fortbildungsreihe sowie der Fortbildungsumsetzung. Dies ist insofern als wichtige Bedingung zu bewerten, als dass somit eine gute Voraussetzung für Wirkungen auf weiteren Ebenen geschaffen ist. Die Bewertung der Zufriedenheit wird nachfolgend zusammenfassend in Bezug auf einzelne Formate und Phasen der Fortbildungsreihe beschrieben.

Bewertung der Fortbildungstage und -phasen sowie Online-Module

Insgesamt zeigt sich, dass die Durchführungsqualität positiv wahrgenommen wurde. Die Ziele der Fortbildungstage und der dazwischenliegenden Phasen konnten auf verschiedenen Ebenen erreicht werden.

So trug der **Einstiegstag** dazu bei, dass die Teilnehmenden in einen ersten vertieften und anregenden kollegialen Austausch zu den Themen „entdeckendes und forschendes Lernen“ sowie „informatische Bildung“ kamen und ihnen hierbei insbesondere die Relevanz eines schülerorientierten Unterrichts bewusst wurde. Folgendes meldeten die Teilnehmenden beispielsweise nach dem Einstiegstag in der entsprechenden Befragung (t1) in diesem Kontext zurück:

„Im Mittelpunkt stehen die Schülerinnen und Schüler und ihre Lebenswelt, Lehrkraft ist Lernbegleiter, forschendes Lernen und Erleben soll für die Schülerinnen und Schüler so vorbereitet sein, dass jeder mit Freude einen Erkenntnisgewinn hat.“

⁶⁹ Stichprobenbeschreibungen zu den einzelnen Messzeitpunkten sind dem Anhang zu entnehmen.

„Aufgreifen von Alltagssituationen, Vorwissen und Interessen ‚meiner‘ Kinder: Was bewegt sie?“

Bezogen auf die bevorstehende Umsetzung der Schülerinterviews zur Erfassung von Vorwissen und Interessen im Kontext Informatik gingen die Lehrkräfte entsprechend interessiert und motiviert in die nächste Fortbildungsphase über.

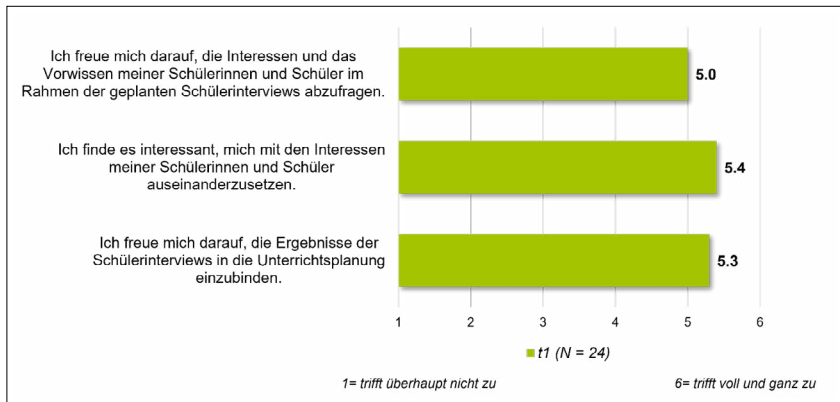


Abbildung 32. Bewertung der Motivation bezüglich der bevorstehenden Durchführung von Schülerinterviews in der Vertiefungsphase

Die folgende **Vertiefungsphase** wurde von den Teilnehmenden insgesamt als gewinnbringend empfunden. Sowohl die Durchführung der Schülerinterviews als auch die Auseinandersetzung mit den Online-Modulen auf inhaltlich-fachlicher und fachdidaktischer Ebene trugen maßgeblich hierzu bei.

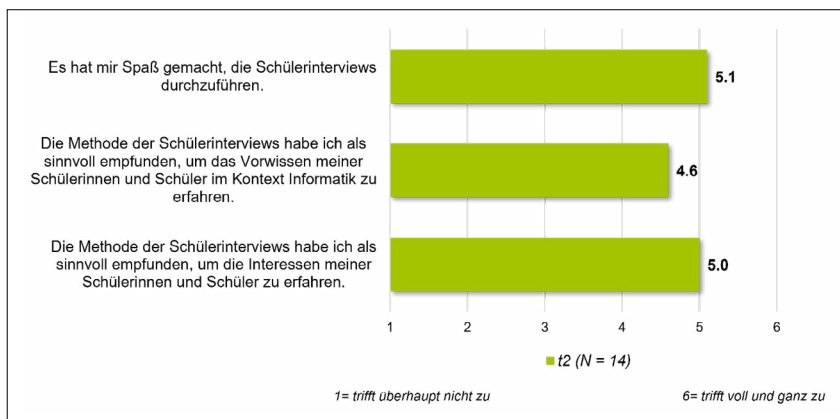


Abbildung 33. Bewertung zur Umsetzung der Schülerinterviews

Die in der Vertiefungsphase zu bearbeitenden **Online-Module** konnten für den Gesamteindruck (Inhalt, Aufbau, Gestaltung) mit 1–6 Sternen bewertet werden. Die Module erhielten in diesem Zusammenhang fast ausschließlich positive Bewertungen und wurden im Mittel mit 5.1 ($SD = 0.98$) Sternen bewertet. Insgesamt wurden 50 Bewertungen abgegeben. In einem zusätzlich offenen Antwortformat zur Passung von Inhalt und Form wurden der informative, verständliche und prägnante Inhalt mit starkem Bezug zu den Schülerinnen und Schülern sowie die sehr ansprechende, abwechslungsreiche Gestaltung mit besonders hohem Aufforderungscharakter (z. B. durch Übungen) und Videobspielen besonders positiv hervorgehoben. Die Teilnehmenden hoben beispielsweise Folgendes hervor:

„Die Arbeit mit Bild und Text und der hohe Aufforderungscharakter haben mir sehr gut gefallen. Die kurz gefassten Informationen fand ich sehr gut! Die Seiten sind sehr ansprechend gestaltet.“⁷⁰

„Ich bin begeistert, wie die Inhalte aufbereitet sind. Mir macht es Freude, so zu lernen. Vielen Dank dafür.“⁷¹

Des Weiteren konnten einige Lehrkräfte durch die Bearbeitung der Inhalte und Übungen dazu motiviert werden, diese auf den Unterricht mit ihren Schülerinnen und Schülern zu übertragen:

„Es ist absolut selbsterklärend und hat einen hohen Motivationscharakter. Ich möchte es am liebsten gleich mit den Kindern ausprobieren und ihren Zugang zu dem Spiel beobachten.“⁷²

„Ronja hat mir so viel Spaß gemacht, dass ich es gerne sofort auf unserer Lernplattform den Schülern vorstellen möchte.“⁷³

Auch die Gestaltung der **Lernplattform** wurde in den Befragungen und überwiegend auch in der teilnehmenden Beobachtung als übersichtlich und nutzungsorientiert bewertet.

70 Dieses Zitat stammt aus den Bewertungen zum Online-Modul „Informatik in unserem Alltag“.

71 Dieses Zitat stammt aus den Bewertungen zum Online-Modul „Informatik in unserem Alltag“.

72 Dieses Zitat stammt aus den Bewertungen zum Online-Modul „Ronjas Roboter – Vom Staunen zum Steuern“.

73 Dieses Zitat stammt aus den Bewertungen zum Online-Modul „Ronjas Roboter – Vom Staunen zum Steuern“.

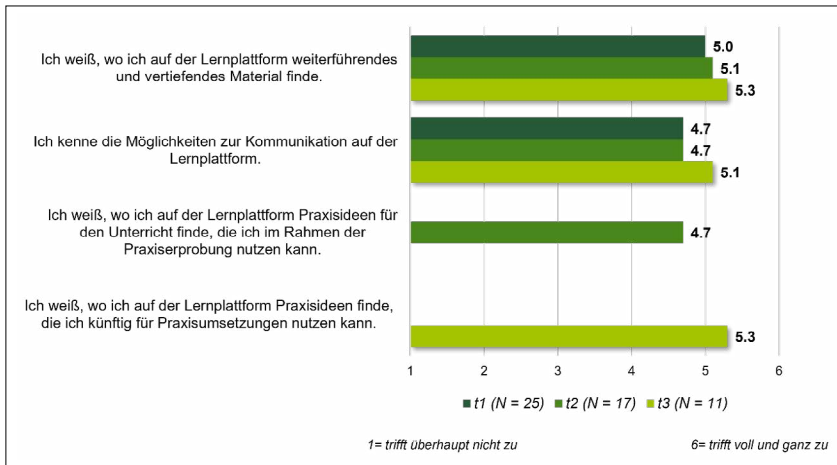


Abbildung 34. Bewertung der Lernplattform nach Messzeitpunkten

Vereinzelte konstruktive Rückmeldungen innerhalb der teilnehmenden Beobachtung zur Lernplattform bezogen sich auf den Wunsch, relevante Dateien (z. B. die Reflexionsportfolios) noch schneller auffinden zu können, sowie auf den Wunsch nach einer noch übersichtlicheren Struktur der zu bearbeitenden Lernpfade.

Im **Praxisvorbereitungstag** konnten sich die Lehrkräfte zu den durchgeführten Interviews austauschen, empfanden diesen Austausch als bereichernd ($N = 14$, $M_{t_2} = 4.4$, $SD_{t_2} = 1.22$) und hatten Spaß dabei ($N = 14$, $M_{t_2} = 4.9$, $SD_{t_2} = 0.66$). In der Befragung zum Praxisvorbereitungstag (t2) meldeten die Teilnehmenden z. B. zurück:

„Durch den Austausch mit anderen Lehrkräften aus den unterschiedlichen Schulsystemen habe ich sehr interessante Impulse mitgenommen.“

„Ich fand den Austausch mit den Kolleginnen und Kollegen interessant [...]“

Austausch und gemeinsame Reflexion konnten schließlich erste Umsetzungs-ideen sowie Umsetzungsmotivation für die bevorstehende Praxiserprobungs-phase anstoßen. Eine teilnehmende Lehrkraft äußert sich in der Befragung zum Praxisvorbereitungstag (t2) folgendermaßen:

„Meine Ideen für die Unterrichtseinheit werden konkreter, und ich freue mich darauf, sie in der Schule auszuprobieren.“

Zudem empfanden die Lehrkräfte die inhaltliche Fokussierung auf die zwei Grundvorstellungen „Daten und Informationen“ sowie „Programmieren und Robotik“ im

Kontext der Unterrichtsplanung und -umsetzung hilfreich und teilen in der Befragung (t2) beispielsweise mit:

„Die beiden vorgestellten Konzepte [Anmerkung: in der Fortbildung als Grundvorstellungen bezeichnet] für die Praxiserprobung sind sehr hilfreich.“

„[...] Außerdem hat mir die Darstellung der Grundkonzepte [Anmerkung: Grundvorstellungen] geholfen.“

Der **Reflexionstag** regte aufseiten der Teilnehmenden schließlich eine vertiefte Reflexion der eigenen unterrichtlichen Praxis sowie Rolle als Lernbegleitung an, was in weiterführender perspektivischer Umsetzungsmotivation sowie neuen Ideen und Anregungen mündete. Eine teilnehmende Lehrkraft betont in diesem Kontext in der Befragung zum Reflexionstag (t3):

„Ich werde die Kinder gerne begleiten auf dem Weg, die Welt zu ihrer zu machen, ihnen bewusst zu machen, dass, auch wenn die Sprachbarriere noch so hoch ist, sie ein wichtiger Teil des Systems sind und ihre Fragen niemals dumm sind. Jede Frage darf und muss gestellt werden, auf der Suche nach den Antworten will ich meine Schülerinnen und Schüler begleiten.“

Die Lehrkräfte konnten vielfach Erkenntnisse aus der Fortbildungsreihe mitnehmen und ihre Selbstwirksamkeit in der Umsetzung von Unterricht zu informatischen Phänomenen und Fragestellungen steigern. Im Kontext abschließender Anmerkungen zur Fortbildung gab eine teilnehmende Lehrkraft in der Befragung zum Reflexionstag (t3) z. B. an:

„Ich gehe mit einem lachenden und einem weinenden Auge! Nach diesen Monaten des gemeinsamen Lernens geht ein Netz verloren, das mir Rückhalt gegeben hat. Durch die Fortbildung habe ich unheimlich viel dazu gelernt und werde auch weiter auf diesem Weg gehen. Ich habe Mut bekommen, mich dem Thema Informatische Bildung in der Grundschule zu stellen.“

Bezogen auf eingangs gesetzte Lernziele und die Einschätzung zur Erreichung dieser bzw. zu allgemeinen Aha-Erlebnissen lassen sich folgende übergeordnete Schlussfolgerungen aus den Antworten der Lehrkräfte in der Befragung zum Reflexionstag (t3; N = 11) zusammenfassend ableiten:

- **Informatische Bildung...**
 - ...geht auch ohne Computer (*analoge und digitale Zugänge im Kontext informatischer Bildung*)
 - ...ist gar nicht so schwer (*inhaltlich-fachliche und fachdidaktische Sicherheit*)
 - ...davor muss man keine Angst haben (*Selbstwirksamkeit*)
 - ...hat einen zu niedrigen Stellenwert an der eigenen Schule (*Relevanz des Themas*)
 - ...geht auch mit Grundschülerinnen und Grundschulern (*Passung zur Lerngruppe*)
- **fächerübergreifendes Arbeiten kann in diesem Kontext gut gelingen** (*fächerübergreifende Anbindung informatischer Bildung*)
- **forschendes Arbeiten mit anspruchsvoller Lerngruppe funktioniert** (*Umgang mit Heterogenität im Klassenzimmer*)

Die Formate der freiwilligen **Themensprechstunden** sowie der verpflichtende **Gruppen-Workshop** zur Vorbereitung der Unterrichtsidee wurden auf verschiedenen Ebenen ebenfalls überwiegend positiv bewertet. Bezogen auf die **Themensprechstunden** spiegeln die Rückmeldungen der Teilnehmenden wider, dass diese an ihren konkreten Bedarfen ausgerichtet waren und eine sinnvolle Ergänzung zu den Fortbildungstagen darstellten, indem die Lehrkräfte beispielsweise bei der Planung der eigenen Unterrichtsidee Unterstützung erfahren haben. Des Weiteren wurden sie ebenfalls vor dem Hintergrund der Vertiefung von Inhalten und Begriffsklärungen als hilfreich betrachtet. Die Teilnehmenden merkten hierzu beispielsweise im Kontext verschiedener Befragungen (t2, t3) an:

„Für mich war diese Stunde wichtig, weil ich eine Unterrichtseinheit zu diesem Thema mache und ich mich noch genauer mit den Fachbegriffen auseinandersetzen wollte. Ferner habe ich noch weitere Informationen bekommen, wie ich selbstständig weiter lernen kann.“

„Mir hat die Themensprechstunde geholfen, um mich noch genauer auf meine Unterrichtsplanung einlassen zu können.“

Auch der **Gruppen-Workshop** wurde bezüglich der Passung zu eigenen Bedarfen und Fragestellungen – insbesondere vor dem Hintergrund der Unterstützung zur Planung der Unterrichtserprobung – positiv bewertet und insgesamt als sinnvolles Element im Gesamtkontext der Fortbildungsreihe empfunden.

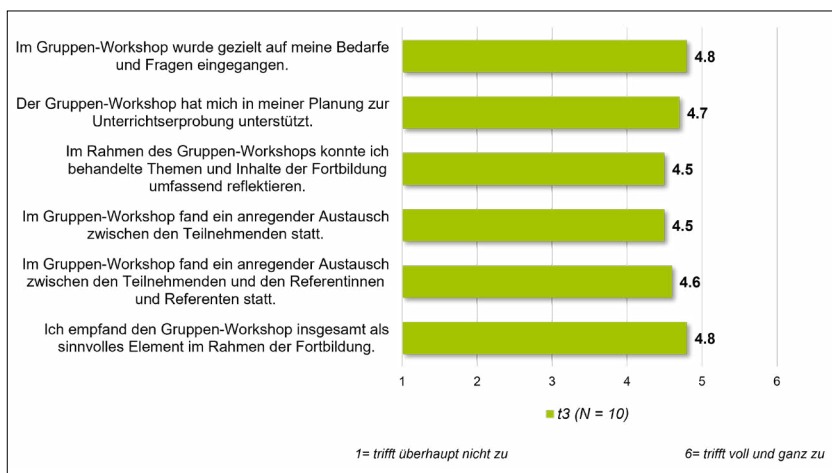


Abbildung 35. Bewertung des Gruppen-Workshops

Bewertung von begleitenden Materialien

Bei den **begleitenden Materialien** wie der Vorlage zur **Unterrichtsdokumentation** und den **Reflexionsportfolios** wird deutlich, dass den Teilnehmenden die Einbindung dieser in der eigenen Praxis teilweise nicht immer eindeutig bewusst war. So wurden die **Reflexionsportfolios** insgesamt tendenziell weniger intensiv zur eigenen Reflexion sowie Regulation des Lernprozesses und auch nicht zur Vorbereitung der Unterrichtsumsetzung – beides sind eigentlich vorgesehene Anwendungskontexte – genutzt. Die Lehrkräfte geben in diesem Zusammenhang jedoch an, es grundsätzlich überhaupt nicht gewohnt zu sein, ihren eigenen Lernprozess intensiv zu dokumentieren ($N = 7$, $M_{t3} = 3.0$, $SD_{t3} = 0.82$)⁷⁴ und zu reflektieren ($N = 7$, $M_{t3} = 4.0$, $SD_{t3} = 1.29$).⁷⁵

Bezogen auf die **Unterrichtsdokumentation** zeigte sich, dass das Befüllen dieser Vorlage teilweise zur Reflexion anregt und Impulse schafft sowie eine Fokussierung auf wesentliche Aspekte der Unterrichtsplanung ermöglicht.

74 Item, welches in diesem Kontext von 1= trifft überhaupt nicht zu bis 6= trifft voll und ganz zu bewertet werden konnte: Ich bin es gewohnt, meinen eigenen Lernprozess intensiv zu dokumentieren. Berichtete Mittelwerte und Standardabweichungen im Kontext der Reflexionsportfolios beziehen sich hier auf $N = 7$ Personen, die in der t₃-Befragung Angaben, Reflexionsportfolios genutzt zu haben.

75 Item, welches in diesem Kontext von 1= trifft überhaupt nicht zu bis 6= trifft voll und ganz zu bewertet werden konnte: Ich bin es gewohnt, meinen eigenen Lernprozess intensiv zu reflektieren. Berichtete Mittelwerte und Standardabweichungen im Kontext der Reflexionsportfolios beziehen sich hier auf $N = 7$ Personen, die in der t₃-Befragung Angaben, Reflexionsportfolios genutzt zu haben.

In der Befragung zum Reflexionstag (t3) betonten einige teilnehmende Lehrkräfte beispielsweise Folgendes:

„Sie [die Unterrichtsdokumentation] ist sehr komprimiert und zwingt dazu, sich zu fokussieren und zu reduzieren.“

„Sie [die Unterrichtsdokumentation] hat mich erst zurückschrecken lassen, hat mir dann aber neue Impulse gegeben/mich weitere Aspekte bedenken lassen.“

„Struktur, die einen nochmal die Planung hinterfragen lässt.“

Einige andere teilnehmende Lehrkräfte empfanden hierbei jedoch eine eher geringe Passung zum ihnen bekannten Vorgehen im Rahmen der (meist sehr sequenziellen) sowie häufig in zusammenhängenden Unterrichtsreihen vorgesehenen Unterrichtsplanung. Dies ging insbesondere aus den durchgeführten Fokusgruppen hervor. Auch die in der bereitgestellten Vorlage zur Unterrichtsdokumentation angelegte Struktur oder verwendete Begrifflichkeiten waren nicht immer eindeutig. Folgende Rückmeldungen gaben die Lehrkräfte in der Befragung (t3) hierzu:

„Manche Inhalte waren, wie mir schien, doppelt oder zu uneindeutig, was ich schreiben sollte. Mir war die Reihenfolge des Überlegens unklar.“

„Mir war das Dokument [...] auf den ersten Blick zu unübersichtlich. In dem Dokument war es mir nicht möglich, eine ganze Einheit zu skizzieren.“

Bewertung der Fortbildnerinnen und Fortbildner

Insbesondere die Lernbegleitung und Unterstützung durch die Fortbildnerinnen und Fortbildner wurde positiv wahrgenommen. Die Teilnehmenden fühlten sich grundsätzlich in den Fortbildungstagen und den dazwischenliegenden Phasen gut betreut. Weiterhin schätzten sie die fachliche Kompetenz sowie die insgesamt verständliche Darstellung von Inhalten. Insbesondere wurde die hohe Zugewandtheit den Teilnehmenden gegenüber – beispielsweise durch die Aufgeschlossenheit bezüglich Vorschlägen und Fragen der Teilnehmenden – positiv hervorgehoben. Grundsätzlich zeichnet sich außerdem die Tendenz ab, dass die Fortbildnerinnen und Fortbildner im Laufe der Fortbildungsreihe über die Fortbildungstage hinweg auf den Ebenen „verständliche Darstellung der Inhalte“ sowie „fachliche Kompetenz“ von den Teilnehmenden zunehmend besser bewertet wurden.⁷⁶

⁷⁶ Hier ist allerdings die unterschiedliche Stichprobengröße in den drei Befragungen zu beachten (siehe Abb. 36), daher nur als Tendenz zu werten.

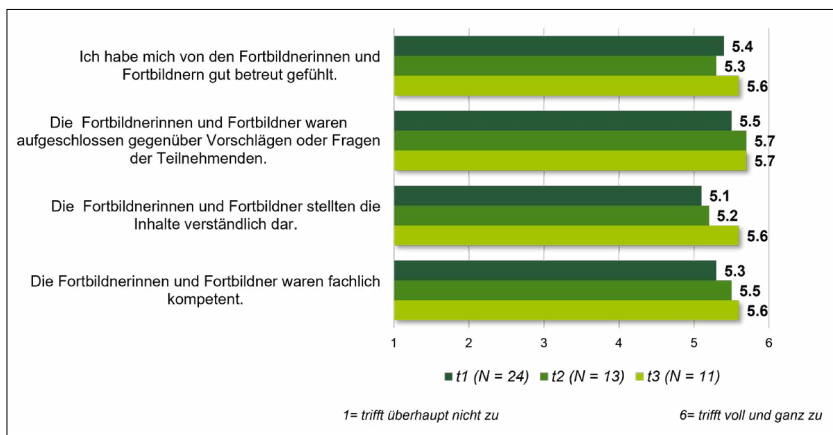


Abbildung 36. Bewertung der Fortbilderinnen und Fortbildner nach Messzeitpunkten

Herausforderungen

Neben den vielfach positiven Eindrücken zur Fortbildungsreihe spielten jedoch auch erschwerte Rahmenbedingungen an den Schulen und hohe Arbeitsbelastungen aufgrund der Coronapandemie eine tragende Rolle im Zuge des Durchlaufens der Fortbildungsreihe. Darüber hinaus zeigte sich, dass trotz der grundsätzlich hohen Zufriedenheit der Teilnehmenden die rein digitale Umsetzung teilweise als herausfordernd empfunden wurde, da die ungewohnte digitale Fortbildungsstruktur beispielsweise auch mit technischen Schwierigkeiten einherging. Nichtsdestotrotz war für einige Lehrkräfte wiederum gerade das Ausprobieren neuer digitaler Tools interessant und lehrreich, was sich in einzelnen beschriebenen Aha-Erlebnissen in den unterschiedlichen Befragungen (t1, t2) widerspiegelt:

„Miro-Board kennenlernen, Zoom-Breakout-Sessions anwenden (habe ich gleich mit meinen Schülerinnen und Schülern übernommen)“

„[...] es war sehr interessant, mal mit Zoom und den anderen Tools zu arbeiten.“

„Der Umgang mit dem Miro-Board. Am Anfang die totale Katastrophe – am Ende konnte ich selbst Post-its beschreiben“.

5.4.2 Frage 2: Wie wirkt sich die Teilnahme an der Fortbildungsreihe auf die professionelle Kompetenz der Teilnehmenden aus?

Die statistischen Prä-Post-Analysen, basierend auf den quantitativen Fragebögen t0 und t4 ($N = 16$)⁷⁷, zeigen sowohl auf Ebene der Informatik sowie informatischen Bildung als auch auf Ebene der Methodik des entdeckenden und forschenden Lernens teilweise signifikante Veränderungen in der Selbsteinschätzung der Teilnehmenden im Kontext verschiedener Subfacetten auf.

Informatik und informatische Bildung

Die Teilnehmenden sehen nach dem Besuch der Fortbildung insgesamt einen stärkeren Alltagsbezug von Informatik in ihrem eigenen Alltag sowie dem der Kinder ($M_{t_0} = 4.6$, $M_{t_4} = 5.4$). Weiterhin zeigte sich insgesamt eine individuell veränderte Sichtweise auf Informatik und informatische Bildung. Beispielsweise ist den teilnehmenden Lehrkräften nunmehr bewusst, dass informatische Bildung sehr niedrigschwellig mit Schülerinnen und Schülern bereits im Primarbereich umgesetzt werden kann. Eine Lehrkraft meldete in der abschließenden Befragung (t4) z. B. Folgendes zurück:

„Ich konnte mein Grundwissen erweitern und habe unterschiedliche Zugänge zu niedrigschwelliger informatischer Grundbildung kennengelernt.“

Außerdem konnten die Teilnehmenden feststellen, dass informatische Bildung nicht auf Aspekte der Medienbildung bzw. den Umgang mit digitalen Endgeräten beschränkt ist und betonten hier in der Abschlussbefragung (t4) u. a.:

„Vor der Fortbildung bezogen sich meine vermittelten Unterrichtsinhalte auf die Anwendung und die Gefahren der digitalen Welt. Das Programmieren in der Grundschule habe ich tatsächlich erst im Laufe der Veranstaltung begonnen.“

„Vor der Fortbildung habe ich bei der informatischen Bildung vorwiegend an Computer und Informatik gedacht. Jetzt weiß ich, dass informatische Bildung in vielem steckt und nicht unbedingt nur mit Technik zu tun hat. Informatische Bildung ist überall im Lebensalltag zu finden.“

„[...] Mir hat es Mut gemacht und gezeigt, dass das Thema ‚Informatische Bildung‘ in der Grundschule viel größer und handlungsorientierter/forschender/entdeckender angelegt werden kann als nur mit dem Tablet.“

⁷⁷ Eine Stichprobenbeschreibung der 16 Personen, die sowohl an t0 als auch an t4 teilgenommen haben, ist dem Anhang zu entnehmen.

Des Weiteren erkannten die Teilnehmenden verstärkt die Anbindung informatischer Bildung in vielen unterschiedlichen Fächern. Neben der besonders häufigen Nennung des Faches Sachunterricht wurden darüber hinaus beispielsweise Mathematik, Kunst und Deutsch angeführt. Eine Lehrkraft führte dies im Zuge der Abschlussbefragung (t4) noch einmal aus:

„Ich weiß jetzt, wie vielseitig informatische Bildung ist. Es kommt auch in anderen Fächern vor und kann mit anderen Inhalten verknüpft werden.“

Darüber hinaus trauen sich die Teilnehmenden auf fachlich-inhaltlicher sowie pädagogisch-didaktischer Ebene nach der Fortbildung sehr viel eher zu, grundsätzlich Unterricht zu informatischen Phänomenen und Fragestellungen ($M_{t_0} = 4.1$, $M_{t_4} = 4.8$) sowie insbesondere Unterricht zu informatischen Phänomenen und Fragestellungen konkret mit dem Ansatz des entdeckenden und forschenden Lernens ($M_{t_0} = 2.9$, $M_{t_4} = 4.2$) zu planen und durchzuführen. Hierzu haben sie im Zuge der Fortbildungsreihe viele anregende und niedrigschwellige Praxisideen erhalten.

Auf Ebene der Erweiterung des inhaltlich-fachlichen und fachdidaktischen Wissens zur Informatik und informatischen Bildung stellen die Analysen heraus, dass sich die Teilnehmenden nach der Fortbildung deutlich besser einschätzen und folglich einen hohen eigenen Wissenszuwachs wahrnehmen (Inhaltlich fachliches Wissen Informatik: $M_{t_0} = 3.4$, $M_{t_4} = 4.6$; Fachdidaktisches Wissen informatische Bildung $M_{t_0} = 3.3$, $M_{t_4} = 5.0$). Die konkrete Umsetzungsmotivation, Unterricht im Rahmen informatischer Bildung entdeckend und forschend bzw. gestaltend durchzuführen, entwickelt sich hingegen nicht weiter. Es zeigt sich, dass die Teilnehmenden bereits vor der Teilnahme an der Fortbildung eine grundsätzlich hohe Motivation aufweisen und diese hohe Motivation relativ stabil bleibt ($M_{t_0} = 4.6$, $M_{t_4} = 4.8$).

Tabelle 7. Ergebnisse der t-Tests für abhängige Stichproben zu den Selbsteinschätzungen der Teilnehmenden auf Ebene der Informatik und informatischen Bildung

	<i>M</i> vor der Fort- bildung (<i>t</i> ₀) ⁷⁸ (<i>N</i> = 16)	<i>M</i> nach der Fort- bildung (<i>t</i> ₄) ⁷⁹ (<i>N</i> = 16)	<i>t</i>	<i>p</i>
Inhaltlich-fachliches Wissen zur Informatik	3.4	4.6	-4.867	.000
Fachdidaktisches Wissen zur informatischen Bildung	3.3	5.0	-4.536	.000
Alltagsrelevanz (Anknüpfungspunkte informatischer Phänomene im eigenen Alltag und dem Alltag von Kindern)	4.6	5.4	-4,961	.000
Selbstwirksamkeit – Umsetzung informatische Bildung (fachliche und pädagogisch-didaktische Sicherheit im Unterrichten zu informatischen Phänomenen und Fragestellungen)	4.1	4.8	-3.024	.009
Selbstwirksamkeit – Umsetzung informatische Bildung und entdeckendes und forschendes Lernen (Einzelitem) (Sicherheit in der Umsetzung von Unterricht im Kontext informatischer Bildung mit dem Ansatz des entdeckenden und forschenden Lernens)	2.9	4.2	-2.611	.020
Motivation (zur entdeckenden und forschenden Umsetzung von Unterricht zu informatischen Phänomenen und Fragestellungen)	4.6	4.8	-0.845	.411

t-Test, **p* < .05⁸⁰

Entdeckendes und forschendes Lernen

Auf Ebene des entdeckenden und forschenden Lernens sind ebenfalls Entwicklungszuwächse zu verzeichnen. Die Teilnehmenden festigen ihr Verständnis der Methodik und schätzen ihr methodisches Wissen nach Teilnahme an der Fortbildungsreihe höher ein ($M_{t_0} = 3.3$, $M_{t_4} = 3.9$). Auch eine noch bewusstere Orientierung an den Interessen und dem Vorwissen der Schülerinnen und Schüler nehmen sie in ihrem eigenen unterrichtlichen Handeln wahr ($M_{t_0} = 4.6$, $M_{t_4} = 5.1$). Bezogen auf die konkrete Handlungsmotivation, verstärkt mit ihren Schülerinnen und Schülern zu entdecken und zu forschen, schätzen sich die Teilnehmenden bereits vorher hoch ein und halten die hohe Motivation auch nach dem Fortbildungsbesuch aufrecht ($M_{t_0} = 4.9$, $M_{t_4} = 5.0$).

78 Die Werte basieren auf einer sechsstufigen Antwortskala (1= trifft überhaupt nicht zu bis 6= trifft voll und ganz zu).

79 Die Werte basieren auf einer sechsstufigen Antwortskala (1= trifft überhaupt nicht zu bis 6= trifft voll und ganz zu).

80 Berichtete Signifikanzen sind aufgrund der kleinen Stichprobe mit Vorsicht zu interpretieren.

Tabelle 8. Ergebnisse der t-Tests für abhängige Stichproben zu den Selbsteinschätzungen der Teilnehmenden auf Ebene der Methodik des entdeckenden und forschenden Lernens

	<i>M</i> vor der Fort- bildung (<i>t</i> ₀) ⁸¹ (<i>N</i> = 16)	<i>M</i> nach der Fort- bildung (<i>t</i> ₄) ⁸² (<i>N</i> = 16)	<i>t</i>	<i>p</i>
Methodisches Wissen ⁸³ (zum entdeckenden und forschenden Lernen)	3.3	3.9	-3.032	.008
Orientierung an Vorwissen und Interessen der Schülerinnen und Schüler beim Entdecken und Forschen (Einstellung bezogen auf einen stärker schülerorientierten Unterricht)	4.6	5.1	-2.711	.016
Auseinandersetzung mit Gelegenheiten zum Entdecken und Forschen (Veränderungsbereitschaft und Vorsatz, mit Schülerinnen und Schülern zu entdecken und zu forschen)	3.8	4.4	-2,497	.025
Handlungsmotivation (Motivation zum verstärkten Entdecken und Forschen mit den Schülerinnen und Schülern)	4.9	5.0	-0.463	.650

t-Test, **p* < .05⁸⁴

5.4.3 Frage 3: Inwiefern gelingt ein Transfer⁸⁵ von Fortbildungsinhalten und -methoden in die eigene berufliche Unterrichtspraxis?

Aus den statistischen Prä-Post-Analysen (*N* = 16) lässt sich ableiten, dass die Teilnehmenden sich nach der Fortbildungsreihe regelmäßiger und gezielter mit Gelegenheiten zum Entdecken und Forschen mit ihren Schülerinnen und Schülern auseinandersetzen ($M_{t_0} = 3.8$, $M_{t_4} = 4.4$), was als verstärkte Veränderungsbereitschaft und somit als erstes Indiz für tatsächlich häufigeres Umsetzen entdeckender und forschender Unterrichtseinheiten gedeutet werden kann.

Im Zuge der Praxiserprobungsphase konnten die Teilnehmenden vielfach kreative Unterrichtsideen im Kontext informatischer Bildung umsetzen. Die Unterrichtsideen bewegen sich thematisch-inhaltlich auf Ebene der beiden in der Fortbildungsreihe fokussierten informatischen Grundvorstellungen „Daten und Informationen“ sowie „Programmieren und Robotik“. Aus den von den Teilneh-

81 Die Werte basieren auf einer sechsstufigen Antwortskala (1= trifft überhaupt nicht zu bis 6= trifft voll und ganz zu).

82 Die Werte basieren auf einer sechsstufigen Antwortskala (1= trifft überhaupt nicht zu bis 6= trifft voll und ganz zu).

83 Die Werte auf Ebene des methodischen Wissens zum entdeckenden und forschenden Lernen basieren anders als alle anderen berichteten Werte auf einer fünfstufigen Antwortskala (1= absolut kein Wissen bis 5= sehr viel Wissen).

84 Berichtete Signifikanzen sind aufgrund der kleinen Stichprobe mit Vorsicht zu interpretieren.

85 Auf Ebene des Transfers ist einschränkend zu betrachten, dass im Rahmen der begleitenden Evaluation nur begrenzt Möglichkeiten bestanden, tiefere Einblicke zur konkreten Umsetzung der Teilnehmenden in ihrem Unterricht zu erlangen. Aus diesem Grund sind die hier berichteten Erkenntnisse als vorsichtige erste Hinweise auf dieser betrachteten Ebene zu verstehen.

menden eingereichten Unterrichtsdokumentationen lassen sich weitere Erkenntnisse zur konkreten Ausrichtung der jeweils umgesetzten Unterrichtsideen in Bezug auf die oben aufgeführten Orientierungspunkte (vgl. Kapitel 2.2 dieses Beitrags) zum entdeckenden und forschenden Lernen ableiten. Von insgesamt 19 ausgewerteten Unterrichtsdokumentationen haben 14 teilnehmende Lehrkräfte die angebotene Vorlage zur Dokumentation verwendet. Fünf weitere Lehrkräfte haben zwar dokumentierte Unterrichtsplanungen eingereicht, verwendeten hierzu jedoch eigene Vorlagen. Vier dieser fünf Lehrkräfte haben mehrstündige bzw. -tägige Unterrichtsreihen geplant. In die Auswertungen sind alle 19 eingereichten Dokumentationen eingeflossen.

Da die Vorlage zur Unterrichtsdokumentation nur vier der fünf Orientierungspunkte zum entdeckenden und forschenden Lernen explizit aufgreift, beziehen sich die nachfolgend berichteten Ergebnisse auf diese vier Aspekte und sind entlang dieser dargestellt.

1. Einen entdeckenden Einstieg gestalten

Dieser Orientierungspunkt umfasst, inwiefern Kinder praktische Erfahrungen sammeln können (z. B. sinnlich-körperlich, spielerisch, durch aktives Ausprobieren, durch Wiederholungen).

Fast alle Lehrkräfte dokumentieren, dass sie Phasen des „Ausprobierens“ und „Testens“ bzw. „Erkundens“ in ihrer geplanten Unterrichtseinheit eingebunden haben. Auf diese Weise ermöglichten sie ihren Schülerinnen und Schülern in das jeweils behandelte Thema entdeckend einzusteigen. Beispielsweise wurde die Funktionalität von Geräten (z. B. Ipads oder Staubsaugerroboter) erkundet und intensiv beobachtet oder auch die Programmiersprache im Spiel „Ronjas Roboter“ ausgiebig ausgetestet. Die Lehrkräfte geben hierbei überwiegend an, dass ihnen im Kontext entdeckender und forschender Unterrichtssettings wichtig ist, Zeit dafür einzuplanen und die Kinder auf diese Weise zu motivieren sowie ihnen Selbstwirksamkeitserfahrungen bzw. Aha-Erlebnisse, z. B. durch „Versuch und Irrtum“, zu ermöglichen.

2. Das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler einbeziehen

Bei diesem Orientierungspunkt geht es darum, inwiefern die Lehrkräfte Bezug zum Vorwissen und den Interessen der Schülerinnen und Schüler nehmen und wie dieses erfasst wird.

Auf Ebene dieses Orientierungspunktes wird in den Unterrichtsdokumentationen sehr deutlich, dass den teilnehmenden Lehrkräften eine Orientierung an den Schülerinnen und Schülern, bezogen auf das Vorwissen, aber auch im Kontext ihrer Interessen und Bedürfnisse und ihrer konkreten Lebenswelt, sehr wichtig

ist. Es zeigt sich jedoch ein unterschiedlich systematischer Umgang zur Erfassung des Vorwissens und der Interessen der Schülerinnen und Schüler. Nur sechs der Lehrkräfte geben explizit an, dass in der Fortbildung vorgestellte Schülerinterview zur Erfassung von Vorwissen und Interessen im Kontext Informatik hierzu verwendet zu haben. Bei vielen anderen Lehrkräften findet sich in der Dokumentation ebenfalls an verschiedenen Stellen ein Bezug dazu, dass auf das Vorwissen und/oder die Interessen der Schülerinnen und Schüler eingegangen wurde, es wird jedoch nicht erwähnt, in welcher Form eine (systematische) Erfassung stattgefunden hat. Die meisten Lehrkräfte geben in diesem Zusammenhang an, dass sich die Unterrichtsthemen aus den Interessen und dem Vorwissen der Schülerinnen und Schüler ergeben haben. Insbesondere das Interesse und der damit verbundene Lebensweltbezug zu den Schülerinnen und Schülern spielte bei der Themenfindung eine tragende Rolle. Eine dokumentierte Unterrichtsreihe fällt hierbei besonders dadurch auf, dass die Erfassung und der konkrete Einbezug des Vorwissens nicht nur auf den Anfang der Unterrichtsreihe beschränkt bleiben, sondern in verschiedenen Phasen immer wieder ein Bezug dazu hergestellt wird. Die Lehrkraft erfasste für neue Untereinheiten der Unterrichtsreihe teilweise immer wieder das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler in diesem Kontext neu.

3. Mit den Schülerinnen und Schülern gemeinsam Fragen entwickeln

Dieser Orientierungspunkt umfasst, wie die Schülerinnen und Schüler zu ihren Fragestellungen gekommen sind und wie diese im weiteren Bearbeitungsprozess aufgegriffen wurden.

Die gemeinsame Entwicklung von Fragestellungen für den Entdeckungs- und Forschungsprozess wird in den Unterrichtsdokumentationen nur sehr vereinzelt deutlich. Lediglich zwei Lehrkräfte geben explizit an, gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern angelehnt an die Ergebnisse aus den Schülerinterviews Fragen entwickelt zu haben. Eine weitere Lehrkraft beschreibt, wie sie aus der anfänglichen Beobachtungs- und Entdeckungsphase (Beobachtung der Funktionalität eines Staubsaugerroboters) gemeinsam mit den Kindern relevante Fragen und Aufgabenstellungen für das zu bearbeitende Problem (systematische Reinigung des Klassenraums) abgeleitet hat. Eine weitere Lehrkraft stellt darüber hinaus dar, dass die anfangs gemeinsam entwickelten Fragestellungen die gesamte Unterrichtsreihe begleitet haben und nicht erst am Ende geprüft wurde, welche Fragen beantwortet werden konnten. Vielmehr wurden an verschiedenen Stellen immer wieder Rückbezüge zu den Forschungsfragen hergestellt und gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern der aktuelle Stand zur Beantwortung der Fragen und sich ggf. daran anschließende Fragen reflektiert. Dies sind jedoch nur vereinzelte Beispiele, in denen der Bezug zu diesem Orientierungspunkt deutlich

wird. Es wird lediglich von einigen anderen Lehrkräften betont, dass sie grundsätzlich Fragen der Kinder aufgreifen, da ihnen dies wichtig ist. Inwiefern dies jedoch konkret umgesetzt wird und vor allem zur konkreten Themenfindung und Ableitung der gemeinsam bearbeiteten Forschungsfragen geführt hat, bleibt unklar. In wiederum vielen anderen Unterrichtsdokumentationen finden sich hierzu keinerlei Hinweise.

4. Das Forschen dokumentieren und reflektieren

Bei diesem Orientierungspunkt geht es darum, inwiefern die Schülerinnen und Schüler zum Reflektieren und (Re-)Präsentieren angeregt werden.

Elemente der Präsentation und Reflexion werden von den Lehrkräften zu großen Teilen eingebunden. In den eingereichten Unterrichtsdokumentationen wird deutlich, dass verschiedene Formen der Präsentation Anwendung finden, beispielsweise Demonstrationen (z. B. von programmierten Robotern) oder aber auch Museumsrundgänge. Flankierend zu den Ergebnispräsentationen wird von vielen Lehrkräften weiterhin eine Reflexion angeregt, die einerseits auf die entstandenen Ergebnisse bzw. Produkte, andererseits jedoch vor allem häufig auf die Prozesse ausgerichtet ist. Folgende Leitfragen wurden hierbei teilweise als Impulse durch die Lehrkräfte eingebracht: Was lief gut? Was waren Herausforderungen? Welche Ursachen führten zu diesen Herausforderungen?

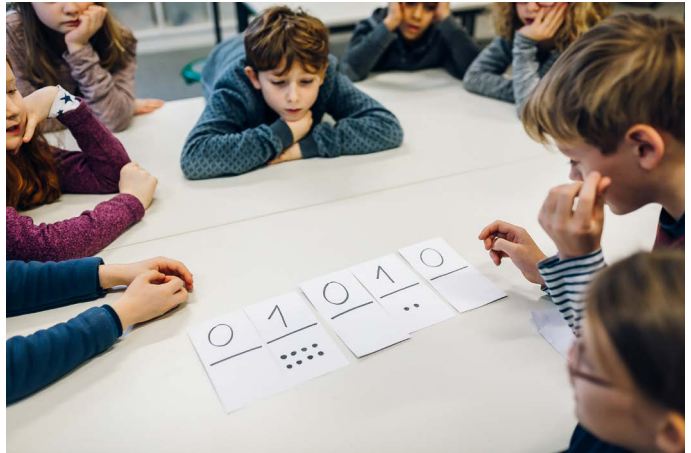
In diesen Reflexionselementen war laut Angaben einiger Lehrkräfte auch die jeweilige Lerngruppe stark involviert, indem sie Fragen stellen sowie konkrete Rückmeldungen zu den erarbeiteten Ergebnissen geben sollte, über die dann im Plenum diskutiert wurde. Ergebnisse aus dieser Diskussion und Reflexion sollten wiederum in die Überarbeitung von Ergebnissen einfließen.

Darüber hinaus gibt nur eine Lehrkraft an, auch explizit die Dokumentation in Form von Fotos angeregt zu haben.

Insgesamt zeigt sich, dass die Lehrkräfte drei der aufgeführten Orientierungspunkte (1. einen entdeckenden Einstieg gestalten; 2. das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler einbeziehen; 4. das Forschen dokumentieren und reflektieren) bereits in ihren Unterrichtsplanungen aufgreifen und in diesem Sinne einen an den Schülerinnen und Schülern orientierten entdeckenden und forschenden Unterricht geplant haben. An einigen Stellen bleibt jedoch die konkrete Umsetzung der Aspekte noch unscharf. Darüber hinaus stellt sich insbesondere für die gemeinsame Entwicklung von Fragestellungen und das Aufgreifen dieser im gesamten Entdeckungs- und Forschungsprozess noch Entwicklungspotenzial heraus. In diesem Kontext zeigt sich tendenziell bei denjenigen Lehrkräften, welche auch das Vorwissen und die Interessen der Schülerinnen und Schüler systematischer erfasst haben (durch die Schülerinterviews), dass diese eher mit den Kindern

hieraus auch gemeinsam Forschungsfragen ableiten.

Zusammenfassend stellen die ausgewerteten Unterrichtsdokumentationen insgesamt grundsätzlich viele gut geplante Unterrichtsideen dar und geben somit erste Hinweise auf gelungene Unterrichtsumsetzungen. Die konkrete Umsetzung dieser in der Praxiserprobungsphase war hierbei jedoch geprägt von herausfordernden schulischen



bzw. unterrichtlichen Rahmenbedingungen, beispielsweise von mangelnder Offenheit und Unterstützung seitens des Kollegiums, wenig oder fehlendem Material an den Schulen sowie teilweise herausfordernden Lerngruppen im eigenen Unterricht. Des Weiteren spielten auch unterrichtliche Einschränkungen aufgrund der Coronapandemie eine tragende Rolle, da die teilnehmenden Lehrkräfte diesbezüglich teilweise stark eingeschränkt waren, was ihre konkreten Umsetzungsmöglichkeiten in der vorgesehenen Praxiserprobungsphase anging (durch z. B. ausschließlich digitalen Unterricht). Es zeigte sich hier ebenfalls, dass die Teilnehmenden grundsätzlich gern auf noch mehr konkrete, direkt einsetzbare Praxisideen zurückgegriffen hätten, welche dem ihnen bekannten Unterrichtsschema (Einstieg – Erarbeitung – Abschluss) entsprechen.

6 Reflektieren: Umgang mit den Ergebnissen

Erkenntnisse aus der begleitenden formativen Evaluation sowie aus internen und externen Rückmeldungen fanden Einzug in teaminterne Resümee-Prozesse, innerhalb derer konkrete Anpassungsbedarfe für die Weiterentwicklung bzw. Finalisierung der Fortbildungsreihe festgehalten und deren Umsetzung beschlossen wurden. Die Ergebnisse geben Hinweise auf die individuelle inhaltliche sowie prozessbezogene Kompetenzentwicklung der Teilnehmenden auf verschiedenen aufgeführten Ebenen:

- Fachwissen und fachdidaktisches Wissen,
- Selbstwirksamkeit bezogen auf die eigens wahrgenommene fachliche und pädagogisch-didaktische Kompetenz, Unterricht im Rahmen informatischer Bildung zu planen und umzusetzen,
- gesteigerte wahrgenommene Alltagsrelevanz von Informatik bzw. informatischen Phänomenen und Anknüpfungspunkten im eigenen und dem Alltag von Schülerinnen und Schülern,
- häufigere und gezieltere Nutzung von Gelegenheiten zum Entdecken und Forschen mit Schülerinnen und Schülern (im Rahmen informatischer Bildung).

Bezugnehmend auf die eingangs beschriebenen Wirkebenen nach Lipowsky und Rzejak (2019; 2021) zeigen die Ergebnisse, dass sich das Fortbildungsangebot im Rahmen der angestoßenen Entwicklungen insbesondere auf den Ebenen 1 (Akzeptanz, Zufriedenheit und erlebte Relevanz) und 2 (Erweiterung von Wissen, Weiterentwicklung von Überzeugungen, Veränderung der Motivation der Teilnehmenden) bewegt, jedoch auch erste Hinweise auf Entwicklungen auf Ebene 3 (Erweiterung des Lehrkräftehandelns/Verbesserung der Unterrichtsqualität) zu verzeichnen sind. Auf einer zunächst nicht intendierten Ebene konnten ebenfalls Entwicklungen angestoßen werden – auf Ebene des technologischen Wissens. Durch die Anlage des Blended-Learning-Formats und der rein digitalen Umsetzung in der Pilotierung konnten die Teilnehmenden Sicherheit im Umgang mit Videokonferenz- und Online-Whiteboard-Tools gewinnen (Zoom, Miro). Konkrete Anregungen in der Nutzung dieser Tools wurden von einigen Teilnehmenden sogar direkt auf ihr eigenes unterrichtliches Handeln übertragen. Weiterhin zeigen die Ergebnisse eine Tendenz dahingehend, dass die Lehrkräfte sich ebenfalls in einen zumindest informellen Transfer von Fortbildungsinhalten bzw. -konzepten sowie Fortbildungsmaterialien in das Kollegium begeben haben (z. B. in Form von Gesprächen mit einzelnen Kolleginnen und Kollegen). Dies stellt eine erste gute

Voraussetzung für eine weiterreichende Verankerung von Inhalten und Methoden über die eigene berufliche unterrichtliche Praxis hinaus dar.

Weitere Unterstützung in der Planung und Umsetzung von entdeckendem und forschendem Unterricht

Es zeigte sich insgesamt, dass die Lehrkräfte auf einigen Ebenen weitere methodische Unterstützung und Begleitung in der Gestaltung von entdeckendem und forschendem Unterricht benötigen. In der Weiterentwicklung des Fortbildungskonzepts wurden Inhalte zur Methodik daher entsprechend in den verschiedenen Fortbildungsphasen und -elementen methodisch und inhaltlich ausgebaut. Hierbei wurde der Fokus vor allem auf einen stärker **schülerorientierten Unterricht** als tragendes Element eines guten entdeckenden und forschenden Unterrichts gelegt, indem eine **engere Begleitung der teilnehmenden Lehrkräfte** in der Arbeit mit den **Schülerinterviews** durch entsprechende Elemente in der Fortbildung implementiert wurde – beispielsweise durch die Konzeption einer expliziten Workshop-Einheit zur gemeinsamen (kollegialen) Auswertung der benannten Schülerinterviews. An dieser Stelle kommt das Prinzip **„Teacher as Researcher“** als Merkmal wirksamer Lehrkräftefortbildungen zum Tragen (vgl. hierzu Beitrag D von Barenthien & Dunekacke in diesem Band), da die Lehrkräfte zu einer intensiven systematischen Auseinandersetzung mit den Ausgangsvoraussetzungen der eigenen Schülerinnen und Schüler angeregt werden. Die Ergebnisse der ausgewerteten Unterrichtsdokumentationen zeigen, dass die Lehrkräfte expliziter darin unterstützt werden sollten, Fragestellungen gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern, ausgehend von deren Vorwissen und Interessen, zu entwickeln.

Des Weiteren wurde die Einbindung der **Begleitmaterialien „Unterrichtsdokumentation“ und „Reflexionsportfolio“** im Zuge der Lernbegleitung verstärkt aufgegriffen. Für die benannten Begleitmaterialien wurden in diesem Zusammenhang explizite Hinweise zur jeweils vorgesehenen konkreten Nutzung eingebettet. Beispielsweise wurden im Kontext der einzureichenden Unterrichtsdokumentationen gezielt Leitpunkte zum Befüllen der Vorlage sowie Erläuterungen zu genutzten (und teilweise unklaren) Begriffen an die Teilnehmenden kommuniziert, um die Lernbegleitung hier zielführender zu gestalten.

Auf Anregung aus der teilnehmenden Beobachtung zum besseren Auffinden der Begleitmaterialien (insbesondere das Reflexionsportfolio) wurde ebenfalls eingegangen, indem z. B. direkte Verlinkungen in den Lernpfaden der Online-Module eingefügt oder gezieltere Hinweise der Fortbildnerinnen und Fortbildner zum Auffinden von Begleitmaterialien gegeben wurden.

Um dem Bedarf nach Unterstützung in der konkreten Unterrichtsplanung und -entwicklung weiter nachzukommen, konzipiert die Stiftung aktuell einen **Wegweiser**. Dieser dient der **Professionalisierung der Fortbildnerinnen und Fortbild-**

ner in der Begleitung der Lehrkräfte in ihrer Unterrichtsentwicklung im Kontext des entdeckenden und forschenden Lernens.

Weiterhin wurden beispielsweise auch die **Online-Module** verstärkt medial mit **Unterrichtsvideos** angereichert, um den Lehrkräften tiefergehende praktische Einblicke in eine entdeckende und forschende Unterrichtspraxis bereitzustellen. Um die Motivation der Teilnehmenden, die bereits zu Beginn der Fortbildung als hoch einzuschätzen ist, stabil im höheren Bereich zu halten und ihre Selbstwirksamkeit durch eigenes Entdecken und Forschen noch stärker weiterzuentwickeln, wurden die Online-Module ebenfalls noch interaktiver gestaltet. Der Rollen- und Perspektivwechsel vom Lehrenden zum Lernenden stellte für die Lehrkräfte innerhalb der Fortbildung eine größere Herausforderung dar. Vor diesem Hintergrund erschien es wichtig, die Teilnehmenden noch bewusster in eine aktive Rolle zu versetzen. Hier greift „**Teacher as Learner**“ als Merkmal wirksamer Lehrkräftefortbildungen (vgl. hierzu Beitrag D von Barenthien & Dunekacke in diesem Band).

Die bewusstere Begleitung der teilnehmenden Lehrkräfte auf verschiedenen Ebenen und durch verschiedene neue Fortbildungselemente soll sie künftig in ihrer Unterrichtsplanung, -umsetzung und -reflexion gezielter unterstützen, um auch auf Ebene des „**Teacher as Designer**“ als Merkmal wirksamer Lehrkräftefortbildungen (vgl. hierzu Beitrag D von Barenthien & Dunekacke in diesem Band) weitere Entwicklungen anzustoßen.

Zusammenfassend betrachtet wurde in Anlehnung an den Design-Based-Research-Ansatz auf Grundlage der dargestellten zentralen Erkenntnisse ein zum aktuellen Zeitpunkt stimmiges, fundiertes und wirkungsvolles Fortbildungskonzept entwickelt, was durch die begleitende formative Evaluation bestätigt werden konnte und auf dieser Basis bereits weiter optimiert wurde. Das weiterentwickelte Konzept wird im Zuge der Umsetzung der Fortbildungsreihe in aktuellen und künftigen Projekten im Rahmen weiterführender Evaluationen und Resümeeprozesse kontinuierlich überprüft. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass etwaige zielgruppenspezifische Anpassungsbedarfe identifiziert und laufend in das weiterentwickelte Konzept eingearbeitet werden.

7 Ausblick

Die berichteten Ergebnisse der begleitenden formativen Evaluation zeigen insgesamt auf, dass die Fortbildungsreihe in ihrer konzeptionellen Ausrichtung die Bedarfe der Grundschullehrkräfte trifft und sie dabei unterstützt, ihre professionelle Kompetenz sowie ihren Unterricht auf verschiedenen Ebenen weiterzuentwickeln. Um möglichst viele Lehrkräfte mit dieser Fortbildungsreihe erreichen und in ihrer Entwicklung unterstützen zu können, wird die Fortbildungsreihe aktuell in verschiedenen Bundesländern im Rahmen von Länderkooperationsprojekten angeboten. Hierbei wird einerseits das in diesem Beitrag beschriebene Angebot zur „Informatischen Bildung im Grundschulunterricht“ sowie ein konzeptionell ähnlich angelegtes Angebot mit anderem Themenschwerpunkt zur „Energiebildung im Grundschulunterricht“ umgesetzt. Alle Fortbildungsumsetzungen werden hierbei an die länderspezifischen Bedarfe angepasst⁸⁶ und in Abstimmung mit den jeweiligen Kooperationspartnern in den Ländern evaluativ begleitet.

Aktuelle Evaluationsergebnisse aus einer entsprechenden Umsetzung in Baden-Württemberg mit dem Titel „Entdeckendes und forschendes Lernen im Sachunterricht am Beispiel Energiebildung“ mit dem dortigen Kooperationspartner Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL) zeigen beispielsweise ähnliche Tendenzen wie in den hier berichteten Ergebnissen auf Ebene der Methodik des entdeckenden und forschenden Lernens auf. Demnach können die in der Pilotierung aufgezeigten angestoßenen Entwicklungen auch in der konkreten Umsetzung des Fortbildungsangebots in der Fläche bestätigt werden. Aus weiteren geplanten Umsetzungen im Jahr 2023 in den Ländern Sachsen und Thüringen werden weitere Erkenntnisse zu den Wirkungen der Fortbildungsreihe erwartet.

⁸⁶ Hierzu zählt beispielsweise der Abgleich der Fortbildungsinhalte mit Zielen und Inhalten in den Rahmenlehrplänen der jeweiligen Bundesländer und sich ggf. daraus ergebende Anpassungen.

Fazit und Ausblick – Wie die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ mit den Erkenntnissen umgeht

Stiftung Haus der kleinen Forscher



- 1 Ergebnisse der Expertisen und ihre Bedeutung für die Stiftungsarbeit
- 2 Umgang mit den Empfehlungen und Erkenntnissen aus den Expertisen
- 3 Ausblick

1 Ergebnisse der Expertisen und ihre Bedeutung für die Stiftungsarbeit

Entdeckendes und forschendes Lernen bietet unterrichtsmethodische Ansätze, um die Qualität von Unterricht zu MINT-Themen zu verbessern. Das zeigt der Beitrag A von Mirjam Steffensky mit Erkenntnissen zu Unterrichtsqualitätsdimensionen für den Primarbereich und Unterricht zu MINT-Themen. Ansätze des Inquiry-based Learning (im Deutschen als entdeckendes und forschendes Lernen bezeichnet) stellen Möglichkeiten für MINT-spezifische unterrichtliche Herangehensweisen zur Unterstützung der Lernenden dar. Die *konstruktive Unterstützung* der Lernenden gilt wiederum als eine der weit verbreiteten und in der Wissenschaft bekannten allgemeinen Basisdimensionen für Unterrichtsqualität neben der *effektiven Klassenführung* und der *kognitiven Aktivierung*. Um die Unterrichtsqualität für MINT-Lerngelegenheiten zu erhöhen, hält die Autorin eine Erweiterung der Basisdimensionen um *fachliche Korrektheit* sowie *fachbezogenes Professionswissen* für notwendig, verweist diesbezüglich aber auch auf nicht hinreichend belastbare Erkenntnisse und deutet auf die enorme Komplexität von Einflussgrößen auf Unterrichts- und Lernprozesse hin – sowohl was die Anforderungen an die Kompetenzen der Lehrkräfte betrifft als auch hinsichtlich der wissenschaftlichen Betrachtung und Analyse dieses komplexen Gefüges.

In Beitrag B setzen Jörg Ramseger und Annett Steinmann die vier MINT-Disziplinen ins Verhältnis zueinander und zeigen, dass Gemeinsamkeiten zwischen den einzelnen Disziplinen bestehen. Diese sind *das Bemühen um eine evidenzbasierte Argumentation, die Nachprüfbarkeit und Reproduzierbarkeit der die Ergebnisse stützenden Verfahren, die kontinuierliche Präzisierung und Widerspruchsfreiheit sowie die Nutzung der Mathematik zur Erfassung der Befunde, zur Beschreibung und Überprüfung*.

Für die einzelnen MINT-Disziplinen sind in der Expertise die Gütekriterien der Gegenstandsbereiche Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik von Nadine Bergner, Marcus Schütte, Maike Hagen, Judith Jung, Jörg Ramseger, Annett Steinmann und Kim Lange-Schubert dargelegt. Ebenso ist dort erläutert, welche Ziele (auf Ebene des Bildungssystems) im Rahmen einer Grundbildung in der jeweiligen Disziplin im Primarbereich verfolgt werden. Anhand von Praxisbeispielen zeigen die Autorinnen und Autoren Bezüge zu den Unterrichtsqualitätsdimensionen aus Beitrag A sowie zum Potenzial eines MINT-integrativen Vorgehens im Unterricht des Primarbereichs auf. In einem Ausblick zu Status quo und Perspektiven stellen Mirjam Steffensky und Kim Lange-Schubert abschließend Herausforderungen, empirische Evidenzen und Forschungsdesiderata zu MINT-Bildung im Primarbereich vor. Die Autorinnen verweisen auf die überschaubare

empirische Befundlage zum Thema sowie auf große Herausforderungen bei Lehrkräften und Lernenden in derart angelegten Unterrichtsarrangements. Gleichzeitig benennen sie als wichtige Parameter für den Lernerfolg in MINT-vernetzenden Lernsettings *die explizite Adressierung des MINT-Wissens sowie die gezielte Unterstützung der Lernenden in Bezug sowohl auf Inhalte als auch auf Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen.*

In dem in Beitrag C vorgestellten Rahmenkonzept einer MINT-Bildung der Stiftung werden die Gemeinsamkeiten der MINT-Disziplinen als *Nature of Knowledge* in MINT (Eigenschaften des Wissens) und *Nature of Inquiry* in MINT (Gemeinsamkeiten im Vorgehen) aufgezeigt und bilden zusammen das gemeinsame MINT-Wissenschaftsverständnis. Darüber hinaus umfasst das Rahmenkonzept *Inhalts- und Prozessbereiche sowie Arbeitstechniken einer integrierenden MINT-Bildung.* Mit den Beiträgen A, B, und C liegt damit eine theoretisch fundierte und wissenschaftlich abgesicherte konzeptionelle Grundlage für die weitere inhaltliche Angebotsentwicklung der Stiftung zur MINT-Bildung vor.

In der Expertise in Beitrag D stellen Julia Barenthien und Simone Dunekacke Gelingensbedingungen von MINT-Fortbildungen für Primarschullehrkräfte heraus. Die Autorinnen analysieren hierfür zunächst Merkmale effektiver Fortbildungen wie *inhaltlicher Fokus, aktives Lernen, Qualität der Inhalte, Kohärenz, Lernzielorientierung, Dauer und Nachhaltigkeit der Fortbildungen, Design der Fortbildungen, kooperative Teilnahme von Lehrkräften, freiwillige Teilnahme von Lehrkräften, Funktion der Fortbildenden sowie organisatorische Bedingungen auf Ebene der Schule.* Sie identifizierten als wichtige Maßnahmen und Faktoren im Rahmen von wirksamen MINT-Fortbildungen für Primarschullehrkräfte insbesondere *die verstärkte Kooperation innerhalb und außerhalb der eigenen Schule, die Arbeit mit Unterrichtsvideos und Fallanalysen (Prompts) zur Förderung der professionellen Wahrnehmung, Scaffolding (Unterstützungssysteme), die Orientierung an den Schülerinnen und Schülern sowie die Rolle der Fortbildenden mit ihrem Wissen, ihren Überzeugungen und ihrer Motivationsfähigkeit.*

Damit bildet die Expertise von Julia Barenthien und Simone Dunekacke eine evidenzbasierte Orientierung für die Stiftung zur weiteren Entwicklung von MINT-Fortbildungen im Allgemeinen und für den Primarbereich im Speziellen. Zugleich existiert damit ein Kriterienkatalog, den die Stiftung bei der Qualitätssicherung und Evaluation der Fortbildungsangebote heranziehen kann.

In Beitrag E stellt die Stiftung die Angebotsentwicklung zur informatischen Bildung vor und gleicht sie mit den formulierten Gelingensbedingungen für MINT-Fortbildungen ab. Dabei zeigte sich, dass das Fortbildungsangebot zur informatischen Bildung im Grundschulunterricht den in Beitrag D aufgeführten Kriterien für gute Fortbildungen in weiten Teilen entspricht. Somit beschreibt das Fortbildungskonzept eine qualitativ hochwertige und wissenschaftlich gesicherte Fort-

bildungsreihe. Die begleitende formative Evaluation weist darauf hin, dass es der Fortbildung gelingt, die angestrebten Ziele zu erreichen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Lehrkräfte sehr zufrieden mit dem umfassenden Fortbildungsangebot sind und sich im Zuge der Fortbildungsteilnahme auf verschiedenen Ebenen weiterentwickeln. Sie erkennen nach dem Besuch der Fortbildung verstärkt die Alltagsrelevanz informatischer Phänomene, indem sie Anknüpfungspunkte sowohl in ihrer eigenen als auch in der Lebenswelt der Kinder wahrnehmen. Die Lehrkräfte erweitern ihr informatikbezogenes Fachwissen und fachdidaktisches Wissen, fühlen sich sicherer in der Planung und Umsetzung von Unterricht zu informatischen Phänomenen und Fragestellungen und nutzen grundsätzlich häufiger Gelegenheiten zum Entdecken und Forschen mit den Schülerinnen und Schülern. Hierbei zeichnet sich jedoch ab, dass an dieser Stelle weiterer Unterstützungsbedarf besteht, insbesondere bezogen auf die Gestaltung eines stark schülerorientierten Unterrichts als besonders hervorzuhebendes Merkmal einer in hohem Maße entdeckenden und forschenden Unterrichtsgestaltung.

Die Empfehlungen und Erkenntnisse aus den Beiträgen nutzt die Stiftung für eine systematische Reflexion sowie eine bedarfs- und wirkungsorientierte (Weiter-)Entwicklung ihrer Bildungsangebote.

2 Umgang mit den Empfehlungen und Erkenntnissen aus den Expertisen

Auf der Basis der vorliegenden Expertisen zur Unterrichtsqualität, zu Gemeinsamkeiten und Unterschieden der MINT-Disziplinen sowie zu Gelingensbedingungen von MINT-Fortbildungen für den Primarbereich lassen sich zusammenfassend folgende zentrale Empfehlungen ableiten (vgl. Fazitkapitel der jeweiligen Beiträge A, B, D):

- bei der Bereitstellung von Unterrichtsmaterialien in Kombination mit Fortbildungen für Lehrkräfte die **Dimensionen für Unterrichtsqualität** berücksichtigen, diese um einen fachlich-inhaltlichen Fokus erweitern und sie gezielt in die Entwicklungsarbeit und das Monitoring der Stiftung einbinden;
- **Potenziale einer MINT-übergreifenden Herangehensweise** in Bezug auf thematische, prozessbezogene und pädagogische Aspekte im Unterricht des Primarbereichs ausloten;
- **Gelingensbedingungen für MINT-Fortbildungen** als Grundlage für die Fortbildungskonzeption und Angebotsentwicklung der Stiftung nutzen;
- bei der Auswahl und **Qualifizierung der Fortbildenden** an einem Kompetenzmodell orientieren und Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede zu Qualifizierungen im Elementarbereich identifizieren;
- **unterrichtsbezogene Schulentwicklung** mithilfe der stärkeren Verankerung von Fortbildungsinhalten im Kollegium in Anknüpfung an die Stiftungserfahrung zur Organisationsentwicklung im Elementarbereich initiieren.

Die Stiftung setzt sich intensiv mit den Empfehlungen und Erkenntnissen aus den Expertisen zur MINT-Bildung im Primarbereich auseinander und diskutiert deren Implementierung und Berücksichtigung für die weitere Projekt- und Angebotsentwicklung. Einige Maßnahmen zur Umsetzung der Empfehlungen hat die Stiftung bereits auf den Weg gebracht. Diese werden im Folgenden beschrieben.

2.1 Unterrichtsqualitätsdimensionen als Grundlage der Qualitätssicherung und Weiterentwicklung der Stiftungsangebote zu MINT-Themen im Primarbereich

Grundansatz der Bildungsangebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ für den Unterricht im Primarbereich ist ein wirksames Weiterbildungsangebot zur

Unterstützung der professionellen Kompetenzentwicklung von Lehrkräften. Die Angebote sollen aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen entsprechen und unterliegen einem kontinuierlichen Monitoring sowie einer erkenntnisbasierten Weiterentwicklung. Mit den in Beitrag A vorgestellten Unterrichtsqualitätsdimensionen (konstruktive Unterstützung der Lernenden, effektive Klassenführung und kognitive Aktivierung) und Empfehlungen liegt der Stiftung für die zukünftige Angebotsentwicklung für den Primarbereich eine weitere Orientierung vor. Bei jeder Neuentwicklung von Fortbildungen oder Materialien für den Unterricht im Primarbereich bieten die Unterrichtsqualitätsdimensionen bei der inhaltlichen Ausrichtung, insbesondere auch bei der thematischen Schwerpunktsetzung, eine konzeptionelle Grundlage.⁸⁷

Im Rahmen des Projekts PRIMA!2023 (vgl. Einleitung, Kapitel 3) wurde ein Wegweiser zur Unterrichtsentwicklung erarbeitet. Ziel des Wegweisers ist die Entwicklung von Unterstützungsmöglichkeiten für Referentinnen und Referenten bei der Qualifizierung und Begleitung von Fortbildnerinnen und Fortbildnern als auch von Lehrkräften. Mithilfe der Unterrichtsqualitätsdimensionen werden gezielt typische Herausforderungen und Problemfelder im unterrichtlichen Handeln von Lehrkräften beim Entdecken und Forschen ausgewählt und exemplarisch erläutert. Die Erkenntnisse und Empfehlungen zu essenziellen Aspekten von Unterrichtsqualität aus Beitrag A wie die Berücksichtigung von formativem Assessment (zielgerichtete, kriteriengeleitete individuelle Beurteilung), die kognitive Unterstützung sowie das Üben sind als didaktisch-methodische Lösungsansätze in den Wegweiser Unterrichtsentwicklung integriert.

2.2 Nutzung konzeptioneller Grundlagen für eine MINT-übergreifende Bildung im Elementar- und Primarbereich

Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ formuliert in der eigenen Vision, dass Bildung der Schlüssel ist, um den Herausforderungen einer komplexen Welt erfolgreich begegnen zu können (vgl. Vision am Ende des Bandes). Dies setzt die Stiftung mit dem Fokus auf MINT-Themen um. „MINT-Bildung im Sinne der Stiftung

⁸⁷ So kann ein Angebot stärker auf Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen fokussiert werden, sich mit der kognitiven Aktivierung der Lernenden befassen (Aufgabenstellung, Einstiege etc.) oder auf allgemeinere Qualitätsdimensionen wie Klassenführung (Regeln, Rituale) oder konstruktive Unterstützung (Feedback, Lernbegleitung) ausgerichtet sein. Auch diese eher allgemeinen Dimensionen von Unterrichtsqualität können relevante Wirkungen auf MINT-Bildungsprozesse haben, indem beispielsweise mehr effektive Lernzeit und sozial-emotionale Unterstützung der Lernenden ermöglicht wird, insbesondere vor dem Hintergrund einer großen Heterogenität der Lernenden und einer hohen Zahl an Schülerinnen und Schülern auf den untersten Kompetenzniveaus (Stanat et al., 2017).

zielt daher darauf ab, sich die Welt umfassend zu erschließen und Gelerntes auf Grundlage einer Wertebasis anzuwenden“ (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019a, S. 196).

Sowohl mit der Expertise zu den MINT-Disziplinen im Primarbereich, inklusive zweier Praxisbeispiele (Beitrag B), als auch mit dem stiftungseigenen Rahmenkonzept einer MINT-Bildung (Beitrag C) werden die ersten Schritte der Stiftung in Richtung eines MINT-vernetzenden Ansatzes erstmals theoretisch fundiert und erhalten eine wissenschaftlich abgesicherte Grundlage über die konzeptionelle Verbindung aller Disziplinen.

Dabei nimmt sich die Stiftung der Frage an, ob konzeptionelle Gemeinsamkeiten zwischen den MINT-Disziplinen bestehen und sich daraus eine theoretische Basis ableiten lässt, die zu einem neuen bzw. anderen Verständnis von MINT-Bildung führt. Zunächst fokussierten die Bildungs- und Fortbildungsangebote der Stiftung hauptsächlich auf einzelne Buchstaben des Akronymes MINT (Mathematik in Raum und Form entdecken, Informatik entdecken – mit und ohne Computer etc. (Haus der kleinen Forscher, 2014, 2017a)). Auf Grundlage des Forschungskreises⁸⁸ (Marquardt-Mau, 2004) wurde für jede Disziplin eine eigene Konzeption vorgenommen und auf die jeweils fachspezifischen Schritte und Merkmale angepasst und ausgerichtet (Haus der kleinen Forscher, 2013a, 2016, 2018a, 2018b). Außerdem entstanden im Rahmen der fachlichen Fundierung mehrere Bände der Wissenschaftlichen Schriftreihe, in denen Zieldimensionen sowohl auf Ebene der Kinder als auch auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte für den Elementar- und Primarbereich zu den einzelnen Fachdisziplinen ausformuliert wurden (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2013b, 2015, 2017b, 2018c). Eine erste MINT-übergreifende Betrachtung von Stiftungsseite findet sich bei der Formulierung der Zieldimensionen für Multiplikatorinnen und Multiplikatoren in Band 11 (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019d). Im Bereich des Fachwissens wurden aus einer fächerübergreifenden Perspektive vor allem *Teile des epistemologischen Wissens* als integrale Bestandteile identifiziert (z. B. Wissen über die Bedeutung der MINT-Fächer für die berufliche und gesellschaftliche Teilhabe).

Weitere konzeptionelle Vorarbeiten in eine MINT-vernetzende Richtung existieren im pädagogischen Ansatz der Stiftung. Hier werden als verbindende Elemente von M, I, N und T sowohl das *Verstehen und Nutzen von Natur und Technik* als auch ein *ethischer Rahmen* (im Sinne einer Folgenabschätzung) benannt. Eine weitere Gemeinsamkeit wird in den zwei zentralen Prozessen des *Verstehens und Gestaltens* gesehen. Als verbindende Konzepte bzw. grundlegende Ideen werden

88 Das didaktische Konzept einer naturwissenschaftlichen Grundbildung zum Forschen mit Kindern und das damit verbundene Modell des Forschungskreislaufs wurde von Prof. Dr. Brunhilde Marquardt-Mau entwickelt (2004) und im pädagogischen Ansatz der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ adaptiert.

im pädagogischen Ansatz außerdem das *Suchen nach Erklärungen*, *Umsetzen und Überprüfen* sowie *Darstellen und Kommunizieren* aufgeführt (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019b).

Ein erstes MINT-vernetzendes Bildungsangebot der Stiftung stellt die Fortbildung „MINT ist überall“ dar (vgl. Abb. 37). Im Rahmen eines Online-Kurses erhalten pädagogische Fach- und Lehrkräfte Anregungen und Impulse, um entdeckendes und forschendes Lernen mit einem alltagsintegrierten MINT-Fokus umzusetzen. Weitere Bestandteile des Angebots sind ein Wegweiser, eine Broschüre mit Praxisideen, ein Poster zum Selbstgestalten, ein MINT-Spiel und ein Fragenfächer mit anregenden Impulsen. Mit dem Angebot wird vor allem die Aufmerksamkeit für alltägliche MINT-Lerngelegenheiten geschärft, das Verständnis für MINT-verbundene Themen gefördert und eine Unterstützung für die Lernbegleitung der Kinder angeboten (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019c).



Abbildung 37. Ausschnitt aus der Broschüre „MINT ist überall“ (Layout: Tim Brackmann / © Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019c)

Das Rahmenkonzept einer MINT-Bildung (Beitrag C) ist als ein bedeutsamer Schritt zu sehen, um die Potenziale einer MINT-übergreifenden Herangehensweise aufzuzeigen. Es ist offen für weiteren Diskurs und Transfer in die wissenschaftliche Community sowie in die Praxis und Nutzung in der Angebotsentwicklung der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“. Dabei sollte auch die Frage behandelt werden, welche Rolle einzeldisziplinäre Fachlichkeit (M, I, N und T vs. MINT) in einer guten, transdisziplinären MINT-Bildung spielt. Die Praxisbeispiele aus Beitrag B geben darüber hinaus einen ersten Eindruck, wie ein solcher MINT-vernetzender Lernprozess gestaltet sein kann. Der bereits erwähnte Wegweiser Unterrichtsentwicklung hat die Entwicklung erster Kriterien einer MINT-Lernbegleitung sowie konkreter pädagogischer Unterstützungsmöglichkeiten und didaktischer Überlegungen

zum Ziel. Hier lassen sich auch Parallelen zu den Unterrichtsqualitätsdimensionen (Beitrag A) ziehen, die besonders relevante Stellen in den Tiefenstrukturen für den Unterricht im Primarbereich aufzeigen.

Den Empfehlungen von Kim Lange-Schubert und Mirjam Steffensky in Beitrag B folgend sollte es bei der Frage nach integrierendem Unterricht zu MINT-Themen kein „Entweder-oder“ geben, sondern immer in Abhängigkeit von den Lernenden, dem Lerngegenstand sowie möglichen Unterstützungsmaßnahmen entschieden werden. Für die Angebotsentwicklung der Stiftung empfehlen die Autorinnen daher den Schwerpunkt auf Fortbildungen und Angebote zu legen, die sich einzelnen Disziplinen widmen und darauf aufbauend MINT-vernetzende Potenziale an Beispielen aufzeigen. Solange es noch keine hinreichende Evidenz für wirksame Lerngelegenheiten von integrierenden MINT-Bildungsansätzen gibt und die Entwicklung von guten Unterrichtsmaterialien aussteht, schlagen die Autorinnen vor, die weitere Angebotsentwicklung und Fortbildungskonzeption systematisch an den Unterrichtsqualitätsdimensionen (vgl. Beitrag A) zu orientieren. Perspektivisch könnten sich aus den vom BMBF geförderten Forschungsprojekten zu Gelingensbedingungen guter MINT-Bildung (https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2021/03/3475_bekanntmachung.html) weitere inhaltlich-konzeptionelle Anschlussstellen ergeben, die die Stiftung in ihrer Arbeit berücksichtigen kann. Die Stiftung setzt sich mit der Frage nach integrierender MINT-Bildung weiterhin intensiv auseinander und prüft die konkrete Umsetzung und Ausrichtung im Rahmen der Angebotsentwicklung.

2.3 Gelingensbedingungen für MINT-Fortbildungen als Grundlage der Qualitätssicherung und Weiterentwicklung der Stiftungsangebote

Im Rahmen des Beitrags E zur Entwicklung und Pilotierung der Fortbildungsreihe „Informatische Bildung im Grundschulunterricht“ kann ein systematischer Abgleich der Empfehlungen zu Gelingensbedingungen für MINT-Fortbildungen im Primarbereich mit der konkreten Fortbildungskonzeption nachvollzogen werden (vgl. Beitrag E, insbesondere Tabelle 5). Der Abgleich zeigt auf, dass die entwickelte Fortbildung zur informatischen Bildung eine Vielzahl der formulierten Empfehlungen berücksichtigt. Diese sind insbesondere *die Berücksichtigung der Mehrdimensionalität von „Professioneller Kompetenz“, die Orientierung an den Bedarfen der Zielgruppe, die Vernetzung und der Austausch durch Kooperation innerhalb und außerhalb der eigenen Schule, die Förderung der professionellen Wahrnehmung von Lehrkräften durch die systematische Auseinandersetzung mit den Ausgangsvoraussetzungen ihrer Schülerinnen und Schüler (Vorwissen, Inter-*

esse) sowie die Befähigung der Lehrkräfte, die Unterrichtsplanung an den Kompetenzen der Schülerinnen und Schülern auszurichten.

Die Fortbildungsreihe kann damit als qualitativ hochwertige und wissenschaftlich fundierte Fortbildung angesehen werden. Die Evaluationsergebnisse zur Fortbildung sind in Beitrag E beschrieben. Sie weisen darauf hin, dass es der Fortbildungsreihe gelingt, Wirkungen auf den angestrebten Ebenen anzustoßen.

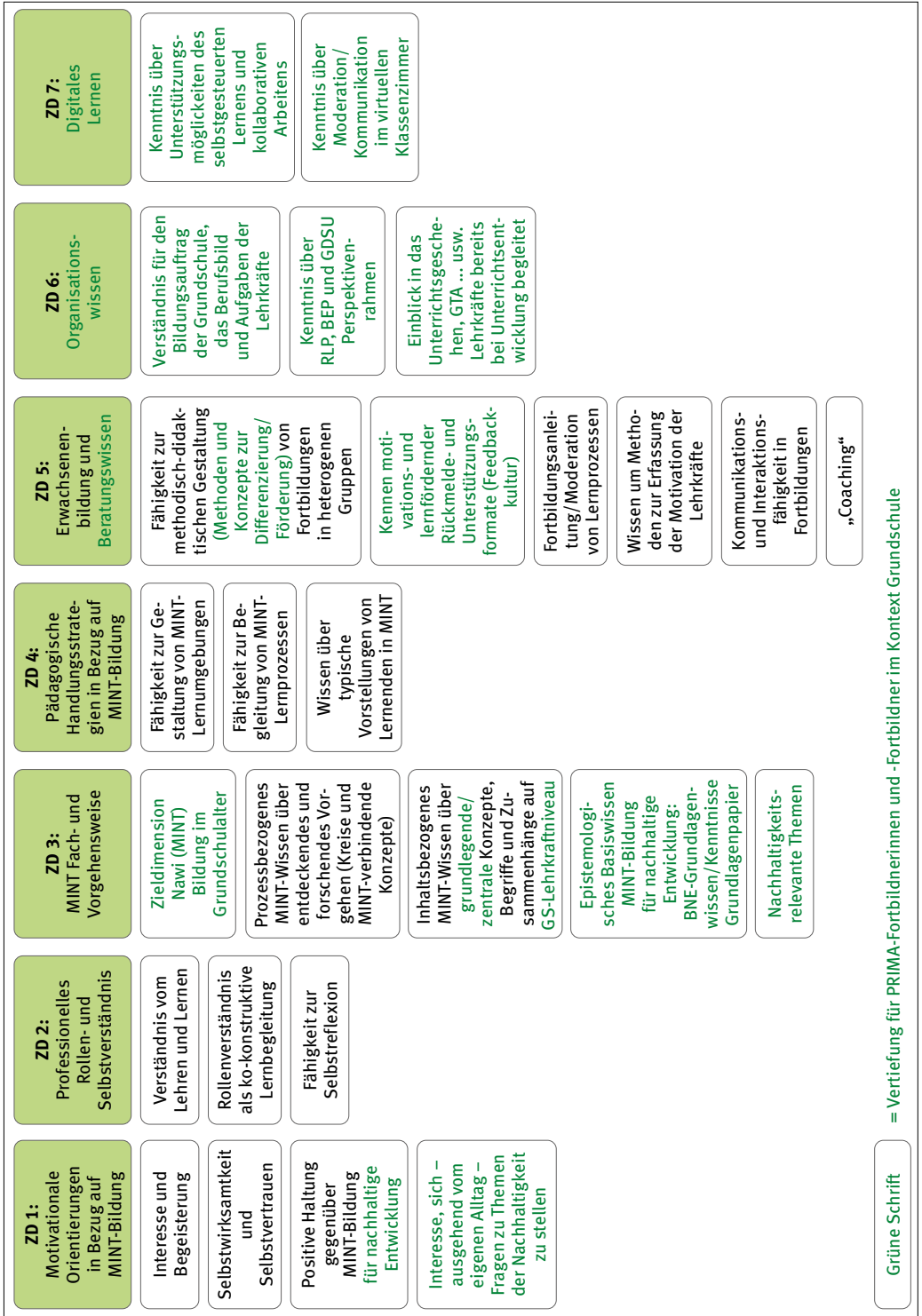
2.4 Auswahl und Qualifizierung der Fortbildenden für den Primarbereich anhand eines Kompetenzmodells

Für die Auswahl und Qualifizierung der Fortbildenden empfehlen Barenthien und Dunekacke die Orientierung an einem Kompetenzmodell. Dabei sei auf mögliche Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu Qualifizierungen im Elementarbereich zu achten.

Die in der Expertise von Dunekacke und Barenthien vorgestellten Gelingensbedingungen für MINT-Fortbildungen im Primarbereich eignen sich dabei als Grundlage für eine mögliche Weiterentwicklung des Qualitätssystems für Fortbildung der Stiftung, das eine bedarfsgerechte Qualifizierung und Unterstützung der Fortbildnerinnen und Fortbildner ermöglicht und künftig für die Qualitätssicherung und Qualitätsentwicklung der Fortbildungen für Lehrkräfte im Primarbereich weiter spezifiziert werden könnte. Im Band 11 der Wissenschaftlichen Schriftenreihe (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2019d) sind die von einer interdisziplinären Expertengruppe ausformulierten Zieldimensionen für Multiplikatorinnen und Multiplikatoren früher MINT-Bildung veröffentlicht, die als Modell professioneller Kompetenz die Auswahl und Qualifizierung von Fortbildnerinnen und Fortbildner in der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ orientieren. Die Zieldimensionen basieren auf den Merkmalen erfolgreicher Lehrkräfte- und Erwachsenenbildung und beschreiben, was gute Fortbildnerinnen und Fortbildner in der frühen MINT-Bildung, gerade in Bezug auf ihre Rolle in der Erwachsenenbildung, auszeichnet.

Anhand dieses Kompetenzmodells wurden im Projekt PRIMA!2023 die entsprechenden Zieldimensionen für Multiplikatoren konkretisiert und die Fortbildungsreihe anhand dieser ausgerichtet (vgl. Abb. 38). Der von Dunekacke und Barenthien in Beitrag D empfohlene Abgleich mit dem Kompetenzmodell für Fortbildnerinnen und Fortbildner des Deutschen Zentrums für Lehrkräftebildung Mathematik (DZLM, 2014) hat ergeben, dass eine große Schnittmenge zum vorliegenden Kompetenzmodell der Stiftung besteht. Auch hiermit erfährt das konzeptionelle Vorgehen der Stiftung im Rahmen der Angebotsentwicklung für den Primarbereich eine Bestätigung und wird in den Folgeprojekten kontinuierlich weitergeführt.

Abbildung 38. Angepasste Zieldimensionen für Fortbildnerinnen und Fortbildner im PRIMA-Projekt



2.5 Unterrichtsbezogene Schulentwicklung im Primarbereich unterstützen

Eine unterrichtsbezogene Schulentwicklung mithilfe der stärkeren Verankerung von Fortbildungsinhalten im Kollegium wäre aus Sicht von Dunekacke und Barenthien (vgl. Beitrag D) in Bezug auf MINT-Bildung sinnvoll. Diesbezüglich werden positive Auswirkungen auf den Fortbildungserfolg der Teilnehmenden erwartet.

Derzeit gehört die Unterstützung von Organisationsentwicklung im Schulbereich nicht zu den Stiftungszielen. Sie wäre, gerade in Anbetracht des praktischen Bedarfs, eine mögliche Option im Rahmen künftiger Strategieentwicklungen. Die Stiftung könnte hierbei auf ihren Erfahrungen und Angeboten zur Organisationsentwicklung im Elementarbereich aufbauen. Erste Angebote zur Organisationsentwicklung hat die Stiftung im Elementarbereich bereits mit den Projekten „KiQ – gemeinsam für Kita-Qualität: Wenn Entdecken und Forschen zum Alltag werden“ (kurz: „KiQ“) (gefördert vom BMBF, Laufzeit 2019–2022) und „Forum KITA-Entwicklung“ (gefördert von der Robert Bosch Stiftung, Laufzeit 2019–2023) erfolgreich angestoßen (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2023a, 2023b, in Vorb.a). Aus den Erfahrungen und Erkenntnissen im Elementarbereich kann die Stiftung lernen und für die künftige Ausrichtung der Angebote im Primarbereich prüfen, ob die nachweislich wirksame Teilnahme ganzer Schulkollegien bzw. die explizite Adressierung von Lehrkräften mit Multiplikationsfunktion (z. B. Fach- und Fachbereichsleitungen) in der Angebotsentwicklung berücksichtigt wird.

Im sogenannten „BNE-Lab“, einem von der Stiftung Kinderland Baden-Württemberg (einer abhängigen Unterstiftung der Baden-Württemberg Stiftung) geförderten Projekt, wird eine Form der unterrichtsbezogenen Schulentwicklung in kleinem Rahmen bereits explorativ erprobt (Laufzeit BNE-Lab 1: März 2021–September 2022, BNE-Lab 2: März 2023–September 2024). Ziel ist es, einen Beitrag zur Verankerung von Bildung für nachhaltige Entwicklung im Schul- und Ganztagsangebot zu leisten und teilnehmende Schulen als ganze Einrichtungen bei der Entwicklung zu mehr Naturschutz und Nachhaltigkeit zu unterstützen. Im Schuljahr 2021/22 konnte das Konzept bereits in fünf Schulen in Baden-Württemberg umgesetzt werden (Pilotierungsphase). Im Schuljahr 2023/24 folgt die Umsetzung an zehn weiteren Schulen.

3 Ausblick

Die genannten Ansätze werden die Konsolidierung und Weiterentwicklung der Stiftungsangebote für den Unterricht zu MINT-Themen im Primarbereich weiter unterstützen und orientieren. Mit den Projekten für den Unterricht zu MINT-Themen im Primarbereich ist seit 2019 bereits ein breites Angebot an Fortbildungsreihen, pädagogischen Materialien, digitalen Lernanwendungen sowie didaktischen Konzepten entstanden (vgl. Abb. 39; Projekterläuterungen in der Einleitung, Kapitel 3). Die Angebote variieren in Themen, Formaten und zeitlichem Aufwand, um bedarfsgerecht verschiedene Zugänge zur Inanspruchnahme zu ermöglichen. Damit begleitet und fördert die Stiftung Lehrkräfte im Primarbereich in ihrer Kompetenz- und Unterrichtsentwicklung.



Abbildung 39. Entwickelte Produkte der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ für den Unterricht im Primarbereich (Grafik: Chart Factory / © 2022 Stiftung Haus der kleinen Forscher)

Die Stiftung legt dabei großen Wert auf die gemeinsame Entwicklung ihrer Angebote mit der Praxis und berücksichtigt bei der Konzeption deren Anforderungen und Bedarfe. Ein Beispiel hierfür ist das Projekt „Ko-Lab“, bei dem im Rahmen eines Design-Thinking-Prozesses Angebote direkt mit der Zielgruppe konzipiert, erprobt und weiterentwickelt wurden. Auch bei den Fortbildungskonzeptionen zur Energiebildung und informatischen Bildung wurden bereits in der Pilotierungsphase Rückmeldungen und Hinweise von Lehrkräften eingeholt und in der Angebotsentwicklung berücksichtigt (vgl. Beitrag E sowie Monitoring-Bericht 2018/19, Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2020). Ergebnisse und Erkenntnisse aus den verschiedenen Projekten werden u. a. in regelmäßigen Treffen im stiftungsinternen „Workspace Grundschule“ – einem offenen Austauschformat für alle Beteilig-

ten in Projekten des Primarbereichs – vorgestellt, diskutiert und für die Angebotsentwicklungen in den unterschiedlichen Grundschulprojekten genutzt.

In den Expertisen ist zudem wiederholt auf notwendige Unterstützungsmaßnahmen (Scaffolding) der Lernenden in MINT-Bildungsprozessen hingewiesen worden. Wie diese konkret aussehen und konzipiert sein können (beispielsweise in Form von Unterrichtsvideos oder als strukturiertes Unterrichtsmaterial), gilt es außerdem zu klären und in den Fortbildungsangeboten für den Primarbereich zu erproben.

Neben einer bedarfsgerechten (Weiter-)Entwicklung von MINT-Fortbildungsangeboten besteht eine große Herausforderung in einer breiten Verfügbarmachung der Angebote für Lehrkräfte. Dies erfordert eine Kollaboration verschiedener Akteure, um den Schulen eine Teilnahme zu ermöglichen. Die Projektkooperationen mit einzelnen Bundesländern und den dortigen Bildungs- und Kultusministerien (z. B. PRIMA!Baden-Württemberg, PRIMA!Sachsen) bzw. nachgeordneten Lehrkräftebildungsinstitutionen sowie die Zusammenarbeit mit renommierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zeigen, dass die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ eine von bildungspolitischen Akteurinnen und Akteuren, Institutionen des Bundes und der Länder (KMK, BMBF) sowie kooperierenden Stiftungen anerkannte Partnerin ist. Dabei steigt der Bekanntheitsgrad der Stiftung in der Praxis als Anbieterin von Bildungsangeboten für den Unterricht im Primarbereich (vgl. Monitoring-Bericht 2020/21; Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2022).

Eine bundesweite Verbreitung der Fortbildungen für Lehrkräfte im Primarbereich ist derzeit noch nicht möglich. Zusätzlich erschweren aktuelle gesellschaftliche Herausforderungen wie die Coronapandemie, die Aufnahme geflüchteter Kinder aus der Ukraine in das deutsche Bildungssystem sowie die Digitalisierung und der Lehrkräftemangel (Stanat, Schipolowski, Schneider, Sachse, Weirich & Henschel, 2022) die Verbreitung zeitintensiver Fortbildungsangebote für Lehrkräfte im Primarbereich. Weniger aufwendige und zeitintensive Angebote wie das Grundschulmagazin „echt jetzt?!“ mit direkt nutzbaren Unterrichtsmaterialien werden hingegen stark nachgefragt und von den Lehrkräften positiv evaluiert. Weitere digitale Lernanwendungen wie die Wimmel-App „Energie ist überall“, die „Energie-Schnitzeljagd“, die App „Potz Blitz! Meine Stromwerkstatt“ oder die Forscherwelt-Apps stellen ebenfalls Angebote für Lehrkräfte dar, die direkt im Unterricht einsetzbar sind und oft genutzt werden.

Die Stiftung steht mit den oben beschriebenen Befunden vor der Herausforderung, einerseits fundierte und wirkungsorientierte Angebote zu entwickeln und den Teilnehmenden nützliche Fortbildungen zur MINT-Bildung anzubieten, bei deren Nutzung eine Kompetenzentwicklung der Lernenden und langfristig eine Verbesserung der Unterrichtsqualität plausibel ist. Andererseits sind die Ressourcen

der Lehrkräfte für eine Inanspruchnahme von umfassenden und zeitintensiven Angeboten aufgrund der aktuellen Umstände und Arbeitsbelastungen sehr begrenzt (Bock-Famulla et al., 2022). Es gilt daher, Wege und Formate zu schaffen, um die angestrebten Wirkungen und Qualitätsstandards zu erreichen und gleichzeitig die Ressourcen der Lehrkräfte für die Teilnahme an Professionalisierungsangeboten zu berücksichtigen. Dabei zeigen die Empfehlungen zu wirksamen Lehrkräftefortbildungen, dass ein gewisser zeitlicher Rahmen sowie verschiedene Formate (vor allem auch Phasen der Anwendung und Reflexion) notwendig sind, um die Unterrichtsqualität nachhaltig verbessern zu können.

Außerdem wären weitere wissenschaftliche Erkenntnisse über die unterrichtliche Praxis der Lehrkräfte wünschenswert, um zu beobachten, ob durch entdeckendes und forschendes Lernen neben Veränderungen auf Ebene der Lehrkräfte und der Unterrichtsqualität auch Veränderungen auf Ebene der Kinder stattfinden. Damit verbunden sind Fragen eines nachhaltigen Transfers der Fortbildungsinhalte und der angestrebten Kompetenzen in den eigenen Unterricht (z. B. durch Befragungen zu späteren Zeitpunkten im Längsschnitt oder qualitative Zugänge).

Eine neue Perspektive für die Stiftungsarbeit und die bisher entwickelten Angebote sowohl für den unterrichtlichen als auch für den außerunterrichtlichen Primarbereich wird für den ab 2026 geltenden Rechtsanspruch auf Ganztagsförderung und -betreuung erwartet. Mit dieser Veränderung gehen auch Fragen der Neustrukturierung des Lernens von Kindern über den Tag verteilt einher, „um Bildungs- und damit Teilhabechancen“ (Nationales MINT-Forum, 2022) zu verbessern. Hierfür gilt es zu klären, welche unterschiedlichen Anforderungen und Bedarfe zwischen außerunterrichtlichem und unterrichtlichem Lernen allgemein und insbesondere in Bezug auf MINT-Bildung bestehen. Aufgrund der bereits existierenden Erfahrung im Ganztagsbereich (Hort, offene und gebundene Ganztagschule) kann die Stiftung bei entsprechender Finanzierung mit ihren vielfältigen Bildungsangeboten für pädagogische Fach-, Lehr- und Leitungskräfte einen Beitrag dazu leisten, MINT-Bildungsangebote für diese anstehenden Veränderungen der Bedingungen im Primarbereich beizusteuern.

Zusammenfassend lässt sich festhalten: Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ unterstützt mit ihren Angeboten zur MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung im Primarbereich Lehrkräfte dabei, ihren Unterricht weiterzuentwickeln und ihren Schülerinnen und Schülern somit qualitätsvolle MINT-Lerngelegenheiten anzubieten. So können Lehrkräfte Kinder in ihrer Auseinandersetzung mit MINT-Themen begleiten und sie befähigen, selbstbestimmt zu denken und verantwortungsvoll zu handeln. Die Initiative leistet dadurch einen Beitrag zur Verbesserung der Unterrichtsqualität und fördert durch nationalen wie internationalen Austausch auch den fachlichen Diskurs zu einer integrativen MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung.

Literatur



Literatur

Einleitung –

Stiftung Haus der kleinen Forscher

- Anders, Y. & Ballaschk, I. (2014). Studie zur Untersuchung der Reliabilität und Validität des Zertifizierungsverfahrens der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 6, S. 35–116). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Appleton, K. (2008). Elementary science teaching. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (S. 493–535). New York, NY: Routledge.
- Arnold, M.-T., Carnap, A. & Bormann, I. (2016). *Bestandsaufnahme zur Verankerung von Bildung für nachhaltige Entwicklung in Bildungs- und Lehrplänen*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- BMBF (2019). *Mit MINT in die Zukunft. Der MINT-Aktionsplan des BMBF*. https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/1/31481_Mit_MINT_in_die_Zukunft.pdf?__blob=publicationFile&v=8
- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies: Competence viewed as a continuum. *Zeitschrift Für Psychologie*, 223(1), S. 3–13. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194>
- Hattie, J. (2011). *Visible Learning for Teachers: Maximizing Impact on Learning*. London: Routledge.
- Hüttner, A. (2019). Technikdidaktik – Bestandsaufnahme und Forschungsperspektiven. In M. Rothgangel, U. Abraham, H. Bayrhuber, V. Frederking, W. Jank & H. J. Vollmer (Hrsg.), *Lernen im Fach und über das Fach hinaus* (S. 417–441). Münster: Waxmann.
- Hüttner, A. (2020). MINT als Akronym für einen Bildungsansatz voller Missverständnisse. *Zeitschrift der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e. V.* (Nr. 41) https://leibnizsozietat.de/wp-content/uploads/2020/12/02_H%C3%BCtner-MINT-als-Akronym-f%C3%BCr-einen-Bildungsansatz-Abgabeverion.pdf
- Kirkpatrick, J. D. & Kayser Kirkpatrick, W. (2016). *Kirkpatrick's Four Levels of Training Evaluation*. Alexandria: ATD Press.
- Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an. Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. In C. Allemann-Ghionda & E. Terhart (Hrsg.), *Kompetenz und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern: Ausbildung und Beruf. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik* (S. 47–70). Weinheim: Beltz.
- Lipowsky, F. (2007). Unterrichtsqualität in der Grundschule – Ansätze und Befunde der nationalen und internationalen Forschung. In K. Möller, P. Hanke, C. Beinbrech, A. K. Hein, T. Kleickmann & R. Schages (Hrsg.), *Qualität von Grundschulunterricht entwickeln, erfassen und bewerten* (S. 35–49). Wiesbaden: Springer.
- Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2021). *Fortbildungen für Lehrpersonen wirksam gestalten. Ein praxisorientierter und forschungsgestützter Leitfaden*. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.

- Lipowsky, F., Rzejak, D. & Dorst, G. (2011). Lehrerfortbildung und Unterrichtsentwicklung. Oder: Wie können Wirkungen des eigenen Handelns erfahrbar gemacht werden. *PÄDAGOGIK*, 63(12), S. 38–41.
- OECD (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematical and Financial Literacy*. Pisa: OECD publishing.
- Pahnke, J., O'Donnell, C. & Bascopé, M. (2019). *Using Science to Do Social Good: STEM Education for Sustainable Development*. Position paper developed in preparation for the second "International Dialogue on STEM Education" (IDoS) in Berlin, December 5–6, 2019. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/en/international-dialogue-on-stem-education
- Porsch, R. (2020). Fachfremdes Unterrichten in Deutschland: Welche Rolle spielt die Lehrerbildung? In R. Porsch & B. Rösken-Winter (Hrsg.), *Professionelles Handeln im fachfremd erteilten Mathematikunterricht: Empirische Befunde und Fortbildungskonzepte* (Vol. 47, S. 29–47). Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27293-7_2
- Praetorius, A. K., Klieme, E., Herbert, B. & Pinger, P. (2018). Generic dimensions of teaching quality: The German framework of three basic dimensions. *ZDM*, 50(3), S. 407–426.
- Ramseger, J. (2013). Prozessbezogene Qualitätskriterien für den naturwissenschaftlichen Unterricht – Zehn Kriterien für wirksames didaktisches Handeln im Elementar- und Primarbereich. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 5, S. 147–171). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Rank, A., Wildemann, A., Pauen, S., Hartinger, A., Tietze, S. & Kästner, R. (2018). Early Steps into Science and Literacy – EASI Science-L. Naturwissenschaftliche Bildung in der Kita: Gestaltung von Lehr-Lern-Situationen, sprachliche Anregungsqualität und sprachliche sowie naturwissenschaftliche Fähigkeiten der Kinder. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wirkungen naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf pädagogische Fachkräfte und Kinder* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 10, S. 138–251). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Renn, O., Duddeck, H., Menzel, R., Holtfrerich, C.-L., Lucas, K., Fischer, W., Allmendinger, J., Klocke, F., Pfennig, U. (2012). *Stellungnahmen und Empfehlungen zur MINT-Bildung in Deutschland auf der Basis einer europäischen Vergleichsstudie*. Berlin: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (BBAW).
- Skorsetz, N., Öz, L., Schmidt, J. K. & Kucharz, D. (2020). Entwicklungsverläufe von pädagogischen Fach- und Lehrkräften in der frühen MINT-Bildung. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Professionalisierung pädagogischer Fach- und Lehrkräfte in der frühen MINT-Bildung* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 13, S. 46–125). Opladen, Berlin, Toronto: Barbara Budrich. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Steffensky, M., Anders, Y., Barenthien, J., Hardy, I., Leuchter, M., Oppermann, E. et al. (2018). Early Steps into Science – EASI Science. Wirkungen früher naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf die naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Fachkräften und Kindern. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wirkungen naturwissen-*

- schaftlicher Bildungsangebote auf pädagogische Fachkräfte und Kinder* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 10, S. 50–136). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Steffensky, M. & Neuhaus, B. J. (2018). Unterrichtsqualität im naturwissenschaftlichen Unterricht. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (Nr. 47, S. 299–313). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2013). *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 5). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2015). *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 7). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2017). *Frühe mathematische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 8). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2018). *Frühe informatische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 9). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2019a). *Pädagogischer Ansatz der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (6., vollst. überarb. Aufl.). Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/fortbildungen
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2019b). *Zieldimensionen für Multiplikatorinnen und Multiplikatoren früher MINT-Bildung* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 11). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2019c). *Frühe Bildung für nachhaltige Entwicklung – Ziele und Gelingensbedingungen* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 12). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2020). *Zertifizierung für Kitas, Horte und Grundschulen. So wird Ihre Einrichtung ein „Haus der kleinen Forscher“*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/zertifizierung
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2022). *Monitoring-Bericht 2020/2021 der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung

Guter MINT-Unterricht in der Grundschule –

Mirjam Steffensky

- acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und Körber-Stiftung (Hrsg.) (2019). *MINT Nachwuchsbarometer 2019*. <https://www.acatech.de/publikation/mint-nachwuchsbarometer-2019/>
- Aebli, H. (1983). *Zwölf Grundformen des Lehrens: Eine allgemeine Didaktik auf Psychologischer Grundlage*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J. & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103(1), S. 1–18. <https://doi.org/10.1037/a0021017>
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M. & Tsai, Y.M. (2010). Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), S. 133–180. <https://doi.org/10.3102/0002831209345157>
- Bell, C. A., Dobbelaer, M. J., Klette, K. & Visscher, A. (2019). Qualities of classroom observation systems. *School Effectiveness and School Improvement*, 30(1), S. 3–29. <https://doi.org/10.1080/09243453.2018.1539014>
- Bergner, N., Köster, H., Magenheimer, J., Müller, K., Romeike, R., Schroeder, U. & Schulte, C. (2018). *Frühe informatische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich*. Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. <https://doi.org/10.3224/84742107>
- Berliner, D. C. (2005). The Near Impossibility of Testing for Teacher Quality. *Journal of Teacher Education*, 56(3), S. 205–213. <https://doi.org/10.1177/0022487105275904>
- Bransford, J., Brown, A. L. & Cocking, R. R. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school* (Expanded ed.). Washington D.C.: National Academy Press.
- Brunner, E. (2018). Qualität von Mathematikunterricht: Eine Frage der Perspektive. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 39(2), S. 257–284. <https://doi.org/10.1007/s13138-017-0122-z>
- Bybee, R. W. (1997). Towards an understanding of scientific literacy. In W. Gräber & C. Bolte (Hrsg.), *Scientific literacy – An international symposium* (S. 37–68). Kiel: IPN.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., van Scotter, P., Carlson Powell, J., Westbrook, A. & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins, effectiveness and application*. Colorado Springs BSCS. <https://bscs.org/bscs-5e-instructional-model>
- Charalambous, C. Y. & Praetorius, A.K. (2020). Creating a forum for researching teaching and its quality more synergistically. *Studies in Educational Evaluation*, 67, 100894. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100894>
- Collins, A. M., Brown, J. S. & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L. B. Resnick (Hrsg.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (S. 453–494). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), S. 223–238.
- Dewey, J. (1916). *Democracy and education: An introduction to the philosophy of education*. New York: MacMillan.

- Drollinger-Vetter, B. (2011). *Verstehenselemente und strukturelle Klarheit: Fachdidaktische Qualität der Anleitung von mathematischen Verstehensprozessen im Unterricht. Empirische Studien zur Didaktik der Mathematik: Bd. 8. Münster u. a.: Waxmann.*
- Einsiedler, W. & Hardy, I. (2010). Kognitive Strukturierung im Unterricht: Einführung und Begriffsklärungen. *Unterrichtswissenschaft, 38*(3), S. 194–209.
- Fauth, B., Decristan, J., Rieser, S., Klieme, E. & Büttner, G. (2014). Student ratings of teaching quality in primary school: Dimensions and prediction of student outcomes. *Learning and Instruction, 29*, S. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.07.001>
- Förtsch, C., Werner, S., Kotzebue, L. von & Neuhaus, B. J. (2016). Effects of biology teachers' professional knowledge and cognitive activation on students' achievement. *International Journal of Science Education, 38*(17), S. 2642–2666. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1257170>
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research, 82*(3), S. 300–329. <https://doi.org/10.3102/0034654312457206>
- Gesellschaft für die Didaktik des Sachunterrichts. (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht* (vollst. überarb. und erw. Aufl). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Gresch, H., Hasselhorn, M. & Bögeholz, S. (2013). Training in Decision-making Strategies: An approach to enhance students' competence to deal with socio-scientific issues. *International Journal of Science Education, 35*(15), S. 2587–2607. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.617789>
- Haan, G. d. (2008). Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung. In I. Bormann & G. d. Haan (Hrsg.), *Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung: Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Befunde* (S. 23–43). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften | GWV Fachverlage.
- Hamre, B. K., Pianta, R. C., Downer, J. T., DeCoster, J., Mashburn, A. J., Jones, S. M., Brown, J. L., Cappella, E., Atkins, M., Rivers, S. E., Brackett, M. A. & Hamagami, A. (2013). Teaching through Interactions. *Elementary School Journal, 113*(4), S. 461–487. <https://doi.org/10.1086/669616>
- Hancock, T. S., Friedrichsen, P. J., Kinslow, A. T. & Sadler, T. D. (2019). Selecting Socio-scientific Issues for Teaching. *Science & Education, 28*(6–7), S. 639–667. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00065-x>
- Hardy, I., Jonen, A., Möller, K. & Stern, E. (2006). Effects of instructional support within constructivist learning environments for elementary school students' understanding of "floating and sinking". *Journal of Educational Psychology, 98*(2), S. 307–326. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.98.2.307>
- Hartas, D. (2011). Families' social backgrounds matter: socio-economic factors, home learning and young children's language, literacy and social outcomes. *British Educational Research Journal, 37*(6), S. 893–914. <https://doi.org/10.1080/>
- Hasselhorn, M. & Grube, D. (2008). Individuelle Voraussetzungen und Entwicklungsbesonderheiten des Lernens im Vorschul- und frühen Schulalter. *Empirische Pädagogik, 22*(2), S. 113–126.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement.* London, New York: Routledge.

- Heinitz, B. & Nehring, A. (2020). Kriterien naturwissenschaftsdidaktischer Unterrichtsqualität – ein systematisches Review videobasierter Unterrichtsforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 48(3), S. 319–360. <https://doi.org/10.1007/s42010-020-00074-8>
- Helmke, A. (2005). *Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern* (4. Aufl.). Seelze: Kallmeyer.
- Hess, M. & Lipowsky, F. (2020). Zur (Un-)Abhängigkeit von Oberflächen- und Tiefenmerkmalen im Grundschulunterricht. Fragen von Lehrpersonen im öffentlichen Unterricht und in Schülerarbeitsphasen im Vergleich. In A.-K. Praetorius & E. Klieme (Hrsg.), *Zeitschrift für Pädagogik. Beiheft Bd. 66. Empirische Forschung zu Unterrichtsqualität: Theoretische Grundfragen und quantitative Modellierungen* (1. Aufl., S. 117–131). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), S. 2534–2553. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722>
- Jirout, J. & Zimmerman, C. (2015). Development of Science Process Skills in the Early Childhood Years. In K. C. Trundle & M. Saçkes (Hrsg.), *Research in early childhood science education* (S. 143–166). Dordrecht: Springer.
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching: Educational Psychologist. *Educational Psychologist*, 41(2), S. 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Klahr, D. & Nigam, M. (2004). The Equivalence of Learning Paths in Early Science Instruction: Effects of Direct Instruction and Discovery Learning. *Psychological Science*, 15(10), S. 661–667.
- Kleickmann, T., Steffensky, M. & Praetorius, A.K. (2020). Quality of teaching in elementary science education: More than three basic dimensions? In A.-K. Praetorius & E. Klieme (Hrsg.), *Zeitschrift für Pädagogik. Beiheft: Bd. 66. Empirische Forschung zu Unterrichtsqualität: Theoretische Grundfragen und quantitative Modellierungen* (1. Aufl., S. 37–55). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Klieme, E., Schümer, G. & Knoll, S. (2001). Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I: „Aufgabenkultur“ und Unterrichtsgestaltung. In Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.), *TIMSS – Impulse für Schule und Unterricht* (S. 43–57). Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).
- Klieme, E. (2019). Unterrichtsqualität. In M. Harring, C. Rohlf & M. Gläser-Zikuda (Hrsg.), *UTB Schulpädagogik: Bd. 8698. Handbuch Schulpädagogik* (S. 394–409). Münster, New York: Waxmann.
- Klieme, E., Pauli, C. & Reusser, K. (2009). The Pythagoras Study: Investigating Effects of Teaching and Learning in Swiss and German Mathematics Classrooms. In T. Janík & T. Seidel (Hrsg.), *The Power of Video Studies in Investigating Teaching and Learning in the Classroom* (S. 137–160). Münster, u. a.: Waxmann.
- Köller, O., Magenheim, J., Pfenning, U., Ramseger, J., Steffensky, M., Wiesmüller, C., Winter, E. & Wollring, B. (2019). Zieldimensionen für Multiplikatorinnen und Multiplikatoren früher MINT-Bildung. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Zieldimensionen für Multiplikatorinnen und Multiplikatoren früher MINT-Bildung* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 11, S. 48–85).

- Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Korneck, F., Krüger, M. & Szogs, M. (2017). Professionswissen, Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte unterschiedlicher Schulformen. In H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 200. Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik* (S. 113–133). Berlin: Logos Verlag.
- Kounin, J. S. (2006). *Techniken der Klassenführung*. Münster u. a.: Waxmann.
- Krajewski, K. & Schneider, W. (2009). Early development of quantity to number-word linkage as a precursor of mathematical school achievement and mathematical difficulties: Findings from a four-year longitudinal study. *Learning and Instruction*, 19(6), S. 513–526. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.10.002>
- Kriegbaum, K., Becker, N. & Spinath, B. (2018). The relative importance of intelligence and motivation as predictors of school achievement: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 25, S. 120–148. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.10.001>
- Kunter, M. & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 85–113). Münster u. a.: Waxmann.
- Lazonder, A. W. & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning. *Review of Educational Research*, 86(3), S. 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Lipowsky, F. (2015). Unterricht. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Springer-Lehrbuch. Pädagogische Psychologie* (2. Aufl., S. 69–105). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Lipowsky, F., Drollinger-Vetter, B., Klieme, E., Pauli, C. & Reusser, K. (2018). Generische und fachdidaktische Dimensionen von Unterrichtsqualität – Zwei Seiten einer Medaille? In M. Martens, K. Rabenstein, K. Bräu, M. Fetzer, H. Gresch, I. Hardy & C. Schelle (Hrsg.), *Konstruktionen von Fachlichkeit: Ansätze, Erträge und Diskussionen in der empirischen Unterrichtsforschung* (S. 183–202). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Lipowsky, F., Rakoczy, K., Pauli, C., Drollinger-Vetter, B., Klieme, E. & Reusser, K. (2009). Quality of geometry instruction and its short-term impact on students' understanding of the Pythagorean Theorem. *Learning and Instruction*, 19, S. 527–537. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.11.001>
- Meschede, N., Steffensky, M., Wolters, M. & Möller, K. (2015). Professionelle Wahrnehmung der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung. *Unterrichtswissenschaft*, 43(4), S. 317–335.
- Meyer, H. (2005). *Was ist guter Unterricht?* Berlin: Scriptor.
- Morgan, P. L., Farkas, G., Hillemeier, M. M. & Maczuga, S. (2016). Science Achievement Gaps Begin Very Early, Persist, and Are Largely Explained by Modifiable Factors. *Educational Researcher*, 45(1), S. 18–35. <https://doi.org/10.3102/0013189X16633182>
- National Research Council (2011). *Successful K-12 STEM Education*. Washington, D.C.: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13158>
- Neumann, K., Kauertz, A. & Fischer, H. E. (2012). Quality of Instruction in Science Education. In B. J. Fraser, K. G. Tobin & C. J. McRobbie (Hrsg.), *Second International Handbook of Science Education* (S. 247–258). Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer.
- OECD (2016). *PISA 2015. Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematical and Financial Literacy*. PISA. Paris: OECD publishing.

- Oser, F. & Baeriswyl, F. (2001). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning. In V. Richardson (Hrsg.), *Handbook of research on teaching* (4. Aufl., S. 1031–1065). Washington, D.C.: American Educational Research Association.
- Pauli, C. & Reusser, K. (2006). Von international vergleichenden Video Surveys zur video-basierten Unterrichtsforschung und -entwicklung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52(6), S. 774–798.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., Jong, T. de, van Riesen, S. A., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C. & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, S. 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Pianta, R. C. & Hamre, B. K. (2009). Conceptualization, Measurement, and Improvement of Classroom Processes: Standardized Observation Can Leverage Capacity. *Educational Researcher*, 38(2), S. 109–119. <https://doi.org/10.3102/0013189X09332374>
- Pianta, R. C., Hamre, B. K. & Allen, J. P. (2012). Teacher-Student Relationships and Engagement: Conceptualizing, Measuring, and Improving the Capacity of Classroom Interactions. In S. L. Christenson, A. L. Reschly & C. Wylie (Hrsg.), *Handbook of Research on Student Engagement* (S. 365–386). New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7_17
- Praetorius, A.K. & Charalambous, C. Y. (2018). Classroom observation frameworks for studying instructional quality: looking back and looking forward. *The International Journal on Mathematics Education*, 50(3), S. 535–553. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0946-0>
- Praetorius, A.-K., Klieme, E., Herbert, B. & Pinger, P. (2018). Generic dimensions of teaching quality: the German framework of Three Basic Dimensions. *ZDM – Mathematics Education*, 50, S. 407–436. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0918-4>
- Praetorius, A.K., Herrmann, C., Gerlach, E., Zülsdorf-Kersting, M., Heinitz, B. & Nehring, A. (2020). Unterrichtsqualität in den Fachdidaktiken im deutschsprachigen Raum – zwischen Generik und Fachspezifik. *Unterrichtswissenschaft*, 48(3), S. 409–446. <https://doi.org/10.1007/s42010-020-00082-8>
- Praetorius, A.K., Klieme, E., Kleickmann, T., Brunner, E., Lindmeier, A., Taut, S. & Charalambous, C. Y. (2020). Towards Developing a Theory of Generic Teaching Quality: Origin, Current Status, and Necessary Next Steps Regarding the Three Basic Dimensions Model. In A.-K. Praetorius & E. Klieme (Hrsg.), *Zeitschrift für Pädagogik. Beiheft: Bd. 66. Empirische Forschung zu Unterrichtsqualität: Theoretische Grundfragen und quantitative Modellierungen* (1. Aufl., S. 15–36). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Praetorius, A.K., Rogh, W. & Kleickmann, T. (2020). Blinde Flecken des Modells der drei Basisdimensionen von Unterrichtsqualität? Das Modell im Spiegel einer internationalen Synthese von Merkmalen der Unterrichtsqualität. *Unterrichtswissenschaft*, 48(3), S. 303–318. <https://doi.org/10.1007/s42010-020-00072-w>
- Prediger, S. (2013). Darstellungen, Register und mentale Konstruktion von Bedeutungen und Beziehungen – mathematikspezifische sprachliche Herausforderungen identifizieren und bearbeiten. In M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann & H. J. Vollmer (Hrsg.), *Fachdidaktische Forschungen: Band 3. Sprache im Fach: Sprachlichkeit und fachliches Lernen* (S. 167–183). Münster, u. a.: Waxmann.

- Puntambekar, S. & Kolodner, J. L. (2005). Toward implementing distributed scaffolding: Helping students learn science from design. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(2), S. 185–217. <https://doi.org/10.1002/tea.20048>
- Rakoczy, K., Klieme, E., Drollinger-Vetter, B., Lipowsky, F., Pauli, C. & Reusser, K. (2007). Structure as a quality feature in mathematics instruction. Cognitive and motivational effects of a structured organisation of the learning environment vs. a structured presentation of learning content. In M. Prenzel (Hrsg.), *Studies on the educational quality of schools* (S. 101–120). Münster, u. a.: Waxmann.
- Ramseger, J. (2013). Prozessbezogene Qualitätskriterien für den naturwissenschaftlichen Unterricht – Zehn Kriterien für wirksames didaktisches Handeln im Elementar- und Primarbereich. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*, Bd. 5 (1. Aufl., S. 147–171). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG. Online unter: <http://tinyurl.com/ramseger-qualitaetskriterien>
- Reiser, B. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(3), S. 273–304. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1303_2
- Reusser, K. (2008). Empirisch fundierte Didaktik – didaktisch fundierte Unterrichtsforschung. In M. A. Meyer, M. Prenzel & S. Hellekamps (Hrsg.), *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft Sonderheft: Bd. 9. Perspektiven der Didaktik* (S. 219–238). Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss.
- Reyer, T. (2004). *Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht: Exemplarische Analysen im Physikunterricht der gymnasialen Sekundarstufe*. Zugl.: Dortmund, Univ., Diss., 2003. *Studien zum Physiklernen: Bd. 32*. Dortmund: Logos Verlag.
- Rzejak, D. & Lipowsky, F. (2015). Was wir über gelingende Lehrerfortbildungen wissen. *Journal für LehrerInnenbildung*, 15(4), S. 26–32.
- Schiefer, J., Golle, J., Tibus, M., Trautwein, U. & Oschatz, K. (2017). Elementary school children's understanding of science: The implementation of an extracurricular science intervention. *Contemporary Educational Psychology*, 51, S. 447–463. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2017.09.011>
- Schlesinger, L., Jentsch, A., Kaiser, G., König, J. & Blömeke, S. (2018). Subject-specific characteristics of instructional quality in mathematics education. *The International Journal on Mathematics Education*, 50(3), S. 475–490. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0917-5>
- Schneider, W. & Niklas, F. (2017). Kognitive Entwicklung. In F. Petermann & S. Wiedebusch (Hrsg.), *Praxishandbuch Kindergarten* (S. 15–39). Göttingen: Hogrefe.
- Schwippert, K., Kasper, D., Köller, O., McElvany, N., Selter, C., Steffensky, M. & Wendt, H. (Hrsg.) (2020). *TIMSS 2019: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (1. Aufl.). Münster: Waxmann.
- Seidel, T. & Shavelson, R. J. (2007). Teaching effectiveness research in the past decade: The role of theory and research design in disentangling meta-analysis results. *Review of Educational Research*, 77(4), S. 454–499. <https://doi.org/10.3102/0034654307310317>
- Skopek, J. & Passaretta, G. (2021). Socioeconomic Inequality in Children's Achievement from Infancy to Adolescence: *The Case of Germany*. *Social Forces*, 100(1), S. 86–112. <https://doi.org/10.1093/sf/soaa093>

- Sodian, B., Jonen, A., Thoermer, C. & Kircher, E. (2006). Die Natur der Naturwissenschaften verstehen. Implementierung wissenschaftstheoretischen Unterrichts in der Grundschule. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms*. (S. 147–160). Münster, Westfalen u. a.: Waxmann.
- Stanat, P., Schipolowski, S., Rjosk, C., Weirich, S. & Haag, N. (Hrsg.) (2017). *IQB-Bildungstrend 2016: Kompetenzen in den Fächern Deutsch und Mathematik am Ende der 4. Jahrgangsstufe im zweiten Ländervergleich*. Münster, New York: Waxmann.
- Stanat, P., Schipolowski, S., Schneider, R., Sachse, K. A., Weirich, S. & Henschel, S. (2022). Kompetenzen in den Fächern Deutsch und Mathematik am Ende der 4. Jahrgangsstufe: Erste Ergebnisse nach über einem Jahr Schulbetrieb unter Pandemiebedingungen. Berlin: Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen. Verfügbar unter <https://www.iqb.hu-berlin.de/bt/BT2021/Bericht>
- Steffensky, M. (2018). Naturwissenschaftliche Bildung in der Kita. In Mediengruppe Oberfranken – Fachverlage GmbH & Co. KG (Hrsg.), *Kreative Ideenbörse Kindergarten: 2018/2019. MINT-Förderung im Kindergarten Sonderausgabe* (S. 5–19). Bamberg: Mediengruppe Oberfranken Fachverlage.
- Steffensky, M., Kleickmann, T., Kasper, D. & Köller, O. (2016). Naturwissenschaftliche Kompetenzen im internationalen Vergleich: Testkonzeption und Ergebnisse. In H. Wendt, W. Bos, C. Selter, O. Köller, K. Schwippert & D. Kasper (Hrsg.), *TIMSS 2015 Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (1. Aufl., S. 133–184). Münster: Waxmann.
- Steffensky, M. & Neuhaus, B. J. (2018). Unterrichtsqualität im naturwissenschaftlichen Unterricht. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 299–313). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_18
- Steffensky, M., Scholz, L. A., Kasper, D. & Köller, O. (2020). Naturwissenschaftliche Kompetenzen im internationalen Vergleich: Testkonzeption und Ergebnisse. In K. Schwippert, D. Kasper, O. Köller, N. McElvany, C. Selter, M. Steffensky & H. Wendt (Hrsg.), *TIMSS 2019: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (1. Aufl., S. 115–168). Münster: Waxmann.
- Taut, S. & Rakoczy, K. (2016). Observing instructional quality in the context of school evaluation. *Learning & Instruction*, 46, S. 45–60. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.08.003>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., Loof, H. de, Meester, J. de, Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., Cock, M. de, Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., van de Velde, D., van Petegem, P. & Depaepe, F. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- vbw-Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V. (Hrsg.) (2021). *Nachhaltigkeit im Bildungswesen – was jetzt getan werden muss. Gutachten*. Münster: Waxmann.
- Vieluf, S., Praetorius, A.K., Rakoczy, K., Kleinknecht, M. & Pietsch, M. (2020). Angebots-Nutzungs-Modelle der Wirkweise des Unterrichts: ein kritischer Vergleich verschiedener Modellvarianten. In A.-K. Praetorius & E. Klieme (Hrsg.), *Zeitschrift für Pädagogik. Bei-*

- heft: Bd. 66. *Empirische Forschung zu Unterrichtsqualität: Theoretische Grundfragen und quantitative Modellierungen* (1. Aufl., S. 63–80). Weinheim: Beltz Juventa.
- Vosniadou, S. (2008). Conceptual Change Research: An Introduction. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International handbook of research on conceptual change* (S. xiii–xxviii). London: Routledge.
- Wagenschein, M. (1992). *Verstehen lehren: Genetisch – sokratisch – exemplarisch* (10. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Weinert, F. E. (2001). *Leistungsmessungen in Schulen*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Weis, M., Reiss, K., Mang, J., Schiepe-Tiska, A., Diedrich, J., Roczen, N. & Jude, N. (2020). *Global Competence in PISA 2018. Einstellungen von Fünfzehnjährigen in Deutschland zu globalen und interkulturellen Themen*. Münster: Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830993001>
- Wigfield, A. & Eccles, J. S. (2000). Expectancy – Value Theory of Achievement Motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), S. 68–81.
- Zimmermann, F., Möller, J. & Riecke-Baulecke, T. (Hrsg.) (2019). *Basiswissen Lehrerbildung: Schulische Diagnostik und Leistungsbeurteilung*. Seelze: Kallmeyer.

MINT oder M, I, N, T? Gemeinsamkeiten und Besonderheiten der MINT-Disziplinen im Primarbereich

1. Gemeinsamkeiten der MINT-Disziplinen und ihr Verhältnis zu anderen Wissenschaftsdisziplinen –

Jörg Ramseger, Annett Steinmann

- Caviola, H., Kyburz-Graber, R. & Locher, S. (2011). *Wege zum guten fächerübergreifenden Unterricht. Ein Handbuch für Lehrpersonen*. Bern: hep.
- Europäische Kommission (2006). *Schlüsselkompetenzen für lebensbegleitendes Lernen. Ein europäischer Referenzrahmen*. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften. <https://www.kompetenzrahmen.de/files/europaeischekommission2007de.pdf>
- Feuser, G. (2013). Grundlegende Dimensionen einer LehrerInnen-Bildung für die Realisierung einer inklusionskompetenten Allgemeinen Pädagogik. In: G. Feuser & T. Maschke (Hrsg.), *Lehrerbildung auf dem Prüfstand. Welche Qualifikation braucht die inklusive Schule?* (S. 11–66). Gießen: Psychosozial-Verlag.
- Hempel, C. (2020). *Die gemeinsame Planung fächerübergreifenden Unterrichts. Fallanalysen zur unterrichtsbezogenen Zusammenarbeit von Lehrerinnen und Lehrern*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Park, J. H. (2021). Unterwegs zur Designpädagogik. Von der Werkerziehung zur Innovationsförderung. In J. H. Park (Hrsg.), *Designwissenschaft trifft Bildungswissenschaft. Schriftenreihe zur Designpädagogik. Design und Bildung*, Bd. 3, S. 26–35. München: kopaed.
- Prenzel, A. (2013). *Inklusive Bildung in der Primarstufe. Eine wissenschaftliche Expertise des Grundschulverbandes*. Frankfurt am Main: Grundschulverlag.
- Reich, K. (Hrsg.) (2014). *Inklusive Didaktik*. Weinheim: Beltz.

- Tetens, H. (2013). *Wissenschaftstheorie. Eine Einführung*. München: Beck.
- Valsangiacomo, F. & Künzli David, C. (2015). Bildungsanliegen fächerübergreifenden Unterrichts und Zieltransparenz von Aufgabenstellungen. *Online-Zeitschrift Schulpädagogik – heute* 12(6), S. 1–14.
- Wiesmüller, C. (2006). *Schule und Technik. Die Technik im schultheoretischen Denken*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

2. Das M in der MINT-Bildung: die Mathematik –

Marcus Schütte, Maike Hagen, Judith Jung

- Bauersfeld, H. (1978). Kommunikationsmuster im Mathematikunterricht. Eine Analyse am Beispiel der Handlungsverengung durch Answererwartung. In H. Bauersfeld (Hrsg.), *Fallstudien und Analysen zum Mathematikunterricht* (S. 158–170). Hannover: Schroedel Verlag KG.
- Bedürftig, T. & Murawski, R. (2010). *Philosophie der Mathematik*. Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- Benacerraf, P. & Putnam, H. (1984). *Philosophy of Mathematics. Selected Readings*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bezold, A. (2010). *Mathematisches Argumentieren in der Grundschule fördern*. Kiel: IPN.
- Bishop, A. J. (1988). *Mathematics Education and Culture*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Bishop, A. J. (1991). *Mathematical Enculturation. A Cultural Perspective on Mathematics Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Brandenberger, C. C. & Moser, N. (2018). Förderung der Lernfreude und Reduzierung der Angst im Mathematikunterricht in der Sekundarstufe 1. In G. Hagenauer & T. Hascher (Hrsg.), *Emotionen und Emotionsregulation in der Schule und Hochschule* (S. 323–37). New York: Waxmann.
- Bruder, R. & Collet, C. (2011). *Problemlösen lernen im Mathematikunterricht*. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Devlin, K. (2000). *The math gene. How mathematical thinking evolved and why numbers are like gossip*. New York, NJ: Basic Books.
- Franke, M. & Reinhold, S. (2000). *Didaktik der Geometrie in der Grundschule*. Heidelberg: Springer.
- Franke, M. & Ruwisch, S. (2010). *Didaktik des Sachrechnens in der Grundschule*. Heidelberg: Spektrum.
- Hasemann, K. & Gasteiger, H. (2020). *Anfangsunterricht Mathematik*. Berlin: Springer Spektrum.
- Hersh, R. (1997). *What Is Mathematics, Really?* New York, Oxford: Oxford University Press.
- Guo, Y., Piasta, S. B. & Bowles, R. P. (2015). Exploring Preschool Children's Science Content Knowledge. *Early Education and Development*, 26, S. 125–146.
- Gellert, U., Jablonka, E. & Keitel, C. (2001). Mathematical Literacy and Common Sense in Mathematics Education. In: B. Atweh, H. Forgasz und B. Nebres (Hrsg.), *Sociocultural Research on Mathematics Education: An International Perspective* (S. 57-73). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

- Jung, J. & Schütte, M. (2022). Mathematiklernen im intersubjektiven Raum. Eine interaktionstheoretische Perspektive auf mathematische Lehr-Lernprozesse. In A. Langner, P. Kemter-Hoffmann, M. Niethammer, M. Schütte, D. Wieser, L. Friebe, D. Jugel, J. Jung, J. Matusche, C. Milker, S. Richter-Killenberg & J. Steffens K. & Wesemeyer (Hrsg.), *Schule inklusiv gestalten – das Projekt SING* (S. 215–242). Münster: Waxmann.
- Käpnick, F. (2014). *Mathematiklernen in der Grundschule*. Berlin: Springer Spektrum.
- Kitcher, P. (1984). *The Nature of Mathematical Knowledge*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- KMK (2022). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2022/2022_06_23-Bista-Primarbereich-Mathe.pdf
- Krauthausen, G. (2018). *Einführung in die Mathematikdidaktik – Grundschule*. München: Springer Spektrum.
- Krauthausen, G. & Scherer, P. (2014). *Natürliche Differenzierung im Mathematikunterricht. Konzepte und Praxisbeispiele aus der Grundschule*. Seelze: Kallmeyer in Verbindung mit Klett.
- Krummheuer, G. (1992). *Lernen mit „Format“. Elemente einer interaktionistischen Lerntheorie. Diskutiert an Beispielen mathematischen Unterrichts*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Krummheuer, G. & Brandt, B. (2001). *Paraphrase und Traduktion. Partizipationstheoretische Elemente einer Interaktionstheorie des Mathematiklernens in der Grundschule*. Weinheim: Beltz Verlag.
- Maaß, K. (2018). Qualitätskriterien für den Unterricht zum Modellieren in der Grundschule. In K. Eilerts & K. Skutella (Hrsg.) *Neue Materialien für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht 5* (S. 1–16). Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Mac Lane, S. (1985). *Mathematics: Form and Function*. New York: Springer-Verlag.
- Neubrand, M. (2015). Bildungstheoretische Grundlagen des Mathematikunterrichts. In R. Bruder, L. Hefendehl-Hebeker, B. Schmidt-Thieme & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Handbuch der Mathematikdidaktik* (S. 51–73). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Neunhäuser, J. (2019). *Einführung in die Philosophie der Mathematik*. Berlin: Springer Spektrum.
- OECD (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematical and Financial Literacy*. Pisa: OECD Publishing.
- Pekrun, R. (2018). Emotion, Lernen und Leistung. In M. Huber & S. Krause (Hrsg.), *Bildung und Emotion* (S. 215–33). Wiesbaden: Springer.
- Piaget, J. (1974). *The Origins of Intelligence in Children*. Madison, CT: International Universities Press.
- Pimm, D. (1987). *Speaking mathematically*. London: Routledge.
- Prediger, S. (2004). *Mathematiklernen in interkultureller Perspektive. Mathematikphilosophische, deskriptive Betrachtungen*. München, Wien: Profil Verlag.
- Schipper, W., Ebeling, A. & Dröge, R. (2015). *Handbuch für den Mathematikunterricht*. Braunschweig: Schroedel.
- Schütte, M. (2009). *Sprache und Interaktion im Mathematikunterricht der Grundschule. Zur Problematik einer Impliziten Pädagogik für schulisches Lernen im Kontext sprachlich-kultureller Pluralität*. Münster u. a.: Waxmann.

- Schütte, M. (2014). Language-related specialised learning in mathematics. A comparison of learning settings: family, nursery and primary school. In C. Morgan, T. Craig, M. Schütte & D. Wagner (Hrsg.), *Language and Communication in Mathematics Education. The International Journal on Mathematics Education (ZDM)*, 46(6), S. 923–938.
- Schütte, M., Jung, J. & Krummheuer, G. (2021). Diskurse als Ort der mathematischen Denkwentwicklung – Eine interaktionistische Perspektive. *Journal Für Mathematik-Didaktik*, 42(2), S. 525–551. <https://doi.org/10.1007/s13138-021-00183-6>
- Selter, C. (2007). *SINUS-Transfer Grundschule. Interessen aufgreifen und weiterentwickeln. Beschreibung des Mathematikmoduls G7*. Kiel: IPN.
- Sfard, A. (2008). *Thinking as Communicating. Human Development, the Growth of Discourse, and Mathematizing*. New York: Cambridge University Press.
- Solomon, Y. (2009). *Mathematical Literacy. Developing Identities of Inclusion*. New York: Routledge.
- Voigt, J. (1984). *Interaktionsmuster und Routinen im Mathematikunterricht*. Weinheim: Beltz.
- Walther, G., Heuvel-Panhuizen, M., Granzer, D., Köller, O. (2011). *Bildungsstandards für die Grundschule: Mathematik konkret*. Berlin: Cornelsen.
- Winter, H. (1984). Begriff und Bedeutung des Übens im Mathematikunterricht. *mathematik lehren* (2), S. 4–16.
- Winter, H. (1995). Mathematikunterricht und Allgemeinbildung. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 61, 37ff.
- Winter, H. (2016). *Entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht. Einblicke in die Ideengeschichte und ihre Bedeutung für die Pädagogik* (3. Aufl.). Wiesbaden: Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-10605-8>.
- Wilder, R. L. (1981). *Mathematics as a cultural system*. Oxford: Pergamon Press.
- Wittmann, E. C. (2003). Was ist Mathematik und welche pädagogische Bedeutung hat das wohlverstandene Fach für den Mathematikunterricht auch in der Grundschule? In M. Baum & H. Wielpütz (Hrsg.), *Mathematik in der Grundschule. Ein Arbeitsbuch* (S. 18–46). Seelze: Kallmeyer.

3. Das I in der MINT-Bildung: die Informatik –

Nadine Bergner

- Barkmin, M., Bergner, N., Bröll, L., Huwer, J., Menne, A. & Seegerer, S. (2020). Informatik für alle?! – Informatische Bildung als Baustein in der Lehrkräftebildung. In M. Beißwenger, B. Bulizek, I. Gryl & F. Schacht (Hrsg.), *Digitale Innovationen und Kompetenzen in der Lehramtsausbildung* (S. 99–120). Duisburg: Universitätsverlag Rhein-Ruhr.
- Bergner, N. (2014). Wie die Informatik sich selbst sieht und wie sie gesehen wird. In C. Leicht-Scholten & U. Schroeder (Hrsg.), *Informatikkultur neu denken – Konzepte für Studium und Lehre* (S. 85–97). Wiesbaden: Springer.
- Bergner, N., Hubwieser, P., Köster, H., Magenheimer, J., Müller, K., Romeike, R., Schroeder, U. & Schulte, C. (2018). *Frühe informatische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich*. Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ (Band 9). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich.

- Brinda, T., Fothe, M., Friedrich, S., Koerber, B., Puhmann, H., Röhner, G. & Schulte, C. (2008). *Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule – Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I*. Beilage zu *LOG IN*, 28, Heft Nr. 150/151. Bonn: Gesellschaft für Informatik.
- Brinda, T., Diethelm, I., Gemulla, R., Romeike, R., Schöning, J. & Schulte, C. (2016). *Dagstuhl-Erklärung: Bildung in der digitalen vernetzten Welt*. GI – Gesellschaft für Informatik e.V. <https://www.gi.de/aktuelles/meldungen/detailansicht/article/dagstuhl-erklaerung-bildung-in-der-digitalen-vernetzten-welt.html>
- Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) (2006). *Was ist Informatik? Unser Positionspapier*. Bonn. <https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/was-ist-informatik-lang.pdf>
- Humbert, L., Herper, H., Best, A., Borowski, C., Freudenberg, R., Fricke, M., Haselmeier, K., Hinz, V., Müller, D., Schwill, A. & Thomas, M. (2019). Empfehlungen der GI – Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich. In: A. Pasternak (Hrsg.), *Informatik für alle* (S. 237–245). Bonn: Köllen Druck + Verlag GmbH.
- KMK (2016). *Strategie der Kultusministerkonferenz: Bildung in der digitalen Welt*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2017/Strategie_neu_2017_datum_1.pdf
- KMK (2021). *Strategie der Kultusministerkonferenz: Lehren und Lernen in der digitalen Welt*. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf
- Landesamt für Schule und Bildung Freistaat Sachsen (2018). *Eckwerte zur informatischen Bildung*. https://www.schule.sachsen.de/lpdb/web/downloads/898_Eckwerte_zur_informatischen_Bildung_2018.pdf?v2
- Landesamt für Schule und Bildung (2019). *Lehrplan Grundschule – Werken*. https://www.schule.sachsen.de/lpdb/web/downloads/15_lp_gs_werken_2019_final.pdf?v2
- Nenner, C., Damnik, G. & Bergner, N. (2020). *Anknüpfungspunkte zur Integration informatischer Inhalte und Kompetenzen in der Grundschule am Beispiel sächsischer Lehrpläne*. Konferenzbeitrag zur Tagung „Gemeinschaften in Neuen Medien. Von hybriden Realitäten zu hybriden Gemeinschaften“. <https://tud.qucosa.de/api/qucosa%3A74137/attachment/ATT-0/>
- Röhner, G., Brinda, T., Denke, V., Hellmig, L., Heußner, T., Pasternak, A. & Seiffert, M. (2016). Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe II. Beilage zu *LOG IN*, 183(184), S. 88.
- Schubert, S. & Schwill, A. (2011). *Didaktik der Informatik*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2653-6_1
- Staatsministerium für Kultus Freistaat Sachsen (2017). *Medienbildung und Digitalisierung in der Schule*. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/29798>
- Team Informatikjahr (2006). *Basisinformation Was ist Informatik? – Eine Begriffsklärung*. https://tu-dresden.de/ing/informatik/ressourcen/dateien/studium/dateien/sonstige_dokumente/zugangsvoraussetzungen/zv_Was_ist_Informatik_060509.pdf?lang=en
- Wikipedia-Seite „Informatik“ (2021): <https://de.wikipedia.org/wiki/Informatik> [abgerufen am 30.11.2021]

4. Das N in der MINT-Bildung: die Naturwissenschaften –

Jörg Ramseger

- Anders, Y., Hardy, I., Sodian, B. & Steffensky, M. (2013). Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung im Grundschulalter und ihre Messung. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 5, S. 83–146). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Bauernfeind, A. (2021). *Die Analogien zwischen genetischem Lernen und Conceptual Change im Hinblick auf die Rolle der Lehrkraft im Sachunterricht*. München: Grin. Verfügbar unter: <https://www.grin.com/document/1156640>
- Beinbrech, C., Kleickmann, T., Tröbst, S. & Möller, K. (2009). Wissenschaftliches Begründen durch Schülerinnen und Schüler und die Rolle der Lehrkraft. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 2(2), S. 139–155.
- Einsiedler, W. (1992). Kategoriale Bildung im Sachunterricht der Grundschule. *Pädagogische Welt*, 46, S. 482–486.
- Einsiedler, W. (2009). Neuere Ergebnisse der entwicklungs- und der kognitionspsychologischen Forschung als Grundlage der Didaktik des Sachunterrichts. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 2(1), S. 61–76.
- Gesellschaft für die Didaktik des Sachunterrichts – GDSU (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht* (vollst. überarb. und erw. Aufl.). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Gräber, W., Nentwig, P. & Nicolson, P. (2002). Scientific Literacy – von der Theorie zur Praxis. In W. Gräber, P. Nentwig, P. T. Koballa & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 135–145). Opladen: Leske + Budrich.
- Grygier, P., Günther, J. & Kircher, E. (Hrsg.) (2007). *Über Naturwissenschaften lernen. Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Hildebrandt, F., Scheidt, A., Hildebrandt, A., Hédervári-Heller, É. & Dreier, A. (2016). „Sustained shared thinking“ als Interaktionsformat und das Sprachverhalten von Kindern. *Frühe Bildung*, 5(2), S. 82–90. <https://doi.org/10.1026/2191-9186/a000256>
- Höbtle, C., Höttecke, D. & Kircher, E. (Hrsg.) (2004). *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften*. Baltmannsweiler: Schneider.
- Jonen, A., Möller, K. & Engelen, A. (2002). „Wie kommt es, dass ein eisernes Schiff nicht untergeht?“ Eine Untersuchung zum Lernen von Grundschulkindern im Vorfeld der Naturwissenschaften. In H. Petillion (Hrsg.), *Individuelles und soziales Lernen in der Grundschule – Kindperspektive und pädagogische Konzepte* (S. 59–70). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Labudde, P. & Metzger, S. (Hrsg.) (2019). *Fachdidaktik Naturwissenschaft. 1.–9. Schuljahr*. (3. erw. u. aktual. Aufl.). Bern, Stuttgart, Wien: Haupt/UTB.
- Lange, K. & Hartinger, A. (Hrsg.) (2014). *Sachunterricht. Didaktik für die Grundschule*. Berlin: Cornelsen.
- Lichtenstein-Rother, I. (1977). Sachunterricht. In *Wörterbuch der Pädagogik in drei Bänden*, hrsg. vom Willmann-Institut (Bd. 3, S. 72–76). Freiburg: Herder.

- Loxley, P., Dawes, L., Nicholls, L. & Dore, B. (2014). *Teaching Primary Science. Promoting Enjoyment and developing Understanding*. 2nd Edition, London, New York: Routledge.
- Mercer, N., Dawes, L., Wegerif, R. & Sams, C. (2003). Reasoning as a scientist. Ways of helping children to use language to learn science. *British Educational Research Journal*, 30(3), S. 359–377.
- Mintzes, J. J., Wandersee, J. H. & Novak, J. D. (Hrsg.) (1998). *Teaching Science for Understanding. A Human Constructivist View*. San Diego, London: Academic Press.
- Möller, K., Jonen, A., Hardy, I. & Stern, E. (2002). Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. *Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft 45*, Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen (S. 176–191). Weinheim: Beltz.
- Möller, K. (2004). Verstehen durch Handeln beim Lernen naturwissenschaftlicher und technikbezogener Sachverhalte. In W. Köhnlein (Hrsg.), *Verstehen und begründetes Handeln* (S.147–165). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Möller, K., Hardy, I. & Jonen, A. (2006). Naturwissenschaften in der Primarstufe. Zur Förderung konzeptuellen Verständnisses durch Unterricht und zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule* (S. 161–193). Münster: Waxmann.
- Ramseger, J. (2013). Prozessbezogene Qualitätskriterien für den naturwissenschaftlichen Unterricht – Zehn Kriterien für wirksames didaktisches Handeln im Elementar- und Primarbereich. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 5, S. 147–171). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Settlage, J. & Southerland, S. A. (2012). *Teaching Science to Every Child. Using Culture as a Starting Point*. 2nd Edition, New York: Routledge.
- Steffensky, M. (2018). *Frühe naturwissenschaftliche Bildung*. KiTa Fachtexte. Berlin: Fröbel e. V. https://www.kita-fachtexte.de/fileadmin/Redaktion/Publikationen//KiTaFT_Steffensky_2018-Fruehe_naturwissenschaftliche_Bildung.pdf
- Sylva, K., Melhuish, E., Sammons, P., Siraj-Blatchford, I. & Taggart, B. (2004). *The Effective Provision of Pre-School Education (EPPE) Project: Final Report: A Longitudinal Study Funded by the DfES 1997-2004*. London: Institute of Education, University of London/ Department for Education and Skills/Sure Start.
- Tetens, H. (2013). *Wissenschaftstheorie. Eine Einführung*. (Beck'sche Reihe, Band: 2808). München: Beck.
- Tytler, R., Hubber, P. & Chittleborough, G. (2012). *Cross Cultural Comparisons of reasoning in Elementary School Science*. EQUALPRIME working paper. Vancouver: AARE.
- Wagenschein, M. (1999). *Verstehen lehren: genetisch – sokratisch – exemplarisch*. 9. Auflg. Weinheim, Basel: Beltz. (Erstauf. 1968)
- Widodo, A. & Duit, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, S. 233–255. ftp://ftp.rz.uni-kiel.de/pub/ipn/zfdn/2004/12.Widodo_Duit_233-255.pdf

5. Das T in der MINT-Bildung: die Technik –

Kim Lange-Schubert, Annett Steinmann

- Bandura, A. (1997). *Self Efficacy: The Exercise of Control*. New York, NY: Freeman.
- Birri, C., Oberli, M. & Rieder Nyffeler, C. (2003). *Lehrmittel Fachdidaktik Technisches Gestalten/Werken*. Bern. [auf Anfrage bei den Autor:innen erhältlich]
- Edelmann, W. (2000). *Lernpsychologie*. (6. vollst. überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz/Psychologie Verlags Union.
- Gesellschaft für die Didaktik des Sachunterrichts – GDSU (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht* (vollst. überarb. und erw. Aufl). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Honey, M., Pearson, G. & Schweingruber, A. (2014). *STEM integration in K-12 education: status, prospects, and an agenda for research*. Washington: National Academies Press.
- International Technology Education Association (ITEA) (2007). *Standards for Technology Education. Content for the Study of Technology* (3rd Edition). Reston, VA: International Technology.
- International Technology Education Association (ITEA) (2009). *Standards for Technology Education. Content for the Study of Technology*, Executive Summary, S. 2–21.
- Isler, R. (2016). Selbstwirksamkeit. In: T. Stuber (Hrsg.), *Technik und Design. Grundlagen* (S. 276–285). Bern: Hep Bildungsverlag.
- Jensen, H., Somazzi, M. & Weber, K. (2012). *Handlungskompetenz im technischen und textilen Gestalten*. Bern: Schulverlag plus.
- Jerentín-Kopf, M. (2013). „Kinder als Tüftler und Erfinder“ – Denken und Handeln innerhalb eines technikkidaktischen Kontextes. In Verein der Förderer der Schulhefte (Hrsg.), *ein/fach Technik. Plädoyers zur technischen Bildung für alle* (S. 82–97). Innsbruck: Studien Verlag.
- Lange-Schubert, K. & Tretter, T. (2017). Inklusives Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Vom guten Unterricht in heterogenen Lerngruppen. In F. Hellmich & E. Blumberg (Hrsg.), *Inklusiver Unterricht in der Grundschule* (S. 268–293). Stuttgart: Kohlhammer.
- Lange-Schubert, K. & Rothkopf, A. (2017). Naturwissenschaftliches Lehren und Lernen. In A. Hartinger & K. Lange-Schubert (Hrsg.), *Sachunterricht. Didaktik für die Grundschule* (S. 38–62). Berlin: Cornelsen.
- McCarty, M. E., Clifton, R. K. & Collard, R. R. (1999). Problem solving in infancy: The emergence of an action plan. *Developmental Psychology*, 35(4), S. 1091–1101.
- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In S. Purzer, J. Strobel, M. Cardella (Hrsg.), *Engineering in Pre-College Settings: Research into Practice* (S. 35–60). West Lafayette: Purdue Press.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. & Grote, K.H. (2003). *Konstruktionslehre. Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- Platz, M. (2007). Verständnis von Lernen und fachdidaktische Aspekte des Werkens. In E. Gaus-Hegener (Hrsg.), *Gestaltungsräume schaffen. Bildungsort Werken und textiles Gestalten* (S. 75–82). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

- Sachs, B. (2001). Technikunterricht – Bedingungen und Perspektiven. *tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 100(2), S. 12.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), S. 20–26.
- Schlangenhaut, W. (2016). Technik und technische Bildung. In T. Stuber (Hrsg.), *Technik und Design. Grundlagen* (S. 27–37). Bern: Hep Bildungsverlag.
- Schmayl, W. (2010). *Didaktik allgemeinbildenden Technikunterrichts*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (2002). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. *Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft 44*, S. 28–53.
- Steinmann, A. (2022). *Herausfordernde Lernaufgaben und herausforderndes Verhalten. Förderungsorientierte Partizipation in technischen Gestaltungsprozessen des Primarbereichs*. Dissertationsschrift. Publikationsserver der UB Leipzig.
- Steinmann, A. (2019). Individuelle Lernausgangslagen in technischen Gestaltungsprozessen des Elementar- und Primarbereichs – Förderungsorientierte Partizipation durch geeignete Aufgabenformate? In D. Pech, C. Schomaker & T. Simon (Hrsg.), *Inklusion im Sachunterricht. Perspektiven der Forschung* (S. 113–128). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Steinmann, A. & Mikutta, A. (2021). Designpädagogik trifft technisches Gestalten im Primarbereich. Impulse für eine fachliche Neuorientierung. In J. Park (Hrsg.), *Designwissenschaft trifft Bildungswissenschaft* (S. 14–25). München: kopaed.
- Stuber, T. (2016). *Technik und Design. Grundlagen*. Bern: Hep Bildungsverlag.
- Stuber, T. & Kolleg:innen (2012). *Werkweiser 2*. Bern: Schulverlag plus.
- Wagenschein, M. (1992, 10. Aufl.). *Verstehen lehren: Genetisch – sokratisch – exemplarisch*. Weinheim: Beltz.
- Warneken, F. & Tomasello, M. (2006). Altruistic helping in human infants and young chimpanzees. *Science*, 311(3), S. 1301–1303.
- Wilkening, F. & Schmayl, W. (1995). *Technikunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Wyss, B. (Hrsg.) (2018). *Gestalterisch-konstruktives Problemlösen bei Sechs- und Achtjährigen. Theoretische Grundlagen und empirische Studien zur Technischen Gestaltung in Kindergarten und Unterstufe*. München: kopaed.

6. Ausgewählte Praxisbeispiele guter MINT-Bildung im Primarbereich

6.1 Die Entdeckung des Hebelgesetzes –

Jörg Ramseger

- Gallin, U. & Ruf, P. (2014). *Dialogisches Lernen in Sprache und Mathematik*. (5. Aufl.). Seelze: Kallmeyer.
- Hackling, M., Ramseger, J. & Chen, H.-L. S. (Hrsg.) (2017). *Quality Teaching in Primary Science Education. Cross-Cultural Perspectives*. Cham/Switzerland: Springer International.
- Hallitzky, M. et al. (2016). *Vergleichende Didaktik und Curriculumforschung. Comparative Research into Didactics and Curriculum. National and International Perspectives*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

- Möller, K. (2004). Verstehen durch Handeln beim Lernen naturwissenschaftlicher und technikbezogener Sachverhalte. In W. Köhnlein (Hrsg.), *Verstehen und begründetes Handeln* (S. 147–165). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Rahmenlehrplan Berlin Brandenburg. Teil C. Sachunterricht. Jahrgangsstufen 1–4. Berlin: SenBJW 2017.
- Ramseger, J. (2013). Prozessbezogene Qualitätskriterien für den naturwissenschaftlichen Unterricht – Zehn Kriterien für wirksames didaktisches Handeln im Elementar- und Primarbereich. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 5, S. 147–171). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Steinmann, A. (2022). *Herausfordernde Lernaufgaben und herausforderndes Verhalten. Förderungsorientierte Partizipation in technischen Gestaltungsprozessen des Primarbereichs*. Dissertationsschrift. Publikationsserver der UB Leipzig.
- Stuber, T. (2016). *Technik und Design. Grundlagen*. Bern: Hep Bildungsverlag.
- Winter, H. (2016). *Entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht. Einblicke in die Ideengeschichte und ihre Bedeutung für die Pädagogik* (3. Aufl.). Wiesbaden: Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-10605-8>

6.2 (Er-)Finden und Gestalten einer Alltagsunterstützung –

Annett Steinmann, Kim Lange-Schubert

- Bauer, D. & Kolleg:innen (2021). Forschen und Gestalten als Leitprinzip im Fach Werken. Perspektiven für eine zeitgemäße und zukunftsorientierte Fachdidaktik. In: M. Müller & S. Schuhmann (Hrsg.), *Technische Bildung. Stimmen aus Forschung. Lehre und Praxis* (S. 141–160). Münster: Waxmann.
- Jensen, H., Somazzi, M. & Weber, K. (2012). *Handlungskompetenz im technischen und textilen Gestalten*. Bern: Schulverlag plus.
- Reich, K. (Hrsg.) (2014). *Inklusive Didaktik*. Weinheim: Beltz.
- Steinmann, A., Bauer, D. & Lange-Schubert, K. (2021). „Überwindung von Dunkelheit“ – Forschen und Gestalten in Erfinder*innenateliers zum Thema „Schwachstrom“. In: K. Müller, C. Tenberge & M. Bohrmann (Hrsg.), *Die technische Perspektive konkret*. Begleitband 5 zum Perspektivrahmen Sachunterricht (S. 149–162). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Steinmann, A. (2022). *Herausfordernde Lernaufgaben und herausforderndes Verhalten. Förderungsorientierte Partizipation in technischen Gestaltungsprozessen des Primarbereichs*. Dissertationsschrift. Publikationsserver der UB Leipzig.
- Steinmann, A. & Mikutta, A. (2020). Designpädagogik trifft technisches Gestalten im Primarbereich. Impulse für eine fachliche Neuorientierung. In J. Park (Hrsg.), *Designwissenschaft trifft Bildungswissenschaft* (S. 14–25). München: kopaed.
- Stuber, T. (2016). *Technik und Design. Grundlagen*. Bern: Hep Bildungsverlag.
- Stuber, T. & Kolleg:innen (2012, 6. Aufl.). *Werkweiser 1 und 2 für technisches und textiles Gestalten*. Bern: schulverlag, swch.ch.

7. M, I, N, T- oder MINT-Unterricht in der Grundschule – Status quo und Perspektiven –

Kim Lange-Schubert und Mirjam Steffensky

- Arik, M. & Topçu, M. S. (2020). *Implementation of Engineering Design Process in the K-12 Science Classrooms: Trends and Issues. Research in Science Education*, 52(1), S. 1–23. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09912-x>
- Berland, L., Steingut, R. & Ko, P. (2014). High School Student Perceptions of the Utility of the Engineering Design Process: Creating Opportunities to Engage in Engineering Practices and Apply Math and Science Content. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), S. 705–720. <http://www.jstor.org/stable/24026307>
- Bethke Wendell, K. & Rogers, C. (2013). Engineering Design-Based Science, Science Content Performance, and Science Attitudes in Elementary School. *Journal of Engineering Education*, 102(4), S. 513–540. <https://doi.org/10.1002/jee.20026>
- BMBF (2021). *Richtlinie zur Förderung von Forschungsprojekten zu Gelingensbedingungen guter MINT-Bildung*, Bundesanzeiger vom 22.03.2021. https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2021/03/3475_bekanntmachung.html
- Bybee, R. W., Taylor, J., Gardner, A., Scotter, P., Carlson, J., Westbrook, A. et al. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. *Office of Science Education National Institutes of Health*, S. 1–80.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education. Challenges and opportunities*. Arlington: National Science Teachers Association. <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/Doc?id=10781585>
- Cunningham, C. M., Lachapelle, C. P., Brennan, R. T., Kelly, G. J., Tunis, C. S. A. & Gentry, C. A. (2020). The impact of engineering curriculum design principles on elementary students' engineering and science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(3), S. 423–453. <https://doi.org/10.1002/tea.21601>
- Dare, E. A., Ellis, J. A. & Roehrig, G. H. (2014). Driven by Beliefs: Understanding Challenges Physical Science Teachers Face When Integrating Engineering and Physics. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 4(2). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1098>
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- English, L. D. (2019). Learning while designing in a fourth-grade integrated STEM problem. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(5), S. 1011–1032. <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9482-z>
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching. *Review of Educational Research*, 82(3), S. 300–329. <https://doi.org/10.3102/00346543121457206>
- Gauffroy, C. & Barrouillet, P. (2011). The primacy of thinking about possibilities in the development of reasoning. *Developmental Psychology*, 47(4), S. 1000–1011. <https://doi.org/10.1037/a0023269>
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht* (vollst. überarb. und erw. Aufl.). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Graube, G. & König, N. (2015). *MINT als Chance für technische Allgemeinbildung*. VDI.

- Graube, G. & Mammes, I. (2013). *Didaktische Konzeption eines interdisziplinären Ansatzes Natur und Technik für die Gymnasialklassen fünf und sechs*. Braunschweig: VDI. <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00054672>
- Grimm, H., Robisch, C. & Möller, K. (2018). Förderung hypothesenbezogener Schlussfolgerungen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht durch gezieltes Scaffolding – Gelingt dies unter Feldbedingungen? *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 11(2), S. 349–363. <https://doi.org/10.1007/s42278-018-0019-z>
- Hartinger, A. & Giest, H. (2022). Perspektivrahmen Sachunterricht. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, S. Miller & S. Wittkowske (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (S. 277–283). Bad Heilbrunn: Klinkhardt. <https://doi.org/10.36198/9783838588018>
- Hill-Cunningham, P. R., Mott, M. S. & Hunt, A.-B. (2018). Facilitating an Elementary Engineering Design Process Module. *School Science and Mathematics*, 118(1-2), S. 53–60. <https://doi.org/10.1111/ssm.12259>
- Kelley, T. R. & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kohlhauf, L., Rutke, U. & Neuhaus, B. J. (2011). Entwicklung eines Kompetenzmodells zum biologischen Beobachten ab dem Vorschulalter. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, S. 203–222.
- Kölller, O., Magenheim, J., Pfenning, U., Ramseger, J., Steffensky, M., Wiesmüller, C., Wintner, E. & Wollring, B. (2019). Zieldimensionen für Multiplikatorinnen und Multiplikatoren früher MINT-Bildung. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hg.), *Zieldimensionen für Multiplikatorinnen und Multiplikatoren früher MINT-Bildung* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 11, S. 48–85). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Lazonder, A. W. & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning. *Review of Educational Research*, 86(3), S. 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Lewis, T. (2006). Design and inquiry: Bases for an accommodation between science and technology education in the curriculum? *Journal of Research in Science Teaching*, 43(3), S. 255–281. <https://doi.org/10.1002/tea.20111>
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y. & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7(1), S. 1–16. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J. & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), S. 799–822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- McFadden, J. & Roehrig, G. (2019). Engineering design in the elementary science classroom: supporting student discourse during an engineering design challenge. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(2), S. 231–262. <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9444-5>
- Metzger, S., Schneider, C. & Haselhofer, M. (2022). Förderung der MINT-Bildung durch hochschultypenübergreifende Zusammenarbeit. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung* 40(1), S. 41–57. <https://doi.org/10.25656/01:24544>

- Minner, D. D., Levy, A. J. & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction-what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), S. 474–496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A. & Stohlmann, M. S. (2014). A Framework for Quality K-12 Engineering Education: Research and Development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 4(1). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1069>
- National Academy of Engineering and National Research Council (2014). *STEM Integration in K-12 Education. Status, Prospects, and an Agenda for Research*. Washington, D.C.: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>
- OECD Future of Education and Skills 2030. *OECD Learning Compass 2030 – A Series Of Concept Notes*, https://www.oecd.org/education/2030-project/contact/OECD_Learning_Compass_2030_Concept_Note_Series.pdf (18.09.2022).
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., Jong, T. de, van Riesen, S. A., Kamp, E. T. et al. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, S. 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Purzer, Ş., Goldstein, M. H., Adams, R. S., Xie, C. & Nourian, S. (2015). An exploratory study of informed engineering design behaviors associated with scientific explanations. *International Journal of STEM Education*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0019-7>
- Putnam, R. & Borko, H. (2000). What Do New Views of Knowledge and Thinking Have to Say About Research on Teacher Learning? *Educational Researcher*, 29(1), S. 4–15. <https://doi.org/10.3102/0013189X029001004>
- Robisch, C., Tröbst, S. & Möller, K. (2014). Hypothesenbezogene Schlussfolgerungen im Grundschulalter fördern. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 7(2), S. 88–101.
- Sanders, M. (2009). TEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), S. 20–26.
- Selcen Guzey, S., Harwell, M., Moreno, M., Peralta, Y. & Moore, T. J. (2017). The Impact of Design-Based STEM Integration Curricula on Student Achievement in Engineering, Science, and Mathematics. *Journal of Science Education and Technology*, 26(2), S. 207–222. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9673-x>
- Slim, T., van Schaik, J. E., Dobber, M., Hotze, A. C. G. & Raijmakers, M. E. J. (2022). Struggling or Succeeding in Science and Technology Education: Elementary School Students' Individual Differences During Inquiry- and Design-Based Learning. *Frontiers in Education*, 7, S. 1–20. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.842537>
- Snetsinger, C., Brewer, C. & Brown, F. (1999). Capture the Wind: Students get a charge from wind energy. *The Science Teacher*, 66(2), S. 38–42. <http://www.jstor.org/stable/24153489>
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2015). *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 7, 1. Aufl.). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG.
- Takeuchi, M. A., Sengupta, P., Shanahan, M.-C., Adams, J. D. & Hachem, M. (2020). Transdisciplinarity in STEM education: a critical review. *Studies in Science Education*, 56(2), S. 213–253. <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1755802>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., Loof, H. de, Meester, J. de, Goovaerts, L., Struyf, A. et al. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Second

- dary Education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), S. 1–12. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- Tran, N. A. & Nathan, M. J. (2010). Pre-College Engineering Studies: An Investigation of the Relationship Between Pre-college Engineering Studies and Student Achievement in Science and Mathematics. *Journal of Engineering Education*, 99(2), S. 143–157. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2010.tb01051.x>
- Wieselmann, J. R., Dare, E. A., Ring-Whalen, E. A. & Roehrig, G. H. (2020). “I just do what the boys tell me”: Exploring small group student interactions in an integrated STEM unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(1), S. 112–144. <https://doi.org/10.1002/tea.21587>
- 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), S. 357–377. <https://doi.org/10.1002/sce.20048>

Rahmenkonzept einer MINT-Bildung –

Stiftung Haus der kleinen Forscher

- Adam, H. (2018). *Kritische Pädagogik. Fragen – Versuch von Antworten*. Band 4. Manuskripte. Rosa-Luxemburg-Stiftung (Hrsg.). Berlin.
- Anders, Y., Hardy, I., Pauen, S. & Steffensky, M. (2013). Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung im Kita-Alter und ihre Messung. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 5, S. 19-82). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Stanat, P., Tillmann, K-J. & Weiß, M. (Hrsg.) (2001). PISA 2000. *Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske + Budrich.
- Bernhard, A., Rothermel, L. & Rühle, M. (2018). *Handbuch Kritische Pädagogik. Eine Einführung in die Erziehungs- und Bildungswissenschaft*. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (2008). *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und –referendare. Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung*. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.
- BMBF (2017). *Profis für die Kita. Ergebnisse und Impulse der Forschung zur Aus-, Fort- und Weiterbildung von pädagogischen Fachkräften*. Berlin.
- Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände (2011). *Frühkindliche Bildung voranbringen*. Berlin.
- Bybee, R., McCrae, B. & Laurie, R. (2009). PISA 2006. An Assessment of Scientific Literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8). S. 865–883.
- Fischer, H.-J. (2009). *Schwimmen und Untergehen – Kindergartenkinder deuten ein Naturphänomen*. In R. Lauterbach, H. Giest & B. Marquardt-Mau (Hrsg.), *Lernen und kindliche Entwicklung – Elementarbildung und Sachunterricht* (S. 173–180). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Grygier, P. (2008). *Wissenschaftsverständnis von Grundschulern im Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

- Gundlach, E. (2003). Nach dem PISA-Schock: Höhere Bildungsausgaben oder umfassende Bildungsreform? In T. Hansel (Hrsg.), *Pisa – und die Folgen? Die Wirkung von Leistungsvergleichsstudien in der Schule* (S. 216–236). Herbolzheim: Centaurus.
- Heckman, J. J. (2000). Policies to foster human capital. *Research in Economics*, 54, S. 3–56.
- Heinzel, F. (2000). *Methoden der Kindheitsforschung. Ein Überblick über Forschungszugänge zur kindlichen Perspektive*. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Hüttner, A. (2020). MINT als Akronym für einen Bildungsansatz. *Zeitschrift der Leibniz-Sozi-
etät der Wissenschaften zu Berlin e. V.* Leibniz Online, Nr. 41.
- Kind, P., Osborne, J. (2017). Styles of scientific reasoning: a cultural rationale for science education? *Science education*, 101(1), S. 8–31.
- Kirschhock, E.-M. (2020). Forschendes Lernen im Studium und lernen, das Forschende Lernen bei Grundschulkindern zu initiieren? In U. Stadler-Altman, S. Schumacher, E. A. Emili & E. Dalla Torre (Hrsg.), *Spielen, Lernen, Arbeiten in Lernwerkstätten. Facetten der Kooperation und Kollaboration in Hochschullernwerkstätten* (S. 223–233). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Klafki, W. (1980). Die bildungstheoretische Didaktik im Rahmen kritisch- konstruktiver Erziehungswissenschaft. *Westermanns pädagogische Beiträge*, 32(1), S. 32–37.
- Klafki, W. (1985). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik*. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Köster, H. & Nicht, J. (2017). Zwischen Kind- und Wissenschaftsorientierung: Qualifikationen für eine naturwissenschaftliche Bildung von Kindern. In H.v. Balluseck (Hrsg.), *Professionalisierung der Frühpädagogik* (S. 185–196). Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich.
- Landesschulamt und Lehrkräfteakademie Hessen (2013). *Kompetenzentwicklung fördern – fachliches Wissen systematisch aufbauen*. Wiesbaden. https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/sachunterricht_ergaenzung_zum_leitfaden.pdf
- Marquardt-Mau, B. (2004). Ansätze zur Scientific Literacy. Neue Wege für den Sachunterricht. In A. Kaiser & D. Pech (Hrsg.), *Neuere Konzeptionen und Zielsetzungen im Sachunterricht*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biogiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 177–186). Berlin, Heidelberg: Springer.
- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Cross-cutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, D.C.: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>.
- McComas, W. (2017). Understanding how science works: the nature of science as the foundation for science teaching and learning. *The School science review (SSR)*, 98(356), S. 71–76.
- McComas, W., Almazroa, H. & Clough, M. P. (1998). The Nature of Science in Science Education: An Introduction. *Science & Education volume 7*, S. 511–532.
- O'Donnel, C. (2018). Science Education, Identity, and Civic Engagement: Empowering Youth through the UN Sustainable Development Goals. In A. Rold (Ed.), *G7: The Executive Talk Series Global Briefing Report* (S. 108–116). Carlevoix, Canada: Diplomatic Courier.
- OECD (2019). *PISA 2018 assessment and analytical framework*. Paris: OECD Publishing.
- Pahnke, J., O'Donnell, C. & Bascopé, M. (2019). *Using Science to Do Social Good: STEM Education for Sustainable Development*. Position paper developed in preparation for the

- second “International Dialogue on STEM Education” (IDoS) in Berlin, December 5–6, 2019. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Pauen, S. & Pahnke, J. (2009). Entwicklung des naturwissenschaftlichen Denkens. In: S. Pauen & V. Herber (Hrsg.), *Offensive Bildung – Vom Kleinsein zum Einstein*. Berlin: Cornelsen.
- Pfenning, U. (2014). Das MINT-Konzept zwischen Vision und Realität – Eine Replik auf 20 Jahre MINT-Aktivitäten. In W. v. Bienhaus & C. Wiesmüller (Hrsg.), *Technische Bildung und MINT – Chance oder Risiko*, Einführungsvortrag zur 16. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Technische Bildung vom 26.-27. September in Oldenburg, S. 23–40.
- PISA 2000. *Programme For International Student Assessment: Schülerleistungen im internationalen Vergleich*. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung. Berlin 2001.
- Priemer, B., Eilerts, K. Filler, A., Pinkwart, N., Rösken-Winter, B., Tiemann R., Upmeyer & Zu Belzen, A. (2019). *A framework to foster problemsolving in STEM and computing education, Research in Science & Technological Education, 38(1), S. 105–130*. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1600490>
- Ramseger, J. (2013). Prozessbezogene Qualitätskriterien für den naturwissenschaftlichen Unterricht – Zehn Kriterien für wirksames didaktisches Handeln im Elementar- und Primarbereich. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 5, S. 147–171). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Rauterberg, M. (2013). Naturbildung in der Frühpädagogik: Umgangsweisen mit Natur(en). In M. Rauterberg & S. Schuman (Hrsg.) www.wiederstreit-sachunterricht.de. Beiheft 9, S. 33–46
- Robert Bosch Stiftung (2011). *Qualität und Effekte frühkindlicher Bildung und Betreuung: ein internationaler Vergleich*. Band zur Fachtagung der Robert Bosch Stiftung und des Lehrstuhls für Elementar- und Familienpädagogik der Otto-Friedrich-Universität Bamberg am 17./18. November 2011 in Berlin.
- Rohen-Bullerdiel, C. (2012). *Naturwissenschaftliche Grundbildung im Elementarbereich. Handreichung zur Berufseinstiegsphase (PIK II)*. Bremen: Robert Bosch Stiftung.
- Roth, G. (2011). *Bildung braucht Persönlichkeit: Wie Lernen gelingt*. Stuttgart: Klett Cotta.
- Schroeder, R. (2019). Lebensweltorientierung im inklusiven Sachunterricht – Widersprüche in Theorie und Praxis. *GDSU-Journal*, Juni 2019, Heft 9, S. 118–138.
- Schulte, C., Magenheimer, J., Müller, K. & Budde, L. (2017). The design and exploration cycle as research and development framework in computing education. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. S. 867–876.
- Seifert, J. (2013). *Der Streit um die Wahrheit: Wahrheit und Wahrheitstheorien*. Berlin, Boston: De Gruyter.
- Steffensky, M. (2017). *Naturwissenschaftliche Bildung in Kindertageseinrichtungen. Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte*. WIFF Expertisen (Band 48). München. Stiftung Haus der kleinen Forscher (2021). *Digitale Bildung – Chance für gute frühe MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2019a). *MINT-Bildung und Bildung für nachhaltige Entwicklung*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de

- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2019b). *Pädagogischer Ansatz der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*. (6. Aufl.). Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2019c). *Zieldimensionen für Multiplikatorinnen und Multiplikatoren früher MINT-Bildung. Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 11). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2019d). *Frühe Bildung für nachhaltige Entwicklung – Ziele und Gelingensbedingungen. Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 12). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2019e). *MINT ist überall*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2018a). *Frühe informatische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich. Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 9). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2018b). *Technikkreis*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: <https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/praxisanregungen>
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2018c). *Der Informatikkreis*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: <https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/praxisanregungen>
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2017). *Frühe mathematische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich. Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 8). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2016a). *10 Jahre Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter <https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/ueberuns/die-stiftung/10-jahre-haus-der-kleinen-forscher>
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2016b). *Vision und Mission der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/fileadmin/Redaktion/4_Ueber_Uns/Stiftung/170731_VisionMission_final_web.pdf
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2016c). *Der Mathematikkreis*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: <https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/praxisanregungen>
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2015). *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 7). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2013a). *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 5). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de

- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2013b). *Der Forschungskreis*. Überarbeitete Version 2021. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: <https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/praxisanregungen>
- Tetens, H. (2013). *Wissenschaftstheorie. Eine Einführung*. München: C.H. Beck.
- Vorholzer, A. & Aufschnaiter, C. v. (2020). Dimensionen und Ausprägungen fachinhaltlicher Kompetenz in den Naturwissenschaften – ein Systematisierungsversuch. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 26, S. 1–18.
- Waldfogel, J. (2015). The role of preschool in reducing inequality. Preschool improves child outcomes especially for disadvantaged children, *IZA World of Labor*, Nr. 219.
- Weinert, S., Doil, H. & Frevert, S. (2008). Kompetenzmessungen im Vorschulalter: eine Analyse vorliegender Verfahren. In H.-G. Roßbach & S. Weinert (Hrsg.), *Kindliche Kompetenz im Elementarbereich: Förderbarkeit, Bedeutung, Messung* (S. 89–209). Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Ziegler, C., Richter, D. & Hartung-Beck, V. (2019). Entwicklung des Anteils fachfremden Unterrichts an Berliner Schulen. Eine Untersuchung zur Identifizierung verschiedener Verlaufsmuster. In D. Fickermann & H. Weishaupt (Hrsg.), *Bildungsforschung mit Daten der amtlichen Statistik*. (S. 121–139). 1. Aufl.. Münster, New York: Waxmann.

Gelingsbedingungen von MINT-Fortbildungen für Primarstufenlehrkräfte –

Julia Barenthien, Simone Dunekacke

- Anders, Y., Hardy, I., Sodian, B. & Steffensky, M. (2013). Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung im Grundschulalter und ihre Messung. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 5, S. 83–146). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG. Verfügbar unter: [haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung](https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung)
- Appleton, K. (2008a). Developing science pedagogical content knowledge through mentoring elementary teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 19(6), S. 523–545.
- Appleton, K. (2008b). Elementary science teaching. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (S.493–535). New York, NY: Routledge.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84(2), S. 191–215.
- Barzel, B. & Selter, C. (2015). Die DZLM-Gestaltungsprinzipien für Fortbildungen. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 36(2), S. 259–284. <https://doi.org/10.1007/s13138-015-0076-y>
- Baumert, J. & Kunter, M. (2013). The COACTIV model of teachers' professional competence. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Cognitive activation in the mathematics classroom and professional competence of teachers* (S. 25–48). Boston, MA: Springer.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M. & Tsai, Y.-M. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), S. 133–180. <https://doi.org/10.3102/0002831209345157>

- Baumgardt, I. & Kaiser, A. (2015). Lehrer- und Lehrerinnenbildung. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, S. Miller & S. Wittkowske (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (2. Aufl., S. 73–82). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Begrich, L., Fauth, B., Kunter, M. & Klieme, E. (2017). Wie informativ ist der erste Eindruck? Das Thin-Slices-Verfahren zur videobasierten Erfassung des Unterrichts. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 20, S. 23–47. <https://doi.org/10.1007/s11618-017-0730x>
- Benz, C., Grüßing, M., Lorenz, J. H., Selter, C. & Wollring, B. (2017). Zieldimensionen mathematischer Bildung im Elementar- und Primarbereich. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Frühe mathematische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 8, S. 32–177). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Berger, N., Köster, H., Magenheim, J., Müller, K., Romeike, R., Schröder, U. & Schulte, C. (2018). Zieldimensionen informatischer Bildung im Elementar- und Primarbereich. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Frühe informatische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 9, S. 38–267). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Binner, E. & Grassmann, M. (2018). Fachliche Qualifizierung von Lehrpersonentandems mit Unterstützung von Unterrichtsentwicklung konzeptionell verbinden. In R. Biehler, T. Lange, T. Leuders, B. Rösken-Winter, P. Scherer & C. Selter (Hrsg.), *Mathematikfortbildungen professionalisieren* (S. 59–78). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Binner, E. & Rösken-Winter, B. (2020). Fremd im Fach – Lernen von Lehrkräften in qualifikationsheterogenen Lerngruppen. In R. Porsch & B. Rösken-Winter (Hrsg.), *Professionelles Handeln im fachfremd erteilten Mathematikunterricht: Empirische Befunde und Fortbildungskonzepte* (Nr. 36, S. 195–215). Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27293-7_8
- Bitto, L. & Butler, S. (2010). Math teacher self-efficacy and its relationship to teacher effectiveness. *Journal of Cross-Disciplinary Perspectives in Education*, 3(1), S. 40–45.
- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies: Competence viewed as a continuum. *Zeitschrift Für Psychologie*, 223(1), S. 3–13. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194>
- Blömeke, S., Hoth, J., Döhrmann, M., Busse, A., Kaiser, G. & König, J. (2015). Teacher Change During Induction: Development of Beginning Primary Teachers' Knowledge, Beliefs and Performance. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(2), S. 287–308. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9619-4>
- Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (2010). TEDS-M 2008 Primarstufe: Ziele, Untersuchungsanlage und zentrale Ergebnisse. In S. Blömeke, G. Kaiser & R. Lehmann (Hrsg.), *TEDS-M 2008: Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Primarstufenlehrkräfte im internationalen Vergleich* (S. 11–38). Münster: Waxmann.
- Bonsen, M. & Rolff, H.-G. (2006). Professionelle Lerngemeinschaften von Lehrerinnen und Lehrern. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52(2), S. 167–184.
- Borman, K., Boydston, T., Lee, R., Lanehart, R. & Cotner, B. (2009, March). *Improving elementary science instruction and student achievement: The impact of a professional de-*

- velopment program*. Paper presented at the annual meeting of the Society for Research on Educational Effectiveness.
- Boyle, B. & Lamprianou, J. (2006). What is the point of professional development? The first three years of a longitudinal research survey. *Journal of in-Service Education*, 32(1), S. 129–131. <https://doi.org/10.1080/13674580500480099>
- Chan, K. K. H. & Hume, A. (2019). Towards a consensus model: Literature review of how science teachers' pedagogical content knowledge is investigated in empirical studies. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Hrsg.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (S. 3–76). Singapore: Springer.
- Clausen, M., Reusser, K. & Klieme, E. (2003). Unterrichtsqualität auf der Basis hochinformativer Unterrichtsbeurteilungen. Ein Vergleich zwischen Deutschland und der deutschsprachigen Schweiz. *Unterrichtswissenschaft*, 31(2), S. 122–141.
- Clements, D. H. & Sarama, J. (2021). STEM or STEAM or STREAM? Integrated or Interdisciplinary? In C. Cohn & S. Gravis (Hrsg.), *Embedding STEAM in Early Childhood Education and Care* (Vol. 6, S. 261–275). Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65624-9_13
- Copley, J. V. (2004). The early childhood collaborative: A professional development model to communicate and implement the standards. In D. H. Clements & J. Sarama (Hrsg.), *Engaging Young Children in Mathematics: Standards for Early Childhood Mathematics Education* (S. 401–414). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Dalehefte, I. M. & Rieck, K. (2014). How do German primary school teachers prepare students for science standards? Findings from a video study of the Professional Development Program SINUS for Primary Schools. *Form@re*, 14(2), S. 7–20. <https://doi.org/10.13128/formare-15123>
- Dede, C., Ketelhut, D. J., Whitehouse, P. & McCloskey, E. (2009). A research agenda for online teacher professional development. *Journal of Teacher Education*, 60(1), S. 8–19.
- Depaepe, F., Verschaffel, L. & Star, J. (2020). Expertise in developing students' expertise in mathematics: Bridging teachers' professional knowledge and instructional quality. *ZDM*, 52(2), S. 179–192. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01148-8>
- Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational Researcher*, 38(3), S. 181–199.
- Dindyal, J., Schack, E. O., Choy, B. H. & Sherin, M. G. (2021). Exploring the terrains of mathematics teacher noticing. *ZDM*, 53(1), S. 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01249-y>
- Döhrmann, M., Hacke, S. & Buchholtz, C. (2010). Nationale und internationale Typen an Ausbildungsgängen zur Primarstufenlehrkraft. In S. Blömeke, G. Kaiser & R. Lehmann (Hrsg.), *TEDS-M 2008: Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Primarstufenlehrkräfte im internationalen Vergleich* (S. 55–71). Münster: Waxmann.
- DZLM (2014). *Theoretischer Rahmen des Deutschen Zentrums für Lehrerbildung Mathematik*. Verfügbar unter: https://dzlm.de/files/uploads/DZLM-0.0-Theoretischer-Rahmen-20150218_FINAL-20150324.pdf
- Eberle, F. (1996). *Didaktik der Informatik bzw. einer informations- und kommunikationstechnologischen Bildung auf der Sekundarstufe II: [Ziele und Inhalte, Bezug zu anderen Fächern sowie unterrichtspraktische Handlungsempfehlungen]* (Pädagogik bei Sauer-

- länder; Schwerpunkt: Fachdidaktik, Berufsbildung und gymnasiale Bildung) (1. Aufl.). Aarau: Verlag für Berufsbildung bei Sauerländer.
- Ertikanto, C. (2017). Development and Evaluation of a Model-Supported Scientific Inquiry Training Program for Elementary Teachers in Indonesia. *International Journal of Instruction*, 10(3), S. 93–108.
- Falloon, G., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A. & Stevenson, M. (2020). Understanding K-12 STEM Education: a Framework for Developing STEM Literacy. *Journal of Science Education and Technology*, 29(3), S. 369–385. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09823-x>
- Fennema, E. & Sherman, J. A. (1976). Fennema-Sherman Mathematics Attitude Scale: Instruments designed to measure attitudes toward the learning of mathematics by females and males. *Journal for Research in Mathematics Education*, 7(5), S. 324–326.
- Fishman, B., Konstantopoulos, S., Kubitskey, B. W., Vath, R., Park, G., Johnson, H. & Edelson, D. C. (2013). Comparing the impact of online and face-to-face professional development in the context of curriculum implementation. *Journal of Teacher Education*, 64(5), S. 426–438.
- Fleharty, H. & Edwards, C. P. (2013). Family school partnerships: Promoting family participation in K-3 teacher professional development. *Mathematics Teacher Educator*, 2(1), S. 55–74.
- Gasteiger, H. (2017). Frühe mathematische Bildung – sachgerecht, kindgemäß, anschlussfähig. In S. Schuler, C. Streit & G. Wittmann (Hrsg.), *Perspektiven mathematischer Bildung im Übergang vom Kindergarten zur Grundschule* (S. 9–26). Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-12950-7_2
- GDSU (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht* (vollst. überarb. und erw. Aufl.). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Gegenfurtner, A. & Ebner, C. (2019). Webinars in higher education and professional training: A meta-analysis and systematic review of randomized controlled trials. *Educational Research Review*, 28, 100293. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.100293>
- Gersten, R., Taylor, M. J., Keys, T. D., Rolhus, E. & Newman-Gonchar, R. (2014). *Summary of research on the effectiveness of math professional development approaches*. Verfügbar unter: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED544681.pdf>
- GI (2019). Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich. *LOG in*, 39(191/192), S. 22–26.
- Ginsburg, H. P. & Baroody, A. J. (2003). *TEMA-3: Test of early mathematics ability* (3rd ed.). Austin, TX: Pro-Ed.
- Goldschmidt, P. & Phelps, G. (2010). Does teacher professional development affect content and pedagogical knowledge: How much and for how long? *Economics of Education Review*, 29(3), S. 432–439.
- Graham, C. R. (2013). Emerging practice and research in blended learning. In M. G. Moore (Hrsg.), *Handbook of distance education* (3. Aufl., S. 333–350). New York, NY: Routledge.
- Graube, G., Jeretin-Kopf, M., Kosack, W., Mammes, I., Renn, O. & Wiesmüller, C. (2015). In Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*. Band 7 (1. Aufl.). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG.

- Grigg, J., Kelly, K. A., Gamoran, A. & Borman, G. D. (2013). Effects of two scientific inquiry professional development interventions on teaching practice. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 35(1), S. 38–56.
- Guskey, T. R. (2003a). Analyzing Lists of the Characteristics of Effective Professional Development to Promote Visionary Leadership. *NASSP Bulletin*, 87(637), S. 4–20. <https://doi.org/10.1177/019263650308763702>
- Guskey, T. R. (2003b). What Makes Professional Development Effective? *Phi Delta Kappan*, 84(10), S. 748–750. <https://doi.org/10.1177/003172170308401007>
- Hattie, J. (2009). *Visible learning. A synthesis of over 800 metaanalyses relating to achievement*. London, New York: Routledge.
- Hattie, J. (2011). *Visible Learning for Teachers: Maximizing Impact on Learning*. London: Routledge.
- Heller, J. I., Daehler, K. R., Wong, N., Shinohara, M. & Miratrix, L. W. (2012). Differential effects of three professional development models on teacher knowledge and student achievement in elementary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(3), S. 333–362.
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze: Klett-Kallmeyer.
- Herbert, S. & Bragg, L. A. (2017). Peer observation as professional learning about mathematical reasoning. In A. Downton, S. Livy & J. Hall (Hrsg.), *40 years on: We are still learning! Proceedings of the 40th Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (S. 301–308). Melbourne: MERGA.
- Hill, H. C., Beisiegel, M. & Jacob, R. (2013). Professional development research: Consensus, crossroads, and challenges. *Educational Researcher*, 42(9), S. 476–487. <https://doi.org/10.3102/0013189X13512674>
- Hill, H. C., Rowan, B. & Ball, D. L. (2005). Effects of Teachers' Mathematical Knowledge for Teaching on Student Achievement. *American Educational Research Journal*, 42(2), S. 371–406. <https://doi.org/10.3102/00028312042002371>
- Hopkins, M., Spillane, J. P., Jakopovic, P. & Heaton, R. M. (2013). Infrastructure Redesign and Instructional Reform in Mathematics. *The Elementary School Journal*, 114(2), S. 200–224. <https://doi.org/10.1086/671935>
- Höveler, K., Laferi, M. & Selter, C. (2018). Kompetenzorientierter Mathematikunterricht in der Grundschule – ein Qualifizierungskurs für Multiplikatorinnen und Multiplikatoren. In R. Biehler, T. Lange, T. Leuders, B. Rösken-Winter, P. Scherer & C. Selter (Hrsg.), *Mathematikfortbildungen professionalisieren* (Nr. 36, S. 165–187). Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-19028-6_9
- Huethorst, L. & Selter, C. (2020). Mathematik selbst entdecken – ein Fortbildungskurs zur Förderung prozessbezogener Kompetenzen. In R. Porsch & B. Rösken-Winter (Hrsg.), *Professionelles Handeln im fachfremd erteilten Mathematikunterricht: Empirische Befunde und Fortbildungskonzepte* (S. 169–194). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Jacobs, J. E., Lanza, S., Osgood, D. W., Eccles, J. S. & Wigfield, A. (2002). Changes in Children's Self-Competence and Values: Gender and Domain Differences across Grades One through Twelve. *Child Development*, 73(2), S. 509–527.
- Jansen, M., Schroeders, U. & Lüdtke, O. (2014). Academic self-concept in science: Multidimensionality, relations to achievement measures, and gender differences. *Learning and Individual Differences*, 30, S. 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2013.12.003>

- Jentsch, A., Schlesinger, L., Heinrichs, H., Kaiser, G., König, J. & Blömeke, S. (2021). Erfassung der fachspezifischen Qualität von Mathematikunterricht: Faktorenstruktur und Zusammenhänge zur professionellen Kompetenz von Mathematiklehrpersonen. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 42(1), S. 97–121. <https://doi.org/10.1007/s13138-020-00168-x>
- Kähler, J., Hahn, I. & Köller, O. (2021). Naturwissenschaftliche Kompetenz in der Grundschule: Effekte von Familienmerkmalen und Klassenkomposition. *Zeitschrift für pädagogische Psychologie*, OA, S. 1–15. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000308>
- Kirkpatrick, D. L. (1979). Techniques for evaluating training programs. *Training and Development Journal*, 22(6), S. 78–92.
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), S. 75–86.
- Kleickmann, T., Richter, D., Kunter, M., Elsner, J., Besser, M., Krauss, S. & Baumert, J. (2013). Teachers' content knowledge and pedagogical content knowledge: The role of structural differences in teacher education. *Journal of Teacher Education*, 64(1), S. 90–106. <https://doi.org/10.1177/0022487112460398>
- Kleickmann, T., Steffensky, M. & Praetorius, A. K. (2020). Quality of teaching in science education: more than three basic dimensions?. *Zeitschrift für Pädagogik. Beiheft*, 66(1), S. 37–53.
- Kleickmann, T., Tröbst, S., Jonen, A., Vehmeyer, J. & Möller, K. (2016). The Effects of Expert Scaffolding in Elementary Science Professional Development on Teachers' Beliefs and Motivations, Instructional Practices, and Student Achievement. *Journal of Educational Psychology*, 108(1), S. 21–42. <https://doi.org/10.1037/edu0000041>
- Klieme, E. & Hartig, J. (2008). Kompetenzkonzepte in den Sozialwissenschaften und im erziehungswissenschaftlichen Diskurs. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft. Sonderheft 8: Kompetenzdiagnostik*, S. 11–29. https://doi.org/10.1007/978-3-531-90865-6_2
- KMK (2004 i.d.F. vom 2019). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf
- KMK (2012). *Ländergemeinsame Anforderungen für die Ausgestaltung des Vorbereitungsdienstes und die abschließende Staatsprüfung*. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2012/2012_12_06-Vorbereitungsdienst.pdf
- KMK (2015). *Empfehlungen zur Arbeit in der Grundschule (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 02.07.1970 i. d. F. vom 11.06.2015)*.
- Knievel, I., Lindmeier, A. M. & Heinze, A. (2015). Beyond Knowledge: Measuring Primary Teachers' Subject-Specific Competences in and for Teaching Mathematics with Items Based on Video Vignettes. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(2), S. 309–329. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9608-z>
- Krauss, S., Bruckmaier, G., Lindl, A., Hilbert, S., Steib, N. & Blum, W. (2020). Competence as a continuum in the COACTIV study: the „cascade model“. *ZDM* (52), S. 311–327.
- Kunter, M., Frenzel, A., Nagy, G., Baumert, J. & Pekrun, R. (2011). Teacher enthusiasm: Dimensionality and context specificity. *Contemporary Educational Psychology*, 36(4), S. 289–301.

- Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T. & Hachfeld, A. (2013). Professional competence of teachers: effects on instructional quality and student development. *Journal of Educational Psychology, 105*, S. 805–820.
- Kunz, H. & Uhl, S. (2021). Allgemeine Ziele, Aufbau und Struktur des Vorbereitungsdienstes in den Bundesländern. In J. Peitz & M. Harring (Hrsg.), *Das Referendariat: Ein systematischer Blick auf den schulpraktischen Vorbereitungsdienst* (S. 15–27). Münster: Waxmann.
- Kutaka, T. S., Smith, W. M., Albano, A. D., Edwards, C. P., Ren, L., Beattie, H. L., Lewis, W. J., Heaton, R. M. & Stroup, W. W. (2017). Connecting Teacher Professional Development and Student Mathematics Achievement: A 4-Year Study of an Elementary Mathematics Specialist Program. *Journal of Teacher Education, 68*(2), S. 140–154. <https://doi.org/10.1177/0022487116687551>
- Lange, K., Ohle, A., Kleickmann, T., Kauertz, A., Möller, K. & Fischer, H. (2015). Zur Bedeutung von Fachwissen und fachdidaktischem Wissen für Lernfortschritte von Grundschülerinnen und Grundschulern im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. *Zeitschrift für Grundschulforschung, 8*(1), S. 23–38.
- LaPointe-McEwan, D., DeLuca, C. & Klinger, D. A. (2017). Supporting evidence use in networked professional learning: the role of the middle leader. *Educational Research, 59*(2), S. 136–153. <https://doi.org/10.1080/00131881.2017.1304346>
- Laueremann, F., Chow, A. & Eccles, J. S. (2015). Differential Effects of Adolescents' Expectancy and Value Beliefs about Math and English on Math/Science-Related and Human-Services-Related Career Plans. *International Journal of Gender, Science and Technology, 7*(2), S. 205–228.
- Lee, H. S., Mojica, G. F. & Lovett, J. N. (2020). Examining How Online Professional Development Impacts Teachers' Beliefs About Teaching Statistics. *Online Learning, 24*(1), S. 5–27. <https://doi.org/10.24059/olj.v24i1.1992>
- Linder, S. M. (2011). The Facilitator's Role in Elementary Mathematics Professional Development. *Mathematics Teacher Education and Development, 13*(2), S. 44–66.
- Lindvall, J. (2016). Large-scale professional development and its impact on mathematics instruction: differences between primary and secondary grades. *ICT in mathematics education: The future and the realities. Proceedings of MADIF10. The tenth research seminar of the Swedish Society for Research in Mathematics Education*, S. 57–66. SMDF/NCM Gothenburg, Sweden.
- Lindvall, J. (2017). Two Large-Scale Professional Development Programs for Mathematics Teachers and Their Impact on Student Achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education, 15*(7), S. 1281–1301. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9750-x>
- Lindvall, J. & Ryve, A. (2019). Coherence and the positioning of teachers in professional development programs. A systematic review. *Educational Research Review, 27*(2), S. 140–154. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.03.005>
- Lipowsky, F. (2002). Zur Qualität offener Lernsituationen im Spiegel empirischer Forschung – Auf die Mikroebene kommt es an. In U. Drews & W. Wallrabenstein (Hrsg.), *Freiarbeit in der Grundschule. Offener Unterricht in Theorie, Forschung und Praxis* (S. 126–159). Frankfurt am Main: Grundschulverband.
- Lipowsky, F. (2007). Was wissen wir über guten Unterricht. *Friedrich Jahresheft, 25*, S. 26–30.

- Lipowsky, F. (2019). Wie kommen Befunde der Wissenschaft in die Klassenzimmer? – Impulse der Fortbildungsforschung. In C. Donie, F. Foerster, M. Obermayr, A. Deckwerth, G. Kammermeyer, G. Lenske, M. Leuchter & A. Wildemann (Hrsg.), *Grundschulpädagogik zwischen Wissenschaft und Transfer* (S. 144–161). Wiesbaden: Springer VS.
- Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2019). Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Fortbildungen für Lehrkräfte. In P. Platzbecker & B. Priebe (Hrsg.), *Zur Wirksamkeit und Nachhaltigkeit von Lehrerfortbildung. Qualitätssicherung und Qualitätsentwicklung Katholischer Lehrerfort- und -weiterbildung* (S. 34–74). Dokumentation der Fachtagung vom 26.–27. September 2018 in Wermelskirchen. https://www.iflfortbildung.de/fileadmin/user_upload/20190329_ifl_Fachtagung_Fortbildungsqualitaet_V5.pdf [gesehen am 25.11.2020]
- Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2021). *Fortbildungen für Lehrpersonen wirksam gestalten. Ein praxisorientierter und forschungsgestützter Leitfaden*. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
- Lipowsky, F., Rzejak, D. & Dorst, G. (2011). Lehrerfortbildung und Unterrichtsentwicklung. Oder: Wie können Wirkungen des eigenen Handelns erfahrbar gemacht werden. *PÄDAGOGIK*, 63(12), S. 38–41.
- Lui, A. M. & Bonner, S. M. (2016). Preservice and inservice teachers' knowledge, beliefs, and instructional planning in primary school mathematics. *Teaching and Teacher Education*, 56, S. 1–13.
- Lumpe, A., Czerniak, C., Haney, J. & Beltyukova, S. (2012). Beliefs about teaching science: The relationship between elementary teachers' participation in professional development and student achievement. *International Journal of Science Education*, 34(2), S. 153–166.
- Mant, J., Wilson, H. & Coates, D. (2007). The effect of increasing conceptual challenge in primary science lessons on pupils' achievement and engagement. *International Journal of Science Education*, 29(14), S. 1707–1719.
- Mantzicopoulos, P., Patrick, H. & Samarapungavan, A. (2008). Young children's motivational beliefs about learning science. *Early Childhood Research Quarterly*, 23(3), S. 378–394.
- McGee, J. R., Wang, C. & Polly, D. (2013). Guiding Teachers in the Use of a Standards-Based Mathematics Curriculum: Teacher Perceptions and Subsequent Instructional Practices After an Intensive Professional Development Program. *School Science and Mathematics*, 113(1), S. 16–28. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2012.00172.x>
- Meschede, N., Fiebranz, A., Möller, K. & Steffensky, M. (2017). Teachers' professional vision, pedagogical content knowledge and beliefs: On its relation and differences between pre-service and in-service teachers. *Teaching and Teacher Education*, 66, S. 158–170.
- Mishal, A. & Patkin, D. (2016). Contribution of mathematics in-service training course to the professional development of elementary school teachers in Israel. *Teacher Development*, 20(2), S. 253–274. <https://doi.org/10.1080/13664530.2016.1138997>
- Missomelius, P. (2016). Die Dagstuhl-Erklärung: Erklärung zur Relevanz von Medienbildung. *Medienimpulse*, 54(1).
- Morgan, P. L., Farkas, G., Hillemeier, M. M. & Maczuga, S. (2016). Science achievement gaps begin very early, persist, and are largely explained by modifiable factors. *Educational Researcher*, 45(1), S. 18–35.

- Muntoni, F., Dunekacke, S., Heinze, A. & Retelsdorf, J. (2019). Geschlechtsspezifische Erwartungseffekte in Mathematik. *Zeitschrift Für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 51(2), S. 84–96. <https://doi.org/10.1026/0049-8637/a000212>
- OECD (2003). *Definition and Selection of Competencies: Theoretical and Conceptual Foundations (DeSeCo). Summary of the final report 'key competencies for a successful life and a well-functioning society'*. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2020). *OECD future of education and skills 2030. OECD learning compass 2030. A series and concept notes*. Paris: OECD Publishing.
- Oppermann, E., Brunner, M., Eccles, J. S. & Anders, Y. (2018). Uncovering young children's motivational beliefs about learning science. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(3), S. 399–421.
- Oser, F. & Baeriswyl, F. (2001). Choreographies of teaching: bridging instruction to learning. In V. Richardson (Hrsg.), *Handbook of research on teaching* (4. Aufl. S. 1031–1065). Washington, D.C.: American Educational Research Association.
- Ostermeier, C., Prenzel, M. & Duit, R. (2010). Improving science and mathematics instruction: The SINUS project as an example for reform as teacher professional development. *International Journal of Science Education*, 32(3), S. 303–327.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C. & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, S. 47–61.
- Peitz, J. & Harring, M. (2021). Das Referendariat: Eine Einführung in den systematischen Blick auf den schulpraktischen Vorbereitungsdienst. In J. Peitz & M. Harring (Hrsg.), *Das Referendariat: Ein systematischer Blick auf den schulpraktischen Vorbereitungsdienst* (S. 9–14). Münster: Waxmann.
- Pekrun, R. (2006). The Control-Value Theory of Achievement Emotions: Assumptions, Corollaries, and Implications for Educational Research and Practice. *Educational Psychology Review*, 18(4), S. 315–341. <https://doi.org/10.1007/s10648-006-9029-9>
- Perera, H. N. & John, J. E. (2020). Teachers' self-efficacy beliefs for teaching math: Relations with teacher and student outcomes. *Contemporary Educational Psychology*, 61(2), 101842. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101842>
- Pianta, R.C. & Hamre, B.K. (2009). Conceptualization, measurement, and improvement of classroom processes: standardized observation can leverage capacity. *Educational Researcher*, 38(2), S. 109–119.
- Popov, O. (2014). Raising the professional competence of mathematics teachers in Sweden: The challenges of practice viewed from a material developer's perspective. In K. Maaß, G. Törner, D. Wernisch, E. Schäfer & K. Reitz-Koncebovski (Hrsg.), *Educating the educators: International approaches to scaling-up professional development in mathematics and science education: Proceedings of the Conference hosted jointly by the project mas-cil and the German Centre for Mathematics Education* (Vol. 2, S. 234–239). Münster: WTM – Verlag für wissenschaftliche Texte und Medien.
- Porsch, R. (2020). Fachfremdes Unterrichten in Deutschland: Welche Rolle spielt die Lehrerbildung? In R. Porsch & B. Rösken-Winter (Hrsg.), *Professionelles Handeln im fachfremd erteilten Mathematikunterricht: Empirische Befunde und Fortbildungskonzepte* (Nr. 47, S. 29–47). Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27293-7_2

- Praetorius, A. K., Klieme, E., Herbert, B. & Pinger, P. (2018). Generic dimensions of teaching quality: The German framework of three basic dimensions. *ZDM*, 50(3), S. 407–426.
- Prast, E. J., van de Weijer-Bergsma, E., Koresbergen, E. H. & van Luit, J. E. H. (2015). Differentiation in primary school mathematics: Expert recommendations and teacher self-assessment. *Frontline Learning Research*, 3, S. 90–116. <https://doi.org/10.14786/flr.v3i2.163>
- Prast, E. J., van de Weijer-Bergsma, E., Koresbergen, E. H. & van Luit, J. E. H. (2018). Differentiated instruction in primary mathematics: Effects of teacher professional development on student achievement. *Learning and Instruction*, 54(8), S. 22–34. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.01.009>
- Prediger, S. & Kortenkamp, U. (2018). *Mat³ – Offene Materialien für Mathematik-Lehrkräfte & Multiplikator_innen: Zwei-Ebenen-Qualifizierung für Entwicklung und Nutzung*. Verfügbar unter: <https://www.mathematik.uni-dortmund.de/~prediger/veroeff/18-Synergie-Mat3-OER-Webversion.pdf>
- Ren, L. & Smith, W. M. (2013). Using the Mathematics Belief Scales short form with K-3 teachers: Validating the factor structure. In M. Martinez & A. Castro Superfine (Hrsg.), *Proceedings of the 35th annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (S. 857–860). Chicago, IL: University of Illinois at Chicago.
- Robinson, V. M. & Timperley, H. S. (2007). The leadership of the improvement teaching and learning: Lessons from initiatives with positive outcomes for students. *Australian Journal of Education*, 51(3), S. 247–262.
- Roche, A. & Gervasoni, A. (2017). Perceived changes in teachers' knowledge and practice: The impact on classroom teachers from leader participation in whole-school reform of mathematics teaching and learning. In A. Downton, S. Livy & J. Hall (Hrsg.), *40 years on: We are still learning! Proceedings of the 40th Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (S. 442–449). Melbourne: MERGA.
- Rogers, M. P., Abell, S., Lannin, J., Wang, C.-Y., Musikul, K., Barker, D. & Dingman, S. (2007). Effective Professional Development in Science and Mathematics Education: Teachers' and Facilitators' Views. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(3), S. 507–532. <https://doi.org/10.1007/s10763-006-9053-8>
- Rohaani, E. J., Taconis, R. & Jochems, W. M. (2012). Analysing teacher knowledge for technology education in primary schools. *International Journal of Technology and Design Education*, 22(3), S. 271–280.
- Rösken-Winter, B., Schüler, S., Stahnke, R. & Blömeke, S. (2015). Effective CPD on a large scale: examining the development of multipliers. *ZDM*, 47(1), S. 13–25. <https://doi.org/10.1007/s11858-014-0644-5>
- Roth, K. J., Garnier, H. E., Chen, C., Lemmens, M., Schwille, K. & Wickler, N. I. (2011). Video-based lesson analysis: Effective science PD for teacher and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(2), S. 117–148.
- Roth, K. J., Wilson, C. D., Taylor, J. A., Stuhlsatz, M. A. & Hvidsten, C. (2019). Comparing the effects of analysis-of-practice and content-based professional development on teacher and student outcomes in science. *American Educational Research Journal*, 56(4), S. 1217–1253.
- Scherer, P. & Hoffmann, M. (2018). Umgang mit Heterogenität im Mathematikunterricht der Grundschule – Erfahrungen und Ergebnisse einer Fortbildungsmaßnahme für Multipli-

- katorinnen und Multiplikatoren. In R. Biehler, T. Lange, T. Leuders, B. Rösken-Winter, P. Scherer & C. Selter (Hrsg.), *Mathematikfortbildungen professionalisieren* (Nr. 36, S. 265–279). Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-19028-6_14
- Schmidt-Hertha, B. (2020). Lebenslanges Lernen im Beruf als Gegenstand der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. In C. Cramer, J. König, M. Rothland & S. Blömeke (Hrsg.), *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (S. 53–58). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Schönknecht, G. & Maier, P. (2012). *Diagnose und Förderung im Sachunterricht. Handreichungen des Programms SINUS an Grundschulen*. Kiel: IPN.
- Schüler, S., Rösken-Winter, B., Weißenrieder, J. & Blömeke, S. (2014). Wirkungsanalyse zu den Gestaltungsprinzipien von Multiplikatoren-Fortbildungen des DZLM. In J. Roth & J. Ames (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2014*, 2, S. 1103–1106. Münster: WTM-Verlag.
- Scott, A., Clarkson, P. & McDonough, A. (2012). Professional learning and action research: Early career teachers reflect on their practice. *Mathematics Education Research Journal*, 24(2), S. 129–151. <https://doi.org/10.1007/s13394-012-0035-6>
- Seidel, T., Schwindt, K., Kobarg, M. & Prenzel, M. (2008). Grundbedingungen eines lernwirksamen Unterrichts erkennen – Eine Untersuchung zur Erfassung pädagogisch-psychologischer Kompetenzen bei Lehrerinnen und Lehrern. In W. Lütgert, A. Gröschner & K. Kleinespel (Hrsg.), *Die Zukunft der Lehrerbildung. Entwicklungslinien – Rahmenbedingungen – Grundlagen* (S. 198–213). Weinheim u. a.: Beltz.
- Seidel, T. & Shavelson, R. J. (2007). Teaching effectiveness research in the past decade: the role of theory and research design in disentangling meta-analysis results. *Review of Educational Research*, 77(4), S. 454–499.
- Selter, C., Gräsel, C., Reinold, M. & Trempler, K. (2015). Variations of in-service training for primary mathematics teachers: an empirical study. *ZDM*, 47(1), S. 65–77. <https://doi.org/10.1007/s11858-014-0639-2>
- Selter, C., Walter, D., Heinze, A., Brandt, J. & Jentsch, A. (2020). Mathematische Kompetenzen im internationalen Vergleich: Testkonzeption und Ergebnisse. In K. Schwippert, D. Kasper, O. Köller, N. McElvany, C. Selter, M. Steffensky & H. Wendt (Hrsg.), *TIMSS 2019. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (S. 57–113). Münster, New York: Waxmann.
- Sherin, M. G. & van Es, E. A. (2009). Effects of video club participation on teachers' professional vision. *Journal of Teacher Education*, 60(1), S. 20–37.
- Sherin, M. G., Jacobs, V. R. & Philipp, R. A. (Hrsg.). (2011). *Mathematics teacher noticing: Seeing through teachers' eyes*. New York: Routledge.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), S. 4–14.
- Sims, S. & Fletcher-Wood, H. (2021). Identifying the characteristics of effective teacher professional development: a critical review. *School Effectiveness and School Improvement*, 32(1), S. 47–63.
- Slangen, L., van Keulen, H. & Gravemeijer, K. (2011). Preparing teachers to teach robotics in primary schools. In M.J. de Vries, H. van Keulen, S. Peters & J. Walma van der Molen (Hrsg.), *Professional development for primary teachers in science and technology. The*

- Dutch VTB-Pro project in an international perspective technology* (S. 181–198). Rotterdam: Sense Publishers.
- Stahnke, R., Schüler, S. & Roesken-Winter, B. (2016). Teachers' perception, interpretation, and decision-making: a systematic review of empirical mathematics education research. *ZDM*, 48(1-2), S. 1–27. <https://doi.org/10.1007/s11858-016-0775-y>
- Steffensky, M. & Neuhaus, B. J. (2018). Unterrichtsqualität im naturwissenschaftlichen Unterricht. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (Nr. 47, S. 299–313). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Steffensky, M., Scholz, L. A., Kasper, D. & Köller, O. (2020). Naturwissenschaftliche Kompetenzen im internationalen Vergleich. In K. Schwippert, D. Kasper, O. Köller, N. McElvany, C. Selter, M. Steffensky, H. Wendt (Hrsg.), *TIMSS 2019* (S. 115–168). Münster: Waxmann.
- Tenorth, H.-E., Blum, W., Heinze, A., Peter-Koop, A., Post, M., Selter, C., Tippelt, R., Törner, G. (2010). *Mathematik entlang der Bildungskette. Empfehlungen einer Expertengruppe zur Kompetenzentwicklung und zum Förderbedarf im Lebenslauf*. Verfügbar unter: https://www.telekomstiftung.de/sites/default/files/files/media/publications/buch_mathematik_entlang_der_bildungskette.pdf
- Terhart, E. (2012). Wie wirkt Lehrerbildung? Forschungsprobleme und Gestaltungsfragen. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, 2(1), S. 3–21. <https://doi.org/10.1007/s35834-012-0027-3>
- Timperley, H., Wilson, A., Barrar, H. & Fung, I. (2007). *Teacher professional learning and development. Best evidence synthesis iteration (BES)*. Wellington, New Zealand: Ministry of Education.
- Topping, K., Miller, D., Murray, P. & Conlin, N. (2011). Implementation integrity in peer tutoring of mathematics. *Educational Psychology*, 31(5), S. 575–593. <https://doi.org/10.1080/01443410.2011.585949>
- Törner, G. (2015). Verborgene Bedingungs- und Gelingensfaktoren bei Fortbildungsmaßnahmen in der Lehrerbildung Mathematik – subjektive Erfahrungen aus einer deutschen Perspektive. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 36(2), S. 195–232. <https://doi.org/10.1007/s13138-015-0078-9>
- van Aalderen-Smeets, S. I. & Walma van der Molen, J. H. (2015). Improving primary teachers' attitudes toward science by attitude-focused professional development. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(5), S. 710–734.
- Van Veen, K., Zwart, R. & Meirink, J. (2012). What makes teacher professional development effective?. A literature review. In M. Kooy & K. van Veen (Hrsg.), *Routledge research in education: Vol. 62. Teacher learning that matters: International perspectives* (S. 3–21). New York: Routledge.
- Vescio, V., Ross, D. & Adams, A. (2008). A review of research on the impact of professional learning communities on teaching practice and student learning. *Teaching and teacher education*, 24(1), S. 80–91.
- Voss, T., Kleickmann, T., Kunter, M. & Hachfeld, A. (2013). Mathematics teachers' beliefs. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Cognitive activation in the mathematics classroom and professional competence of teachers. Results from the COACTIV project* (S. 249–271). New York, NY: Springer. http://dxt.doi.org/10.1007/978-1-4614-5149-5_12

- Weinert, F. E. (2001). Concept of competence: A conceptual clarification. In D. S. Rychen & L. H. Salganik (Hrsg.), *Defining and selecting key competencies* (S. 45–65). Seattle, WA: Hogrefe & Huber Publishers.
- Xenofontos, C., Fraser, S., Priestley, A. & Priestley, M. (2020). Mathematics teachers and social justice: a systematic review of empirical studies. *Oxford Review of Education*, 8(2), S. 1–17. <https://doi.org/10.1080/03054985.2020.1807314>

Entwicklung und Pilotierung der Fortbildungsreihe „Informatische Bildung im Grundschulunterricht“ –

Stiftung Haus der kleinen Forscher

- Aeppli, J. & Lötscher, H. (2016). EDAMA – Ein Rahmenmodell für Reflexion. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 34(1), S. 78–97.
- Appleton, K. (2008). Developing science pedagogical content knowledge through mentoring elementary teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 19(6), S. 523–545.
- Balzer, L. & Beywl, W. (2018). *evaluiert – erweitertes Planungsbuch für Evaluationen im Bildungsbereich* (2. überarb. Aufl.). Bern: hep verlag.
- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies: Competence viewed as a continuum. *Zeitschrift Für Psychologie*, 223(1), S. 3–13. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194>
- Deutscher Verein zur Förderung der Lehrerinnen und Lehrerfortbildung e. V. (DVLfB) (Hrsg.) (2018). Musterorientierungsrahmen für die Lehrkräftefortbildung. Ergebnisse des Projektes Qualitätsentwicklung in der Lehrkräftefortbildung. *forum Lehrerfortbildung*, 48, S. 2–72 <https://www.lehrerfortbildung.de/service/veroeffentlichungen?download=19:48-2018-musterorientierungsrahmen-fuer-die-lehrkraeftenfortbildung>
- Frank, S. & Iller, C. (2013). Kompetenzorientierung – mehr als ein didaktisches Prinzip. *REPORT, Zeitschrift für Weiterbildungsforschung*, 36(4) S. 32–41. <https://www.die-bonn.de/doks/report/2013-erwachsenenbildung-03.pdf>
- Frey, A. (2014). Kompetenzmodelle und Standards in der Lehrerbildung und im Lehrberuf. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrberuf* (S. 712–744). Münster: Waxmann.
- Jansen, M., Schroeders, U. & Lüdtko, O. (2014). Academic self-concept in science: Multidimensionality, relations to achievement measures, and gender differences. *Learning and Individual Differences*, 30, S. 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2013.12.003>
- Kauffeld, S. & Lehmann-Willenbrock, N. (2010). GLTSl. German Learning Transfer System Inventory – Das deutsche Lerntransfer-System-Inventar. In W. Sarges, H. Wottawa & C. Roos (Hrsg.), *Handbuch wirtschaftspsychologischer Testverfahren*, Band II: Organisationspsychologische Instrumente (S. 113–118). Lengerich: Pabs.
- Kirkpatrick, J. D. & Kayser Kirkpatrick, W. (2016). *Kirkpatrick's Four Levels of Training Evaluation*. Alexandria: ATD Press.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2019). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 16.05.2019*. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf

- Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2019). Was macht Fortbildungen für Lehrkräfte erfolgreich? – Ein Update. In B. Groot-Wilken & R. Koerber (Hrsg.), *Nachhaltige Professionalisierung für Lehrerinnen und Lehrer. Ideen, Entwicklungen, Konzepte* (S. 15–56). Bielefeld: wbv Media.
- Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2021). *Fortbildungen für Lehrpersonen wirksam gestalten. Ein praxisorientierter und forschungsgestützter Leitfaden*. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
- Meyer, W. (2007). Datenerhebung: Befragungen – Beobachtungen – Nicht-Reaktive Verfahren. In R. Stockmann (Hrsg.), *Handbuch zur Evaluation. Eine praktische Handlungsanleitung* (S. 223–277). Münster: Waxmann.
- Reinmann, G. (2018). *Reader zu Design-Based Research*. Hamburg. Verfügbar unter: http://gabi-reinmann.de/?page_id=4000
- Selter, C., Walter, D., Heinze, A., Brandt, J. & Jentsch, A. (2020). Mathematische Kompetenzen im internationalen Vergleich: Testkonzeption und Ergebnisse. In K. Schwippert, D. Kasper, O. Köller, N. McElvany, C. Selter, M. Steffensky & H. Wendt (Hrsg.), *TIMSS 2019. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (S. 57–113). Münster, New York: Waxmann.
- Stender, A. (2014). *Unterrichtsplanung: Vom Wissen zum Handeln. Theoretische Entwicklung und empirische Überprüfung des Transformationsmodells der Unterrichtsplanung*. (Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät). Kiel: Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Verfügbar unter: https://macau.uni-kiel.de/receive/diss_mods_00014943
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2018). *Frühe informatische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 9). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2019). *Pädagogischer Ansatz der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (6. vollst. überarb. Aufl.). Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/fortbildungen
- Stockmann, R. & Meyer, W. (2014). *Evaluation. Eine Einführung*. Opladen, Toronto: Verlag Barbara Budrich.

Fazit und Ausblick – Wie die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ mit den Erkenntnissen umgeht –

Stiftung Haus der kleinen Forscher

- Bock-Famulla, K., Girndt, A., Vetter, T. & Kriechel, B. (2022). *Fachkräfte-Radar für KiTa und Grundschule 2022*. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
- DZLM (2014). *Theoretischer Rahmen des Deutschen Zentrums für Lehrerbildung Mathematik*. Verfügbar unter: https://dzlm.de/files/uploads/DZLM-0.0-Theoretischer-Rahmen-20150218_FINAL-20150324.pdf

- Marquardt-Mau, B. (2004). Ansätze zur Scientific Literacy. Neue Wege für den Sachunterricht. In A. Kaiser & D. Pech (Hrsg.), *Neuere Konzeptionen und Zielsetzungen im Sachunterricht* (S. 67–83). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Nationales MINT-Forum (Hrsg.) (2022). *MINT-Bildung im Ganzttag*. Berlin. Verfügbar unter: https://www.nationalesmintforum.de/fileadmin/medienablage/content/veranstaltungen/MINT-Bildung_im_Ganzttag/Impulspapier_MINT_Bildung_im_Ganzttag_FINAL.pdf
- Stanat, P., Schipolowski, S., Rjosk, C., Weirich, S. & Haag, N. (Hrsg.) (2017). *IQB-Bildungstrend 2016: Kompetenzen in den Fächern Deutsch und Mathematik am Ende der 4. Jahrgangsstufe im zweiten Ländervergleich*. Münster, New York: Waxmann.
- Stanat, P., Schipolowski, S., Schneider, R., Sachse, K. A., Weirich, S. & Henschel, S. (2022). *Kompetenzen in den Fächern Deutsch und Mathematik am Ende der 4. Jahrgangsstufe: Erste Ergebnisse nach über einem Jahr Schulbetrieb unter Pandemiebedingungen*. Berlin: Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen. Verfügbar unter <https://www.iqb.hu-berlin.de/bt/BT2021/Bericht>
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2013a). *Der Forschungskreis* (Überarbeitete Version 2021). Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: [haus-der-kleinen-forscher.de/de/praxisanregungen](https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/praxisanregungen)
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2013b). *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 5). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG. Verfügbar unter: [haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung](https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung)
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2014). *Mathematik in Raum und Form entdecken. Mathematisches Denken von Kita- und Grundschulkindern unterstützen*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: [haus-der-kleinen-forscher.de/de/praxisanregungen](https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/praxisanregungen)
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2015). *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 7). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG. Verfügbar unter: [haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung](https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung)
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2016). *Der Mathematikkreis*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: [haus-der-kleinen-forscher.de/de/praxisanregungen](https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/praxisanregungen)
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2017a). *Informatik entdecken – mit und ohne Computer*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: [haus-der-kleinen-forscher.de/de/praxisanregungen](https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/praxisanregungen)
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2017b). *Frühe mathematische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 8). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: [haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung](https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung)
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2018a). *Technikkreis*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: [haus-der-kleinen-forscher.de/de/praxisanregungen](https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/praxisanregungen)
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2018b). *Der Informatikkreis*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: [haus-der-kleinen-forscher.de/de/praxisanregungen](https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/praxisanregungen)
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2018c). *Frühe informatische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 9). Opladen,

- Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2019a). *Frühe Bildung für nachhaltige Entwicklung – Ziele und Gelingensbedingungen* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 12). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2019b). *Pädagogischer Ansatz der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*. (6. Aufl.). Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2019c). *MINT ist überall*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2019d). *Zieldimensionen für Multiplikatorinnen und Multiplikatoren früher MINT-Bildung* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 11). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2020). *Monitoring-Bericht 2018/2019 der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2022). *Monitoring-Bericht 2020/2021 der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2023a). *Kita-Entwicklung – Organisationsentwicklung als Chance für die frühe Bildung* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 14). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2023b). *Kita-Entwicklung – Ansätze und Konzepte für Organisationsentwicklung in der frühen Bildung* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 15). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. Verfügbar unter: haus-der-kleinen-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (in Vorb.). *Kita-Entwicklung – Verstehen, Vernetzen, Verändern*. (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 18). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich.

Anhang



Anhang

Stichproben der Befragungen zu den einzelnen Messzeitpunkten im Rahmen der begleitenden formativen Evaluation zur Fortbildungsreihe „Informatische Bildung im Grundschulunterricht“

Tabelle 9. Stichprobe der Befragung zum Einstiegstag (t1)

Geschlecht (N = 25)	22 (88 %) weiblich 3 (12 %) männlich
Alter in Jahren (M)	48.4 (SD 8.5; N = 24)
Regionale Verteilung (N = 25)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 9 Bundesländer vertreten; nicht vertreten Baden-Württemberg, Brandenburg, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Saarland, Sachsen-Anhalt und Thüringen ■ am häufigsten vertreten Nordrhein-Westfalen mit 24 % sowie Bayern mit 16 %; am geringsten vertreten Bremen und Rheinland-Pfalz mit jeweils 4 % (eine Person)
Ausbildung – studierte Fächer (N = 25)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Die Teilnehmenden sind insbesondere in den Hauptfächern Deutsch und Mathematik ausgebildet. ■ Konkreten MINT-Bezug geben insgesamt 10 Personen an – bezogen auf Biologie (4), Naturwissenschaften (3), Geografie (1), Technik/Werken (1) sowie Informatik (1)
Berufserfahrung in Jahren (M)	13.6 (SD 8.3; N = 25)
Berufliche Praxis – unterrichtete Fächer (N = 25)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Die Teilnehmenden unterrichten hauptsächlich in den Fächern Mathematik (23), Sachunterricht (22) und Deutsch (21), gefolgt von Musik (18), Kunst (16), Englisch (9) und Sport (8)
Berufliche Praxis – Funktionsstellen⁸⁹ (N = 25)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 17 (68 %) Lehrkräfte bzw. Referendarinnen und Referendare ■ 10 (40 %) Lehrkräfte mit zusätzlich besonderen Funktionsstellen (z. B. Fachleitung Sachunterricht, medienbeauftragte Person ■ 2 (8 %) (stellvertretende) Schulleitung

⁸⁹ Mehrfachnennungen waren möglich, Angaben beziehen sich jeweils auf die Gesamtstichprobe N = 25

Tabelle 10. Stichprobe der Befragung zum Praxisvorbereitungstag (t2)

Geschlecht (N = 15)	12 (80 %) weiblich 3 (20 %) männlich
Alter in Jahren (M)	43.1 (SD 11.0; N = 14)
Regionale Verteilung (N = 15)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 7 Bundesländer vertreten; nicht vertreten Baden-Württemberg, Berlin, Brandenburg, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen-Anhalt und Thüringen ■ am häufigsten vertreten Nordrhein-Westfalen mit 27 % sowie Bayern und Niedersachsen mit jeweils 20 %; am geringsten vertreten Bremen, Hessen und Schleswig-Holstein mit je 7 % (eine Person)
Ausbildung – studierte Fächer (N = 15)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Die Teilnehmenden sind insbesondere in den Hauptfächern Deutsch und Mathematik ausgebildet. ■ Konkreten MINT-Bezug geben insgesamt 5 Personen an – bezogen auf Biologie (1), Naturwissenschaften (1), Geografie (1), Technik/Werken (1) sowie Informatik (1)
Berufserfahrung in Jahren (M)	10.6 (SD 8.6; N = 15)
Berufliche Praxis – unterrichtete Fächer (N = 15)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Die Teilnehmenden unterrichten hauptsächlich in den Fächern Deutsch (13) Mathematik (12) und Sachunterricht (12), gefolgt von Musik (11), Kunst (8), Englisch (7) und Sport (4)
Berufliche Praxis – Funktionsstellen⁹⁰ (N = 15)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 10 (67 %) Lehrkräfte bzw. Referendarinnen und Referendare ■ 7 (47 %) Lehrkräfte mit zusätzlich besonderen Funktionsstellen (z. B. Fachleitung Werken, medienbeauftragte Person) ■ 1 (7 %) Schulleitung

90 Mehrfachnennungen waren möglich, Angaben beziehen sich jeweils auf die Gesamtstichprobe N = 15

Tabelle 11. Stichprobe der Befragung zum Reflexionstag (t3)

Geschlecht (N = 11)	9 (82 %) weiblich 2 (18 %) männlich
Alter in Jahren (M)	49.0 (SD 6.5; N = 21)
Regionale Verteilung (N = 11)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 6 Bundesländer vertreten; nicht vertreten Baden-Württemberg, Brandenburg, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein und Thüringen ■ am häufigsten vertreten Nordrhein-Westfalen und Berlin mit jeweils 27 %, am geringsten vertreten Bayern, Bremen und Hessen mit jeweils 9 % (eine Person)
Ausbildung – studierte Fächer (N = 11)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Die Teilnehmenden sind insbesondere in den Hauptfächern Deutsch und Mathematik ausgebildet. ■ Konkreten MINT-Bezug geben insgesamt 2 Personen an – bezogen auf Biologie (1) und Naturwissenschaften (1)
Berufserfahrung in Jahren (M)	15.3 (SD 8.0; N = 11)
Berufliche Praxis – unterrichtete Fächer (N = 11)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Die Teilnehmenden unterrichten hauptsächlich in den Fächern Deutsch (10), Mathematik (10) und Sachunterricht (10), gefolgt von Musik (9), Kunst (8), Sport (4) und Englisch (3)
Berufliche Praxis – Funktionsstellen⁹¹ (N = 11)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 9 (82 %) Lehrkräfte bzw. Referendarinnen und Referendare ■ 4 (36 %) Lehrkräfte mit zusätzlich besonderen Funktionsstellen (z. B. Schulvorstandsmitglied, medienbeauftragte Person) ■ 1 (9 %) Schulleitung

91 Mehrfachnennungen waren möglich, Angaben beziehen sich jeweils auf die Gesamtstichprobe N = 11

Tabelle 12. Stichprobe der Prä-Post-Analysen zu den Befragungszeitpunkten $t_0 - t_4$

Geschlecht (N = 16)	13 (81 %) weiblich 3 (19 %) männlich
Alter in Jahren (M)	46.6 (SD 8.8; N = 16)
Regionale Verteilung (N = 16)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 9 Bundesländer vertreten; nicht vertreten Baden-Württemberg, Brandenburg, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Saarland, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen ■ am häufigsten vertreten Nordrhein-Westphalen und Berlin mit 31 %, gefolgt von Bayern, Berlin und Niedersachsen mit jeweils 13 %; Bremen, Hessen, Rheinland-Pfalz, Sachsen und Schleswig-Holstein mit jeweils 6 % vertreten (eine Person)
Ausbildung – studierte Fächer (N = 16)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Die Teilnehmenden sind insbesondere in den Hauptfächern Deutsch und Mathematik ausgebildet. ■ Konkreten MINT-Bezug geben insgesamt 7 Personen an – bezogen auf Naturwissenschaften (2), Geografie (2), Biologie (1), Informatik (1) sowie Werken (1)
Berufserfahrung in Jahren (M)	14.6 (SD 8.5; N = 16)
Berufliche Praxis – unterrichtete Fächer (N = 16)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Die Teilnehmenden unterrichten hauptsächlich in den Fächern Mathematik (14), Sachunterricht (14) und Deutsch (13), gefolgt von Musik (11), Kunst (7), Sport (5) und Englisch (5)
Berufliche Praxis – Funktionsstellen (N = 16)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 12 (60 %) Lehrkräfte bzw. Referendarinnen und Referendare ■ 6 (38 %) Lehrkräfte mit zusätzlich besonderen Funktionsstellen (z. B. pädagogische Leitung Grundschule, Fachleitung Werken, medienbeauftragte Person) ■ 1 (6 %) Schulleitung

Bildquellenverzeichnis

S. 12: © Heidi Scherm / Stiftung Haus der kleinen Forscher

S. 17, 28, 35, 47, 59, 67, 74, 81, 96, 100, 135, 141, 148, 175, 181, 191, 207, 220, 225, 245, 251, 285, 291, 307, 351: © Christoph Wehrer / Stiftung Haus der kleinen Forscher

S. 42: © Mareike Mittelbach / Stiftung Haus der kleinen Forscher

S. 155: © Thomas Ernst / Stiftung Haus der kleinen Forscher

S. 236: © Frank Bentert / Stiftung Haus der kleinen Forscher

Über die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

Die gemeinnützige Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ engagiert sich für gute frühe Bildung in den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) – mit dem Ziel, Mädchen und Jungen stark für die Zukunft zu machen und zu nachhaltigem Handeln zu befähigen.

Gemeinsam mit ihren Netzwerkpartnern vor Ort bietet die Stiftung bundesweit ein Bildungsprogramm an, das pädagogische Fach- und Lehrkräfte dabei unterstützt, Kinder im Kita- und Grundschulalter qualifiziert beim Entdecken, Forschen und Lernen zu begleiten. Das „Haus der kleinen Forscher“ verbessert Bildungschancen, fördert Interesse am MINT-Bereich und professionalisiert dafür pädagogisches Personal. Partner der Stiftung sind die Siemens Stiftung, die Dietmar Hopp Stiftung, die Dieter Schwarz Stiftung und die Friede Springer Stiftung. Gefördert wird sie vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Vision und Mission der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

Vision der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“:

Fragen – Forschen – Zukunft gestalten

Alle Kinder in Deutschland erleben Bildungsorte, in denen sie ihren eigenen Fragen nachgehen und forschend die Welt entdecken können. Solche „Häuser der kleinen Forscher“ machen Mädchen und Jungen stark für die Zukunft. Sie befähigen Kinder, selbstbestimmt zu denken und verantwortungsvoll zu handeln.

Technologisierung und Digitalisierung sowie Folgen des Klimawandels und der sozialen Ungleichheit beeinflussen zunehmend unseren Alltag. Wir tragen dazu bei, dass sich Menschen in unserer schnell verändernden Welt orientieren können und offen für Neues bleiben.

Die alltägliche Auseinandersetzung mit Natur und Technik fördert Neugier, Lern- und Denkfriede der Mädchen und Jungen. Wir sehen frühe Bildung als Schlüssel, um den Herausforderungen einer komplexen Welt erfolgreich begegnen zu können.

Mission der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“:

Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ ...

- befördert eine fragend-forschende Haltung bei Kindern,
- gibt Mädchen und Jungen schon in jungen Jahren die Chance, eigene Talente und Potenziale in den Bereichen Naturwissenschaften, Technik, Mathematik und Informatik zu entdecken
- und legt den Grundstein für einen reflektierten Umgang mit technologischen und gesellschaftlichen Veränderungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung.

Gemeinsam mit ihren Bezugspersonen erleben die Kinder Spaß und Freude am Entdecken und Verstehen dieser Welt. Kinder gestalten Bildungsprozesse aktiv mit und erleben sich dadurch als kompetent und selbstwirksam in ihrem Alltag. Beim forschenden Lernen können Kinder Problemlösekompetenzen entwickeln, eigene Antworten finden und Selbstvertrauen spüren („Ich kann!“) – Erfahrungen und Fähigkeiten, die weit über die Kindheit hinaus für die Persönlichkeitsentwicklung und die spätere Berufsbiografie von Bedeutung sind.

In einem praxisnahen und qualitativ hochwertigen Professionalisierungsansatz unterstützt die Stiftung pädagogische Fach- und Lehrkräfte dabei, Kinder im Alter bis 10 Jahren beim Entdecken, Forschen und Lernen zu begleiten. Über vielfältige Fortbildungsangebote erleben Fach- und Lehrkräfte die Faszination eigenen Forschens für sich selbst. Sie erweitern ihre Kenntnisse und pädagogischen Kompetenzen und setzen sie in ihrer alltäglichen Arbeit mit Kindern um.

Die Initiative unterstützt Bildungseinrichtungen darin, sich als „Ort des forschenden Lernens“ nachhaltig weiterzuentwickeln und in diesem Sinn als „Haus der kleinen Forscher“ förderliche Lernumgebungen für Kinder zu schaffen.

Bisher erschienen in der Wissenschaftlichen Schriftenreihe der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

Band 1 (2011) Pädagogischer Ansatz und Fortbildungsstruktur

Dagmar Berwanger, Petra Evanschitzky, Elke Heller, Christa Preissing, Ursula Rabe-Kleberg, Franziska Schulze, Anna Spindler

Band 2 (2011) Ko-Konstruktionsprozesse von Erzieherinnen und Kindern

Franziska Kramer, Ursula Rabe-Kleberg

Band 3 (2012) Zur Rolle und Bedeutung der Trainerinnen und Trainer

Michael Fritz, Gabriele Grieshop, Katrin Hille, Maren Lau, Martin Winter

Band 4 (2012) Entwicklungspsychologische Voraussetzungen für frühe MINT-Bildung

Salman Ansari, Susanna Jeschonek, Janna Pahnke, Sabina Pauen

Band 5 (2013) Ziele naturwissenschaftlicher Bildung in Kita und Grundschule

*Yvonne Anders, Ilonca Hardy, Sabina Pauen, Jörg Ramseger, Beate Sodian,
Mirjam Steffensky*

Band 6 (2014) Untersuchung des Zertifizierungsverfahrens der Stiftung

Yvonne Anders, Itala Ballaschk, Wolfgang Tietze

Band 7 (2015) Ziele und Methoden technischer Bildung in Kita und Grundschule

*Gabriele Graube, Maja Jeretin-Kopf, Walter Kosack, Ingelore Mammes, Ortwin
Renn, Christian Wiesmüller*

Band 8 (2017) Ziele und Erfolgsfaktoren mathematischer Bildung in Kita und Grundschule

*Christiane Benz, Meike Grüßing, Jens Holger Lorenz, Kristina Reiss, Christoph
Selter und Bernd Wollring*

Band 9 (2018) Ziele und Erfolgsfaktoren informatischer Bildung in Kita und Grundschule

Nadine Bergner, Peter Hubwieser, Hilde Köster, Johannes Magenheim, Kathrin Müller, Ralf Romeike, Ulrik Schroeder, Carsten Schulte

Band 10 (2018) Wirkungen naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf pädagogische Fachkräfte und Kinder

Yvonne Anders, Julia Barenthien, Ilonca Hardy, Andreas Hartinger, Miriam Leuchter, Elisa Oppermann, Sabina Pauen, Astrid Rank, Hans-Günther Roßbach, Mirjam Steffensky, Päivi Taskinen, Sabrina Tietze, Anja Wildemann, Tobias Ziegler

Band 11 (2019) Zieldimensionen für Multiplikatorinnen und Multiplikatoren früher MINT-Bildung

Olaf Köller, Johannes Magenheim, Heike Molitor, Uwe Pfenning, Jörg Ramseger, Mirjam Steffensky, Rudolf Tippelt, Christian Wiesmüller, Esther Winter, Bernd Wollring

Ins Englische übersetzt:**Volume 5 (2013) Early Science Education – Goals and Process-Related Quality Criteria for Science Teaching**

Yvonne Anders, Ilonca Hardy, Sabina Pauen, Jörg Ramseger, Beate Sodian, Mirjam Steffensky, Russell Tyler

Volume 9 (2023) Early Computer Science Education – Goals and Success Criteria for Pre-Primary and Primary Education

Nadine Bergner, Ilan Chabay, Hilde Köster, Johannes Magenheim, Kathrin Müller, Ralf Romeike, Ulrik Schroeder, Carsten Schulte

Zuletzt erschienen:



Band 12 (2019) Frühe Bildung für nachhaltige Entwicklung – Ziele und Gelingensbedingungen

Alexander Kauertz, Armin Lude, Heike Molitor, Andrea Saffran, Susanne Schubert, Mandy Singer-Brodowski, Daniela Ulber, Johannes Verch

Der zwölfte Band mit einem Geleitwort von Armin Lude enthält eine Expertise von Alexander Kauertz, Heike Molitor, Andrea Saffran, Susanne Schubert, Mandy Singer-Brodowski, Daniela Ulber und Johannes Verch zu den zentralen Zieldimensionen und Gelingensbedingungen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung auf der Ebene der Kinder sowie pädagogischer Fach- und Leitungskräfte. Zwei weitere Kapitel beschreiben die Umsetzung der fachlichen Empfehlungen in die inhaltlichen Angebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ sowie die Evaluationsergebnisse zur Wirkung des Angebotsportfolios zu BNE.



Band 13 (2020) Professionalisierung pädagogischer Fach- und Lehrkräfte in der frühen MINT-Bildung

Diemut Kucharz, Lisa Öz, Julia Katharina Schmidt, Nina Skorsetz, Mirjam Steffensky

Der dreizehnte Band mit einem Geleitwort von Mirjam Steffensky fokussiert auf die professionelle Entwicklung von pädagogischen Fach- und Lehrkräften in der frühen MINT-Bildung. Nina Skorsetz, Lisa Öz, Julia Katharina Schmidt und Diemut Kucharz untersuchten in ihrer Studie Professionalisierungsprozesse und Lernbedarfe in der professionellen Entwicklung von Pädagoginnen und Pädagogen in der frühen MINT-Bildung. Eine Längsschnittbefragung der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ untersuchte die kurz- und mittelfristigen Wirkungen des Fortbildungsangebotes auf die Kompetenzentwicklung von Pädagoginnen und Pädagogen und ihren Zusammenhang mit individuellen und organisationalen Rahmenbedingungen.

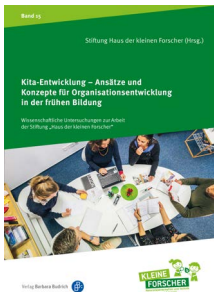


Band 14 (2023) Kita-Entwicklung – Organisationsentwicklung als Chance für die frühe Bildung

Dagmar Bergs-Winkels, Peter Cloos, Carola Iller, Bernhard Kalicki, Jessica Prigge, Stephanie Simon, Daniela Ulber

Der vierzehnte Band mit einem Geleitwort von Bernhard Kalicki stellt zwei von vier im Projekt Forum KITA-Entwicklung entstandenen Expertisen vor, die sich damit beschäftigen, wie Organisationsentwicklung zu verbesserter Kita-Qualität führen kann. Peter Cloos, Carola Iller, Jessica Prigge und Stephanie Simon untersuchen, wie das Konzept der Organisationsentwicklung bereits im Feld der Kindertageseinrichtungen verortet ist und wie es sich weiter im besonderen System der Kindertagesbetreuung verorten ließe.

Daniela Ulber und Dagmar Bergs-Winkels fassen den internationalen Forschungsstand zu Organisationsentwicklung in Kindertageseinrichtungen zusammen und geben praxisrelevante Hinweise auf Basis von explorativen Interviews.



Band 15 (2023) Kita-Entwicklung – Ansätze und Konzepte für Organisationsentwicklung in der frühen Bildung

Itala Ballaschk, Armin Schneider, Petra Strehmel

Der fünfzehnte Band mit einem Geleitwort von Armin Schneider stellt zwei von vier im Projekt Forum KITA-Entwicklung entstandene Expertisen vor, die sich damit beschäftigen, wie Organisationsentwicklung zu verbesserter Kita-Qualität führen kann. Petra Strehmel zeigt in ihrem Beitrag, wie organisationspsychologisch begründete Ansätze der Organisationsentwicklung für den Kita-Bereich adaptiert werden können und so dazu beitragen, Veränderungsprozesse professionell zu gestalten. Im zweiten Beitrag beleuchtet Itala Ballaschk die Rolle von Kita-Leitungen für die Organisationsentwicklung. Sie leitet aus internationaler Forschung ab, dass sich insbesondere Führung im Sinne von Leadership auf Prozesse der Organisations- und Qualitätsentwicklung positiv auswirkt.

MINT-Bildung im Primarbereich – Qualität im Unterricht zu MINT-Themen stärken

Der 16. Band der Schriftenreihe der Stiftung, mit einem Geleitwort von Andreas Hartinger, stellt Beiträge vor, die u.a. im Rahmen des Projektes PRIMA!2023 zur fachlichen Fundierung und Pilotierung der Stiftungsarbeit im Primarbereich entstanden sind. Inhaltliche Schwerpunkte sind die Qualität von Unterricht zu MINT-Themen, das Potenzial einer vernetzenden MINT-Bildung und die Frage nach Gelingensbedingungen von MINT-Lehrkräftefortbildungen für den Primarbereich.

Mirjam Steffensky zeigt allgemeine Modelle zur Erfassung von Unterrichtsqualität auf, identifiziert MINT-spezifische Qualitätsdimensionen und gibt Einblick in Unterrichtsansätze zu MINT-Themen.

Nadine Bergner, Kim Lange-Schubert, Jörg Ramseger, Marcus Schütte und Annett Steinmann stellen Gemeinsamkeiten und Besonderheiten der MINT-Disziplinen für den Primarbereich in den Fokus und zeigen im Rahmen von Praxisbeispielen Möglichkeiten zur Verzahnung der Disziplinen M, I, N und T für qualitativ hochwertigen Unterricht im Primarbereich auf. In einem Ausblick fassen Kim Lange-Schubert und Mirjam Steffensky den aktuellen empirischen Forschungsstand zu MINT-Bildung zusammen. Ergänzt werden die Erkenntnisse um das Rahmenkonzept einer MINT-Bildung der Stiftung, welches erstmals konzeptionelle Gemeinsamkeiten der MINT-Disziplinen in einem Modell zusammenfasst und der stiftungsinternen Angebotsentwicklung als Grundlage für fachintegriertes MINT-Lernen dient.

Im Beitrag von Julia Barenthien und Simone Dunekacke wird der internationale Forschungsstand zu MINT-Lehrkräftefortbildungen im Primarbereich zusammengefasst. Neben Empfehlungen für die Stiftungsarbeit formulieren die Autorinnen einen Kriterienkatalog mit Gelingensbedingungen für wirksame MINT-Lehrkräftefortbildungen. Als Beispiel einer wirksamen Lehrkräftefortbildung zu MINT-Themen wird im letzten Beitrag die Entwicklung und Pilotierung der stiftungseigenen Fortbildungsreihe im Blended-Learning-Format zur informatischen Bildung vorgestellt.

Im Schlusskapitel des Bandes beschreibt die Stiftung den Umgang mit den wissenschaftlich fundierten Ergebnissen in der inhaltlichen Ausrichtung der Stiftungsarbeit und ihrer fachlichen Weiterentwicklung.

ISBN 978-3-8474-2749-0



www.budrich.de

www.haus-der-kleinen-forscher.de