

**Die Bedeutung der phonologischen Bewusstheit  
für die Entwicklung mathematischer Kompetenzen  
bei Kindern mit und ohne Migrationshintergrund**

Ergebnisse einer Längsschnittstudie vom Beginn  
des Vorschuljahres bis zum Ende der ersten Klasse

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Fakultät für Humanwissenschaften  
der  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von  
Verena Hartlieb (geb. Faust)  
aus Estenfeld

Würzburg  
2021

Erstgutachter: Prof. Dr. Wolfgang Schneider

Zweitgutachterin: Prof. Dr. Gerhild Nieding

Tag des Kolloquiums: 23.06.2021

# Danksagung

Ob es jemals zu einem Vorwort kommen wird, war lange Zeit ungewiss. Von der Datenerhebung bis zur Fertigstellung verging über ein Jahrzehnt, da aus persönlichen und beruflichen Gründen wiederholte und länger andauernde Unterbrechungen erforderlich waren. Jetzt, da die Vollendung meiner Arbeit zeitlich absehbar ist, habe ich mich endlich an die Danksagung gewagt.

Zuerst bedanke ich mich vielmals bei Herrn Prof. Dr. Wolfgang Schneider, der mich unmittelbar nach meinem Studium der Psychologie am Lehrstuhl für Psychologie IV als wissenschaftliche Mitarbeiterin eingestellt und mir schließlich die Möglichkeit gegeben hat, an dem Forschungsprojekt, auf dem die vorliegende Arbeit basiert, mitzuwirken. Ich bin Ihnen sehr dankbar für die fortwährende Betreuung und die abschließende Begutachtung meiner Dissertation, sowie die Zeit, die Sie sich stets für ein persönliches Treffen zur Besprechung meiner Fragen und des Fortschritts meines Vorhabens genommen haben.

Zudem danke ich Frau Prof. Dr. Gerhild Nieding, die als Zweitgutachterin meine Arbeit betreut hat, sowie Herrn Prof. Dr. Wolfgang Lenhard für die wissenschaftliche Begleitung und die konstruktiven Rückmeldungen, die ich im Rahmen meiner Tätigkeit am Lehrstuhl erhalten habe. Ein großer Dank gilt Michaela Pirkner für die finale Prüfung und umfassende Korrektur dieser Arbeit.

Darüber hinaus möchte ich mich bei allen Kolleginnen und Kollegen des Lehrstuhls für Psychologie IV für die vielen motivierenden und wissenschaftlichen Gespräche bedanken. Ein besonderer Dank gilt meinen Kolleginnen des BMBF-Projekts in Würzburg, Bamberg und Berlin für ihr Engagement bei der Projektdurchführung und die gute Zusammenarbeit sowie den dortigen Projektkoordinatorinnen Frau Prof. Dr. Cordula Artelt und Frau Prof. Dr. Petra Stanat für die Initiierung des Verbundvorhabens.

Herzlich bedanken möchte ich mich auch bei den zahlreichen Kindern und deren Eltern für die Studienteilnahme. Mein besonderer Dank gilt den Erzieherinnen und Erziehern für ihre beständigen Bemühungen, die ihnen anvertrauten Kinder bestmöglich zu fördern, sowie ihre Unterstützung bei der planmäßigen Studiendurchführung. Auch den vielen helfenden Händen der universitären Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, ohne die eine zeitgleiche Datenerhebung an den beteiligten Kindergärten bzw. Schulen nicht möglich gewesen wäre, danke ich sehr.

Abschließend möchte ich mich herzlichst bei meiner Familie, insbesondere meiner Mama, für die motivationale und emotionale Unterstützung sowie Hilfe bei der Betreuung unserer Kinder bedanken. Ich danke meinem Mann, Theo, der mir in dieser langen Zeit bis zur Fertigstellung meiner Dissertation stets zur Seite stand. Ihm bin ich für die akribische Durchsicht und Rechtschreibprüfung der Arbeit sehr dankbar.



# Inhaltsverzeichnis

Danksagung	III
Einleitung	1
<b>I Theoretische und empirische Grundlagen</b>	<b>5</b>
<b>1 Migrations- und Sprachhintergrund</b>	<b>7</b>
1.1 Begriffsdefinitionen . . . . .	7
1.2 Zusammenhänge zwischen Migrations- und Sprachhintergrund . . . .	11
<b>2 Mathematische Kompetenzen</b>	<b>13</b>
2.1 Begriffsdefinitionen . . . . .	13
2.2 Entwicklungsmodelle für das Vor- und Grundschulalter . . . . .	17
2.2.1 Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung von Krajewski	18
2.2.2 Kognitives Entwicklungsmodell arithmetischer Konzepte von Fritz et al. . . . .	19
2.2.3 Kompetenzmodell für die Mathematik in der Grundschule von Reiss et al. . . . .	22
2.3 Neuropsychologische Modelle der Zahlenverarbeitung . . . . .	23
2.3.1 Prozessmodell von McCloskey . . . . .	23
2.3.2 „Multiroute“-Modell von Cipolotti und Butterworth . . . . .	23
2.3.3 „Triple-Code“-Modell von Dehaene . . . . .	24
2.3.4 Entwicklungsmodell der Zahlenverarbeitung von Aster et al. . .	26
2.4 Einflussfaktoren mathematischer Kompetenzen . . . . .	28
2.4.1 Allgemein-kognitive Fähigkeiten . . . . .	28
2.4.2 Alter und Geschlecht . . . . .	31
2.4.3 Migrationshintergrund und Sprachkompetenz . . . . .	32
2.4.4 Sozioökonomischer Status und häusliche Lernumwelt . . . . .	34
<b>3 Phonologische Bewusstheit</b>	<b>37</b>
3.1 Begriffsdefinition, Entwicklung und theoretische Einordnung . . . . .	37
3.2 Bedeutung für den Schriftspracherwerb . . . . .	40
3.3 Einflussfaktoren der phonologischen Bewusstheit . . . . .	41
3.3.1 Allgemein-kognitive Fähigkeiten . . . . .	41
3.3.2 Alter und Geschlecht . . . . .	43
3.3.3 Migrationshintergrund und Sprachkompetenz . . . . .	43
3.3.4 Sozioökonomischer Status und häusliche Lernumwelt . . . . .	45

<b>4</b>	<b>Zusammenhänge zwischen mathematischen Kompetenzen und phonologischer Bewusstheit</b>	<b>47</b>
4.1	Empirische Befunde . . . . .	48
4.1.1	Studien mit monolingualen Kindern . . . . .	48
4.1.2	Studien mit bilingualen Kindern . . . . .	51
4.1.3	Studien mit Kindern mit mathematischen und schriftsprachlichen Leistungsschwierigkeiten . . . . .	52
4.2	Hypothesen und Erklärungsmodelle . . . . .	54
4.2.1	Hypothesen zu beeinflussten mathematischen Kompetenzen . . . . .	54
4.2.2	Pfadmodell von LeFevre et al. . . . .	55
4.2.3	Hypothetisches Modell von Krajewski . . . . .	56
<b>5</b>	<b>Vorschulische, bereichsspezifische Förderung</b>	<b>59</b>
5.1	Theoretische Anmerkungen zu vorschulischen Trainingsprogrammen . . . . .	59
5.2	Vorschulische Förderung mathematischer Kompetenzen . . . . .	60
5.2.1	Mengen, zählen, Zahlen . . . . .	61
5.2.2	Komm mit ins Zahlenland . . . . .	63
5.2.3	Entdeckungen im Zahlenland . . . . .	64
5.2.4	Evaluationsstudien . . . . .	65
5.3	Vorschulische Förderung der phonologischen Bewusstheit . . . . .	68
5.3.1	Hören, lauschen, lernen . . . . .	69
5.3.2	Evaluationsstudien . . . . .	71
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung des theoretischen Hintergrunds</b>	<b>73</b>
<b>II</b>	<b>Längsschnittstudie zu mathematischen Kompetenzen und zur phonologischen Bewusstheit bei Kindern mit und ohne Migrationshintergrund</b>	<b>81</b>
<b>7</b>	<b>Fragestellungen und Hypothesen</b>	<b>83</b>
7.1	Mathematische Kompetenzen und Migrationshintergrund . . . . .	83
7.2	Bedeutung der phonologischen Bewusstheit für die mathematische Kompetenzentwicklung . . . . .	86
7.3	Spezifische und unspezifische Fördereffekte auf die mathematischen Kompetenzen . . . . .	87
<b>8</b>	<b>Methode</b>	<b>91</b>
8.1	Informationen zum Forschungsprojekt . . . . .	91
8.2	Studiendesign und Zeitplan . . . . .	92
8.3	Stichprobe und Datenauswahl . . . . .	94

8.4	Eingesetzte Verfahren und Ablauf der Untersuchungen . . . . .	98
8.4.1	Untersuchungsverfahren im Vorschuljahr . . . . .	98
8.4.2	Untersuchungsverfahren im ersten Schuljahr . . . . .	104
8.4.3	Elternfragebogen . . . . .	106
8.4.4	Interview mit Erzieherinnen und Erziehern . . . . .	107
8.5	Datenaufbereitung und Umgang mit fehlenden Werten . . . . .	108
8.6	Statistisches Vorgehen . . . . .	110
8.6.1	Mathematische Kompetenzen und Migrationshintergrund . . .	110
8.6.2	Bedeutung der phonologischen Bewusstheit für die mathematische Kompetenzentwicklung . . . . .	113
8.6.3	Spezifische und unspezifische Fördereffekte auf die mathematischen Kompetenzen . . . . .	116
<b>9</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>119</b>
9.1	Deskriptiva und Stabilitätsmaße der ausgelesenen Gesamtstichprobe .	119
9.2	Mathematische Kompetenzen und Migrationshintergrund . . . . .	121
9.2.1	Kompetenzunterschiede mit und ohne Berücksichtigung von Kontrollvariablen . . . . .	124
9.2.2	Kompetenzunterschiede bei Berücksichtigung sprachlicher Kompetenzen . . . . .	128
9.2.3	Kompetenzunterschiede bei Berücksichtigung der phonologischen Bewusstheit . . . . .	129
9.2.4	Unterschiede in der mathematischen Kompetenzentwicklung .	130
9.3	Bedeutung der phonologischen Bewusstheit für die mathematische Kompetenzentwicklung . . . . .	131
9.3.1	Korrelationen von Prädiktoren und Kriterien . . . . .	131
9.3.1.1	Interkorrelationen der Prädiktorvariablen . . . . .	132
9.3.1.2	Korrelationen von Prädiktoren und Kriterien . . . . .	133
9.3.2	Hierarchische Regressionsanalysen . . . . .	135
9.3.2.1	Regressionen der vorschulischen Mathematikkompetenzen . . . . .	135
9.3.2.2	Regressionen der schulischen Mathematikkompetenzen	138
9.3.2.3	Differenzielle Effekte des Migrationshintergrunds . . .	142
9.4	Spezifische und unspezifische Fördereffekte auf die mathematischen Kompetenzen . . . . .	146
9.4.1	Spezifische Fördereffekte in Abhängigkeit vom Trainingskonzept	146
9.4.1.1	Kurzfristige, spezifische Trainingseffekte . . . . .	147
9.4.1.2	Spezifische Transfereffekte . . . . .	149
9.4.1.3	Fördereffekte bei Berücksichtigung von Kontrollvariablen . . . . .	151

---

9.4.2	Unspezifische Fördereffekte durch ein Training der phonologischen Bewusstheit . . . . .	154
9.4.2.1	Kurzfristige, unspezifische Trainingseffekte . . . . .	155
9.4.2.2	Unspezifische Transfereffekte . . . . .	156
9.4.2.3	Fördereffekte bei Berücksichtigung von Kontrollvariablen . . . . .	157
<b>10</b>	<b>Diskussion</b>	<b>161</b>
10.1	Mathematische Kompetenzen und Migrationshintergrund . . . . .	161
10.2	Bedeutung der phonologischen Bewusstheit für die mathematische Kompetenzentwicklung . . . . .	166
10.3	Spezifische und unspezifische Fördereffekte auf die mathematischen Kompetenzen . . . . .	171
10.4	Limitationen und kritische Anmerkungen . . . . .	176
10.5	Implikationen für Forschung und Praxis . . . . .	179
10.6	Zusammenfassung und Fazit . . . . .	182
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>189</b>
	<b>Anhang</b>	<b>211</b>
	Anhang A: Verteilungen in der ausgelesenen Gesamtstichprobe . . . . .	212
	Anhang B: Ergänzende Ergebnisse zu Regressionsanalysen . . . . .	218
	Anhang C: Deskriptiva und ergänzende Ergebnisse zu Fördereffekten . . . . .	223



# Einleitung

*”There is a domain of language  
in which we are all, in some sense, **bilinguals**:  
the domain of **numbers**.”*  
(Dehaene, 2002, S. 179)

Die Welt der Zahlen kann faszinieren und mitunter wird einigen Zahlen eine magische Bedeutung zugeschrieben (z. B. der Zahl „13“). Die Wissenschaft, die sich primär mit Zahlen beschäftigt, heißt „Mathematik“. Ihre Ursprünge liegen über drei Jahrtausende zurück und sie beeinflusst maßgeblich die Entwicklung und den heutigen Stand der Technik (vgl. Livio, 2010; Dehaene, 2011). Im Bildungskontext ist Mathematik ein Hauptfach, was sich im Umfang der Schulstunden und der Leistungsgewichtung in Zeugnissen für Schulwechsel, -übertritte und -abschlüsse widerspiegelt. Dies bedeutet für Schülerinnen und Schüler, dass ihr Wissen und ihre Leistung in diesem Unterrichtsfach entscheidend für den Schulabschluss und den daran anschließenden beruflichen Lebensweg sind (Reiss, Sälzer, Schiepe-Tiska, Klieme & Köller, 2016, S. 220). Auch im Alltag ist Mathematik allgegenwärtig und mathematische Grundkenntnisse sind z. B. beim Preisvergleich oder bei der Bargeldzahlung – trotz moderner technischer Hilfsmittel – durchaus hilfreich (vgl. Kucian & Aster, 2015). Daher ist es wenig verwunderlich, dass die Forschung zu „mathematischen Kompetenzen“ v. a. in der Pädagogischen Psychologie und der Entwicklungspsychologie in den letzten Jahrzehnten verstärkt in den Vordergrund rückte (vgl. Praet, Titeca, Ceulemans & Desoete, 2013). Mittlerweile liegen umfassende Studien vor, die belegen, dass mathematisches Wissen nicht erst mit dem Schuleintritt erworben wird, sondern Kinder sich bereits im Vorschulalter wichtige Fertigkeiten aneignen, die als „Vorläuferkompetenzen“ bezeichnet werden (z. B. Siegler & Braithwaite, 2017). So sind auch für den Bereich „Mathematik“ in den Bildungsplänen der Länder separate Ziele definiert und es gilt die Empfehlung, dass Kinder bereits im Vorschulalter im Umgang mit Mengen und Zahlen gefördert werden (z. B. Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie und Frauen, 2016; Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft, 2014).

Zahlen begegnen uns im Alltag oft in verbaler Form (vgl. Cipora et al., 2019) und Untersuchungen zum linguistischen Einfluss auf mathematische Kompetenzen bestätigten einen Zusammenhang auf unterschiedlichen Ebenen der Sprachverarbeitung (vgl. Torbeyns, Gilmore & Verschaffel, 2015; Dowker & Nuerk, 2017). Auch das

einleitende Zitat von Dehaene (2002) unterstreicht die verschiedenen Modi, in denen Zahlen wahrgenommen, verarbeitet und wiedergegeben werden. Zudem fanden sich in Studien, die den Erwerb schulischer Kompetenzen des Lesens, Schreibens und Rechnens zusammen betrachteten, entsprechende Ergebnisse, die auf Zusammenhänge und möglicherweise gemeinsame Vorläufermerkmale beim Erlernen dieser Kulturtechniken hinweisen (Bull & Johnston, 1997; Bull, Espy & Wiebe, 2008; Hecht, Torgesen, Wagner & Rashotte, 2001). Bereichsübergreifende Untersuchungen zur Kompetenzentwicklung ergaben, dass insbesondere die phonologische Bewusstheit – bekannt als schriftsprachliche Vorläuferkompetenz – nicht nur die Lese- und Rechtschreibleistungen maßgeblich beeinflusst, sondern auch für den Erwerb von Zählfertigkeiten im Vorschulalter relevant ist (z. B. Krajewski, 2008) und als Erklärungsfaktor für Unterschiede in den schulischen Mathematikleistungen herangezogen werden kann (z. B. Hecht et al., 2001).

Da aus bildungspolitischer Perspektive Kinder und Jugendliche mit Migrationshintergrund verstärkt in den Fokus rücken, wird auch in der Forschung zum Einfluss sprachlicher Fähigkeiten auf die mathematische Kompetenzentwicklung im deutschsprachigen Raum zunehmend der Migrationsstatus als sprachlich konfundierte Hintergrundvariable berücksichtigt (vgl. Ufer, Reiss & Mehringer, 2013). Ergebnissen von PISA zufolge liegen die Leistungen in Mathematik bei einem erheblichen Anteil der 15-Jährigen mit Migrationshintergrund unter dem Basisniveau (z. B. Reiss et al., 2016). Zudem ergibt der internationale Vergleich, dass Deutschland zu den Teilnehmerstaaten gehört, in dem die mathematischen Leistungsunterschiede zwischen Schülerinnen und Schülern mit und ohne Migrationsgrund am größten sind. Entsprechende Diskrepanzen aufgrund des Migrationshintergrunds sind bereits bei Vorschulkindern, ein Jahr vor Schulbeginn, in den mathematischen Kompetenzen nachweisbar (z. B. Schmitman gen. Pothmann, A., 2008).

Im Hinblick auf die mathematische Kompetenzentwicklung ließen sich in Längsschnittstudien – analog zum Schriftsprachbereich – sogenannte „bereichsspezifische Vorläuferkompetenzen“ identifizieren, mittels derer bereits vor Schuleintritt spätere Mathematikleistungen zuverlässig vorhergesagt werden können. Aufgrund dieser Erkenntnisse war es naheliegend, Programme zum Einsatz im Vorschulalter zu entwickeln, um zu diesem frühen Zeitpunkt präventiv eingreifen und den bevorstehenden Schulverlauf positiv beeinflussen zu können. Für diesen Anwendungsbereich gibt es mittlerweile einige Trainingsprogramme, deren Wirksamkeit empirisch belegt ist (Küspert & Schneider, 2008; Plume & Schneider, 2004; Krajewski, Nieding & Schneider, 2007) und die z. B. in der Region Mainfranken<sup>1</sup> als fester Bestandteil des „Vorschulprogramms“ vieler Kindergärten etabliert sind.

Obwohl bei der Durchführung der genannten Trainingsprogramme meist aus organisatorischen Gründen alle Kinder einer Altersgruppe teilnehmen, wurden sie v. a. für

---

<sup>1</sup>Regionale Unterschiede in der Verbreitung der benannten Trainingsprogramme sind auf deren Entstehungsort und den Wirkungsort der Autorinnen und des Autors zurückzuführen.

Kinder mit Defiziten in den relevanten Vorläuferkompetenzen entwickelt. Diese Kinder werden auch als „Risikokinder“ bezeichnet, da sie ein erhöhtes Risiko für Leistungsprobleme im weiteren Schulverlauf haben. Zu diesen Risikokindern zählen besonders Kinder mit Migrationshintergrund. Nicht zuletzt wegen der aktuellen politischen Debatte zur gesellschaftlichen Integration von Migrantinnen und Migranten, die bei Kindern und Jugendlichen vorrangig die schulische Bildung betrifft, wird diese Teilgruppe in neueren Studien hervorgehoben (vgl. Dubowy et al., 2011).

So verfolgt auch die vorliegende Arbeit das Ziel, mathematische Entwicklungsverläufe von Kindern mit und ohne Migrationshintergrund vom Vorschul- bis ins frühe Grundschulalter zu vergleichen, um letztlich Implikationen für die Praxis abzuleiten. Zudem liegt der Schwerpunkt dieser Arbeit in der Klärung der Frage, ob die phonologische Bewusstheit für die Entwicklung mathematischer Kompetenzen bedeutsam ist und ob dieser Einfluss vom Migrationsstatus abhängt. Darüber hinaus sollen unspezifische Fördereffekte eines vorschulischen Trainings der phonologischen Bewusstheit (Küspert & Schneider, 2008; Plume & Schneider, 2004) auf die mathematischen Kompetenzen – ebenfalls unter dem Aspekt von differenziellen Effekten des Migrationshintergrunds – analysiert werden. Zur Prüfung der genannten Fragestellungen werden Daten einer Längsschnittstudie vom Vorschulalter bis zum Ende der ersten Jahrgangsstufe herangezogen.

Der **inhaltliche Aufbau** dieser Arbeit besteht aus zwei Teilen: In *Teil I* werden relevante theoretische und empirische Grundlagen zu mathematischen Kompetenzen und zur phonologischen Bewusstheit aufgeführt sowie diesbezügliche Begrifflichkeiten – auch zum Migrations- und Sprachhintergrund – geklärt. *Teil II* beschäftigt sich mit der empirischen Überprüfung eigener Fragestellungen zu den genannten Kompetenzbereichen sowie der Darstellung und Diskussion der Analyseergebnisse.

*Teil I* beginnt damit, dass die Begriffe „Migrations- und Sprachhintergrund“ in Kapitel 1 definiert und deren konzeptuelle Zusammenhänge verdeutlicht werden. Kapitel 2 beschäftigt sich mit dem Bereich „mathematische Kompetenzen“. Hierzu erfolgt zunächst eine Begriffsklärung. Anschließend werden drei aktuelle Entwicklungsmodelle detailliert beschrieben, die den Erwerb mathematischer Kompetenzen vom Vorschul- bis ins Grundschulalter schematisch veranschaulichen. Einen besonderen Stellenwert für die vorliegende Arbeit nimmt hierbei das Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung von Krajewski (2013) ein. Zudem werden verschiedene neuropsychologische Modelle zur Zahlenverarbeitung sowie abschließend ein entsprechendes Modell zum Entwicklungsverlauf der zugrunde liegenden kognitiven Mechanismen skizziert. Zum Abschluss von Kapitel 2 werden relevante Faktoren aufgeführt, die die mathematischen Kompetenzen beeinflussen. Analog zu den mathematischen Kompetenzen wird in Kapitel 3 das Konstrukt der „phonologischen Bewusstheit“ behandelt. Neben einer Begriffsdefinition und theoretischen Einordnung folgt die Betrachtung im Entwicklungsverlauf sowie im Kontext des Schriftspracherwerbs. Final

werden Einflussfaktoren der phonologischen Bewusstheit beschrieben. Kapitel 4 beinhaltet frühere Studien mit Kindern, die Zusammenhänge zwischen der phonologischen Bewusstheit und den mathematischen Kompetenzen untersuchten. Hierzu werden Hypothesen und Erklärungsmodelle der gefundenen, bereichsübergreifenden Beziehungen erläutert. In Kapitel 5 erfolgt ein kurzer Abriss zur vorschulischen, bereichsspezifischen Förderung. Danach werden drei Trainingsprogramme früher mathematischer Kompetenzen sowie ein Trainingsprogramm der phonologischen Bewusstheit, die für die vorliegende Arbeit relevant sind, vorgestellt. Der Abschluss des ersten Teils besteht in einer übergreifenden Zusammenfassung der theoretischen Grundlagen in Kapitel 6.

In *Teil II* werden – ausgehend von den theoretischen Grundlagen – in Kapitel 7 eigene Fragestellungen formuliert und Hypothesen abgeleitet. Kapitel 8 beinhaltet das methodische Vorgehen, das neben relevanten Informationen zum Forschungsprojekt, zum Zeitplan und zur Stichprobe auch eine Beschreibung der eingesetzten Untersuchungsinstrumente und statistischen Verfahren umfasst. In Kapitel 9 werden sodann die Analyseergebnisse zur Prüfung der genannten Hypothesen erläutert, welche in Kapitel 10 diskutiert und mit bestehenden, empirischen Befunden verglichen werden. Zum Abschluss folgt eine Zusammenfassung des empirischen Teils mit Fazit.

# Teil I

## Theoretische und empirische Grundlagen

In Teil I werden zunächst die Begriffe „Migrations- und Sprachhintergrund“, die inhaltlich in engem Zusammenhang stehen, definiert und die Operationalisierung des Migrationshintergrunds als vordergründiges Vergleichsmerkmal für die eigene Arbeit festgelegt. Anschließend erfolgt eine separate Betrachtung der „mathematischen Kompetenzen“ sowie der „phonologischen Bewusstheit“ bezüglich Begriffsdefinitionen, Einordnung in den bereichsspezifischen Entwicklungsverlauf sowie relevanter Einflussfaktoren. Es folgt die Darstellung empirischer Studien, die den Zusammenhang beider Kompetenzbereiche bei mono- und bilingualen Kindern untersuchten. Anschließend werden hypothetische als auch empirisch geprüfte Erklärungsmodelle für den Zusammenhang zwischen mathematischen Kompetenzen und phonologischer Bewusstheit aufgeführt. Abschließend wird die Möglichkeit einer vorschulischen Förderung beider Kompetenzbereiche skizziert, und es werden manualisierte Trainingsprogramme, die im Verlauf des zugrunde liegenden Forschungsprojekts eingesetzt wurden, in ihrer Konzeption und Wirksamkeit genauer betrachtet.



# 1 Migrations- und Sprachhintergrund

Die vorliegende Arbeit verfolgt das Ziel, die mathematische Kompetenzentwicklung von Kindern mit und ohne Migrationshintergrund zu vergleichen. Daher wird im nachfolgenden Kapitel zunächst die Bedeutung der Begriffe „Migrations- und Sprachhintergrund“ geklärt. Gleichzeitig ist die Frage nach dem Einfluss der phonologischen Bewusstheit auf die mathematischen Kompetenzen zentral. Da es sich bei der phonologischen Bewusstheit zunächst um eine sprachbezogene Fähigkeit handelt, ist hierfür auch interessant, welche Sprache(n) ein Kind gelernt hat. Genau genommen ist der Zeitpunkt in der Entwicklung bedeutsam, zu welchem der Erwerb der deutschen Sprache erfolgt. Aus diesem Grund wird im anschließenden Kapitel dargelegt, was sich hinter den Begriffen „Erst- und Zweitspracherwerb“ sowie „Zwei- bzw. Mehrsprachigkeit“ verbirgt und welcher Zusammenhang zum Migrationshintergrund besteht.

## 1.1 Begriffsdefinitionen

**Migrationshintergrund.** Laut Definition des *Statistischen Bundesamtes*<sup>2</sup> hat „eine Person [...] einen Migrationshintergrund, wenn sie selbst oder mindestens ein Elternteil die deutsche Staatsangehörigkeit nicht durch Geburt besitzt“ (Statistisches Bundesamt, 2020, S. 4). Somit haben auch Kinder einen Migrationshintergrund, die zwar in Deutschland geboren wurden, von denen aber mindestens ein Elternteil kein deutscher Staatsbürger ist. Eine weitere Unterteilung des Migrationsstatus wird dahingehend getroffen, ob die betreffende Person selbst nach Deutschland zugewandert ist (Migrationshintergrund „mit eigener Migrationserfahrung“) oder bereits in Deutschland geboren wurde (Migrationshintergrund „ohne eigene Migrationserfahrung“) (Statistisches Bundesamt, 2020, S. 6). Der Anteil von Personen mit Migrationshintergrund betrug 2019 26.0% (Statistisches Bundesamt, 2020, S. 37). Er lag damit deutlich höher als 2009<sup>3</sup> mit 19.2% (Statistisches Bundesamt, 2010, S. 7). Die Verteilung von Menschen mit Migrationshintergrund ist regional verschieden.<sup>4</sup> Beispielsweise lag 2009 der Anteil in Unterfranken bei 14 bis 18%, in Mittelfranken und Berlin bei 22 bis 26% und in Oberfranken bei 6 bis 14% (Statistisches Bundesamt, 2010, S. 24). Die

---

<sup>2</sup>An dieser Stelle wird auf den Mikrozensus verwiesen, der sich in dieser Hinsicht „als allseits akzeptierte Referenzgröße“ etabliert hat (Verband Deutscher Städtestatistiker, 2013, S. 35). Einen Überblick zu weiteren in Deutschland existierenden Verfahren zur statistischen Erfassung des Migrationshintergrunds liefert der Verband Deutscher Städtestatistiker (2013).

<sup>3</sup>Die Datenerhebung für die vorliegende Längsschnittstudie begann 2009. Daher werden an dieser Stelle auch Daten aus diesem Jahr aufgeführt.

<sup>4</sup>Es werden nachfolgend nur Werte der für die vorliegende Arbeit relevanten Regierungsbezirke Ober-, Unter- und Mittelfranken und des Stadtstaates Berlin angegeben, in denen sich die an der Studie beteiligten Kindergärten befanden.

Liste der Herkunftsländer von Personen mit Migrationshintergrund wird 2009 von der Türkei (18.5 %) angeführt, gefolgt von Polen (9.3 %) und der Russischen Föderation (7.8 %). Bei über einem Drittel (34.3 %) der unter 5-Jährigen lag 2009 ein Migrationshintergrund vor. Im Hinblick auf die schulische und berufliche Ausbildung sowie die Erwerbstätigkeit waren und sind Personen mit Migrationshintergrund gegenüber Personen ohne Migrationshintergrund deutlich benachteiligt (vgl. Statistisches Bundesamt, 2010, 2020; Bundesinstitut für Berufsbildung, 2018). Die Ursachen hierfür sind vielfältig, naheliegend ist eine unzureichende Beherrschung der deutschen Sprache, wobei neben dem Migrationshintergrund auch andere Faktoren, wie die Familiensprache, das Herkunftsland der Eltern und individuelle Voraussetzungen, von Bedeutung sind (vgl. Dubowy et al., 2011, S. 356).

Da in dieser Arbeit primär ein Kompetenzvergleich unter Berücksichtigung des Migrationshintergrunds erfolgen soll, werden nachfolgend die Definitionen des Migrationshintergrunds in internationalen Vergleichsstudien TIMSS, PISA und IGLU (vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2016) betrachtet.

Laut der *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) liegt bei einer Schülerin bzw. einem Schüler ein Migrationshintergrund vor, „wenn ein Elternteil oder beide Elternteile außerhalb Deutschlands<sup>5</sup> geboren wurden“ (Wendt et al., 2016, S. 319). Die TIMSS erfasst mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern der vierten Jahrgangsstufe im 4-jährigen Zyklus. Anstelle der Familiensprache wurde das Geburtsland der Eltern als Indikator für eine bestehende Migrationserfahrung herangezogen, da in einigen teilnehmenden Nationen verschiedene Verkehrssprachen gesprochen werden und die verwendete Familiensprache in solchen Fällen nicht mehr zuverlässig auf einen Migrationshintergrund hinweist. Der Anteil der in Deutschland teilnehmenden Viertklässlerinnen und Viertklässler mit Migrationshintergrund betrug bei der letzten Leistungserhebung im Jahr 2015 31.9 %. Bei 20.6 % der teilnehmenden Kinder waren beide Eltern im Ausland geboren, bei 11.4 % war nur ein Elternteil im Ausland geboren (Wendt et al., 2016, S. 321).

Auch beim *Programme for International Student Assessment* (PISA) wurde der Migrations- bzw. Zuwanderungshintergrund der 15-jährigen Schülerinnen und Schüler anhand des Geburtslandes der Eltern festgelegt. Kinder, deren beide Elternteile in Deutschland geboren sind, hatten folglich keinen Migrationshintergrund. Wenn dagegen beide Elternteile im Ausland geboren sind, wurde dem Kind ein Migrationshintergrund zugeschrieben. Nicht einheitlich wurde jedoch die Zuordnung der Kinder mit einem im Ausland geborenen Elternteil getroffen (Klieme et al., 2010, S. 204). Im Gegensatz zu den nationalen Auswertungsberichten wurde diesen Kindern in den

---

<sup>5</sup>Da es sich um eine internationale Studie handelt, sieht die allgemeine Definition hier den Begriff „Erhebungsland“ bzw. „Erhebungsvolkswirtschaft“ vor. Da für die vorliegende Arbeit aufgrund der Übertragbarkeit der Ergebnisse vorrangig die nationalen Analyseergebnisse herangezogen werden, wird an dieser Stelle Deutschland als Erhebungsland genannt.



Berichten der OECD kein Migrationshintergrund zugeordnet (Rauch, Mang, Härtig & Haag, 2016, S. 322). Eine weitere Untergliederung der Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund erfolgte bei PISA anhand ihres eigenen Geburtslandes. Kinder der ersten (Zuwanderungs-)Generation sind wie ihre Eltern im Ausland geboren, wohingegen Kinder der zweiten (Zuwanderungs-)Generation anders als ihre Eltern selbst nicht im Ausland geboren sind (OECD, 2016, S. 7). Zu berücksichtigen ist hierbei, dass selbst zugewanderte Schülerinnen und Schüler nur an PISA teilnehmen dürfen, wenn sie mindestens ein Jahr eine deutsche Schule besuchen und über grundlegende Schriftsprachkompetenzen für eine eigenständige Testbearbeitung verfügen (Rauch et al., 2016, S. 318). Bei PISA 2015 betrug der Anteil der 15-Jährigen mit Migrations- bzw. Zuwanderungshintergrund in Deutschland 27.8%. Davon waren bei 11% dieser Schülerinnen und Schüler ein Elternteil im Ausland geboren. Der Anteil der 15-Jährigen der ersten (Zuwanderungs-)Generation belief sich auf 3.7%, der Anteil der 15-Jährigen der zweiten Generation umfasste 13.1% (Rauch et al., 2016, S. 326).

Als weitere internationale Bildungsvergleichsstudie ist die *Internationale Grundschul-Lese-Untersuchung* (IGLU)<sup>6</sup> zu nennen, die zuletzt 2016 die Lesekompetenz von Grundschulkindern am Ende der vierten Jahrgangsstufe untersuchte. Der auf nationaler Ebene modifizierte Fragebogen erfasste auch das Geburtsland der Eltern, anhand dessen der Migrationsstatus bestimmt wurde. Neben Kindern ohne Migrationshintergrund (beide Eltern in Deutschland geboren), ergaben sich Teilstichproben von Kindern mit einem oder zwei im Ausland geborenen Elternteilen (Wendt & Schwippert, 2017, S. 224). Bei Betrachtung aller Fälle mit vollständigen Angaben betrug bei IGLU 2016 der Anteil der Viertklässlerinnen und Viertklässler mit Migrationshintergrund 31.7%. Dabei waren bei 19.1% der Kinder beide Elternteile und bei 12.6% der Kinder nur ein Elternteil im Ausland geboren (Wendt & Schwippert, 2017, S. 225).

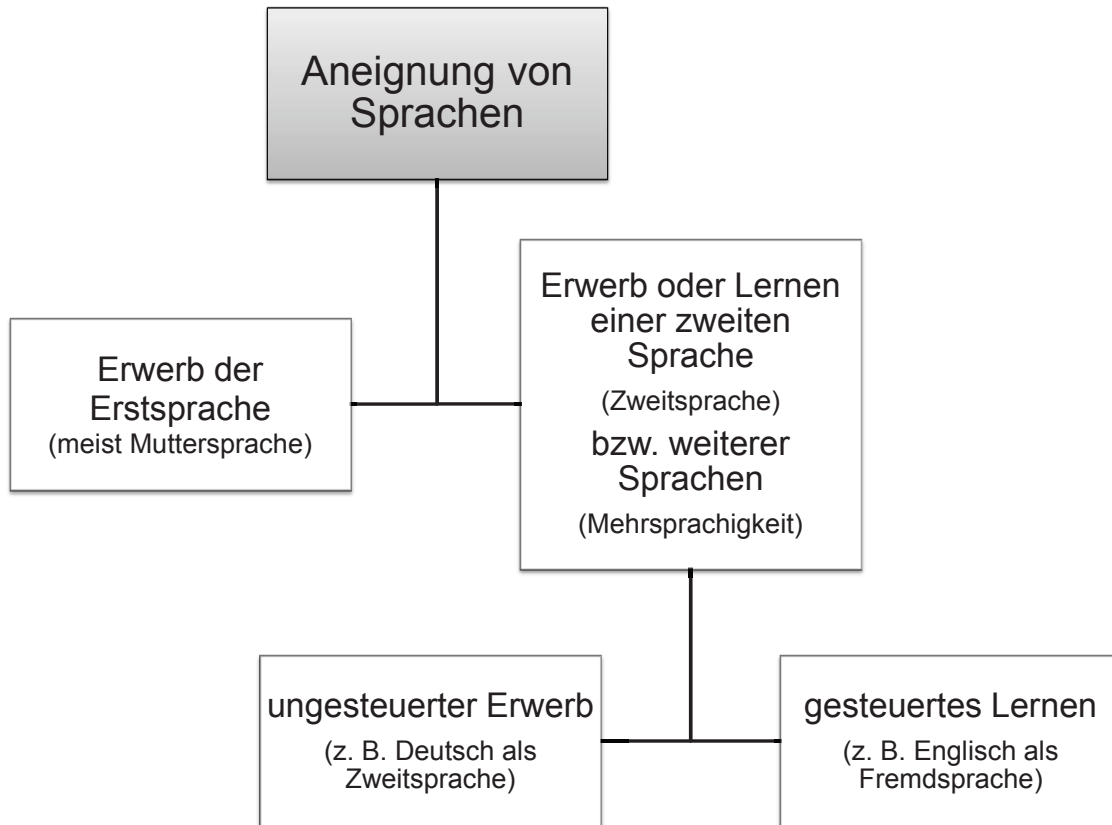
In der vorliegenden Arbeit soll der Migrationshintergrund gestuft definiert werden. Folglich wird einem Kind *kein Migrationshintergrund* zugeschrieben, wenn beide Eltern in Deutschland geboren sind. Ist nur ein Elternteil in Deutschland geboren, wird ein *partieller Migrationshintergrund* festgelegt und sind beide Eltern im Ausland geboren, liegt bei dem jeweiligen Kind ein *vollständiger Migrationshintergrund* vor. Diese Einteilung ermöglicht eine differenzierte Betrachtung der bereichsspezifischen Leistungen und einen Vergleich mit den genannten, internationalen Studien und thematisch verwandten Längsschnittstudien (vgl. Dummert, Endlich, Schneider & Schwenck, 2014).

Auf die generelle Problematik des gewählten Kriteriums zur Festlegung des Migrationshintergrunds weisen Dubowy et al. (2011) hin. Sie stellten fest, dass der Anteil der Kinder mit Migrationshintergrund höher ist, wenn anstatt der Familiensprache das Geburtsland und die Muttersprache der Eltern als Auswahlkriterium zugrunde

---

<sup>6</sup>International als *Progress in International Reading Literacy Study* (PIRLS) bezeichnet.

gelegt werden. Außerdem scheinen Erzieherinnen und Erzieher die Höhe des Anteils an Kindern mit Migrationshintergrund eher zu unterschätzen.



**Abbildung 1.** Schematische Darstellung der Aneignung einer oder mehrerer Sprache(n) (in Anlehnung an Jung & Günther, 2016, S. 62).

**Sprachhintergrund.** Wenn Kinder oder deren Eltern im nicht deutschsprachigen Ausland geboren sind, ist die zuerst gelernte Sprache – von Sprachwissenschaftlern als *Erstsprache* bezeichnet (Jung & Günther, 2016, S. 56/57) – meist nicht deutsch, außer der Geburtsort liegt in einer deutschsprachigen Region. Analog verhält es sich mit der *Muttersprache*, die definitionsgemäß die Sprache ist, die die Mutter mit dem Kind spricht. Beide Begriffe – Erst- und Muttersprache – werden häufig synonym gebraucht, da die zuerst gelernte Sprache meist die Sprache der Mutter als primäre Bezugsperson ist. Als kritischer Zeitpunkt, bis zu dem der Spracherwerb auf Erst- bzw. Muttersprachenniveau problemlos gelingen sollte, wird das dritte Lebensjahr angenommen (Müller, Kupisch, Schmitz & Cantone-Altintas, 2011, S. 16/17). Von den beiden genannten Begriffen wird die *Zweitsprache* (bzw. Dritt-, Viertsprache etc.) unterschieden. Es handelt sich dabei um „jede Sprache, die nach der Erstsprache erlernt wird“ (Jung & Günther, 2016, S. 57ff.). Für Kinder mit Migrationshintergrund, die in Deutschland

leben, ist die Zweitsprache aufgrund ihrer Notwendigkeit im Alltag meist deutsch. Wird die Zweitsprache nicht natürlich, sondern gesteuert und systematisch erworben (z. B. in der Schule), handelt es sich formal um eine *Fremdsprache*. Die Zweitsprache ist lebensnäher und hat eine höhere Alltagsrelevanz gegenüber der Fremdsprache, die vielmehr im beruflichen Kontext eine Rolle spielt. Eine weitere Unterteilung der Zweitsprache wird in Bezug auf den Zeitpunkt des Erwerbs vorgenommen. Entweder sie wird zeitgleich zur Erstsprache, d. h. simultan, oder später, d. h. sukzessiv, erlernt. Beherrscht ein Kind zwei oder mehr Sprachen und setzt diese auch problemfrei zur alltäglichen Kommunikation ein, bezeichnet man diese Form der Sprachaneignung – wie aus Abbildung 1 hervorgeht – als *Bilingualismus* bzw. *Zweisprachigkeit* und *Mehrsprachigkeit*.

## 1.2 Zusammenhänge zwischen Migrations- und Sprachhintergrund

Aus den vorangegangenen Definitionen lässt sich erschließen, dass Kinder mit Migrationshintergrund nicht selbst im Ausland geboren sein müssen, um diesen Status zu erhalten. Sofern in der Familie die Muttersprache der Eltern bzw. eines Elternteils als Familiensprache gesprochen und vom Kind als Erstsprache erworben wird, ist es jedoch für die Integration in Deutschland erforderlich, die deutsche Sprache als Zweitsprache zu erlernen. Als fördernde Einflussfaktoren auf den Zweitspracherwerb nennt Esser (2006) das Einreisealter sowie die Sprachfertigkeit und das Bildungsniveau der Eltern. Zu den hemmenden Faktoren zählt er die linguistische Distanz zwischen Erst- und Zweitsprache, eine hohe weltweite Verwertbarkeit der Erstsprache sowie eine hohe soziokulturelle Distanz zwischen Zuwanderern und ihrer neuen Umgebung. Entscheidend sei auch, inwieweit sich Migrantinnen und Migranten gegenüber dem Erwerb der Zweitsprache und damit der neuen Umgebungssprache öffnen oder an ihrer Mutter- bzw. Familiensprache festhalten. Beide Bestrebungen seien laut Esser (2006) nur schwer miteinander vereinbar, weswegen nur wenige Personen über eine kompetente Zweisprachigkeit verfügen, d. h. ihre Zweit- und Erstsprache auf gleichem Niveau sprechen. Ergänzend postuliert die Interdependenzhypothese von Cummins (1979), dass Kinder in ihrer Erstsprache ein bestimmtes Kompetenzniveau erreicht haben müssen, um eine Zweitsprache auf höherem Niveau zu erwerben und gleichzeitig die weitere Entwicklung der Erstsprache nicht zu behindern bzw. zu erschweren. Daher ist bei der Interpretation der Leistungsunterschiede in den zuvor genannten Schulvergleichsstudien von Kindern mit und ohne Migrationshintergrund (z. B. OECD, 2010; Klieme et al., 2010) auch der Einfluss der sprachlichen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler auf die schulischen Mathematikleistungen zu berücksichtigen. Wenn die Bildungssprache Deutsch nur unzureichend beherrscht wird, ist das Risiko erhöht, dass im Unterricht vermittelte Inhalte nicht ausrei-

chend verstanden und verinnerlicht werden (vgl. Chudaske, 2012). Studien belegen, dass Kinder mit Migrationshintergrund bereits im Kindergarten- und Grundschulalter über geringere sprachliche Kompetenzen (im Deutschen) verfügen als Gleichaltrige ohne Migrationshintergrund (Dubowy, Ebert, Maurice & Weinert, 2008; Bos, Tarelli, Bremerich-Vos & Schwippert, 2012). Folglich sind die Einflussfaktoren Migrations- und Sprachhintergrund als Variablen zu betrachten, die eng miteinander verknüpft sind. Gleichzeitig argumentieren Sprachwissenschaftler, dass der Sprachhintergrund bzw. die Mehrsprachigkeit nicht als Interpretationsgrundlage für eine geringere Bildungschance betrachtet werden soll und plädieren für eine Abwendung von dieser defizitorientierten Sichtweise (Keim & Tracy, 2006). Keim und Tracy (2006, S. 226) sprechen sich dafür aus, bei der Leistungsbeurteilung von Kindern mit Migrationshintergrund weniger die sprachlichen Defizite zu fokussieren, sondern darauf zu achten, „was Kinder unter den bisher gegebenen Lern- und Lebensbedingungen bereits erreicht haben“. Hierfür erachten sie eine umfassende Sprachförderung und Unterstützung dieser Kinder beim Erwerb der deutschen Sprache als wichtige Voraussetzung, damit sie ihr Potenzial entfalten und im Bildungssystem erfolgreich sein können. Plausibel erscheint, dass das Vorliegen eines Migrationshintergrunds nicht die Bildungsbenachteiligung der betreffenden Kinder alleine erklären kann, da andere Faktoren wie der sozioökonomische Status und die Familiensprache hiermit konfundiert sind und ihrerseits einen kausalen Einfluss haben (vgl. Goldammer, Mähler & Hasselhorn, 2011; Linberg & Wenz, 2017).

Für die vorliegende Arbeit gilt daher, dass für den Vergleich der mathematischen Leistungen zusätzlich zum Migrationshintergrund auch Indikatoren für die deutsche Sprachkompetenz und der sozioökonomische Status als Einflussfaktoren in den Analysen berücksichtigt werden sollen. Inwieweit sich der Migrationshintergrund auf die Entwicklung mathematischer Kompetenzen auswirkt, wird in Abschnitt 2.4.3 erläutert.

Im nächsten Kapitel werden Entwicklungsmodelle der frühen mathematischen Kompetenzentwicklung und neuropsychologische Modelle der Zahlenverarbeitung dargestellt.

## 2 Mathematische Kompetenzen

Der Umgang mit Mengen und deren schriftliche Darstellung ist ein Phänomen in der Entwicklungsgeschichte der Menschheit, dessen Ursprünge Jahrtausende zurückliegen (vgl. Livio, 2010). Mit der Frage, wie sich diese Entwicklung im individuellen Lebenslauf vollzieht, beschäftigt sich u. a. die Entwicklungspsychologie, jedoch erst gegen Ende des letzten Jahrhunderts verstärkt. Auch wenn die mathematische Kompetenzentwicklung bislang weniger beforscht ist als der Schriftspracherwerb, untersuchte z. B. Piaget bereits Mitte des letzten Jahrhunderts die Entwicklung des Zahlbegriffs und das mathematische Denken (Piaget, 1972; Piaget & Szeminska, 1972). Im nachfolgenden Abschnitt wird die mathematische Kompetenzentwicklung vom Vorschul- bis ins Grundschulalter anhand von zwei aktuellen, kognitiv-entwicklungspsychologischen Modellen und einem mathematikdidaktisch orientierten Modell aufgezeigt, um einen Einblick in zentrale Entwicklungsschritte in diesem Bereich zu geben. Zudem sollen neuropsychologische Aspekte der Zahlenverarbeitung betrachtet werden, da auf dieser Ebene Verknüpfungspunkte zur Sprachkompetenz zu finden sind. Abschließend erfolgt eine Betrachtung von Faktoren, die die mathematische Kompetenzentwicklung direkt beeinflussen oder damit indirekt in Verbindung stehen.

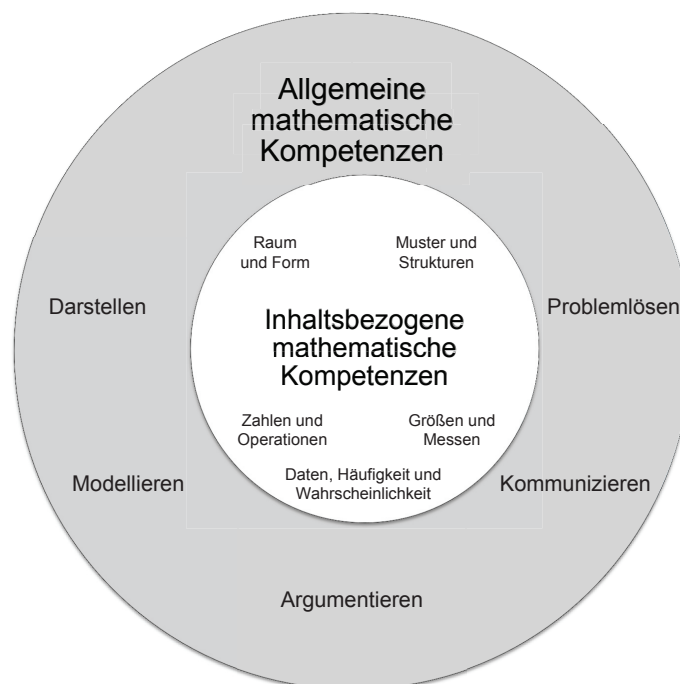
Auf diagnostische Möglichkeiten und Verfahren zur Messung mathematischer Kompetenzen soll in den nachfolgenden Kapiteln nicht näher eingegangen werden, da sie für das Verständnis der Fragestellungen und Ergebnisse der vorliegenden Arbeit nicht zwingend erforderlich sind. Ein Überblick zu dieser Thematik findet sich beispielsweise bei Hasselhorn, Heinze, Schneider und Trautwein (2013).

### 2.1 Begriffsdefinitionen

**Kompetenz.** Mittlerweile existieren vielfältige Begriffsdefinitionen des in der Bildung und Forschung gebräuchlichen Begriffs „Kompetenz“ (Hartig & Klieme, 2006, S. 128). Als Referenzzitat wird die Definition von Weinert (2001, zitiert nach Klieme, 2004, S. 11) genannt, die Kompetenzen als „bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ inhaltlich festlegt. Damit wird deutlich, dass mit „Kompetenz“ eine selbstständige und situativ angemessene Problemlösung, die weit über das reine Aneignen und die Reproduktion von Faktenwissen hinausgeht, gemeint ist (vgl. Heinze & Grüßing, 2009, S. 62). Für die empirische Forschung geeigneter erschien eine Einschränkung des Kompetenzbegriffs auf kognitive Prozesse, was

der Definition in den internationalen Schulleistungstudien entspricht (Hartig & Klie-me, 2006, S. 129). Der Erwerb von Kompetenzen beginnt bereits im Säuglingsalter und ist durch Anregung und Förderung beeinflussbar (vgl. Weinert, 2008). Dabei können Kompetenzen im Bildungsverlauf ihre Bedeutung von „bereichsspezifisch“ zu „bereichsübergreifend“ verändern, wodurch die Komplexität des Begriffs betont wird. Kennzeichnend für Kompetenzen ist auch, dass sie aufeinander aufbauen.

**Mathematische Kompetenzen.** Unter „mathematischer Kompetenz“ verstehen Reiss, Heinze und Pekrun (2008, S. 108) das „Lösen geeigneter Aufgaben“ sowie „alltagsnahe Anwendungen genauso wie Anwendungen innerhalb der Disziplin“. Die entsprechenden Aufgaben werden in den jeweiligen Bildungsplänen der Länder, in denen der Kompetenzbegriff zur Festlegung von Bildungszielen – sog. „Bildungsstandards“ (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005) – verwendet wird, präzisiert. Die Kultusministerkonferenz formulierte 2004 für das Fach Mathematik für den Primarbereich (Jahrgangsstufe 4) sowohl allgemeine als auch inhaltsbezogene mathematische Kompetenzen (s. Abb. 2).



**Abbildung 2.** Allgemeine und inhaltsbezogene mathematische Kompetenzen des Grundschulunterrichts.

Jedoch waren die Lehrpläne einiger Bundesländer – darunter auch Bayern und Berlin – bereits vor diesem Zeitpunkt verabschiedet worden, weswegen in diesen manche der laut Kultusministerkonferenz festgelegten mathematischen Kompetenzen nicht explizit aufgeführt sind (vgl. Wendt et al., 2016).

Analog zu den Beschlüssen der Kultusministerkonferenz gibt es auch für den Elementarbereich mittlerweile Bildungsrichtlinien. Im „Bayerischen Bildungs- und Erziehungsplan“ (Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie und Frauen, 2016) sowie im „Berliner Bildungsprogramm für Kinder in Tageseinrichtungen bis zur Einschulung“ (Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft, 2014) ist Mathematik als themenbezogener Bereich für die Förderung von Kindern im Vorschulalter aufgeführt.<sup>7</sup>

Bildungsbereich Mathematik	
Bayerischer Bildungs- und Erziehungsplan für Kinder in Tageseinrichtungen bis zur Einschulung	Berliner Bildungsprogramm für Kitas und Kindertagespflege
<b>(1) Pränumerischer Bereich:</b> z.B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsicht über das Gleichbleiben von Größen und Mengen</li> <li>• Grundlegendes Mengenverständnis</li> <li>• Vergleichen, Klassifizieren und Ordnen von Objekten bzw. Materialien</li> <li>• Grundlegendes Verständnis von Relationen</li> <li>• Grundlegende Auffassung von Raum und Zeit</li> </ul>	<b>(1) Sortieren und Klassifizieren</b> <b>(2) Muster und Symmetrie</b> <b>(3) Raum und Geometrie:</b> z.B. abstrakte Formen und Körper verstehen <b>(4) Wiegen, Messen und Vergleichen:</b> auf unterschiedlichste Maßeinheiten bezogen
<b>(2) Numerischer Bereich:</b> z.B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zählkompetenz</li> <li>• Eins-zu-eins-Zuordnung</li> <li>• Stabile Reihenfolge der Zahlensymbole</li> <li>• Grundverständnis über Relationen und mathematische Rechenoperationen</li> </ul>	<b>(5) Zahl und Zahlenmenge:</b> z.B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhang zwischen Zahlen und Objekten</li> <li>• Zahlensinn</li> <li>• Kardinalzahlen</li> <li>• Ordinalzahlen</li> <li>• Hausnummern</li> <li>• Mathematische Rechenoperationen verstehen</li> </ul>
<b>(3) Sprachlicher und symbolischer Ausdruck mathematischer Inhalte:</b> z.B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebrauch von Zahlwörtern</li> <li>• Umgang mit Begriffen wie z.B. größer, kleiner</li> </ul>	<b>(6) Grafische Darstellung und Statistik:</b> visuelle Unterstützung beim Vergleichen von Anzahlen und Mengen

**Abbildung 3.** Gegenüberstellung des Bayerischen Bildungs- und Erziehungsplans und des Berliner Bildungsprogramms für den Bereich Mathematik.

<sup>7</sup>Die Daten der vorliegenden Studie wurden in Bayern und Berlin erhoben, weswegen lediglich auf die Bildungspläne dieser beiden Bundesländer Bezug genommen wird.

Im Vergleich der beiden Bundesländer wird ersichtlich (s. Abb. 3), dass die Inhalte des Bayerischen Bildungsplans für Mathematik in drei anstatt in sechs Bereiche unterteilt und die einzelnen Bereiche mit Beispielen detaillierter beschrieben sind (vgl. Heinze & Grüßing, 2009). Die Inhalte der Bildungspläne müssen nicht verpflichtend umgesetzt werden, sondern dienen vielmehr der Orientierung für Erzieherinnen und Erzieher bei der pädagogischen Planung von Aktivitäten und der Gestaltung und Reflexion von Erfahrungsmöglichkeiten für die Kinder in Kindertagesstätten und Kindergärten.

In Veröffentlichungen zu *PISA* wurde „mathematische Kompetenz“ als „die Fähigkeit, mathematisches Wissen und mathematische Prozesse funktional auf unterschiedliche Problemstellungen anzuwenden“ definiert (Reiss et al., 2016, S. 220f.). Gleichzeitig wurde hier der Begriff der „mathematischen Grundbildung“ (Mathematical Literacy) verwendet, der den realitätsnahen Aufgabencharakter und „die Bedeutsamkeit einer aktiven Auseinandersetzung mit der Mathematik“ hervorhebt. Bei der Aufgabenformulierung wurden folgende drei Dimensionen unterschieden: Mathematische Inhaltsbereiche, Prozesse und (reale) Kontexte. Teilweise überschneiden sich die Inhaltsbereiche mit den schulischen Lehrplänen und Bildungsstandards.

Die *TIMMS*-Rahmenkonzeption beinhaltet drei mathematische Inhaltsbereiche (Arithmetik (Number), Geometrie/Messen, Umgang mit Daten), die an die Lehrpläne der teilnehmenden Staaten und Regionen bestmöglich angepasst und an die KMK-Bildungsstandards angelehnt waren, wobei sie deren Struktur nicht vollständig entsprachen. Daneben wurden die gestellten Aufgaben drei kognitiven Anforderungsbereichen (Reproduzieren, Anwenden, Problemlösen) zugeordnet (Wendt et al., 2016, S. 88ff.), die wiederum mit den allgemeinen Kompetenzen der KMK-Bildungsstandards nahezu übereinstimmten.

Bei *IGLU-E*, der Erweiterung von *IGLU* u. a. um mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen, wurden Aufgaben zu den Bereichen Arithmetik, Größen und Sachrechnen und Geometrie gestellt, um die mathematische Grundbildung von Schülerinnen und Schülern am Ende der vierten Jahrgangsstufe zu erfassen (vgl. Walther, Geiser, Langeheine & Lobemeier, 2003). Die erzielten Leistungen wurden fünf Kompetenzstufen zugeordnet und dadurch inhaltlich interpretiert. Die Kompetenzstufen reichten von „rudimentärem schulischen Anfangswissen“ (Stufe 1) bis „Problemlösen bei Aufgaben mit innermathematischem oder außermathematischem Kontext“ (Stufe 5) (vgl. Ufer, Reiss & Heinze, 2009).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es sich bei dem Begriff „mathematische Kompetenz“ um ein Konstrukt handelt, das abhängig vom Verwendungsbereich und dem zugrunde gelegten Lebensalter unterschiedlich definiert wird (Reiss et al., 2008; Hildenbrand, 2016). Für die vorliegende Arbeit ist vielmehr die Beschreibung als bereichsspezifische Leistungsdisposition, die durch die (Lern-)Umwelt beeinflussbar und im Verlauf der Entwicklung dynamisch ist, geeignet (vgl. Ufer et al., 2009). Dabei liegt der Fokus des empirischen Teils dieser Arbeit auf dem arithmetischen Bereich, da



grundlegendes Wissen hierzu bereits im Vorschulalter erworben wird und insbesondere die Zählfertigkeit und Ziffernkenntnis nachweislich durch linguistische Fähigkeiten beeinflusst werden (s. Abschnitt 2.4). Im Mittelpunkt stehen hierbei die „Mengen-Zahlen-Kompetenzen“, die sich im Entwicklungsverlauf schrittweise verändern und im Wesentlichen ein Verständnis der Verknüpfung von Ziffern mit dazugehörigen Größen umfassen (Ennemoser & Krajewski, 2015, S. 388).

Insgesamt wird in dieser Arbeit weniger Wert auf die sprachliche Präzisierung gelegt, sondern – auch zur besseren Lesbarkeit – der einheitliche Gebrauch des Kompetenzbegriffs präferiert. Im nachfolgenden Abschnitt soll die Entwicklung mathematischer Kompetenzen anhand von drei Kompetenzmodellen, die für die vorliegende Arbeit konzeptuell geeignet sind, aufgezeigt werden.

## 2.2 Entwicklungsmodelle für das Vor- und Grundschulalter

Studien zufolge sind schon Säuglinge im Alter von ungefähr sechs Monaten in der Lage, Unterschiede bzw. Veränderungen von Mengen zu erkennen (Xu & Spelke, 2000; Xu, 2003). Auch wenn die zugrunde liegenden kognitiven Mechanismen noch nicht vollständig geklärt sind, so weisen diese Befunde darauf hin, dass bereits in diesem frühen Entwicklungsalter ein basales Interesse und eine Bereitschaft zur kognitiven Verarbeitung entsprechender Informationen vorhanden sind. Die Entwicklung mathematischer Kompetenzen beginnt also nicht erst mit der formalen Unterrichtung nach Schuleintritt, sondern bereits lange Zeit vorher, spätestens dann, wenn Kinder im häuslichen Umfeld, in der Kinderkrippe und dem Kindergarten an den Umgang mit Mengen und Zahlen herangeführt werden (Clarke, Clarke, Grüßing & Peter-Koop, 2008). Meist geschieht dies auf spielerische Art und in praktischer Auseinandersetzung mit der Lebensumwelt (vgl. Benz, Peter-Koop & Grüßing, 2015, S. 29ff.). Beispielsweise durch das Singen eines Liedes („Eins, zwei, drei, das Spielen ist vorbei...“) werden Kinder als Aufforderung zum Aufräumen eher beiläufig mit der Zahlwortreihe konfrontiert. Da dem Bereich „Mathematik“ ein großer Stellenwert im schulischen Bildungsverlauf zukommt, gibt es mittlerweile auch länderspezifische „Bildungspläne“ für Kinder bis zur Einschulung. Zudem hat sich auch die Forschung zunehmend der erforderlichen Entwicklung von mathematischen Kompetenzmodellen für diesen Altersbereich gewidmet (vgl. Heinze & Grüßing, 2009, S. 55).<sup>8</sup>

Bislang existiert kein allgemein gültiges Entwicklungsmodell mathematischer Kompetenzen, da der Verlauf großen interindividuellen Unterschieden unterliegt (Dowker,

---

<sup>8</sup>Eine Auflistung von mathematischen Kompetenzen, die ein normal entwickeltes Vorschulkind zeigen sollte, ist beispielsweise bei Krajewski (2008, S. 126f.) nachlesbar.

2008). Daher werden nachfolgend drei bekannte und empirisch geprüfte Modelle vorgestellt.<sup>9</sup>

### 2.2.1 Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung von Krajewski

Das Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung (ZGV-Modell) von Krajewski (2013) integriert und erweitert klassische Theorien zu mengen- und zahlbezogenen Kompetenzen. Es bildet zudem die theoretische Basis eines umfassend evaluierten Förderprogramms (Krajewski et al., 2007). In diesem Modell wird der Entwicklungsprozess des größen- und zahlbezogenen Wissens vom Vorschul- bis ins Grundschulalter in drei aufeinander aufbauende Kompetenzebenen unterteilt (s. Abb. 4).

*Ebene I* bezieht sich auf den Erwerb von Basisfertigkeiten. Hiermit ist die Unterscheidung von Größen<sup>10</sup> verschiedener Maßeinheiten und die Kenntnis der Zahlwörter und der exakten Zahlwortreihe gemeint. Eine Verknüpfung zwischen Mengen- und Zahlenwissen findet auf der ersten Ebene noch nicht statt. Kinder erwerben die Zahlwörter und schließlich die genaue Zahlwortreihe zunächst durch Auswendiglernen, ohne sie mit den korrespondierenden Mengen zu assoziieren. Fuson (1988) unterscheidet insgesamt fünf Stufen in Bezug auf den Entwicklungsprozess des Zählens bei Kindern, der von der ganzheitlichen Wahrnehmung und Wiedergabe der Zahlen in ihrer exakten Reihenfolge bis hin zur gezielten Verwendung einzelner Zahlwörter zur Benennung von Größen und zum Rechnen verläuft.

Auf *Ebene II* des Modells nach Krajewski entwickeln Kinder mit ca. drei Jahren ein „einfaches Zahlenverständnis“, das einerseits die Wahrnehmung von Größenrelationen ohne Zahlenbezug (d. h. Zu-/Abnahme, Teil-Ganzes, gleichbleibende Mengen/Größeninvarianz) und andererseits die Verbindung von Zahlwörtern oder Ziffern mit ungefähren und letztlich exakten Größen (unpräzise und präzise Größenrepräsentation) beinhaltet. Aufgrund des häufigeren Gebrauchs von kleineren Zahlen und Mengen im Alltag liegt es nahe, dass Kinder den beschriebenen Prozess der Verknüpfung von Mengen mit den zugehörigen Zahlen (Anzahlkonzept) für kleinere Zahlen bzw. Mengen früher durchlaufen als für größere.

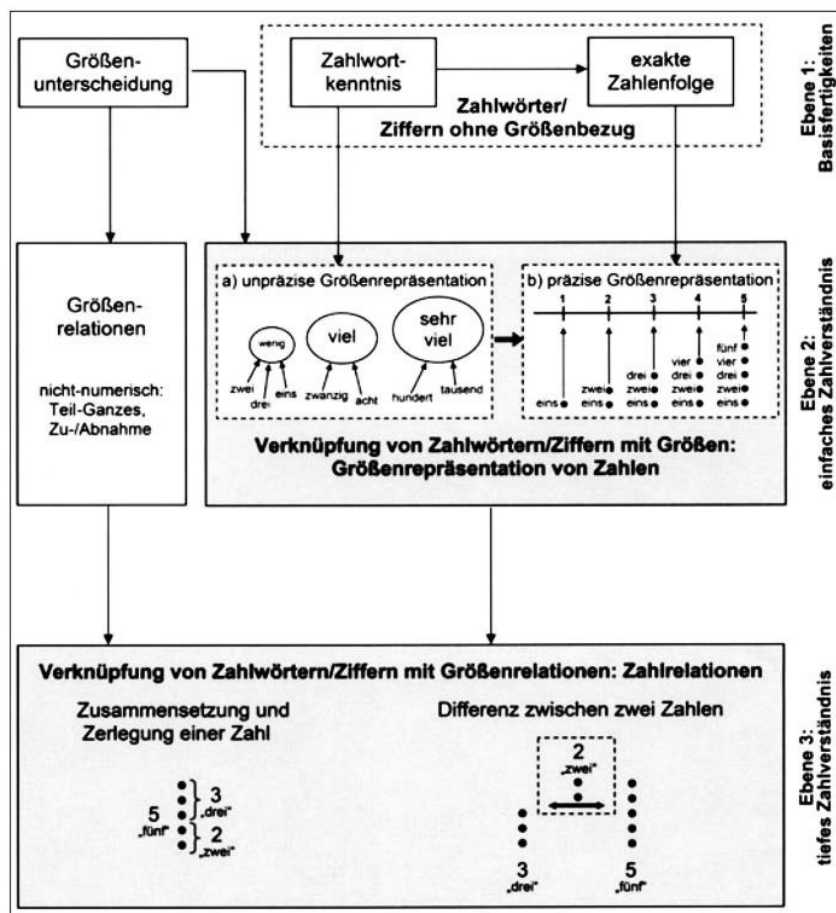
Auf *Ebene III*, der letzten Stufe des ZGV-Modells, werden die auf Ebene II noch separaten Kompetenzen miteinander verbunden. Kinder sind im Alter von sechs Jahren – für kleinere Zahlen auch schon mit vier Jahren – fähig, Zahlen zu zerlegen, sie wieder zusammensetzen und auch Unterschiede zwischen Größen mit exakten Zahlen bzw. Ziffern zu kennzeichnen.

---

<sup>9</sup>Eine umfassende Darstellung klassischer und aktueller Entwicklungsmodelle sowie empirischer Befunde zu mathematischen Kompetenzen für den vorschulischen und schulischen Altersbereich findet sich z. B. bei Schneider, Küspert und Krajewski (2016).

<sup>10</sup>Die Autorin verwendet bewusst den Begriff „Größe“ anstelle von „Menge“ zur Präzisierung und Erweiterung (vgl. Krajewski & Ennemoser, 2013, S. 42).

Laut Krajewski (2013) werden die drei Kompetenzebenen für unterschiedliche Zahlenräume normalerweise nicht gleichzeitig durchlaufen. Vielmehr zeigt sich, dass Kinder in Bezug auf kleinere Anzahlen und Zahlen bereits über Kompetenzen der dritten Ebene verfügen, während sich ihr Verständnis im höheren Zahlenraum auf einer niedrigeren Ebene befindet. Darüber hinaus ergeben sich auch Unterschiede in den Leistungen von Kindern abhängig davon, ob mathematische Aufgaben verbal oder schriftlich vorgegeben werden oder konkretes Anschauungsmaterial zur Verfügung gestellt wird (vgl. Schneider et al., 2016, S. 32).



**Abbildung 4.** Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung nach Krajewski (Schneider et al., 2016, S. 25).

## 2.2.2 Kognitives Entwicklungsmodell arithmetischer Konzepte von Fritz et al.

In ihrem Entwicklungsmodell arithmetischer Konzepte beschreiben Fritz, Ehlert und Leutner (2018) die Kompetenzentwicklung von 4- bis 8-jährigen Kindern anhand von sechs Entwicklungsniveaus, die nicht konzeptuell getrennt voneinander, sondern als

überschneidend definiert werden. Hierbei gibt es einige inhaltliche Übereinstimmungen zum Entwicklungsmodell von Krajewski (2013). Das Modell wurde für die Niveaus I bis V im Zahlenraum bis 20 und für das Niveau VI im Zahlenraum bis 100 validiert.

*Niveau I* beschreibt den Zahlworterwerb als erstes Konzept präziser Zahlen. Zunächst erlernen Kinder die Zahlwortreihe ohne inhaltlichen Bezug. Durch Eins-zu-eins-Zuordnung werden Zählprozesse möglich, an deren Ende eine Zahl als Ergebnis steht. Auch „Subitizing“, also das gleichzeitige Erfassen von bis zu vier Elementen, ist auf diesem Niveau möglich. Die so wahrgenommene Menge können Kinder schließlich mit einem Zahlwort bezeichnen, ohne bereits verstanden zu haben, dass ein Zahlwort für eine bestimmte Anzahl von Objekten steht.

Auf *Niveau II* erfolgt die Entwicklung eines ordinalen Zahlenstrahls, und die Beziehung der Zahlen untereinander wird relevant. Die Kinder verfügen nun über einen „mentalen Zahlenstrahl“, der es ihnen ermöglicht, Vorgänger und Nachfolger einer Zahl zu benennen und Zahlen rein kognitiv hinsichtlich ihrer Mächtigkeit zu vergleichen, ohne dabei eine Eins-zu-eins-Zuordnung (vgl. Niveau I) vorzunehmen. Mit ergänzender Hilfe von Anschauungsmaterialien oder den Fingern können Additions- und Subtraktionsaufgaben gelöst werden. Hierbei ist es auf diesem Entwicklungsniveau noch erforderlich, dass – beginnend bei Eins – sämtliche Mengen ausgezählt werden.

Mit dem Erwerb des Kardinalprinzips auf *Niveau III* verstehen Kinder nun, dass hinter einem Zahlwort immer dieselbe Menge an Objekten steht. Sie begreifen auf diesem Niveau auch, dass es egal ist, in welcher Reihenfolge die Objekte gezählt werden und sie unterschiedliche Eigenschaften besitzen. Kinder können Additionsaufgaben durch Zusammenzählen beider Mengen lösen, indem sie bei der zweiten Menge weiter zählen. Die Lösung solcher Aufgaben ist auf diesem Niveau zunächst auf konkreter Handlungsebene möglich.

Erst auf *Niveau IV* können Kinder Additionsaufgaben auf symbolisch-algebraischer Ebene lösen, da sie hier mit dem Erwerb des „Teil-Teil-Ganzes-Konzepts“ beginnen. Dieser Prozess erfolgt meist während der ersten Schuljahre. Sie begreifen, dass sich Zahlen – analog zu Mengen – ebenfalls in zwei kleinere Zahlen bzw. Mengen aufteilen und auch wieder zusammensetzen lassen, also flexibel zerlegbar sind. Daraus ergibt sich ein „Zahlentripel“, das die Beziehungen zwischen Teil- und Gesamtmenge genau festlegt. Auf diesem Entwicklungsstand sind Aufgaben lösbar, bei denen nach einer Menge aus dem Zahlentripel gefragt wird.

Mit Erreichen des *Niveaus V* wird der Erwerb des Zahlbegriffs vollendet, indem auch der Bezug zwischen Ordinalitäts- (Niveau II) und Kardinalitätskonzept (Niveau III) verstanden wird: die „Relationalität“. Mit Vollzug dieses Entwicklungsschritts verfügen Kinder über einen elaborierten Zahlenstrahl, auf dem aufeinanderfolgende Zahlen die gleichen Abstände voneinander besitzen. Folglich können sie Differenzen zwischen

Mengen bilden und haben die Voraussetzung erworben, um im nächsten Niveau Konzepte der Multiplikation, Division und des Stellenwertes zu verstehen.

*Niveau VI* ist dadurch gekennzeichnet, dass erneut eine Verbindung von erzielten Konzepten vorheriger Niveaus erfolgt. Kinder verstehen, dass sich Zahlen in zwei gleichmächtige Teilmengen (Bündel) zerlegen und vereinigen lassen. Dadurch können „Bündeleinheiten“ gebildet und zur Lösung von Multiplikationsaufgaben verwendet werden. In Kombination mit dem bereits erworbenen Teil-Teil-Ganzen-Konzept kann eine Zahl in unterschiedliche Bündeleinheiten unterteilt werden. Dies befähigt Kinder im weiteren Entwicklungsprozess dazu, Divisionsaufgaben und das Stellenwertsystem zu verstehen.

Anhand einer Übersicht von Fritz et al. (2018, S. 19) wird ersichtlich, welche arithmetischen Aufgaben auf welchem Niveau und in welcher Weise lösbar sind (s. Abb. 5).

		Niveau					
		I	II	III	IV	V	VI
<i>Bedeutung des Konzepts für ...</i>	<i>Zahlrepräsentation (Was bedeutet eine Zahl?)</i>	Resultat von Zählprozessen	Position auf dem mentalen Zahlenstrahl	Mächtigkeit einer Menge	Determinierte Beziehung von Teilen und Ganzem	Abstand zwischen zwei Zahlen	Zahlen als Bündeleinheiten
	<i>Größenvergleich</i>	Eins-zu-Eins-Zuordnung	Auftreten in Zahlwortreihe	Anzahl der Elemente	–	–	–
	<i>Addition/Subtraktion</i>	–	Weiter-/Rückwärtszählen	Zusammenfügen/Aufteilen von Mengen	Identifizierung von Teilen und Ganzem	Weiter-/Zurückgehen um eine best. Anzahl	–
	<i>Multiplikation/Division</i>	Gerechtes Verteilen mittels Eins-zu-Eins-Zuordnung	Zählen in Zweerschritten	Grundvorstellungen (räumlich-simultan/zeitlich-sukzessiv) der Multiplikation als wiederholte Addition	Flexibles Aufteilen einer Menge in Teilmengen	–	Ein-/Aufteilen in gleichgroße Bündel
	<i>Stellenwert</i>	–	–	–	Dez. Zerlegen (20+4)	Gleicher Abstand zwischen Zehnerzahlen	Bündel als dezimale Einheiten
	<i>Zahlaspekt</i>	–	Ordinalzahlaspekt	Kardinalzahlaspekt	–	Relationalzahlaspekt	–

**Abbildung 5.** Bedeutung der sechs Niveaus für verschiedene mathematische Aspekte (Fritz et al., 2018, S. 19).

Im Unterschied zum Modell von Fritz et al. (2018) steht beim ZGV-Modell nach Krajewski (2013) die Verknüpfung von Zahlen mit der zugrunde liegenden Größe bzw. Anzahl – auch „Anzahlkonzept“ genannt – im Zentrum einer qualitativen Weiterentwicklung. Hiervon gelöst werden grundlegende Zählfertigkeiten, d. h. der elaborierte Umgang mit der Zahlwortreihe, wie von Fuson (1988) beschrieben, betrachtet (vgl. Schneider et al., 2016, S. 34). Beiden Modellen gemeinsam ist die Annahme, dass sich Kinder im Verlauf der Kompetenzentwicklung innerhalb kleinerer bzw. größerer Zahlenräume auf unterschiedlichen Ebenen bzw. Niveaus befinden können.

Dass es sich bei den zuvor beschriebenen Entwicklungsmodellen nur um eine schematische Darstellung handelt und nicht um eine realitätsgetreue Abbildung des mathematischen Kompetenzerwerbs, wird dann ersichtlich, wenn man die interindividuellen Unterschiede in den mathematischen Kompetenzen bei Kindern im Vorschulalter betrachtet (Dowker, 2008).

### 2.2.3 Kompetenzmodell für die Mathematik in der Grundschule von Reiss et al.

Anders als die Entwicklungsmodelle nach Krajewski (2013) und Fritz et al. (2018), die sich mit der zeitlichen Entwicklung mathematischer Kompetenzen über das Vorschulalter bis zur frühen Grundschulzeit beschäftigen, bezieht sich das Kompetenzmodell von Reiss et al. (2008) auf den mathematischen Kompetenzerwerb von der ersten bis zur vierten Klasse und entstammt dem Bereich der Mathematikdidaktik. Das Modell wurde auf Basis des Kompetenzmodells der IGLU-Studie auf die Klassenstufen 1 bis 4 erweitert und beschreibt folgende fünf hierarchisch gegliederte Entwicklungsniveaus, die in jeder Klassenstufe durchlaufen werden:

- *Niveau 1*: Numerisches und begriffliches Grundlagenwissen (Routineprozeduren) ohne Anwendungsbezug
- *Niveau 2*: Grundfertigkeiten im Umgang mit dem Zehnersystem, der ebenen Geometrie und Größen
- *Niveau 3*: Sicheres Rechnen in curricularem Umfang und einfaches Modellieren
- *Niveau 4*: Beherrschung der Grundrechenarten unter Nutzung der Dezimalstruktur und begriffliche Modellierung
- *Niveau 5*: Problemlösen in mathematischen Kontexten

Für das jeweilige Ende einer Klassenstufe wurden die einzelnen Niveaus genauer definiert, d. h. Niveau 1 umfasst zum Schuljahresende Inhalte, die bereits im Vorschuljahr bzw. im Schuljahr davor erworben wurden (z. B. Zählfertigkeiten im Zahlenraum bis ca. 20 am Ende der ersten Klasse) (Ufer et al., 2009, S. 67).

Inhaltlich schließt das Modell primär die mathematischen Bereiche der Arithmetik und des Sachrechnens aufgrund ihrer Systematik im Mathematikunterricht der Grundschule und ihrer Relevanz für den weiteren Bildungsverlauf ein. Reiss et al. (2008) gehen zudem davon aus, dass es sich um theoretisch abgrenzbare Niveaus handelt und auf dem ersten und fünften Niveau vergleichsweise wenige Kinder in ihrer Kompetenzentwicklung zu finden sind. Im Rahmen einer Längsschnittstudie (BIG-MATH) wurde das Modell evaluiert und es zeigte sich, dass die mathematische Kompetenzentwicklung während der Grundschulzeit eher kontinuierlich abläuft und Kinder nach Wechsel der Klassenstufe meist dasselbe Niveau erreichen (Ufer et al., 2009). Einschränkend weisen Reiss et al. (2008) darauf hin, dass das Kompetenzmodell keine kognitiven Prozesse, die für die Durchführung mathematischer Prozeduren erforderlich sind, berücksichtigt.

## 2.3 Neuropsychologische Modelle der Zahlenverarbeitung

Wie im vorangegangenen Abschnitt anhand der kognitiv-entwicklungspsychologischen Modelle und des mathematikdidaktischen Modells beschrieben, beginnt die mathematische Kompetenzentwicklung bereits lange vor Schuleintritt. Neben der zeitlichen Entwicklung dieser Kompetenzen ist auch die Betrachtung von zugrunde liegenden mentalen bzw. neurologischen Prozessen der Zahlenverarbeitung für die vorliegende Arbeit relevant, um zu verstehen, in welchen Aspekten es mögliche Zusammenhänge zur Sprachverarbeitung gibt, zu welcher auch die phonologische Bewusstheit zählt. Nachfolgend werden zunächst drei Modelle der Zahlenverarbeitung dargestellt und zum Abschluss wird ein zeitgemäßes, neuropsychologisches Entwicklungsmodell erläutert.

### 2.3.1 Prozessmodell von McCloskey

Ein kognitives Modell der Zahlenverarbeitung formulierten McCloskey, Caramazza und Basili (1985) auf der Grundlage von empirischen Befunden bei neurologischen Patienten sowie von theoretischen Überlegungen (vgl. Landerl, Vogel & Kaufmann, 2017; Lambert, 2015). Sie nahmen an, dass die Verarbeitung von Zahlen im Gehirn unabhängig vom eingehenden Format („Input-Format“) durch ein zentrales, semantisches System gesteuert wird (s. McCloskey, 2007, S. 248). Alle eingehenden Zahlenformate (d. h. gesprochene Zahlen, geschriebene Zahlwörter, arabische Ziffern) werden in abstrakte Vorstellungen der Zahlengröße umgewandelt. Das zentrale System wiederum hängt direkt mit dem „Input“ (Verständnis) und „Output“ (Produktion) des übergeordneten Rechensystems zusammen und beliefert dieses mit Informationen. Die beiden Systeme für Input und Output sind jeweils in zwei Komponenten unterteilt: Verständnis bzw. Produktion verbaler Zahlen – in gesprochener oder geschriebener Form – und arabischer Ziffern. Das Rechensystem ist ebenfalls in mehrere Komponenten untergliedert: arithmetisches Faktenwissen, Prozeduren und Rechenzeichen. Wesentlich am Modell von McCloskey et al. (1985) ist, dass Rechenprozesse erst nach Umwandlung des Inputs in eine abstrakt-semantische Form und damit in dessen Bedeutungsgehalt (also der Zahlengröße) durchführbar sind.

### 2.3.2 „Multiroute“-Modell von Cipolotti und Butterworth

Das „Multiroute“-Modell von Cipolotti und Butterworth (1995) basiert auf dem Modell der Zahlenverarbeitung von McCloskey et al. (1985) und erweitert dieses zur Erklärung von Ergebnissen einer Einzelfallstudie bei einem Patienten, der sich in einem fortschreitenden, neurologisch degenerativen Zustand befand, um *asemantische Routen* der Zahlenverarbeitung. Somit können Zahlen vom arabischen Code in den verbalen Code umgewandelt werden, ohne Rückgriff auf den abstrakten Code. Dagegen

unterliegt McCloskeys Modell der Annahme, dass das Transkodieren von Zahlen über eine einzige Form der Zahlenverarbeitung erfolgt, nämlich der *semantischen Route*, die sich auf eine abstrakte, internale Repräsentation bezieht. Eine Annahme des Modells von Cipolotti und Butterworth (1995) ist, dass abhängig von der Aufgabenanforderung eine der beiden Verarbeitungswege aktiviert und gleichzeitig die andere Route gehemmt wird. Weitere Annahmen bestehen darin, dass Zahlwörter geschrieben und nachgesprochen werden können, ohne die zugrunde liegende, semantische Zahlenrepräsentation abzurufen. Das Lesen und Schreiben arabischer Ziffern kann sowohl über die semantische als auch die asemantischen Routen erfolgen (vgl. Landerl et al., 2017)

### 2.3.3 „Triple-Code“-Modell von Dehaene

Ein weiteres, bekanntes und oft zitiertes Modell der Zahlenverarbeitung ist das „Triple-Code“-Modell von Dehaene (1992), der davon ausgeht, dass Zahlen im menschlichen Gehirn in drei unterschiedlichen neuronalen Netzwerken repräsentiert und damit modularisiert verarbeitet werden (vgl. Dehaene & Cohen, 1995; Aster, Kucian & Martin, 2006):

- *Visuell-arabischer Code*. Zahlen werden als Ziffern repräsentiert. Die Prozesse der Zahlenverarbeitung finden in den linken und rechten inferior ventralen okzipitotemporalen Gehirnregionen statt. Die Ziffernform wird bei mehrstelligen Rechenoperationen oder bei der Beurteilung, ob eine Zahl gerade oder ungerade ist, genutzt (Dehaene, 2002).
- *Analog-semantischer Code*. Dieser fungiert als nicht symbolische Darstellung von Mengen oder Größen, z. B. als Anzahl von Punkten auf einem mentalen Zahlenstrahl. Im Gehirn ist dieser Prozess den linken und rechten inferior parietalen Regionen zugeordnet. Dieser Repräsentation liegt unser semantisches Wissen über Zahlengrößen zugrunde, das auch Näherungen (Entfernung von Zahlen untereinander auf dem Zahlenstrahl) und größer-kleiner Relationen einschließt.
- *Auditiv-verbaler Code*. Dieser wird für gesprochene und geschriebene Zahlwörter benötigt. In diesem Zahlenformat erfolgt vorzugsweise der Abruf von Faktenwissen, also der Abruf von auswendig gelernten Rechenergebnissen (z. B. dem Einmaleins) aus dem Langzeitgedächtnis sowie das Zählen selbst (Chochon, Cohen, van de Moortele & Dehaene, 1999). Auch Kopfrechnen ist eng mit der Sprachverarbeitung und einer verbalen Repräsentation von Zahlen verknüpft (Dehaene & Cohen, 1995). In bildgebenden Untersuchungen wurde festgestellt, dass dabei hauptsächlich eine Aktivierung der perisylvischen Region der linken Hemisphäre erfolgt, von welcher angenommen wird, dass Zahlen als syntaktisch organisierte Wortfolgen repräsentiert sind (Dehaene, 2002; Dehaene & Cohen, 1995).



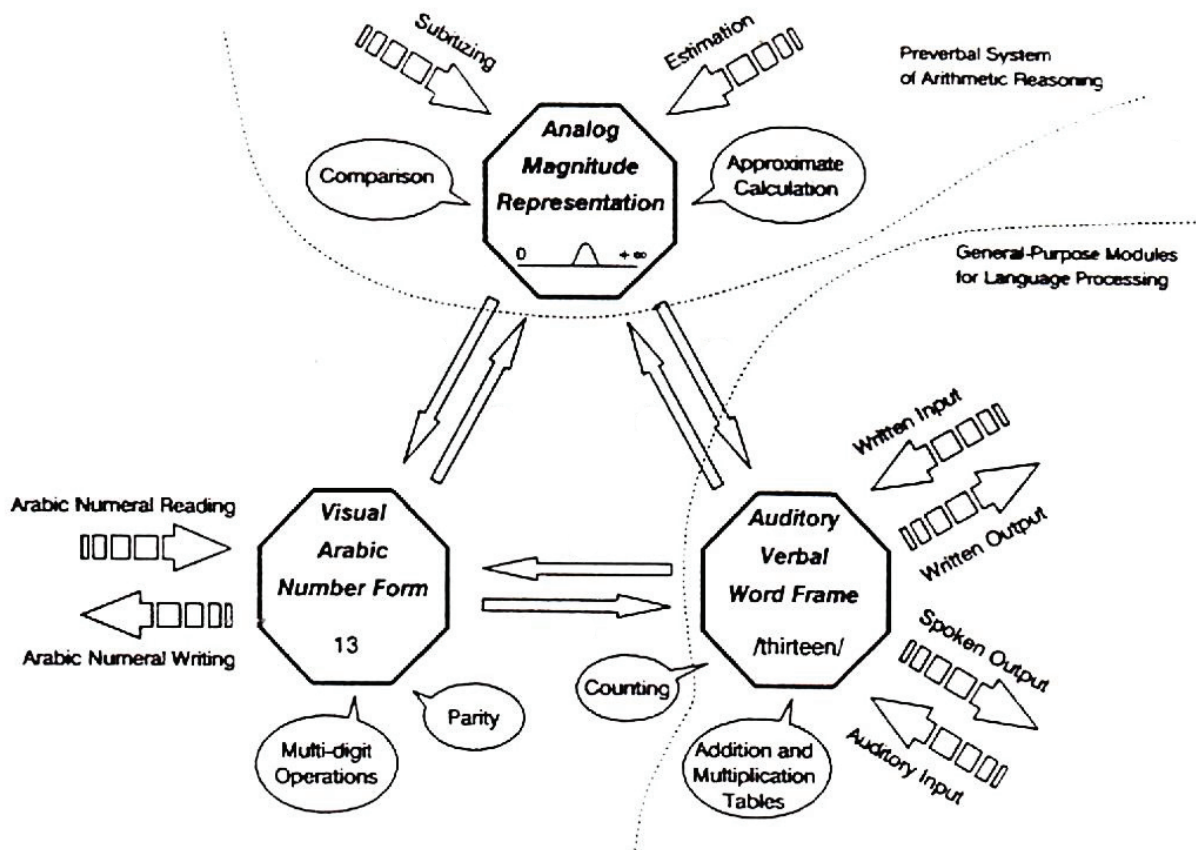


Abbildung 6. „Triple-Code“-Modell von Dehaene (1992, S. 31).

Im Hinblick auf die anatomische Anordnung im Gehirn sind die drei Repräsentationsformen linkshemisphärisch alle wechselseitig verknüpft, d. h. Zahlen können in ein anderes Format umgewandelt werden (s. Abb. 6). In der linken Gehirnhälfte besteht auch eine asemantische Route zur Transkodierung von Ziffern in eine verbale Repräsentationsform. Abhängig von der Art der Rechenoperation erfolgt diese innerhalb eines Repräsentationsformats oder für komplexe Rechenprozesse durch Transkodierung zwischen den Repräsentationsformen (vgl. Lambert, 2015). Im Gegensatz dazu findet die Zahlenverarbeitung und wechselseitige Transkodierung zwischen visuell-arabischem und analogem Code auch in der rechten Hemisphäre statt (Dehaene & Cohen, 1995). Diesbezüglich wird angenommen, dass eine Verknüpfung dieser Prozesse zwischen den beiden Hemisphären durch direkte Wege über das Corpus callosum erfolgt. Darüber hinaus wird der analoge Code auch als vorsprachliches System bezeichnet, da die Fähigkeit zur ungefähren Unterscheidung der Zahlengröße bei Säuglingen angeboren zu sein scheint (Feigenson, Dehaene & Spelke, 2004). Im Zuge des Erwerbs sprachlicher Kompetenzen gewinnt zunächst der auditiv-verbale Code und spätestens mit Schuleintritt und dem Erlernen der Ziffernschreibweise der visuell-arabische Code an Bedeutung (vgl. Schneider et al., 2016).

Den Modellen von McCloskey und Dehaene ist gemeinsam, dass sie auf Untersuchungsergebnissen bei Erwachsenen basieren, teilweise auch auf Patienten mit erworbenen kognitiven Defiziten (Cipolotti & Butterworth, 1995). Im Unterschied zu McCloskey geht Dehaene nicht von einem zentralen Rechensystem aus und nicht von getrennten In- und Output-Systemen, sondern dass Zahlenverständnis und Zahlenproduktion sowie Rechenergebnisse in jeder der drei Repräsentationsformen (Codes) erfolgen können. Bei Rechenoperationen muss somit nicht zwangsläufig auf die Größenrepräsentation von Zahlen, also auf den semantischen Inhalt, zurückgegriffen werden.

### 2.3.4 Entwicklungsmodell der Zahlenverarbeitung von Aster et al.

Ein Modell des Zahlenerwerbs bei Kindern, das auf dem neuropsychologischen Modell von Dehaene basiert, ist das „Vier-Stufen-Entwicklungsmodell der Zahlenverarbeitung“ nach Aster et al. (2006). Dieses Modell (s. Abb. 7) ist hierarchisch organisiert und bezieht neben bereichsspezifischen, zahlbezogenen Kompetenzen auch bereichsübergreifende Fähigkeiten der Aufmerksamkeit und des Arbeitsgedächtnisses mit ein (vgl. Aster & Shalev, 2007). Das Modell dient nicht nur zur Darstellung von Entwicklungsprozessen der Zahlenverarbeitung und des Rechnens, sondern wurde primär zur Erklärung von Rechenproblemen entworfen. Es bildet daher nicht das gesamte Spektrum des frühen Erwerbs mathematischer Kompetenzen bei diesbezüglich unauffällig entwickelten Kindern ab (Siemann & Petermann, 2018).

Auf der *ersten Stufe*, die sich über das erste Lebensjahr erstreckt, verfügen Kinder über angeborene Fähigkeiten des „Subitizing“ und sind in der Lage, Mengen anhand ihrer Größe zu unterscheiden, sofern der mengenmäßige Unterschied ausreichend groß genug ist. Größen werden dabei als Ansammlung von Einheiten repräsentiert. Die Verarbeitung im Gehirn erfolgt biparietal. Die Beteiligung der Arbeitsgedächtniskapazität fällt vergleichsweise gering aus (vgl. Aster & Shalev, 2007, S. 3).

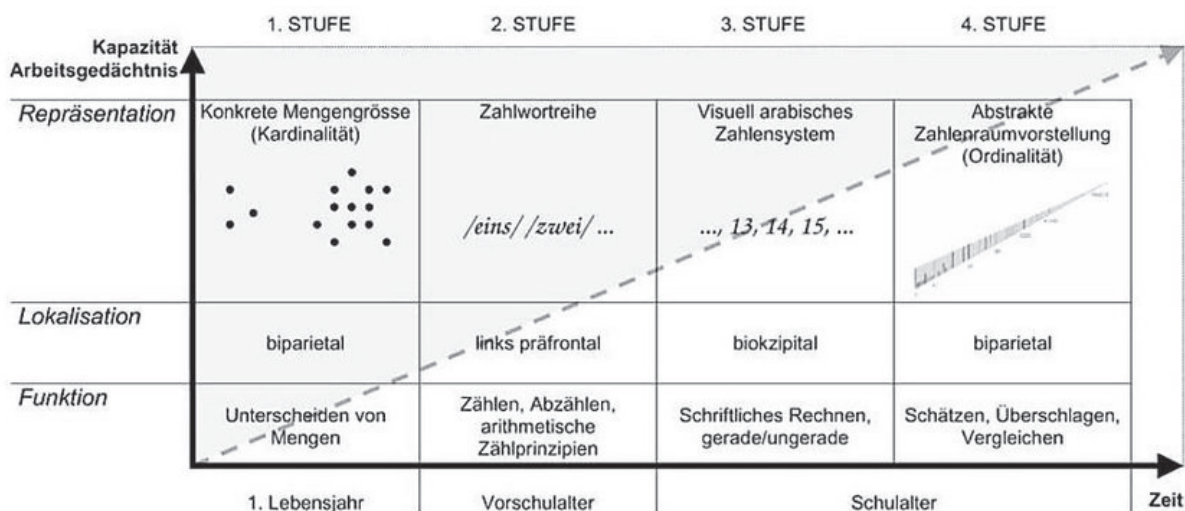
Der nächste Entwicklungsschritt auf der *zweiten Stufe* vollzieht sich im Verlauf des Kleinkind- und Vorschulalters im Zusammenhang mit der sprachlichen Entwicklung. Es werden Kenntnisse wie die Zahlwortsequenz und Zählprinzipien sowie der Umgang mit Begriffen wie „mehr“ bzw. „weniger“ sowie einfache arithmetische Operationen basierend auf Zählstrategien erworben. Hierbei ist zur Veranschaulichung noch die Verwendung der Finger erforderlich. Die genannten Prozesse sind im Gehirn vornehmlich links präfrontal lokalisiert.

Durch Erlernen des arabischen Notationssystems, das spätestens mit der Beschulung erfolgt, wird die zweite nicht linguistische Zahlendarstellung erworben. Diese Repräsentationsform bringt abhängig vom zugrunde liegenden Zahlwort-System gewisse Eigenheiten mit sich. Im Deutschen ist dies die Zehner-Einer-Inversion, d. h. die Zahlen werden umgekehrt ihrer Notation gesprochen. Die Verarbeitung von Ziffern findet im Gehirn beidseitig im okzipitalen Bereich statt. Auf dieser Stufe können

schriftliche Rechenaufgaben gelöst und Entscheidungen, ob eine Zahl gerade oder ungerade ist, getroffen werden.

Auf Basis des arabischen Notationssystems werden Kinder zunehmend befähigt, komplexere Rechenaufgaben zu lösen und die Grundrechenarten zu beherrschen. Zudem ist für die *vierte Stufe* der Aufbau eines mentalen Zahlenstrahls kennzeichnend, der während der ersten Grundschuljahre erfolgt. Durch die geistige Vorstellung, wie Zahlen entsprechend ihrer Größe angeordnet sind und zueinander in Beziehung stehen, können Prozeduren wie Schätzungen und Überschlagsrechnungen vollzogen werden. Zur Durchführung dieser Prozesse wird eine vergleichsweise hohe Kapazität des Arbeitsgedächtnisses und der Aufmerksamkeit benötigt. In bildgebenden Untersuchungen erfolgte hierbei vor allem eine Aktivierung parietaler Regionen beider Gehirnhälften.

Dem Modell liegt die Annahme zugrunde, dass die Entwicklung der verschiedenen Repräsentationsformen sowohl individuell durch zunehmende Arbeitsgedächtnis- und Aufmerksamkeitsleistungen als auch durch die Lernumwelt vorangetrieben wird.



**Abbildung 7.** Entwicklungsmodell der Zahlenverarbeitung nach Aster et al. (2006, S. 3).

In Bezug zu dem zuvor beschriebenen, kognitiv-entwicklungspsychologischen Modell von Krajewski (Schneider et al., 2016; Fritz et al., 2018) kann das neuropsychologische Entwicklungsmodell mit den verschiedenen Repräsentationsformen nach Aster und Shalev (2007) als zusätzliche „senkrechte“ Dimension eingeordnet werden (vgl. Schneider et al., 2016). Beiden Modellen gemeinsam ist, dass sie den Gebrauch von Zahlwörtern und arabischen Ziffern – im Gegensatz zur analogen Größenrepräsentation – als weiterentwickelte Kompetenzen erachten. Dem ZGV-Modell liegt jedoch die Annahme zugrunde, dass – auch im normalen, unauffälligen Entwicklungsprozess – Zahlen und Größen zu Beginn der Entwicklung (Ebene I) noch nicht mental

verknüpft sind und sich der Erwerb des „Anzahlkonzepts“ bzw. „Kardinalitätskonzepts“ (vgl. Fritz et al., 2018) erst auf der nächsten Kompetenzebene (Ebene II) vollzieht.

## 2.4 Einflussfaktoren mathematischer Kompetenzen

Um der Frage nachzugehen, warum ein gewisser Anteil an Kindern im Schulverlauf erhebliche Probleme in Mathematik aufweist, wurden Ursachen hierfür in der vorschulischen Entwicklung gesucht (vgl. Schneider et al., 2016). Im nachfolgenden Abschnitt werden für die vorliegende Arbeit relevante Einflussfaktoren auf die Entwicklung mathematischer Kompetenzen während der Grundschulzeit betrachtet und empirische Befunde hierzu aufgeführt, die primär Studien an normal entwickelten Kindern entstammen. Begonnen wird hierbei mit bereichsspezifischen und unspezifischen Kompetenzen, gefolgt von individuellen Merkmalen wie Alter und Geschlecht sowie Migrationshintergrund und der deutschen Sprachkompetenz. Abschließend sollen externe Bedingungen wie der sozioökonomische Status und der Einfluss der Lernumwelt für den Erwerb mathematischer Kompetenzen betrachtet werden.

### 2.4.1 Allgemein-kognitive Fähigkeiten

Längsschnittliche Untersuchungen zur mathematischen Kompetenzentwicklung ergaben, dass sich bereits vor Schuleintritt Kompetenzen identifizieren lassen, anhand derer sich spätere Unterschiede in den schulischen Mathematikleistungen vorhersagen lassen. Da diese Kompetenzen primär zur Prognose mathematischer Leistungen und weniger zur Erklärung von Unterschieden in den späteren Lese- und Rechtschreibleistungen geeignet sind, werden sie als „(bereichs-)spezifische Vorläuferkompetenzen“ benannt (vgl. Schneider et al., 2016; Siemann & Petermann, 2018; Viesel-Nordmeyer, Ritterfeld & Bos, 2020).

In einer 4-jährigen Längsschnittstudie von Krajewski und Schneider (2009a) wurden bei Kindergartenkindern ein halbes Jahr und zwei Monate vor Schuleintritt frühe mathematische Kompetenzen der Ebene I und der Ebene II des ZGV-Modells (s. Abschnitt 2.2.1) durch Aufgaben zur Zahlwortsequenz, zum Mengenvergleich sowie zur Verknüpfung von Zahlwort und Menge erfasst. Daneben wurden auch der sozioökonomische Status, die nonverbale **Intelligenz** kurz nach Einschulung, die phonologische Schleife als Maß für das verbale **Arbeitsgedächtnis** sowie die Schnelligkeit des Abrufs numerischer Informationen aus dem **Langzeitgedächtnis** mit einer Aufgabe zur Benennungsgeschwindigkeit gemessen. Am Ende der ersten und der vierten Jahrgangsstufe wurde das mathematische Wissen mittels standardisierter, lehrplanvalider Verfahren DEMAT 1+ (Krajewski, Küspert & Schneider, 2002) und DEMAT 4 (Gölitz, Roick & Hasselhorn, 2006) erfasst. Anhand von Strukturgleichungsmodellen ließ sich zeigen, dass Kompetenzen der Ebene II, zwei Monate vor Schuleintritt gemessen, fast

ein Viertel der Unterschiede in den Mathematikleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe erklärten. Darüber hinaus fand sich nur für die Benennungsgeschwindigkeit von Zahlen und Mengen (vgl. Schuchardt, Piekny, Grube & Mähler, 2014) sowie für den sozioökonomischen Status ein direkter Einfluss auf die Mathematikleistung am Ende der vierten Jahrgangsstufe. Die Bedeutsamkeit dieser Maße ist als deutlich geringer einzuordnen als die der mathematischen Vorläuferkompetenzen. Für die non-verbale Intelligenz ließ sich nur ein indirekter Einfluss auf die schulische Mathematikleistung über die vorschulischen Mengen-Zahlen-Kompetenzen (Ebene I und Ebene II) belegen. Die Benennungsgeschwindigkeit erklärte darüber hinaus ungefähr 28 % der Varianz in den Aufgaben zu den Zahlenkompetenzen (Ebene I). Zusammengefasst handelt es sich um einen *unspezifischen Prädiktor*, da die Benennungsgeschwindigkeit, d. h. der Abruf von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis, auch eine gute Vorhersage der schulischen Leseleistung ermöglicht (vgl. Pauly, Lonnemann, Linkersdörfer & Lindberg, 2013; Koponen, Aunola, Ahonen & Nurmi, 2007).

In Bezug auf die Untersuchungsergebnisse zur Identifikation spezifischer und unspezifischer Vorläuferkompetenzen weisen Krajewski und Schneider (2009a) einschränkend darauf hin, dass keine umfassende Überprüfung von Arbeitsgedächtnisfähigkeiten erfolgt sei.

**Mehrkomponentenmodell des Arbeitsgedächtnisses.** Das in der kognitiven Psychologie weitverbreitete Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley und Hitch (1974) umfasst drei Komponenten, die es ermöglichen, Wissen zu erwerben und Probleme zu lösen (Baddeley & Logie, 1999). Hierzu zählen ein „Überwachungssystem“ – *Zentrale Exekutive* genannt – und zwei temporäre Speicher- bzw. Hilfssysteme. Davon dient die *phonologische Schleife* der kurzfristigen Speicherung von auditiven Informationen und der *visuell-räumliche Skizzenblock* zur Bereithaltung visueller Informationen. Eine Schlüsselrolle im Wortschatzerwerb in der frühen Kindheit wird der phonologischen Schleife zugeschrieben (vgl. Alloway, Gathercole, Willis & Adams, 2004). Baddeley (2000) fügte diesem Dreikomponentenmodell eine weitere Komponente, nämlich den „episodischen Puffer“ hinzu, da einige empirische Befunde nicht mit dem ursprünglichen Arbeitsgedächtnismodell erklärbar waren. Der *episodische Puffer* stellt ein System mit begrenzter Speicherkapazität dar und übernimmt die vorübergehende Speicherung von Informationen aus den beiden Subsystemen und dem Langzeitgedächtnis in Form eines multidimensionalen Codes. Er dient somit als Schnittstelle zwischen Langzeitgedächtnis und den beiden temporären Speichersystemen und wird ebenso wie letztere von der Zentralen Exekutive kontrolliert. Im erweiterten Arbeitsgedächtnismodell liegt der Fokus auf dem Prozess der Integration neuer Informationen und somit dem Wissenserwerb.

Im Rahmen einer weiteren Längsschnittstudie, die sich über den Zeitraum vom Beginn des Vorschuljahres bis zum Ende der ersten Klasse erstreckte, untersuchten

Krajewski, Schneider und Nieding (2008) auch die Bedeutung der drei Komponenten des Arbeitsgedächtnisses für die schulische Mathematikleistung. Übereinstimmend mit früheren Studien fanden sie, dass das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis einen direkten Einfluss auf die vorschulischen Zahlenkompetenzen (Ebene I) hat. Dagegen zeigte sich ein indirekter Einfluss der phonologischen Schleife und der Zentralen Exekutive über die ebenfalls erfasste phonologische Bewusstheit auf die basalen Zahlenkompetenzen. Zudem erwies sich die Intelligenz nicht mehr als bedeutsamer Prädiktor der schulischen Mathematikleistung bei statistischer Kontrolle der Arbeitsgedächtnisfähigkeiten (Krajewski & Schneider, 2009b). Die Bedeutung der phonologischen Bewusstheit für die mathematische Kompetenzentwicklung wird aufgrund der Bedeutsamkeit für die vorliegende Arbeit in einem separaten Kapitel (s. Kap. 4) umfassend beschrieben. Viesel-Nordmeyer et al. (2020) fanden in längsschnittlichen Analysen, dass die Zentrale Exekutive als Mediator zwischen phonologischer Schleife und vorschulischen mathematischen Kompetenzen fungiert. Für die phonologische Schleife zeigte sich zudem auch ein direkter Effekt auf die Mathematikleistung in der ersten Klasse. Die Rolle des visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnisses wurde in der Studie von Viesel-Nordmeyer et al. (2020) nicht untersucht. Bei genauerer Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Arbeitsgedächtnis und mathematischen Kompetenzen stellten Gallit et al. (2018) eine bidirektionale Verbindung fest. Anhand ihrer Analyseergebnisse an einer umfangreichen Stichprobe von Kindergartenkindern ( $N = 1897$ ) zeigten sie, dass die mathematischen Vorläuferkompetenzen selbst die Kompetenzen des Arbeitsgedächtnisses und der Intelligenz vorhersagen. Es ist daher von einer Reziprozität der drei Faktoren auszugehen.

In Bezug auf spezifische mathematische Vorläufermerkmale fanden auch Aunola, Leskinen, Lerkkanen und Nurmi (2004), dass die Zählkompetenzen (vor- und rückwärts zählen, hinzuzählen) vor Schulbeginn, besser als allgemein-kognitive Fähigkeiten (visuelle Aufmerksamkeit, Hörverständnis, metakognitives Wissen), Unterschiede in den schulischen Mathematikleistungen am Ende der zweiten Klasse vorhersagen. Sie stellten in einer 3-jährigen Längsschnittstudie zudem fest, dass die Entwicklung mathematischer Kompetenzen akkumulativ erfolgt, d. h. dass Kinder mit besser entwickelten Vorläuferkompetenzen eine schnellere, bereichsspezifische Entwicklung zeigen. Auch dieser Entwicklungsverlauf bis zum Ende der zweiten Klasse wurde am besten durch die vorschulisch erfassten Zählkompetenzen prognostiziert. Somit wurden frühere, internationale Studienresultate bestätigt (vgl. Aunio & Räsänen, 2016; Passolunghi, Vercelloni & Schadee, 2007; Koponen et al., 2007; Kucian & Aster, 2015). Im Hinblick auf die Rolle der Intelligenz weisen Schneider et al. (2016, S. 56f.) auf Analyseergebnisse der LOGIK-Studie hin, die belegen, dass die Intelligenz für den Umfang an erworbenem mathematischen Vorwissen eine Rolle spielt und somit indirekt die schulische Mathematikleistung beeinflusst. Dieser Zusammenhang ließ sich in anderen Studien replizieren (z. B. Krajewski, Schneider & Nieding, 2008; Gallit et al., 2018). Darüber hinaus besteht wissenschaftlicher Konsens, dass ein approxima-

tives Mengenverständnis, d. h. die Fähigkeit Mengen zu unterscheiden, eine wichtige Voraussetzung für spätere arithmetische Kompetenzen darstellt. Es ist bereits bei Säuglingen nachweisbar und entwickelt sich im Laufe des Lebens weiter, was sich in den zunehmend kleineren Verhältnissen der unterscheidbaren Mengen widerspiegelt (Lonnemann, Linkersdörfer & Lindberg, 2013). Studien zufolge besteht dieser Zusammenhang in einem indirekten Einfluss über die frühen Mengen-Zahlen-Kompetenzen (vgl. Siemann & Petermann, 2018).

Zusammenfassend werden die vorschulischen Mengen-Zahlen-Kompetenzen als „spezifische Vorläufer“ (vgl. N. C. Jordan, Glutting & Ramineni, 2010) und die allgemein-kognitiven Fähigkeiten wie Arbeits- und Langzeitgedächtnis sowie Intelligenz als „unspezifische Vorläuferkompetenzen“ bezeichnet, da sie auch zur Vorhersage von schriftsprachlichen Leistungen geeignet sind (vgl. Krajewski, Schneider & Nieding, 2008).

#### 2.4.2 Alter und Geschlecht

Das **Alter** eines Kindes ist für die mathematische Entwicklung ein bekannter Einflussfaktor (Ransdell & Hecht, 2003; N. C. Jordan, Kaplan, Olah & Locuniak, 2006), da die allgemeine Entwicklung logischerweise auch die bereichsspezifische Entwicklung bedingt. Insbesondere das Vorschulalter scheint hier im Erwerbsverlauf von basalen zu komplexen mathematischen Kompetenzen eine sensible Phase zu sein (Geary, Hamson & Hoard, 2000; Aunio & Niemivirta, 2010). N. C. Jordan et al. (2006) fanden, dass ältere Kinder zu Kindergartenbeginn einen Wissensvorsprung hatten und dieser bis zum Schuleintritt bestehen blieb. Gerade mit Beginn der formalen Unterrichtung kann somit das Alter von großer Bedeutung sein, da das Altersspektrum hier gut zwölf Monate bzw. bei von der Einschulung zurückgestellten Kindern einen noch größeren Zeitraum umfasst (Dowker, 2008). In der Längsschnittstudie von Rohe und Quaiser-Pohl (2010) zeigte sich, dass das Alter nur bei Mädchen die mathematischen Schulleistungen am Ende der ersten Klasse vorhersagte und bei Jungen kein signifikanter Prädiktor war. Dieser Befund wurde als relative Stabilität mathematischer Kompetenzen bei Jungen interpretiert.

Auch das **Geschlecht** eines Kindes wurde als Einflussfaktor für die mathematische Kompetenzentwicklung (Aunio & Niemivirta, 2010) in der empirischen Forschung eingehend beleuchtet. So zeigten N. C. Jordan et al. (2006) in einer Längsschnittstudie, dass Jungen den Mädchen am Ende des letzten Kindergartenjahres in ihren Mengen-Zahlen-Kompetenzen geringfügig überlegen waren. Hinsichtlich des Kompetenzzuwachses ergab sich im Gegensatz zu den Befunden von Aunola et al. (2004) kein signifikanter Geschlechtseffekt. Folglich wurde angenommen, dass Jungen über ein besseres räumliches Denken verfügen und vom sozialen Umfeld in diesem Leistungsbereich mehr Zuspruch und Ermutigung erfahren (Aunola et al., 2004). Andere Studien zeigten dagegen bessere vorschulische mathematische Kompetenzen bei Mädchen (Aunio,

Aubrey, Godfrey, Pan & Liu, 2008) oder keine signifikanten Geschlechtsdifferenzen (Berner, Skillen & Seitz-Stein, 2019; Aunio & Niemivirta, 2010; Rohe & Quaiser-Pohl, 2010; Graß, Gruber & Kelz, 2019; Niklas & Schneider, 2012a). Lonnemann, Linkersdörfer, Hasselhorn und Lindberg (2013) nahmen an, dass die Heterogenität der Befunde auf internationaler Ebene möglicherweise auf kulturspezifische Faktoren zurückzuführen ist. Sie stellten bei Vorschulkindern in Deutschland durchgängig bessere Leistungen in den Mengen-Zahlen-Kompetenzen bei Jungen fest. Gerade im oberen Leistungsbereich waren Jungen überrepräsentiert und umgekehrt Mädchen im unteren Leistungsspektrum. Sie beziehen sich hier auf Analysen der Daten internationaler Schulleistungsstudien (PISA, IGLU, TIMMS) und den gefundenen Zusammenhängen zu kultur- und fachspezifischen Geschlechtsstereotypen (vgl. Muntoni & Retelsdorf, 2020). Detaillierte Analysen im oberen und unteren Leistungsspektrum von Endlich (2018) verdeutlichen das Vorliegen von Geschlechtsdisparitäten zugunsten von Jungen in den oberen Perzentilen der Leistungsverteilung bereits vor Schuleintritt. In einer Studie an über 900 Vorschulkindern untersuchten Niklas und Schneider (2012a) zudem Zusammenhänge zwischen Geschlecht, dem akademischen Selbstkonzept und der vorschulischen sowie schulischen Mathematikleistung. Sie fanden signifikante und bedeutsame Unterschiede in den mathematischen Leistungen (DEMAT 1+) und im Selbstkonzept am Ende der ersten Jahrgangsstufe zum Vorteil der Jungen.

### 2.4.3 Migrationshintergrund und Sprachkompetenz

Wie in den zuvor beschriebenen Entwicklungsmodellen früher mathematischer Kompetenzen sind sprachliche Fähigkeiten bereits im Vorschulalter bedeutsam. Dies gilt insbesondere für den Erwerb der Zählfertigkeiten aber auch für den Aufbau visuell-arabischer Repräsentationsformen (vgl. Viesel-Nordmeyer et al., 2020; Röhm, Starke & Ritterfeld, 2017). Spätestens nach Schuleintritt haben Sprachkenntnisse eine hohe Relevanz, da das Beherrschen der Unterrichtssprache zur Aneignung neuen Wissens erforderlich ist (vgl. Heinze, Herwartz-Emden & Reiss, 2007).

Anhand von nachträglichen, längsschnittlichen Analysen der Daten des Nationalen Bildungspanels (NEPS) fanden Viesel-Nordmeyer et al. (2020) einen direkten Einfluss der **Sprachkompetenz** (Wortschatz, Grammatik), die bei 4- bis 5-jährigen Kindern gemessen wurde, auf die zwei Jahre später erfasste Mathematikleistung. Dabei stellten sich die grammatischen Fähigkeiten als tendenziell bedeutsamer heraus. Zudem ließ sich auch ein indirekter Einfluss der sprachlichen Kompetenzen über die frühen mathematischen Kompetenzen nachweisen. Bei den Analysen wurden individuelle und familiäre Hintergrundvariablen (kognitive Grundfähigkeiten, Vorliegen einer Sprachschwäche, Geschlecht, Migrationshintergrund, zu Hause gesprochene Sprache, sozioökonomischer Status) kontrolliert. Insgesamt bestätigten die Analysen frühere Ergebnisse, dass die vorschulischen mathematischen Kompetenzen die schulische Mathematikleistung am stärksten beeinflussen.



Ein Merkmal, das eng mit der Sprachkompetenz bzw. mit sprachlichen Defiziten in Verbindung gebracht wird, ist der **Migrationshintergrund**. Internationale, querschnittlich angelegte Schulvergleichsstudien (z. B. PISA) zeigten übereinstimmend, dass Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe mit Migrationshintergrund signifikant niedrigere Leistungen in Mathematik erbrachten als ihre Mitschülerinnen und Mitschüler ohne Migrationshintergrund (z. B. OECD, 2010; Klieme et al., 2010; Rauch et al., 2016). Diese Leistungsdiskrepanzen wurden auch für das Ende der Grundschulzeit nachgewiesen (z. B. Walther et al., 2003; Wendt et al., 2016). Ebenso zeigten Studien im Vorschulalter, dass Kinder mit Migrationshintergrund über niedrigere Kompetenzen im mathematischen Bereich verfügen (Schmitman gen. Pothmann, A., 2008). In einer groß angelegten Längsschnittstudie im Zeitraum von eineinhalb Jahren vor Schuleintritt bis zum Ende der ersten Klasse fanden Niklas, Segerer, Schmiedeler und Schneider (2012) durchgängig signifikant höhere Leistungen in den mathematischen Kompetenzen bei Kindern ohne Migrationshintergrund. Im Detail zeigte sich, dass Kinder mit zwei im Ausland geborenen Elternteilen am schlechtesten abschnitten. Die Gruppenunterschiede der Kinder mit beiden und einem im Ausland geborenen Elternteil fielen jedoch nur eineinhalb Jahre und ein Jahr vor Einschulung signifikant aus. Bei Einbezug von Kontrollvariablen (Geschlecht, Alter, Intelligenz, Home Literacy Environment und sozioökonomischer Status) fanden die Autorin und die Autoren keine Unterschiede mehr in den Ausgangsleistungen und im Entwicklungsverlauf. Darüber hinaus trug der Migrationshintergrund nicht mehr signifikant zur Vorhersage der Mathematikleistung, die durch ein lehrplanvalides Verfahren (DEMAT 1+) gemessen wurde, bei. Die Leistungsunterschiede in den mathematischen Vorläuferkompetenzen bei Kindern mit und ohne Migrationshintergrund ließen sich u. a. durch Unterschiede in den Sprachkompetenzen erklären (Schmiedeler, Niklas & Schneider, 2011). Darüber hinaus verbesserten sich Kinder mit zwei im Ausland geborenen Elternteilen signifikant stärker als die Vergleichsgruppen im Zeitverlauf, was sich mit einem höheren mathematischen Leistungszuwachs belegen ließ (Niklas et al., 2012).

In der Studie von Schuchardt et al. (2014) trug der Migrationshintergrund bei Kontrolle des elterlichen Bildungsniveaus als Indikator des sozioökonomischen Status und der numerischen Förderung im häuslichen Umfeld bei durchschnittlich 5-jährigen Kindern ebenfalls nicht signifikant zur Varianzaufklärung in den vorschulischen Mathematikleistungen ein Jahr später bei. Dummert et al. (2014) fanden ebenso für den Zeitraum zu Beginn der zweiten bis zum Anfang der vierten Grundschulklasse, dass der Migrationshintergrund bei Kontrolle des sozioökonomischen Status seine Bedeutung als Prädiktor für spätere Mathematikleistungen verliert.

In einer italienischen Studie bei mono- und bilingualen Kindergartenkindern (Durchschnittsalter 4;8 Jahre) ergaben sich nur in einigen der mathematischen Aufgaben signifikante Unterschiede zwischen den Sprachgruppen (Bonifacci, Tobia, Bernabini & Marzocchi, 2016). Hierzu zählten sowohl Aufgaben mit sprachlichen Anforderungen, wie das Benennen von Ziffern oder Anzahlen, als auch sprachunabhängige

Aufgaben, wie das Vergleichen von Mengen. Dass sie hingegen keine Unterschiede in anderen sprachunabhängigen Aufgaben, wie z. B. Seriationsaufgaben, fanden, erklärten Bonifacci et al. (2016) mit der sprachlichen Komplexität der Instruktionen. Die vergleichbaren Leistungen der beiden Sprachgruppen im Zählen führten sie auf die Vertrautheit mit dieser Aufgabenart im Alltag bzw. auf die Automatisierung der Zahlwortreihe zurück.

#### 2.4.4 Sozioökonomischer Status und häusliche Lernumwelt

Bei Berücksichtigung der sozialen Herkunft – auch **sozioökonomischer Status (SÖS)** genannt – in den Analysen zur Entwicklung mathematischer Kompetenzen, fanden Krajewski und Schneider (2009a), dass der vorschulisch erfasste SÖS ungefähr 9 % der Unterschiede in den Mathematikleistungen am Ende der vierten Klasse erklärte. Schuchardt et al. (2014) belegten ebenso einen signifikanten Einfluss des elterlichen Bildungsniveaus (als Indikator des SÖS) auf die vorschulischen Mengen-Zahlen-Kompetenzen. Zusätzlich trug hier auch die erfasste **häusliche Lernumwelt**, die sich in diesem Fall auf die mathematische Förderung (Home Numeracy Environment, HNE) bezog, zur Vorhersage der schulischen Mathematikleistung bei. Interessanterweise fanden sie keinen signifikanten Zusammenhang zwischen SÖS und HNE. Dagegen erwies sich der Zusammenhang zwischen SÖS und der häuslichen Förderung im schriftsprachlichen Bereich (Home Literacy Environment, HLE) als bedeutsam.

In einer niederländischen Studie fand Kleemans (2013) bei Vorschulkindern mit einem Durchschnittsalter von sechs Jahren, dass neben kindbezogenen Faktoren (non-verbale Intelligenz, linguistische Fähigkeiten, Arbeitsgedächtnis) auch elterliche zahlbezogene Aktivitäten und Erwartungen an die mathematischen Kompetenzen ihres Kindes (Home Numeracy Activities/Expectations) signifikant zur Varianzaufklärung früher numerischer Kompetenzen beitrugen und ungefähr 14 % der Leistungsunterschiede in diesem Bereich erklärten. Auch in einer groß angelegten Längsschnittstudie, die in Deutschland durchgeführt wurde, stellte sich die familiäre mathematische Förderung als bedeutsamer Prädiktor für die vorschulischen Mengen-Zahlen-Kompetenzen und in geringerem Umfang für die Mathematikleistung am Ende der ersten Klasse heraus (Niklas & Schneider, 2012b). Unterschiede in der Intelligenz und im mathematischen Vorwissen wurden dabei statistisch kontrolliert. Aufgrund der mittlerweile zahlreichen Befunde aus unterschiedlichen Sprachräumen (z. B. Kleemans, Segers & Verhoeven, 2016; Segers, Kleemans & Verhoeven, 2015; Susperreguy, Di Lonardo Burr, Xu, Douglas & LeFevre, 2020) zur Bedeutung der häuslichen, zahlen- und mengenbezogenen Lernförderung (HNE) für die mathematische Kompetenzentwicklung weisen Blevins-Knabe (2016) darauf hin, dass viele Eltern im Alltag eher auf die sprachliche Förderung des Kindes fokussiert sind (vgl. N. C. Jordan & Levine, 2009). Mutaf (2019) stellte fest, dass die gefundenen Zusammenhänge zwischen der häuslichen mathematischen Lernumwelt und den basalen numerischen Kompetenzen sowie Rechen-

kompetenzen von Kindergartenkindern eher klein bis moderat ausfielen und abhängig von der angewandten Untersuchungsmethode (z. B. Befragung oder Beobachtung) sowie von der Art der gemessenen, häuslichen Förderaktivität (u. a. basal, fortgeschritten, formal, informell) sind. Darüber hinaus fanden sich deutliche Unterschiede in den Zusammenhängen in Abhängigkeit von den gemessenen mathematischen Kompetenzen (z. B. symbolische und nicht symbolische Zahlenverarbeitung, Rechenkompetenz) sowie von kindbezogenen Faktoren (z. B. Alter, sozioökonomischer Status, Kompetenzniveau).

Für die mathematische Kompetenzentwicklung spielen weitere Faktoren eine wichtige Rolle. Hierzu zählen Lernimpulse und strukturierte sowie alltägliche bereichsspezifische Förderung im außerhäuslichen Bereich, z. B. dem Kindergarten (z. B. Niklas, Schmiedeler, Pröstler & Schneider, 2011). Ausschlaggebend ist dabei, in welchem Ausmaß eine solche Förderung, z. B. aufgrund der Dauer des Kindergartenbesuchs, überhaupt erfolgen kann.<sup>11</sup>

Im folgenden Kapitel wird zunächst die phonologische Bewusstheit theoretisch eingeordnet und bedingende Faktoren beschrieben, bevor im übernächsten Kapitel Zusammenhänge zwischen mathematischen Kompetenzen und der phonologischen Bewusstheit aus empirischer und hypothetischer Sicht dargestellt werden.

---

<sup>11</sup>Da in der zugrunde liegenden Studie nur eine grobe Erfassung der Dauer des Kindergartenbesuchs (in Jahren) erfolgte und die allgemeine Betreuungsqualität nicht untersucht wurde, wird die außerhäusliche Lernumwelt an dieser Stelle nicht diskutiert.



# 3 Phonologische Bewusstheit

Im Rahmen der Forschung zu Fertigkeiten, die dem Lesen und Rechtschreiben vorausgehen, wurde die „phonologische Bewusstheit“ vor über drei Jahrzehnten als wichtiges Vorhersagemerkmal gefunden (Schneider, 2012). Es handelt sich hierbei um ein Konstrukt, dessen Definition und Bedeutung für den Schriftspracherwerb im Folgenden dargestellt wird. Analog zum mathematischen Bereich werden auch für die phonologische Bewusstheit einige relevante Einflussfaktoren betrachtet. Darüber hinaus soll die zwischenzeitlich geäußerte Kritik an diesem Konstrukt berücksichtigt werden (Valtin, 2012).

## 3.1 Begriffsdefinition, Entwicklung und theoretische Einordnung

**Phonologische Bewusstheit.** Bei der Definition des Begriffs „phonologische Bewusstheit“ weist Schnitzler (2008) darauf hin, dass es sich hierbei keineswegs um ein einheitliches Konstrukt in der Literatur handelt und die Validität noch nicht eindeutig belegt werden konnte (Schnitzler, 2008, S. 5, 10).

Eine in der Pädagogischen Psychologie häufig gewählte Definition stammt von Tunmer und Hoover (1992, zitiert nach Schnitzler, 2008, S. 5). Phonologische Bewusstheit wird hier als die Fähigkeit definiert, die Lautstruktur der eigenen Sprache zu erkennen, zu unterscheiden und zu manipulieren. Synonyme für dieses Konstrukt sind laut Wagner und Torgesen (1987) „linguistische“ oder „phonemische“ Bewusstheit.

Die phonologische Bewusstheit stellt damit eine metalinguistische Fähigkeit dar (Wagner & Torgesen, 1987). Dabei ist sie im Vorschul- und frühen Grundschulalter eine einzelne, einheitliche Fähigkeit, die sich in vielen verschiedenen Fähigkeiten (z. B. Reimerkennung) manifestiert (vgl. Anthony & Francis, 2005). Allgemein gilt, dass sich diese Fähigkeit zunehmend verfeinert und die Entwicklung von der Unterscheidung von größeren (Silben) bis hin zu kleinsten lautsprachlichen Einheiten (Phoneme) verläuft (Carroll, Snowling, Stevenson & Hulme, 2003). Daneben können Kinder gleich und ungleich klingende Wörter früher unterscheiden als verschiedene Laute innerhalb eines Wortes und lautliche Informationen eher zusammenfügen, als sie auf demselben Komplexitätsniveau zu trennen (vgl. Anthony & Francis, 2005).

Die Vielfältigkeit und Komplexität des Konstruktes kritisiert Valtin (2012). Sie plädiert dafür, die unter dem Begriff „phonologische Bewusstheit“ zusammengefassten Teilfähigkeiten einzeln zu benennen, da sie nur geringere Interkorrelationen aufweisen. Auch die theoretische Fundierung des Konstrukts erachtet sie als unzureichend.

**Entwicklung.** Studien zufolge hängt das Ausmaß der Entwicklung der phonologischen Bewusstheit zum einen stark von der zugrunde liegenden Sprache und deren Struktur ab, andererseits auch von der Anzahl der erworbenen Sprachen (vgl. Limbird & Stanat, 2006; Anthony & Francis, 2005; Anthony et al., 2011). Bei Sprachen, deren Silbenstruktur sehr auffällig ist und die weniger Konsonantencluster enthalten (z. B. Italienisch, Griechisch, Türkisch), erwerben Kinder Fähigkeiten der phonologischen Bewusstheit zu einem früheren Zeitpunkt als bei Sprachen, die keine entsprechend dominante Lautstruktur aufweisen (z. B. Englisch, Französisch) (vgl. Anthony & Francis, 2005). Daneben gibt es Belege für andere sprachliche Charakteristika, wie beispielsweise Sprachkomplexität und Wortaufbau. Insbesondere der Kontakt mit der Schriftsprache, der meist vor Schuleintritt beginnt, wirkt sich auf die Entwicklung der phonologischen Bewusstheit aus. Hierbei haben vor allem Kinder einen Vorteil, die eine Sprache lernen, deren Schreibweise lautkonsistent und transparent ist. Die deutsche Sprache wird diesbezüglich als moderat transparent eingeordnet (vgl. K. M. Wolf, Schroeders & Kriegbaum, 2016) bei konsistenten Graphem-Phonem-Korrespondenzen (gleiche Buchstaben werden gleich ausgesprochen), aber inkonsistenten Phonem-Graphem-Korrespondenzen (gleiche Laute werden unterschiedlich verschriftlicht).

In der weiteren Entwicklung der phonologischen Bewusstheit und des Schriftspracherwerbs konnte ein wechselseitiger Einfluss festgestellt werden (z. B. Anthony & Francis, 2005; Schneider, 1989). Valtin (2012) führt hier kritisch an, dass sich Fähigkeiten wie Phonemanalyse und das Verständnis von Wörtern als sprachliche Einheiten erst durch „Auseinandersetzung mit der geschriebenen Sprache“ entwickeln (Valtin, 2012, S. 223).

**Theoretische Einordnung.** Fähigkeiten der phonologischen Bewusstheit können differenzierter betrachtet und aufgrund der Größe der sprachlichen Einheit in zwei Kategorien unterteilt werden (H. Skowronek & Marx, 1989). Entweder können sie als phonologische Bewusstheit *im weiteren Sinne* benannt werden, wenn man sich auf größere sprachliche Einheiten wie Silben und Reime bezieht, oder in Bezug auf Einzellaute (Phoneme) als phonologische Bewusstheit *im engeren Sinne*. Diese Aufteilung konnten Lundberg, Frost und Petersen (1988) faktorenanalytisch bestätigen. Sie zeigten zudem, dass die beiden Teilkomponenten (hier als Wort- und Silbenbewusstheit sowie Phonembewusstheit bezeichnet) moderat zusammenhängen (Korrelation  $r = .40$ ). Zur phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinne zählen Fähigkeiten der Zerlegung von Wörtern sowie Silbensynthese und -analyse. Die phonologische Bewusstheit im engeren Sinne kann dagegen durch Aufgaben zum Anlaut von Wörtern sowie zur Phonemsynthese und Phonemanalyse gemessen werden. Wie bereits zuvor erwähnt, geht die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne der phonologischen Bewusstheit im engeren Sinne in der individuellen Entwicklung zeitlich voraus. In Untersuchungen zur zeitlichen Abfolge der Entwicklung fanden Schäfer, Wessels und

Fricke (2015) an einer kleinen Stichprobe, dass Kinder in der zweiten Hälfte des dritten Lebensjahres bereits Aufgaben zur Silbensegmentierung und -synthese sowie zur Reimerkennung gut bewältigen können. Die Bildung von Reimen fiel in diesem Alter noch schwer. Darüber hinaus schlussfolgerten Lundberg et al. (1988), dass keine umfassende, systematische Instruktion zur Entwicklung der Wort- und Silbenbewusstheit erforderlich ist, sondern eine minimale Anleitung ausreicht. Die phonologische Bewusstheit im engeren Sinne, die eine bessere Abstraktionsfähigkeit erfordert, entwickelt sich meist erst nach Schuleintritt mit dem Lesenlernen oder schon davor durch spezielle Instruktionen, wie sie beispielsweise in vorschulischen Trainingsprogrammen enthalten sind (vgl. Schneider, 2012). Carroll et al. (2003) postulieren, dass die vorschulische Entwicklung der phonologischen Bewusstheit in eine frühe implizite Empfindsamkeit für ähnliche Klänge und eine spätere explizite Bewusstheit für Phoneme (Einzellaute) unterteilt werden kann. Erstere entwickelt sich im Rahmen des allgemeinen Spracherwerbs und ist daher weniger als metalinguistische Fähigkeit zu klassifizieren. Zweitere baut auf der Bewusstheit für größere sprachliche Einheiten auf und scheint zudem von der Genauigkeit der Aussprachefähigkeit abzuhängen.

**Phonologische Informationsverarbeitung.** Wagner und Torgesen (1987) ordnen die phonologische Bewusstheit als eine von drei Komponenten bzw. Prozessen der *phonologischen Informationsverarbeitung* zu, die sich auf die Verwendung phonologischer Informationen der geschriebenen und gesprochenen Sprache beziehen. Hierzu zählen auch das *Phonologische Arbeitsgedächtnis* und die *Geschwindigkeit beim Zugriff auf das semantische Lexikon* (vgl. Schneider, 2012). Die Geschwindigkeit beim Zugriff auf das semantische Lexikon bedeutet, wie schnell die inhaltliche Bedeutung eines geschriebenen Wortes abgerufen werden kann. Dies geschieht durch Rekodieren der Schriftsymbole in ein lautbasiertes Repräsentationssystem, das Aufgaben zum schnellen Benennen von Stimuli oder zur Unterscheidung von richtigen Wörtern und Pseudowörtern misst. Eine dritte wichtige Komponente der phonologischen Informationsverarbeitung ist die Aufrechterhaltung phonologischer Informationen im Arbeitsgedächtnis während des laufenden Verarbeitungsprozesses.

Die Zusammenfassung der drei Fähigkeiten zu einem Fachbegriff sei laut Schneider (1989, S. 162) erfolgt, um drei Forschungsbereiche thematisch zu verknüpfen.

Dass die genannten drei Komponenten der phonologischen Informationsverarbeitung keine separaten, unabhängigen Funktionen darstellen, ist mittlerweile empirisch belegt. Bereits Wagner und Torgesen (1987) wiesen eine Zwei-Faktoren-Lösung nach. Ein Faktor bezog sich auf die Geschwindigkeit beim Zugriff auf das semantische Lexikon. Der andere Faktor fasste die phonologische Bewusstheit und das phonologische Arbeitsgedächtnis zusammen. Die genannten zwei Faktoren korrelierten dabei mittelhoch ( $r = .41$ ) (Schneider, 1989).

Wie die phonologische Bewusstheit konnten auch die beiden anderen Komponenten der phonologischen Informationsverarbeitung als wesentliche, vorschulische Prädik-

toren der späteren Schriftsprachleistung belegt werden (vgl. Duzy, Ehm, Souvignier, Schneider & Gold, 2013; Schneider, 2017).

### 3.2 Bedeutung für den Schriftspracherwerb

Für die deutsche Sprache konnte die phonologische Bewusstheit als bedeutender Prädiktor der Schriftsprachkompetenz identifiziert werden (vgl. Berendes & Weinert, 2016; Schneider & Näslund, 1999; Schneider, 2017). Diese Bedeutung hat sie in den meisten alphabetischen Sprachen (vgl. Anthony et al., 2011). Bereits Lundberg et al. (1988) fanden, dass sich die phonologische Bewusstheit vor und unabhängig von der Lesefertigkeit entwickelt. Zudem stellten sie fest, dass die phonologische Bewusstheit das Lesenlernen erleichtert und folglich als Einflussfaktor hierauf zu betrachten ist. Die Bedeutung als Vorhersagemerkmal gilt sowohl für die phonologische Bewusstheit im weiteren als auch engeren Sinne. Zudem wiesen Längsschnittstudien eine hohe Stabilität von Unterschieden in der schulischen Schriftsprachkompetenz nach (vgl. Schneider, 2012).

In einer Metaanalyse zur prädiktiven Rolle der phonologischen Bewusstheit für das Lesen und Rechtschreiben stellte Pfost (2015) einen mittleren Effekt in Höhe von  $Z_r = .32$  ( $r = .31$ ) fest. Der Zusammenhang mit den basalen Lesekompetenzen betrug dabei  $r = .27$  und mit den Rechtschreibleistungen  $r = .35$ . Dies bedeutet, dass die phonologische Bewusstheit ungefähr 10 % der Varianz in den Schriftsprachleistungen erklärt. In den Analysen wurden hierbei nur Studienergebnisse von Längsschnittstudien aus dem deutschen Sprachraum berücksichtigt. Zudem ergaben die Moderatoranalysen, dass die phonologische Bewusstheit im engeren Sinne stärker mit den schulischen Lese- und Rechtschreibleistungen korreliert, als die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne und die gefundenen Zusammenhänge auch über die zweite Klassenstufe hinweg bestehen bleiben. Im Einzelnen erwies sich die phonologische Bewusstheit als besserer Prädiktor für das Leseverständnis als für die Leseschnelligkeit und -genauigkeit.

In längsschnittlichen Analysen stellte sich heraus, dass die vorschulisch erfasste phonologische Bewusstheit die Lesegeschwindigkeit (Dekodierfähigkeit) zum Ende der ersten Klasse direkt vorhersagte und darüber indirekt das Leseverständnis am Ende der vierten Klasse beeinflusste (Ennemoser, Marx, Weber & Schneider, 2012). Dabei zeigte sich, dass die Vorhersagekraft der phonologischen Bewusstheit nach der ersten Klasse deutlich abnahm. Neben der phonologischen Bewusstheit trug auch die Benennungsgeschwindigkeit indirekt und die erfasste Sprachkompetenz (Wortschatz, Grammatik) direkt zur Vorhersage des Leseverständnisses am Ende der vierten Jahrgangsstufe bei.

Im Gegensatz zu den genannten Befunden ordnete Valtin (2012) die phonologische Bewusstheit nur als kurzfristig relevante Komponente für den Schriftspracherwerb ein.



Insbesondere die Phonemsynthese und -analyse spielen ihrer Einschätzung nach nur in der ersten Phase nach Schuleintritt eine zentrale Rolle und sind für das Beherrschen der deutschen Rechtschreibung im weiteren Verlauf weniger wichtig.

Auch Gorecki und Landerl (2015) hinterfragten die Rolle der phonologischen Bewusstheit als bedeutsamen Prädiktor und fanden, dass die phonologische Bewusstheit im engeren Sinne nicht zur Erklärung von Unterschieden in der Leseleistung (Lesen von Wörtern und Pseudowörtern) am Ende der ersten Jahrgangsstufe beitrug, wenn die anfängliche Lesekompetenz kontrolliert wurde. Sie schlussfolgerten, dass die Vorhersagekraft der phonologischen Bewusstheit durch frühe Lesekompetenzen vermittelt und durch deren statistische Kontrolle reduziert wurde.

Zusammenfassend kann der phonologischen Bewusstheit unter den spezifischen Vorläufermerkmalen eine besondere Rolle für den schulischen Schriftspracherwerb eingeräumt werden, da sie nicht nur ein valider Prädiktor ist, sondern sich auch gut trainieren lässt (vgl. Schneider, 2017; K. M. Wolf et al., 2016). Ein Trainingsprogramm der phonologischen Bewusstheit in der deutschen Sprache, das für das Vorschulalter konzipiert ist, wird in Abschnitt 5.3.1 beschrieben.

### 3.3 Einflussfaktoren der phonologischen Bewusstheit

Analog zu den frühen mathematischen Kompetenzen wird auch der Erwerb der phonologischen Bewusstheit durch viele individuelle Faktoren und Merkmale der sozialen und kulturellen Herkunft beeinflusst (vgl. Schneider, 2017; M. Skowronek, Schuchardt & Mähler, 2018; Schuchardt, Brandenburg, Fischbach & Mähler, 2017). Nachfolgend werden zunächst empirische Befunde zum Zusammenhang zwischen der phonologischen Bewusstheit sowie den allgemein-kognitiven Fähigkeiten, dem Alter und dem Geschlecht betrachtet. Abschließend sollen Untersuchungsergebnisse zur Bedeutung des Migrationshintergrunds und der Sprachkompetenz im Deutschen, dem sozioökonomischen Status sowie der häuslichen Lernumwelt dargestellt werden. Aufgrund der Übertragbarkeit von Befunden anderer Sprachen sowie der Relevanz für die vorliegende Arbeit sollen vorrangig Studien aus dem deutschen Sprachraum berücksichtigt werden.

#### 3.3.1 Allgemein-kognitive Fähigkeiten

In Untersuchungen, in denen die nonverbale **Intelligenz** erfasst wurde, stand diese in direkter Verbindung zur phonologischen Bewusstheit und erklärte ungefähr ein Drittel der Leistungsunterschiede (z. B. Ennemoser et al., 2012).

Mittels Daten der Münchner LOGIK-Studie zeigten Näslund und Schneider (1991) für Komponenten des **Arbeitsgedächtnisses**, dass die verbale Gedächtniskapazität (phonologisches Arbeitsgedächtnis) die phonologische Bewusstheit bei Vorschulkin-

dern und Kindern der zweiten Klasse vorhersagt. Auch in den längsschnittlichen Analysen von Ennemoser et al. (2012) ergab sich ein direkter Zusammenhang zwischen diesen Maßen. Dieser Zusammenhang fiel dabei geringer, als zwischen Intelligenz und phonologischer Bewusstheit aus.

Krajewski, Schneider und Nieding (2008) fanden, dass die ein Jahr vor Schuleintritt erfassten Leistungen des phonologischen Arbeitsgedächtnisses (Zahlenspanne vorwärts) und der Zentralen Exekutive (Zahlenspanne rückwärts) die phonologische Bewusstheit (Reimerkennung, Phonemsynthese) im Vorschulalter signifikant beeinflussten. Dabei lag der Einfluss der Zentralen Exekutive, die ein Viertel der Varianz in der phonologischen Bewusstheit erklärte, höher als die des phonologischen Arbeitsgedächtnisses, welches nur 8% der Unterschiede in der phonologischen Bewusstheit aufklärte. Die Interkorrelation der Komponenten des Arbeitsgedächtnisses war mittelhoch.

In den Analysen von Duzy et al. (2013) zeigte sich im Vorschulalter ein signifikanter, moderater Zusammenhang zwischen der phonologischen Bewusstheit (Alliteration, Anlaut/Restwort, Phonemsynthese/-analyse) und der nonverbalen Intelligenz sowie dem phonologischen Arbeitsgedächtnis. Krajewski und Schneider (2009b) wiesen ebenso moderate bis hohe Zusammenhänge zwischen phonologischer Bewusstheit und nonverbaler Intelligenz sowie allen drei Komponenten des Arbeitsgedächtnisses, die im letzten Kindergartenjahr erfasst wurden, nach.

Den Zusammenhang zum verbalen Gedächtnis erklärt Schnitzler (2008, S. 13) mit Bezug auf das Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley und Hitch (1974) damit, dass bei der Bearbeitung von Aufgaben zur phonologischen Bewusstheit sprachliche Informationen in einem Zwischenspeicher bereitgehalten werden. Diese Informationen können über die phonologische Schleife mittels subvokalem Wiederholen erneuert und damit länger aufrechterhalten werden. Gerade über den Zeitraum des Grundschulalters scheint die Anzahl an gespeicherterten Informationseinheiten deutlich anzusteigen.

Um die Zusammenhänge zwischen Komponenten des Arbeitsgedächtnisses und u. a. der phonologischen Bewusstheit zu verstehen, untersuchten Alloway et al. (2004) 4- bis 6-jährige Kinder. Anhand von Strukturgleichungsanalysen ließ sich zeigen, dass die phonologische Bewusstheit als distinkte Fähigkeit neben der phonologischen Schleife besteht und einen eigenen Beitrag zur Varianzaufklärung in den frühen Lesekompetenzen leistet. Zudem konnten signifikante, kleine bis mittelhohe Zusammenhänge zwischen den Maßen der phonologischen Bewusstheit und der phonologischen Schleife, der Zentralen Exekutive sowie dem episodischen Puffer belegt werden.

Zusammenfassend ist bei den zuvor genannten Studienbefunden darauf hinzuweisen, dass es sich überwiegend um korrelative Ergebnisse handelt. Meist wurden die Maße der phonologischen Bewusstheit und des Arbeitsgedächtnisses bzw. der nonverbalen Intelligenz zeitgleich im Studienverlauf erfasst. Folglich dürfen die allgemein-

kognitiven Fähigkeiten nicht als kausale Einflussfaktoren der phonologischen Bewusstheit interpretiert werden.

### 3.3.2 Alter und Geschlecht

Die phonologische Bewusstheit steht per Definition in engem Zusammenhang zur Entwicklung des Sprechens und der Sprache bei Kindern (vgl. Schäfer et al., 2015). Von daher ist das **Alter** eines Kindes auch ausschlaggebend für seinen Fortschritt in dieser metalinguistischen Fähigkeit, vornehmlich in der phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinne. Schäfer et al. (2015) fanden jedoch für das begrenzte Altersspektrum (3;6 bis 3;11 Jahre) ihrer Stichprobe keine signifikante Korrelation zwischen dem Alter der Kinder und ihrer phonologischen Bewusstheit. Folglich kann gerade für diesen frühen Entwicklungszeitpunkt eine hohe interindividuelle Heterogenität in der phonologischen Bewusstheit für größere sprachliche Einheiten angenommen werden. Eine Untersuchung an 4- bis 6-jährigen Kindern aus dem angloamerikanischen Sprachraum wies mittelhohe Zusammenhänge zwischen dem chronologischen Alter und der Reim- sowie Phonembewusstheit nach (Foy & Mann, 2003).

Dass Mädchen am Ende der Primarstufe und darüber hinaus bessere schriftsprachliche Leistungen als Jungen erzielen, ist schon lange bekannt und auch in internationalen Schulleistungen belegt (z. B. Rauch et al., 2016), wenngleich die praktische Bedeutsamkeit eher als gering zu beurteilen ist. Niklas und Schneider (2012a) fanden bereits Ende der ersten Jahrgangsstufe entsprechende Unterschiede abhängig vom **Geschlecht** im Lesen und Rechtschreiben zugunsten der Mädchen. Dagegen zeigten sich, wie auch in der Münchner LOGIK-Studie, keine geschlechtsabhängigen Unterschiede in den Vorläufermerkmalen, die auch die phonologische Bewusstheit beinhalteten (Niklas & Schneider, 2012a; Schneider & Näslund, 1999). Analog zum mathematischen Bereich ließ sich auch für den Schriftspracherwerb nachweisen, dass andere Faktoren (z. B. Lesemotivation, Home Literacy Environment), die mit dem Geschlecht konfundiert sind, die gefundenen Unterschiede erklärten (z. B. Niklas & Schneider, 2012a). In der Untersuchung von Schäfer et al. (2015) ergaben sich bei 3-jährigen Kindern nur bei einem (Reime-Ergänzen) von acht Subtests ein geschlechtsabhängiger, signifikanter Unterschied. In der Studie von Schwenck und Schneider (2003) erzielten Mädchen im ersten Schuljahr im Mittel signifikant bessere Leistungen in der phonologischen Bewusstheit auf Phonemebene als Jungen.

### 3.3.3 Migrationshintergrund und Sprachkompetenz

Gerade Kinder, die Deutsch nicht als Erstsprache erwerben, gelten aufgrund von Defiziten in den bereichsspezifischen Vorläuferkompetenzen – darunter auch die phonologische Bewusstheit – als benachteiligt in Bezug auf den schulischen Schriftspracherwerb (z. B. Weber, Marx & Schneider, 2007). Im Gegensatz dazu geht Cummins

(1979) in seiner „Interdependenztheorie“ davon aus, dass Kinder in der Zweitsprache von ihren metasprachlichen Fähigkeiten der Muttersprache profitieren, sofern sie über ein gewisses Kompetenzniveau in der Erstsprache verfügen. Diese Annahme wird als „Schwellenwert-Hypothese“ bezeichnet (vgl. Souvignier, Duzy, Glück, Pröscholdt & Schneider, 2012, S. 41).

Relevant für die vorliegende Arbeit ist weniger die allgemeine Bedeutung sprachlicher Kompetenzen auf die phonologische Bewusstheit, sondern vielmehr mögliche Unterschiede bei Kindern, die Deutsch als Zweitsprache erlernen.

So zeigte sich in einer Längsschnittstudie von Schuchardt et al. (2014) kein signifikanter Zusammenhang zwischen Migrationsstatus und phonologischer Bewusstheit auf Reim- und Phonemebene bei 5-jährigen Kindern. Ebenso fanden Ennemoser et al. (2012), dass die Sprachkompetenz im Deutschen keinen direkten Einfluss auf die phonologische Bewusstheit nahm. Sie merkten hierzu kritisch an, dass die Operationalisierung der linguistischen Kompetenz mit Aufgaben zu Wortschatz und grammatischen Fähigkeiten zu umfangreich gewählt wurde, um einen Kontrast zur phonologischen Bewusstheit zu bilden.

Im Gegensatz dazu ergaben sich Hinweise, dass bilinguale, deutsch-türkischsprachige Kinder in der phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinne und beim Lesen von Pseudowörtern – als Indikator der phonologischen Fähigkeit – den monolingualen, deutschsprachigen Kindern überlegen waren (Limbird & Stanat, 2006). Ferner zeigte eine Studie zum Leseverständnis, dass sich anhand der phonologischen Bewusstheit in der Erstsprache das Leseverständnis in der Zweitsprache vorhersagen ließ (LaFrance & Gottardo, 2003).

Limbird und Stanat (2006) untersuchten die Frage nach der Bedeutung der phonologischen Bewusstheit für den Leseerwerb bei bilingualen Kindern von Mitte der ersten bis Mitte der dritten Klasse. Sie stellten einen Einfluss des Sprachhintergrunds dahingehend fest, dass die phonologische Bewusstheit bei bilingualen, deutsch-türkischsprachigen Kindern besser, jedoch nicht signifikant höher ausgeprägt war. Zudem fanden sie, dass die phonologische Bewusstheit am Ende der zweiten Klasse bei den bilingualen Kindern eine geringere Bedeutung für die Vorhersage der Lesekompetenz Mitte der dritten Klasse hatte als bei monolingual, deutschsprachigen Kindern.

In einer deutschen Längsschnittstudie erzielten Kinder im vorletzten Kindergartenjahr deutlich geringere Leistungen in der phonologischen Bewusstheit im weiteren und engeren Sinne als Kinder ohne Migrationshintergrund (Weber et al., 2007). Lediglich Unterschiede in der Aufgabe zur Phonemsynthese wurden hierbei nicht signifikant.

Gleichermaßen belegten Goldammer et al. (2011), dass mehrsprachige Kinder einhalb Jahre vor Einschulung signifikant geringere Leistungen in den Aufgaben zur phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinne (Reimerkennung und -produktion) zeigten, wobei der Einfluss des sozioökonomischen Status und der nonverbalen Intelligenz statistisch kontrolliert wurde.

Entsprechende Leistungsdiskrepanzen fanden Niklas et al. (2011) in querschnittlichen Analysen bereits im vorletzten Kindergartenjahr. Sie zeigten, dass Kinder mit Migrationshintergrund in den erfassten sprachlichen Fähigkeiten (phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne, aktiver Wortschatz, Nachsprechen von Sätzen) signifikant schlechter abschnitten als Kinder ohne Migrationshintergrund. Zudem erwies sich die Dauer des Kindergartenbesuchs und damit der zeitliche Umfang des Aufenthaltes in einem deutschsprachigen Umfeld als bedeutsam. Insbesondere die Kinder mit zwei im Ausland geborenen Elternteilen waren den anderen Migrationsgruppen in Bezug auf die Sprachkompetenz deutlich unterlegen. Die Befunde stehen im Einklang mit Ergebnissen einer deutschen Längsschnittstudie im Vor- und Grundschulalter (Dubowy et al., 2008).

Duzy et al. (2013) untersuchten im Zeitraum vom Ende des letzten Kindergartenjahres bis zum Ende der zweiten Klasse, ob sich strukturelle Unterschiede in den Zusammenhängen der schriftsprachlichen Vorläuferkompetenzen (Komponenten der phonologischen Informationsverarbeitung, Sprachverständnis, Buchstabenkenntnis, nonverbale Intelligenz) bzw. in ihrer Bedeutung als Prädiktoren der schulischen Lesekompetenz (d. h. Leseverständnis und Lesegeschwindigkeit) bei Kindern mit Deutsch als Erst- und Zweitsprache ergaben. Die korrelativen Muster der Prädiktoren waren für die beiden Sprachgruppen vergleichbar. Dagegen zeigten sich Unterschiede bei der Vorhersage der Lesekompetenzen dahingehend, dass sich die phonologische Bewusstheit nur bei Kindern mit Deutsch als Erstsprache als signifikanter Prädiktor der Lesegeschwindigkeit am Ende der ersten Klasse erwies. Für Kinder mit Deutsch als Zweitsprache hatte die nonverbale Intelligenz die größte Vorhersagekraft. Die Autorin und die Autoren erklärten den fehlenden, signifikanten Einfluss der phonologischen Bewusstheit auf die Lesekompetenz mit der sprachabhängigen Erfassung und den Einbezug anderer sprachbezogener Variablen, die ihrerseits zur Varianzaufklärung beitrugen. Zwischen den mehrsprachigen und monolingualen Kindern fanden sich in den Aufgaben der phonologischen Bewusstheit (Alliteration, Anlaut/Restwort, Phonemsynthese/-analyse) zum Ende des letzten Kindergartenjahres keine signifikanten Unterschiede mehr. Dagegen konnten signifikante Leistungsdifferenzen in der sprachlichen Kompetenz (morphologische Regelbildung, Satzverständnis) nachgewiesen werden.

### 3.3.4 Sozioökonomischer Status und häusliche Lernumwelt

Auch für den **sozioökonomischen Status** konnte für das Vorschulalter ein signifikanter, moderater Einfluss auf die phonologische Bewusstheit nachgewiesen werden (Schuchardt et al., 2014). Als weitere Merkmale erfassten Schuchardt et al. (2014) die bereichsspezifische häusliche Lernförderung. Diesbezüglich ließ sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen phonologischer Bewusstheit und Home Literacy Environment sowie Home Numeracy Environment nachweisen. Dagegen fiel die Korrelation

zwischen sozioökonomischem Status und Home Literacy Environment mittelhoch aus. Zwischen sozioökonomischem Status und Home Numeracy Environment zeigte sich wiederum kein signifikanter Zusammenhang. Ferner belegten Niklas und Schneider (2013) eine Mediatorfunktion der schriftsprachlichen Lernumwelt, die den Zusammenhang zwischen sozioökonomischem Status und Migrationsstatus auf der einen Seite und den schriftsprachlichen Vorläufermerkmalen – darunter auch die phonologische Bewusstheit – auf der anderen Seite vermittelt. Die **häusliche Lernumwelt** erklärte hierbei auch Unterschiede in den Leistungszuwächsen der phonologischen Bewusstheit vom Vorschul- bis in das erste Schuljahr.

Für monolinguale, 4- bis 6-jährige Vorschulkinder fanden Foy und Mann (2003) im angloamerikanischen Sprachraum bei Kontrolle des Alters mittelhohe Zusammenhänge zwischen Reim- und Phonembewusstheit und der häuslichen Schriftsprachförderung (Home Literacy Environment). Sie wiesen sowohl direkte als auch indirekte Einflüsse der häuslichen Lernumwelt auf die Phonem- und Reimbewusstheit nach. In Bezug auf die Phonembewusstheit wurde der indirekte Zusammenhang durch den expressiven Wortschatz und die Buchstabenkenntnis mediiert. Der indirekte Einfluss auf die Reimbewusstheit wurde zusätzlich zu diesen beiden Fähigkeiten durch die Fähigkeit zur Lautdiskriminierung vermittelt, die ihrerseits mit der Reimbewusstheit eng verknüpft ist. Auch Burgess, Hecht und Lonigan (2002) fanden einen direkten Zusammenhang zwischen Home Literacy Environment und phonologischer Bewusstheit im Vorschulalter.

Bei gemeinsamer Betrachtung der familiären Hintergrundvariablen zeigte sich z. B., dass der sozioökonomische Status die vorschulischen Kompetenzen nur indirekt über die schriftsprachliche Lernumwelt (Home Literacy Environment) vorhersagt (z. B. Niklas & Schneider, 2013). Darüber hinaus weist Niklas (2015, S. 111) darauf hin, dass eine konzeptuelle Trennung in Home Literacy und Numeracy Environment aufgrund der hohen Korrelation dieser Konstrukte nicht unbedingt sinnvoll erscheint und eine Zusammenfassung unter dem übergeordneten Begriff „Home Learning Environment“ daher zulässig sei. Bei Schuchardt et al. (2014) fand sich nur ein mittelhoher Zusammenhang zwischen den bereichsspezifischen Konzepten der häuslichen Lernumwelt mit unterschiedlichen Effekten auf die spezifischen Vorläufermerkmale, weswegen sie eine bereichsspezifische Konzeption der häuslichen Lernumwelt befürworteten.

Von besonderem Interesse wäre eine domänenspezifische Definition der häuslichen Lernumwelt, wenn Zusammenhänge zwischen mathematischen Kompetenzen und der phonologischen Bewusstheit, wie im nächsten Kapitel, betrachtet werden.

## 4 Zusammenhänge zwischen mathematischen Kompetenzen und phonologischer Bewusstheit

Mittlerweile existieren zahlreiche Studien, die den Einfluss linguistischer Kompetenzen auf mathematische Kompetenzen belegen (vgl. Dowker & Nuerk, 2017; Torbeyns et al., 2015; Kleemans, 2013).<sup>12</sup> Nicht zuletzt, wenn man die sprachlichen Besonderheiten des deutschen Notationssystems betrachtet (u. a. Einer-Zehner-Inversion, besondere Zahlwörter wie „elf“ und „zwölf“), erschließt sich die Relevanz sprachlicher Aspekte für die kognitive Verarbeitung mathematischer Informationen (Moeller, Zuber, Olsen, Nuerk & Willmes, 2015; Dowker & Roberts, 2015). Insbesondere im schulischen Kontext sind sprachliche Kompetenzen für den Erwerb höherer mathematischer Kompetenzen bedeutsam, da Kinder verbal am Unterricht teilnehmen („Unterrichtssprache“) und erlernen müssen, mathematische Begriffe richtig anzuwenden („Fachsprache“) (z. B. Schröder & Ritterfeld, 2014). Dowker und Nuerk (2017) schlugen vor, den linguistischen Einfluss auf die Zahlenverarbeitung in sieben Inhaltsbereiche zu gliedern (u. a. semantischer, syntaktischer, grammatischer Bereich). Auch für die phonologische Informationsverarbeitung, zu der die phonologische Bewusstheit zählt, ließen sich bedeutsame Zusammenhänge nachweisen (z. B. J.-A. Jordan, Wylie & Mulhern, 2010, 2015; De Smedt, Taylor, Archibald & Ansari, 2010). Diese enge Verknüpfung konnte durch bildgebende Verfahren auf gemeinsame, neurokognitive Prozesse zurückgeführt werden (vgl. De Smedt et al., 2010). Dies führt zur Überlegung, ob die phonologische Bewusstheit nur eine spezifische Vorläuferkompetenz für den Schriftspracherwerb darstellt – wie im vorherigen Kapitel ausführlich thematisiert – oder ebenso als bedeutender Einflussfaktor der mathematischen Kompetenzen fungiert.

Das nachfolgende Kapitel wendet sich aufgrund der primären Fragestellung der vorliegenden Arbeit vorrangig der Bedeutung der phonologischen Bewusstheit für die mathematischen Kompetenzen in der Vorschul- und frühen Grundschulzeit zu. Hierzu sollen sowohl aktuelle empirische Befunde als auch theoretische Erklärungsmodelle aufgeführt und verglichen werden. Ergänzend werden Studienergebnisse von Kindern mit bereichsspezifischen Schwächen und Störungen betrachtet.

---

<sup>12</sup>Ebenso gibt es wissenschaftliche Publikationen, die umfassende Argumente für einen sprachunabhängigen Erwerb zahl- und mengenbezogener Konzepte liefern (vgl. Gelman & Butterworth, 2005; Praet et al., 2013) und die zur Vervollständigung der theoretischen Grundlagen hier erwähnt werden sollen.

## 4.1 Empirische Befunde

Zahlreiche Längsschnittstudien wurden bereits mit dem Ziel durchgeführt, den Zusammenhang zwischen mathematischen und schriftsprachlichen Kompetenzen (z. B. phonologische Bewusstheit) genauer zu untersuchen und gemeinsame, d. h. für den Zusammenhang verantwortliche Faktoren, zu identifizieren. Im Folgenden werden einige dieser Studienergebnisse zunächst aus Untersuchungen mit Kindern ohne explizit ausgewiesenem Migrationshintergrund in Bezug auf die Bedeutung der phonologischen Bewusstheit für die mathematischen Kompetenzen dargelegt. Zur besseren Vergleichbarkeit der Analyseresultate werden die jeweils erfassten Maße der phonologischen Bewusstheit benannt und nach Möglichkeit den Begriffen der „phonologischen Bewusstheit im weiteren und engeren Sinne“ zugeordnet.

### 4.1.1 Studien mit monolingualen Kindern

Für Kinder im Vorschulalter konnten Simmons, Singleton und Horne (2008) im Rahmen einer längsschnittlichen Untersuchung belegen, dass die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne (Reimerkennung), im Alter von 5 Jahren gemessen, die Rechen- ( $\beta = .29, p < .05$ ) als auch Leseleistung ( $\beta = .37, p < .05$ ) 12 Monate später als unabhängiger Prädiktor vorhersagte. Zusätzlich erwies sich das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis ( $\beta = .28, p < .05$ ) als eigenständiges Vorhersagemerkmal der Mathematikleistung.

Da M. Wolf und Bowers (1999) für die Vorhersage der Lesekompetenz die phonologische Bewusstheit und die Schnelligkeit des Zugriffs auf das Langzeitgedächtnis (schnelles Benennen) als weitestgehend unabhängige Prädiktoren identifizierten, untersuchten Koponen, Salmi, Eklund und Aro (2013) ihre Bedeutung für die Zähl- und Rechenkompetenz sowie die Leseschnelligkeit. Sie stellten fest, dass die vorschulisch erfasste phonologische Bewusstheit (Anlautidentifikation, Silbensegmentieren) ungefähr 21 % der Unterschiede in den Zählfertigkeiten zum Schulanfang und 16 % der Varianz in der Zugriffsgeschwindigkeit auf das Langzeitgedächtnis erklärte. Die Zählfertigkeiten beeinflussten nicht nur die Rechen-, sondern auch die Leseschnelligkeit in der zweiten und dritten Klasse. Die Befunde dieser finnischen Studie stehen im Einklang mit anderen Untersuchungen, die einen bedeutsamen Einfluss der phonologischen Bewusstheit auf die zahlbezogenen Kompetenzen nachwiesen (Passolunghi, Lanfranchi, Altoè & Sollazzo, 2015; Krajewski & Schneider, 2009b).

In der Studie von Krajewski und Schneider (2009b) erklärte die phonologische Bewusstheit (Phonemsynthese, Reimerkennung), die zu Beginn des letzten Kindergartenjahres erfasst wurde, ungefähr 53 % der Unterschiede in den Zähl- und Ziffernkenntnissen (Ebene I des ZGV-Modells, s. Abschnitt 2.2.1) ein halbes Jahr später. Weitere Analysen zeigten zum bereichsübergreifenden Vergleich, dass die phonologische



Bewusstheit circa 45 % der Unterschiede in der Rechtschreibleistung am Ende der ersten Klasse erklärte (Krajewski, Schneider & Nieding, 2008).

Auch in einer Querschnittstudie von Michalczyk, Krajewski, Preßler und Hasselhorn (2013) erwies sich die phonologische Bewusstheit (Phonemsynthese, Reimidentifikation) bei Kindern zu Beginn des Vorschuljahres als starker Prädiktor und erklärte ungefähr die Hälfte der individuellen Unterschiede in den Kenntnissen zur Zahlwortsequenz (Ebene I des ZGV-Modells). Ein direkter Einfluss auf höhere mathematische Kompetenzen (Ebene II) konnte dagegen nicht nachgewiesen werden. Die phonologische Bewusstheit wurde ihrerseits von allen drei gemessenen verbalen Arbeitsgedächtniskomponenten beeinflusst (phonologische Schleife, Zentrale Exekutive, episodischer Puffer). Aufgrund der Ergebnisse schlussfolgerten die Autorinnen und die Autoren, dass die mathematischen Kompetenzen der Ebene I (Basisfertigkeiten) eine Mediatorrolle zwischen phonologischer Bewusstheit und den mathematischen Kompetenzen der Ebene II (einfaches Zahlverständnis) einnehmen. Zudem legten die Ergebnisse nahe, dass die phonologische Bewusstheit die indirekten Effekte der verbalen Arbeitsgedächtniskomponenten auf die mathematischen Kompetenzen medierte.

Dagegen konnte in einer deutschen Längsschnittstudie kein zusätzlicher Erklärungsbeitrag der vorschulisch erfassten phonologischen Bewusstheit (Reimerkennung, Silbensegmentieren, Laut-zu-Wort) auf die mathematischen Kompetenzen ein Jahr später nachgewiesen werden. Schuchardt et al. (2014) erklärten diesen Befund damit, dass zum Gesamtwert der vorschulischen Mengen-Zahlen-Kompetenzen keine signifikante Korrelation vorlag, sich jedoch für einzelne, zahlbezogene Kompetenzen (Aufsagen der Zahlenreihe, Zahlenwissen im Alltag) schwache Zusammenhänge finden ließen. Ebenso erwies sich die phonologische Bewusstheit im engeren Sinne (Phonemauslassung) bei Durand, Hulme, Larkin und Snowling (2005) nur als relevanter Prädiktor der Lesekompetenz (Dekodierfähigkeit) und nicht der arithmetischen Kompetenzen.

Eine angloamerikanische Studie mit 3- bis 5-jährigen Vorschulkindern ergab, dass nur Kenntnisse der gedruckten Sprache (Print Knowledge) und des Wortschatzes die numerischen Kompetenzen ein Jahr später vorhersagten und die phonologische Bewusstheit als dritte Kompetenz der erfassten Indikatoren der frühen Literalität (Early Literacy) keinen zusätzlichen Vorhersagewert hatte (Purpura, Hume, Sims & Lonigan, 2011). Im Einzelnen verdeutlichte eine Folgeuntersuchung, dass insbesondere sprachliche Kompetenzen die basalen Zähl- und Mengen-Kompetenzen beeinflussen und, dass das Print Knowledge den Zusammenhang zwischen basalen und höheren mathematischen Kompetenzen vermittelt (Purpura & Napoli, 2015).

Auch in einer Studie von Passolunghi et al. (2007) stellte sich die phonologische Bewusstheit im engeren Sinne (Anlaut-/Endlaut-Benennung, Phonemanalyse), die zu Beginn der ersten Klasse erfasst wurde, nicht als signifikanter Prädiktor der Mathematikleistung zum Schuljahresende heraus. Dagegen erwiesen sich die Zählkompetenzen und die Gedächtnisfähigkeiten als stärkste Vorhersagemerkmale. In einer Folgestudie

bei Kindern im Vorschulalter ließ sich ein zusätzlicher Erklärungswert der phonologischen Bewusstheit für die Entwicklung mathematischer Kompetenzen bis zum Schuleintritt belegen. Passolunghi et al. (2015) postulierten aufgrund der konträren Ergebnisse einen altersabhängigen und folglich inkonstanten Einfluss der phonologischen Bewusstheit im Entwicklungsverlauf.

In einer Längsschnittstudie von der zweiten bis zur fünften Klasse untersuchten Hecht et al. (2001) die separate Bedeutung der drei Komponenten der phonologischen Informationsverarbeitung und fanden, dass die phonologische Bewusstheit (Phonemauslassung, Phonemanalyse und -synthese, Reimidentifikation) ungefähr 10 % der Unterschiede in den mathematischen Kompetenzen der fünften Klasse erklärten. Die beiden anderen Komponenten der phonologischen Informationsverarbeitung trugen nicht zusätzlich zur Varianzaufklärung bei. Unterschiede in den mathematischen Ausgangswerten und der verbalen Intelligenz wurden hierbei kontrolliert. Der festgestellte Zusammenhang zwischen phonologischer Bewusstheit und Rechenleistung wurde mit der Bedeutung von zentral-exekutiven Funktionen, die beiden Kompetenzen zugrunde liegen, erklärt.

Auch für Schülerinnen und Schüler der fünften Jahrgangsstufe ließ sich im Rahmen eines querschnittlichen Designs ein direkter Einfluss der phonologischen Fähigkeiten, indirekt gemessen durch einen Paper-Pencil-Test zur Pseudowort-Erkennung, auf arithmetische Kompetenzen belegen (Kleemans, Segers & Verhoeven, 2018).

Um zu überprüfen, mit welchem mathematischen Aufgabenformat genau ein Zusammenhang zur phonologischen Bewusstheit (Reim- und Phonemebene) besteht, untersuchten De Smedt et al. (2010) Schulkinder mit einem Durchschnittsalter von 10 Jahren. Sie fanden, dass ein Zusammenhang zu einstelligen Additions-, Subtraktions- und Multiplikationsaufgaben vorlag, jedoch nicht zu mehrstelligen Aufgaben. Der gefundene Zusammenhang blieb auch nach Kontrolle von Lesefertigkeiten bestehen. Zudem war kein Zusammenhang zwischen Rechenleistungen und dem Kurzzeitgedächtnis als mögliche Ursachenzuschreibung in dieser Altersgruppe nachweisbar. De Smedt et al. (2010) gingen davon aus, dass das Lösen einfacher Aufgaben keinen Einsatz von Rechenstrategien erfordert, sondern mit bloßem Abruf bereits gespeicherter Ergebnisse aus dem Langzeitgedächtnis bewältigt werden kann. Einschränkend merkten sie an, dass Komponenten des Arbeitsgedächtnisses nicht erfasst wurden. Dies rechtfertigten sie damit, dass das Arbeitsgedächtnis weniger bei Aufgaben involviert sei, die mit Faktenabruf lösbar sind und für die ein Zusammenhang mit der phonologischen Bewusstheit gefunden wurde. Zusammenfassend lieferten De Smedt et al. (2010) einen ersten empirischen Nachweis, dass die Qualität der phonologischen Repräsentationen im Langzeitgedächtnis die spezifische Verknüpfung zwischen phonologischer Bewusstheit und Rechenkompetenz darstellt. Im Detail erklärt sich dieser Zusammenhang dadurch, dass auf klar gespeicherte Fakten schneller und genauer zurückgegriffen werden kann. Hierdurch kann der empirisch gefundene Zusammenhang zwischen Lese- und Rechenleistungen plausibel erklärt werden. Aber auch für den Rechenprozess sind

phonologische Fähigkeiten bedeutsam, damit Informationen der Rechenaufgabe oder Zwischenergebnisse bereitgehalten werden können (vgl. Schuchardt, Kunze, Grube & Hasselhorn, 2006).

Abschließend deutet auch das Studienresultat von Koponen et al. (2007) darauf hin, dass die Verknüpfung zwischen mathematischen (arithmetischen Fakten) und Lesekompetenzen auf den erforderlichen Abruf verbaler bzw. visuell-verbaler Informationen aus dem Langzeitgedächtnis basiert.

#### 4.1.2 Studien mit bilingualen Kindern

Im Gegensatz zur Forschung zum Zusammenhang zwischen phonologischer Bewusstheit und mathematischen Kompetenzen bei monolingualem Spracherwerb, für die im vorangegangenen Abschnitt einige Studienergebnisse zusammengetragen wurden, liegen bisher nur wenige Publikationen vor, die den Migrations- oder Sprachhintergrund der Probanden berücksichtigen. Dagegen wurden bereits einige Studien z. B. in Bezug auf die Bedeutung der Inversion des Zahlwortsystems durchgeführt, das sich abhängig von der zugrunde liegenden Sprache (mit oder ohne Inversion gesprochener, mehrstelliger Zahlwörter) auf kognitive Prozesse der Zahlenverarbeitung auswirkt und besonders beim Vergleich von zwei- oder mehrsprachigen Kindern mit monolingualen Kindern aufschlussreiche Erkenntnisse ermöglicht (z. B. Prior, Katz, Mahajna & Rubinsten, 2015; Göbel, Shaki & Fischer, 2011). Auch im Deutschen stellt die Inversion des Notationssystems eine sprachliche Besonderheit dar (vgl. Ise, Dolle, Pixner & Schulte-Körne, 2012, S. 183).

Michalczyk et al. (2013) fanden bei 5- und 6-jährigen Vorschulkindern, dass die phonologische Bewusstheit zum Erwerb numerischer Basiskompetenzen (Ebene I des ZGV-Modells, s. Abschnitt 2.2.1) beitrug und zudem den Einfluss des verbalen Arbeitsgedächtnisses auf die Mengen-Zahlen-Kompetenzen (Ebene II) medierte. Ein direkter Einfluss der phonologischen Bewusstheit auf höhere Mengen-Zahlen-Kompetenzen (Ebene II) konnte nicht nachgewiesen werden, vielmehr zeigte sich ein indirekter Zusammenhang über die basalen Zähl- und Ziffernkenntnisse (Ebene I). Die gefundenen Zusammenhänge zwischen verbalem Arbeitsgedächtnis, phonologischer Bewusstheit und Mengen-Zahlen-Kompetenzen waren bei mono- und bilingualen Kindern vergleichbar. Bei monolingualen Kindern erklärte die phonologische Bewusstheit ungefähr 33 % und bei bilingualen Kindern ungefähr 40 % der Varianz der Kompetenzebene I.

Eine niederländische Untersuchung zu Vorläufermerkmalen früher Mengen-Zahlen-Kompetenzen (Early Numeracy) von 6-jährigen Kindern mit Erst- und Zweitspracherwerb ergab ebenso keine strukturellen Unterschiede in den Vorhersagemodellen (Kleemans, Segers & Verhoeven, 2011). Kinder mit Zweitspracherwerb schnitten jedoch signifikant schlechter in den numerischen und linguistischen Kompetenzen ab als monolinguale Kinder. In einer weiteren niederländischen Studie zeigte sich bei Zweit-

klässlerinnen und Zweitklässlern, dass phonologische Bewusstheit und grammatische Fähigkeiten die basalen arithmetischen Kompetenzen in den Grundrechenarten der Addition und Subtraktion sowohl bei mono- als auch bilingualen Kindern zuverlässig vorhersagen (Kleemans, Segers & Verhoeven, 2014).

Bonifacci et al. (2016) untersuchten Kindergartenkinder mit einem Durchschnittsalter von 4;8 Jahren, die Italienisch als Erst- oder Zweitsprache erworben hatten, bezüglich ihrer sprachlichen, mathematischen und allgemein-kognitiven Kompetenzen. Mittels Strukturgleichungsmodellierung stellten sie fest, dass die phonologische Bewusstheit (im weiteren Sinne) nur bei den monolingualen Kindern ungefähr 16 % der Unterschiede in den frühen mathematischen Kompetenzen (Mengenvergleich, Anzahlseriation, Zahlenstrahl), die eher auf nonverbalen Repräsentationen basieren, erklärte. Sprachlich fundierte, mathematische Kompetenzen (Zähl- und Ziffernkenntnisse) wurden für beide Sprachgruppen durch die Buchstabenkenntnisse vorhergesagt. Dieser Zusammenhang wurde auf gemeinsame zugrunde liegende kognitive Prozesse der Symbolverarbeitung zurückgeführt. Die Bedeutung der phonologischen Bewusstheit bei den untersuchten, monolingualen Vorschulkindern erklärten Bonifacci et al. (2016) mit der Relevanz des Arbeitsgedächtnisses, das nicht nur bei Reimaufgaben, sondern auch bei Aufgaben zur mentalen Manipulation von numerischen Informationen (z. B. Zuordnung von Zahlen am Zahlenstrahl) gefordert ist. Den statistisch nicht nachweisbaren Zusammenhang von linguistischen und mathematischen Kompetenzen bei bilingualen Kindern führten sie auf das Alter der Kinder und die geringe domänen-spezifische Anregung im Kindergarten zurück.

### **4.1.3 Studien mit Kindern mit mathematischen und schriftsprachlichen Leistungsschwierigkeiten**

Die zuvor dargestellten Studienergebnisse bezogen sich auf Daten von Kindern ohne Besonderheiten in der bereichsspezifischen Kompetenzentwicklung. Da ein gewisser Anteil von Kindern einer Stichprobe immer auch vergleichsweise gering ausgeprägte Kompetenzen in den mathematischen und schriftsprachlichen Vorläufermerkmalen aufweist, soll im Folgenden der Zusammenhang zwischen phonologischer Bewusstheit und frühen mathematischen Kompetenzen für diese Gruppe betrachtet werden. Hierbei spielt es eine untergeordnete Rolle, ob im weiteren Entwicklungsverlauf die diagnostischen Kriterien einer Teilleistungsstörung<sup>13</sup> erfüllt werden, wie es auf 2 % bis 4 % der Kinder im Grundschulalter zutrifft (vgl. Schwenck & Schneider, 2003; Schuchardt et al., 2017). Ohnehin wird die gemeinsame Ursache einer kombinierten Störung schulischer Fertigkeiten in einer beeinträchtigten Größenvorstellung, anstel-

<sup>13</sup>Damit sind die diagnostischen Kriterien einer Lese-Rechtschreib- bzw. Rechenstörung nach international geltender Klassifikation (ICD-10; Dilling, Mombour, Schmidt & Coltart, 2015) gemeint, die eine niedrige Intelligenz, organische oder neurologische Ursachen sowie eine unzureichende Beschulung als Ausschlusskriterien vorsehen.

le von schwachen phonologischen Kompetenzen, vermutet (vgl. De Smedt & Boets, 2010, S. 3974f.).

Studien zu Subtypen umschriebener Entwicklungsstörungen zeigten, dass Kinder mit einer kombinierten Störung des Lesens und Rechnens Defizite in der phonologischen Informationsverarbeitung aufwiesen, wohingegen sich bei Kindern mit ausschließlich mathematischen Schwierigkeiten keine entsprechenden Beeinträchtigungen nachweisen ließen (Hecht et al., 2001; Geary, 1993).

Dagegen fanden Schuchardt et al. (2006) bei Drittklässlerinnen und Drittklässlern mit Leistungsstörungen im Rechnen zugrunde liegende Defizite in der phonologischen Schleife als einzige Komponente des Arbeitsgedächtnisses. Bei Kindern mit Störungen des Lesens und Schreibens zeigten sich zudem Defizite in der Zentralen Exekutive. Bei einer vorliegenden kombinierten Schwäche ergab sich ein additives Muster an Defiziten in den Komponenten des Arbeitsgedächtnisses. Die phonologische Bewusstheit wurde in dieser Studie nicht als Einflussfaktor berücksichtigt. Aufgrund des Zusammenhangs mit dem phonologischen Arbeitsgedächtnis (phonologische Schleife), das seinerseits die phonologische Bewusstheit bedingt (Näslund & Schneider, 1991), wird dieses Ergebnis als Ergänzung an dieser Stelle aufgeführt.

In einer querschnittlichen Untersuchung bei Erstklässlerinnen und Erstklässlern zeigte sich, dass die Gruppe der Kinder mit kombinierter Schwäche auch signifikant niedrigere Leistungen in der phonologischen Bewusstheit im Vergleich zu Kindern ohne bereichsspezifische Beeinträchtigungen aufwies (Schwenck & Schneider, 2003). Gleichzeitig war diese Subgruppe auch in den Gedächtnisleistungen benachteiligt. Die Teilstichprobe der Kinder mit isolierter Rechenschwäche zeigte dagegen keine entsprechenden Defizite in der phonologischen Bewusstheit.

De Smedt und Boets (2010) verglichen Erwachsene mit einer umschriebenen Entwicklungsstörung des Lesens und Schreibens – auch als Dyslexie oder Legasthenie bezeichnet –, jedoch ohne Schwierigkeiten im Rechnen, mit einer Kontrollgruppe. Sie fanden, dass Probandinnen und Probanden mit Dyslexie beim Abruf von Rechenfakten in einfachen Multiplikations- und Subtraktionsaufgaben weniger effizient waren und gleichzeitig eine geringere phonologische Bewusstheit (im engeren Sinne) aufwiesen als Erwachsene ohne Dyslexie. Die phonologische Bewusstheit korrelierte auch bei Kontrolle der Lesefähigkeiten mittelhoch und am stärksten unter den drei Komponenten der phonologischen Informationsverarbeitung mit dem Faktenabruf in beiden Subgruppen. Die Ergebnisse wurden mit der Qualität der zugrunde liegenden phonologischen Repräsentation, wofür das Maß der phonologischen Bewusstheit in dieser Studie der beste Indikator war, erklärt.

Im Rahmen einer Längsschnittstudie ordneten J.-A. Jordan et al. (2010) Kindergartenkinder mit einem Durchschnittsalter von 5;6 Jahren nach Messung von frühen mathematischen Kompetenzen und phonologischer Bewusstheit (Reim- und Phonemebene) drei verschiedenen Gruppen zu. Diese umfassten entweder normal entwickelte Kinder, Kinder mit phonologischen Defiziten oder Kinder mit kombinierten Defiziten.

Sie fanden, dass Kinder mit anfänglichen phonologischen Defiziten im Entwicklungsverlauf auch geringe Leistungen in der Lösung formaler mathematischer Aufgaben (Faktenabruf, schriftliches Rechnen und Kopfrechnen, Konzepte beim Vergleich von Rechnung und Textaufgabe) 18 Monate später zeigten. Dagegen wiesen sie keine Unterschiede zwischen diesen Leistungsgruppen in informellen Aufgaben (Bestimmen des Nachfolgers, Anzahlvergleich, Kardinalitätsprinzip, Aufteilen) nach, außer beim Lösen einfacher Rechenaufgaben. J.-A. Jordan et al. (2010) postulierten, dass beim Kopfrechnen neben dem Einsatz von Zählstrategien auch die Aufrechterhaltung von verbalen Informationen im Arbeitsgedächtnis erforderlich ist. Darüber hinaus konnte für die Kinder mit schwach ausgeprägter phonologischer Bewusstheit nicht zuverlässig vorhergesagt werden, welches von ihnen später zusätzlich mathematische Schwierigkeiten hatte. Ein Vergleich der Ausgangswerte beider Teilgruppen mit phonologischen Defiziten ergab, dass Kinder mit zusätzlichen mathematischen Schwierigkeiten im Entwicklungsverlauf geringere verbale und nonverbale Fähigkeiten aufwiesen.

In einer Studie bei Grundschulkindern von M. Skowronek et al. (2018) konnten keine Unterschiede zwischen Kindern mit kombinierten schulischen Teilleistungsstörungen und durchschnittlicher Intelligenz sowie Kindern mit unterdurchschnittlicher Intelligenz (Lernbehinderung) in der phonologischen Bewusstheit im engeren Sinne am Anfang der ersten bzw. Ende der zweiten Klasse nachgewiesen werden.

Profilanalysen bei italienischen mono- und bilingualen Kindergartenkindern ergaben, dass diejenigen mit Defiziten in frühen, sprachgebundenen mathematischen Kompetenzen (Zähl- und Ziffernkenntnisse) eine signifikant niedrigere phonologische Bewusstheit (im weiteren Sinne) aufwiesen, als Kinder ohne mathematische Defizite oder nur mit Defiziten in frühen, sprachunabhängigen mathematischen Kompetenzen, wie z. B. beim Anzahlvergleich (Bonifacci et al., 2016).

## 4.2 Hypothesen und Erklärungsmodelle

Die Mehrheit der zuvor aufgeführten empirischen Befunde bei Kindern im Vorschul- und Schulalter konnten, unabhängig vom Sprach- bzw. Migrationshintergrund, einen Zusammenhang zwischen phonologischer Bewusstheit und mathematischen Kompetenzen belegen. Zur Interpretation und theoretischen Einordnung wurden einige Erklärungsmodelle entwickelt und Hypothesen aufgestellt, die nachfolgend erläutert werden.

### 4.2.1 Hypothesen zu beeinflussten mathematischen Kompetenzen

Bezüglich der mathematischen Kompetenzen, die direkt durch die phonologische Bewusstheit beeinflusst werden, existieren in der Literatur zwei Hypothesen, die sich in ihrer Kernaussage unterscheiden.

Die „isolierte Zahlwort-Hypothese“ besagt, dass die phonologische Bewusstheit für die Aneignung der Zahlwortreihe (Ebene I des ZGV-Modells, s. Abschnitt 2.2.1) wichtig ist, welche auf der Manipulation von verbalen Informationen beruht (Krajewski & Schneider, 2009b). Folglich wird angenommen, dass die phonologische Bewusstheit bei Kontrolle der mathematischen Kompetenzen der Ebene I keinen direkten Erklärungsbeitrag mehr für die Kompetenzen der Ebene II („Anzahlkonzept“) liefert, sondern diese nur noch indirekt über die Ebene I vorhersagt. Michalczyk et al. (2013) konnten die „isolierte Zahlwort-Hypothese“ anhand von Daten, die im Rahmen eines querschnittlichen Studiendesigns an Kindern im Vorschulalter erfasst wurden, bestätigen.

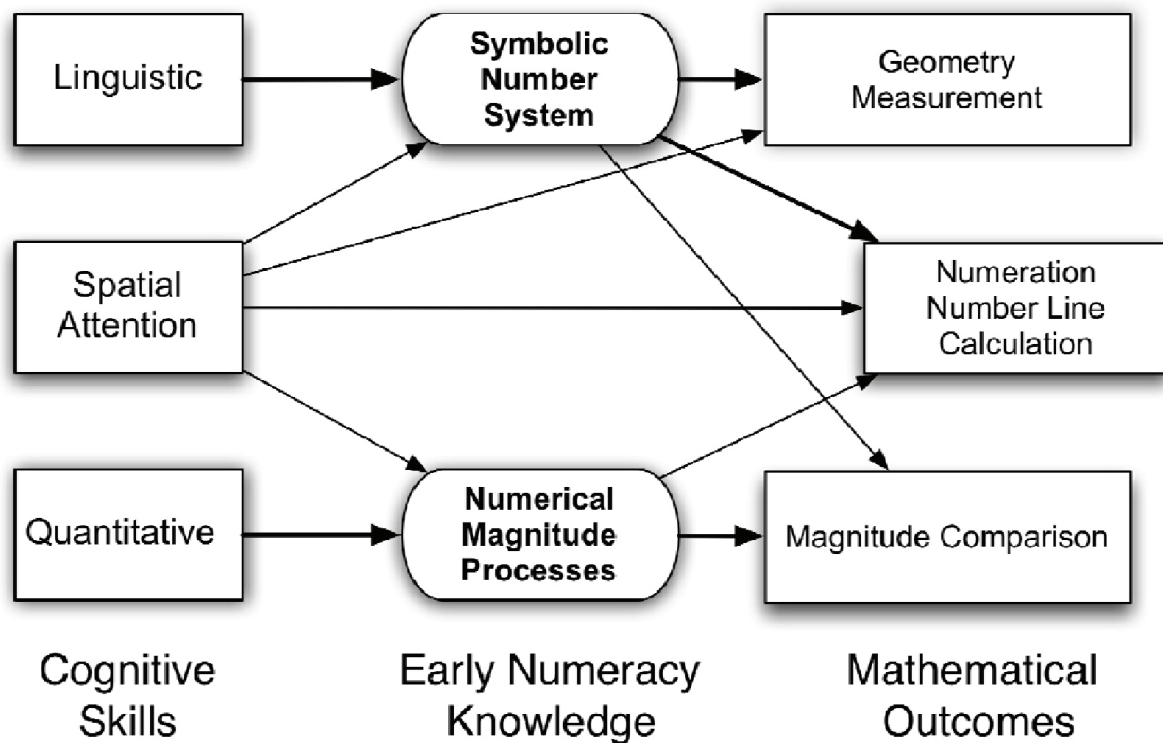
Im Gegensatz zu Krajewski und Schneider (2009b) nahmen Simmons und Singleton (2008) in ihrer „Hypothese der schwachen phonologischen Repräsentationen“ („weak phonological representations hypothesis“) an, dass Defizite in der Verarbeitung phonologischer Informationen die mathematischen Leistungen beeinträchtigen. Sie konstatierten, dass dies vor allem diejenigen mathematischen Kompetenzen betrifft, die eine Manipulation verbal codierter Informationen erfordern. Defizite in der phonologischen Repräsentation sollten sich nicht nur auf die Zählkompetenzen (Ebene I des ZGV-Modells), sondern auch auf höhere mathematische Kompetenzen (Ebene II und III des ZGV-Modells) auswirken. Auch der verbale Größenvergleich von Zahlen oder Mengen erfordert demnach sprachliche Repräsentationen und sollte daher von der phonologischen Bewusstheit beeinflusst werden.

Beiden Hypothesen ist gemeinsam, dass sie das Konzept der phonologischen Bewusstheit im Hinblick auf die Größe der lautsprachlichen Einheiten (d. h. die phonologische Bewusstheit im weiteren und engeren Sinne) und deren separate Bedeutung für die mathematischen Kompetenzen nicht differenzieren.

#### **4.2.2 Pfadmodell von LeFevre et al.**

Ausgehend vom „Triple-Code“-Modell von Dehaene (1992) entwickelten LeFevre et al. (2010) ein Modell für die mathematische Kompetenzentwicklung, in dem auch der Einfluss linguistischer Kompetenzen berücksichtigt wird. Das Pfadmodell sieht drei wesentliche Determinanten der vorschulischen und frühen schulischen Kompetenzentwicklung im Bereich Mathematik vor. Zu diesen zählen die räumliche Aufmerksamkeit (visuell-räumliches Arbeitsgedächtnis), mengenbezogene sowie linguistische Kompetenzen. Letztgenannter Bereich wird in drei primäre, schriftsprachliche Vorläufermerkmale unterteilt: Kenntnisse der gedruckten Schrift (darunter auch Buchstabenkenntnis), gesprochene Sprache (Wortschatz, Grammatik) und phonologische Informationsverarbeitung (s. Abb. 8). Wie in Kapitel 3 beschrieben stellt die phonologische Bewusstheit eine der drei Komponenten der phonologischen Informationsverarbeitung dar. Das Modell von LeFevre und Kollegen wurde im Rahmen einer Längsschnittstudie an Kindern im Alter von 4;6 bis 7;6 Jahren validiert und verdeut-

licht, dass die linguistischen Kompetenzen – erfasst durch Wortschatz und Phonemauslassung – nur Zahlwortkenntnisse, aber nicht sprachunabhängige, mathematische Kompetenzen vorhersagen. Dieser theoretische Ansatz steht im Einklang mit der bereits genannten „isolierten Zahlwort-Hypothese“ von Krajewski und Schneider (2009b). So wird in beiden Modellen ein direkter Einfluss der phonologischen Bewusstheit auf sprachbasierte, mathematische Kompetenzen, d. h. Ziffern- und Zahlenkompetenzen, angenommen.



**Abbildung 8.** Pfadmodell zum Einfluss von Sprache auf mathematische Kompetenzen (LeFevre et al., 2010, S. 40; deutsche Übersetzung in Schneider et al., 2016, S. 73).

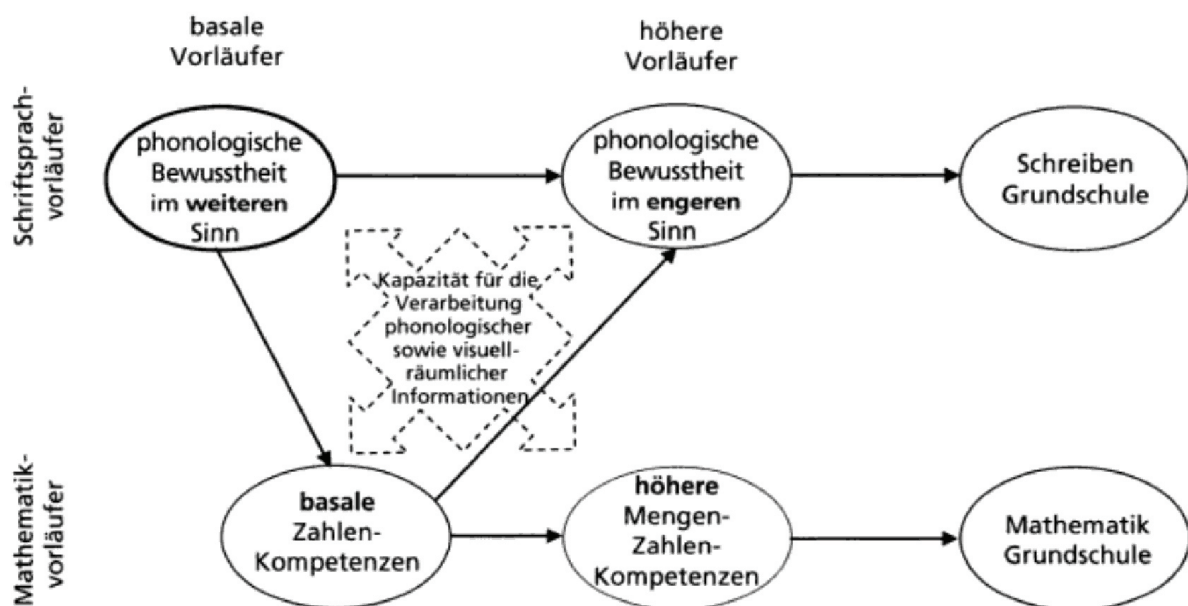
Ergänzend ist anzumerken, dass bei der Erstellung des hypothetischen Modells Erkenntnisse aus der neuronalen Bildgebung, der klinischen Forschung sowie aus Studien mit normal entwickelten Kindern und Erwachsenen integriert wurden.

### 4.2.3 Hypothetisches Modell von Krajewski

In einem hypothetischen Modell des Zusammenhangs zwischen mathematischer und schriftsprachlicher Entwicklung (s. Abb. 9) beschreibt Krajewski (2008, S. 127f.) zum einen den direkten Einfluss der phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinne auf basisnumerische Kompetenzen (Zählfertigkeiten, Ebene I des ZGV-Modells) und zum anderen auf die phonologische Bewusstheit im engeren Sinne und damit indirekt auf



die Rechtschreibleistungen. Die Autorin begründet die Annahme damit, dass die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne die Sinnentnahme der Sprache, damit auch der Zahlwörter, ermöglicht und die lautliche Unterscheidung der Zahlwortfolge erleichtert. Kinder können hierdurch leichter die Zahlen als separate Einheiten wahrnehmen (vgl. Fuson, 1988). Ein positiver Effekt sollte sich daher auch für den Erwerb höherer Mengen-Zahlen-Kompetenzen (Ebene II) ergeben. In Bezug auf den Schriftspracherwerb betrachtet die Autorin den alltäglichen Umgang mit der Zahlwortfolge und deren Manipulation als eine Art „Übung“, die auch die phonologische Bewusstheit im engeren Sinne fördern und damit positive Effekte auf die Rechtschreibleistung haben könnte. Sowohl die genannten „basalen, mathematischen Vorläufer“ als auch „höheren Vorläufer“ seien durch die Arbeitsgedächtniskapazität (phonologische als auch visuell-räumliche Informationen betreffend) limitiert, wobei sich Beeinträchtigungen im phonologischen Arbeitsgedächtnis eher auf die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne bzw. die Zahlenkenntnisse auswirken würden und Defizite in der visuell-räumlichen Verarbeitung eher die höheren mathematischen Kompetenzen beeinflussen sollten. Krajewski (2008) schlussfolgert, dass sich Defizite in der phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinne demnach längerfristig sowohl in den mathematischen als auch schriftlichen Leistungen abzeichnen.



**Abbildung 9.** Erklärungsmodell zum Zusammenhang zwischen mathematischer und schriftsprachlicher Entwicklung von Krajewski (2008, S. 128).

Zusammenfassend ist in der Literatur ein reziproker Zusammenhang zwischen mathematischer und sprachlicher Entwicklung umfassend belegt (vgl. Blevins-Knabe, 2016, S. 186). Die genannten Befunde sprechen dafür, dass eine gut entwickelte

phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne bereits im Kindergartenalter den Erwerb der Zahlwortreihe und eine separate Wahrnehmung einzelner Zahlen erleichtert (Ennemoser & Krajewski, 2015).

Für exakte Berechnungen bzw. für den Faktenabruf ist die verbale Repräsentation von Zahlen und Größen erforderlich. Dies zeigten Untersuchungen an Naturvölkern, die keine Bezeichnungen für größere Mengen haben (vgl. Van Rinsveld, Brunner, Landerl, Schiltz & Ugen, 2015). Bei Personen mit bilinguaem Spracherwerb ergaben sich Hinweise, dass komplexe Rechenleistungen von der Kompetenz sowie der Zahlwortstruktur der jeweiligen Herkunftssprache abhängen (z. B. Van Rinsveld et al., 2015).

Insbesondere für den Erwerb der Zahlwortsequenz und des Kardinalitätsprinzips konnten Unterschiede abhängig von der zugrunde liegenden Sprache und deren grammatischer Struktur nachgewiesen werden (Sarnecka, 2014). Daher ist die Übertragbarkeit von Ergebnissen aus anderen Sprachen ins Deutsche aufgrund vieler kultureller und sprachlicher Einflussfaktoren nur eingeschränkt möglich (vgl. Krinzinger et al., 2011).

Das anschließende Kapitel bezieht sich ebenfalls auf die mathematischen Kompetenzen und die phonologische Bewusstheit. Für beide Bereiche werden Ansätze und Konzepte zur vorschulischen Förderung betrachtet.

# 5 Vorschulische, bereichsspezifische Förderung

Nachdem sich bereits im Vorschulalter bereichsspezifische Vorläufer im Rahmen empirischer Langzeitstudien finden ließen, die die schulischen Mathematik- und Schriftsprachleistungen zuverlässig vorhersagten (Hasselhorn & Schneider, 2016, S. 3f.), erschien eine frühzeitige Förderung dieser Kompetenzen ein Erfolg versprechender Ansatz zu sein, um Leistungsunterschiede frühzeitig zu reduzieren und Chancengleichheit zu ermöglichen. So wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche Förderprogramme konzipiert, um Vorschulkinder effektiv auf den schulischen Erwerb der Kulturtechniken vorzubereiten. Im nachfolgenden Kapitel wird zunächst eine Einführung zur Funktion und Wirksamkeit vorschulischer Trainingsprogramme sowie zur definitorischen Abgrenzung gegenüber anderen Förderansätzen gegeben. Aus Gründen der Relevanz für die vorliegende Arbeit werden in diesem Abschnitt nur vorschulische Trainingsprogramme zur Förderung mathematischer Kompetenzen und der phonologischen Bewusstheit betrachtet, die in den teilnehmenden Kindergärten der Längsschnittstudie durchgeführt wurden.

## 5.1 Theoretische Anmerkungen zu vorschulischen Trainingsprogrammen

Förderung findet im Kindergartenalltag in verschiedenen Bereichen, u. a. der Sprache, Schriftsprache und Mathematik, oft ganzheitlich statt. Hierzu bieten sich im Alltag viele Lerngelegenheiten, die vom pädagogischen Personal meist automatisch oder intuitiv dafür genutzt werden (z. B. Abzählen der Kinder im Morgenkreis) (vgl. Hildenbrand, 2016, S. 65). Vorschulische Trainingsprogramme stellen eine bestimmte Form der Förderung dar und sind durch ihre bereichsspezifische Orientierung und ihren systematischen Aufbau gekennzeichnet (vgl. Hildenbrand, 2016, S. 56f.). Inhalte werden dabei gezielt nach einem vorgegebenen Schema oder Zeitplan dargeboten und durch Wiederholung gefestigt. Für die Durchführung eines Trainingsprogramms werden klare Richtlinien formuliert, um eine einheitliche Durchführung zu ermöglichen (Ennemoser & Krajewski, 2015). Dies ist auch eine wichtige Voraussetzung, damit die Wirksamkeit eines Trainingsprogramms empirisch geprüft werden kann und das Programm bestenfalls fortan als evidenzbasiert bezeichnet werden darf. Übergeordnet dienen vorschulische Trainingsprogramme dazu, Kinder bestmöglich auf den Schulstart vorzubereiten und, besonders in den Kernfächern Deutsch und Mathematik, andauernden Minderleistungen vorzubeugen, die sich längerfristig in

Schwächen oder Störungen manifestieren können. In Kindergärten werden solche Trainings meist für alle Vorschulkinder angeboten, weswegen sie als primäre und universelle Präventionsmaßnahmen klassifiziert werden (vgl. Hasselhorn & Schneider, 2016, S. 7). Um individuelle Bedürfnisse und den jeweiligen Lernstand eines Kindes ausreichend berücksichtigen zu können, sollten die Gruppen nicht zu groß sein. Eine vorschulische Förderung scheint unabhängig vom Zeitpunkt wirksamer und kindgerechter zu sein, wenn sie sich am normalen Entwicklungsverlauf orientiert (vgl. Krajewski, Nieding & Schneider, 2008). Dies setzt voraus, dass das Förderprogramm auf einem empirisch validierten Entwicklungskonzept beruht. Darüber hinaus kann auch bezüglich des Settings bzw. Umfelds der Intervention begrifflich z. B. zwischen „häuslicher“ und „institutioneller“ Förderung differenziert werden. Die nachfolgend genannten Trainingsprogramme werden in ihrem institutionellen Einsatz im Kindergarten betrachtet.

Auf Screeningverfahren zur Identifikation von Risikokindern wird an dieser Stelle nicht gesondert eingegangen, da die später vorgestellten Trainingsprogramme meist in den Kindergärten mit allen Vorschulkindern (Küspert & Schneider, 2008, S. 18) durchgeführt werden und hierfür – wie auch in der vorliegenden Studie – keine gesonderte Untersuchung und Auswahl im Vorfeld erfolgt.<sup>14</sup> Auch für Diagnosekriterien, Ursachen und Therapiemöglichkeiten umschriebener Entwicklungsstörungen schulischer Fertigkeiten, d. h. Lese-Rechtschreibstörung sowie Rechenstörung (Dilling et al., 2015), sei hier auf weiterführende Literatur<sup>15</sup> verwiesen, da diese nicht zentraler Bestandteil der vorliegenden Arbeit sind.

## 5.2 Vorschulische Förderung mathematischer Kompetenzen

Krajewski (2008, S. 129) formuliert für die mathematische Frühförderung mehrere Kriterien. Diese beziehen sich zunächst darauf, dass das Zahlenverständnis (vgl. Kompetenzebenen des ZGV-Modells, s. Abschnitt 2.2.1) strukturiert und schrittweise sowie orientiert an der bereichsspezifischen Entwicklung eines Kindes aufgebaut wird. Zentral ist hierbei die Vermittlung der Zahl-Größen-Verknüpfung, deren fehlendes Verständnis ein „Kerndefizit“ von Rechenschwäche ist (Krajewski & Ennemoser, 2013). Um den systematischen Aufbau zu erleichtern, sollten die verwendeten Materialien keine irrelevanten Informationen vermitteln (wie z. B. Märchen und Geschichten) und möglichst gleichartig aufgebaut sein, um insbesondere quantitative Unterschiede besser veranschaulichen zu können. In dieser Form reduzierte Darstellungsmittel sollen auch eine mögliche Überlastung von Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis

<sup>14</sup>Eine ausführliche Darstellung zu diagnostischen Möglichkeiten und Verfahren findet sich z. B. bei Schneider et al. (2016, S. 74ff.).

<sup>15</sup>Zur Diagnose der Rechenstörung siehe z. B. Landerl et al. (2017). Umfassende Informationen zur Lese-Rechtschreibstörung finden sich beispielsweise bei Schulte-Körne und Galuschka (2019).

und Selbstregulation verhindern. Durch regelmäßiges Wiederholen der Inhalte und dadurch erzeugte Automatisierung sollen zudem Speicherkapazitäten für neue Informationen frei werden. Zur Förderung einer bewussten Wahrnehmung und eines zahlbezogenen Verständnisses ist eine Benennung und damit Verbalisierung numerischer Inhalte unabdingbar. Darüber hinaus sollten mathematische Förderprogramme domänenspezifisch fokussiert sein und keine Förderung weiterer Kompetenzbereiche (z. B. der Motorik oder der Wahrnehmung von Mustern ohne Zahlbezug) umfassen (Krajewski & Simanowski, 2017).

Insgesamt kamen in den an der vorliegenden Studie beteiligten Kindergärten drei verschiedene Trainingsprogramme zur vorschulischen Förderung zum Einsatz, die in ihrem Aufbau nachfolgend beschrieben und hinsichtlich ihrer Wirksamkeit anhand bisheriger Evaluationsstudien abschließend diskutiert werden sollen. Schneider et al. (2016) verweisen darauf, dass nur ein kleiner Teil der mittlerweile vorliegenden Programme zur mathematischen Förderung im Vorschulalter wissenschaftliche Kriterien erfüllt. Als wichtig erachten sie, dass zumindest empirisch überprüft wurde, ob die Trainingsdurchführung nicht nur kurz-, sondern auch längerfristig bessere mathematische Leistungen bewirkt. Folglich sollten Kinder, die das Training durchlaufen haben, untrainierten Gleichaltrigen in den geförderten Kompetenzen überlegen sein.

### 5.2.1 Mengen, zählen, Zahlen

Basierend auf dem Entwicklungsmodell mathematischer Kompetenzen (vgl. Abschnitt 2.2.1) wurde das vorschulische Trainingsprogramm „Mengen, zählen, Zahlen“ (MZZ; Krajewski et al., 2007) entwickelt. Das Programm ist als „Förderbox“ umgesetzt worden, die zusätzlich zur umfassenden Handreichung verschiedene Fördermaterialien (vgl. Schneider et al., 2016, S. 89 ff.) beinhaltet. Es ist zum Einsatz im Vorschuljahr oder zur gezielten Förderung bei Schwierigkeiten im Fach Mathematik im Grundschulbereich konzipiert. Zudem gibt es einen Zeitplan zur Planung und Durchführung der Förderinhalte. Dieser sieht vor, dass eine Trainingseinheit ca. 30 Minuten dauert und die Sitzungen über einen Zeitraum von 8 Wochen, 3-mal pro Woche stattfinden. Es wird eine maximale Gruppengröße von sechs Kindern empfohlen, um den individuellen Förderbedarf eines jeden teilnehmenden Kindes berücksichtigen zu können.

Das Förderprogramm ist in drei Förderschwerpunkte unterteilt, für die formulierte Haupt- und Teilziele sowie Leitfragen zur Orientierung verhelfen (s. Abb. 10). Die drei Förderschwerpunkte basieren auf den drei Kompetenzebenen des ZGV-Modells. Sie werden nacheinander bei der Programmdurchführung bearbeitet, wodurch ein systematischer Aufbau mathematischer Kompetenzen erreicht werden soll. Zentraler Förderaspekt ist der Aufbau eines fundierten Zahlverständnisses (vgl. Krajewski & Simanowski, 2017).

Förderschwerpunkt	Hauptziel	Beispiele für <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Teilziele</b></li> <li>• <b>Leitfragen</b></li> </ul>	geförderte Kompetenzebene des ZGV-Modells
Zahlen als Anzahlen	Erkennen, dass hinter Zahlen Mengen (Anzahlen) stehen:  An die Zahl angebunden ist eine Menge (Anzahl).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Zählfolge und die Ziffern von 1-10 beherrschen.</li> <li>• Zähle, <i>wie viele</i> das sind! Welche Zahl ist das?</li> </ul>	Ebene I und II
Anzahlordnung	Als Grundprinzip erkennen:  Zahlen können aufgrund ihrer Mächtigkeit (Größe) miteinander verglichen werden, z.B.: <i>Acht</i> sind <i>mehr</i> als <i>sieben</i> und <i>weniger</i> als <i>neun</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anzahlen der Größe nach ordnen.</li> <li>• <i>Wie viele</i> Dinge liegen bei dieser Zahl <i>mehr</i> als bei der anderen?</li> </ul>	Ebene II und III
Teil-Ganzes-Beziehungen und Anzahlunterschiede	Als Grundprinzip erkennen:  Beziehungen zwischen Mengen können mit Zahlen dargestellt werden.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Den Unterschied zwischen zwei Zahlen mit einer Zahl angeben.</li> <li>• <i>Wie viele</i> Dinge gehören zu dieser Zahl <i>mehr/weniger</i> als zur anderen Zahl?</li> </ul>	v. a. Ebene III

**Abbildung 10.** Exemplarische Darstellung des Aufbaus von „Mengen, zählen, Zahlen“ (Krajewski et al., 2007).

„Mengen, zählen, Zahlen“ erfüllt wesentliche Anforderungen, die an ein derartiges Trainingsprogramm gestellt werden (Krajewski & Simanowski, 2017). Es ermöglicht eine kompetenzorientierte, inhaltspezifische und systematische Förderung. Dabei wird großer Wert auf konkret-anschauliche Darstellungsmittel gelegt, die den Kindern erleichtern sollen, die abstrakte Struktur von Zahlen zu verstehen. Der Zeitplan sieht regelmäßige Wiederholungen vor, damit begrenzte Gedächtnisressourcen, wie sie bei einigen Kindern vorliegen, berücksichtigt werden. Zudem werden mittels der im Handbuch formulierten Leitfragen sowie offenen, handlungsbezogenen Fragen die vermittelten Inhalte verbalisiert und zur Reflexion angeregt. Die Inhalte sollen hierbei von den Trainerinnen und Trainern in Form direkter Instruktionen vorgegeben werden, da sich dieses Vorgehen im Vergleich zu kooperativen Lernformen als überlegen gezeigt hat (vgl. Schneider et al., 2016, S. 83).

Ein Materialbeispiel, das den konkret-anschaulichen Grundgedanken von MZZ widerspiegelt, ist die „Zahlentreppe“. Sie besteht aus zehn naturbelassenen, quaderförmigen Holzklötzen mit unterschiedlichen Höhen, die in der richtigen Reihenfolge angeordnet eine Treppe ergeben. Auf diesen Holzklötzen sind die Zahlen eins bis

zehn in sechs unterschiedlichen Formaten (jeweils auf einer Seite) dargestellt: Ziffern, Punktmengen mit Unterteilung bei fünf, Fingern, Würfelaugen, grau hervorgehobenen Kreissektoren sowie als Endpunkte eines Zahlenstrahls mit Einer-Markierung. Weitere Fördermaterialien sind Anzahlkarten und Anzahlstreifen, farbige Chips sowie ein Zahlenhaus.

### 5.2.2 Komm mit ins Zahlenland

Das Programm „Komm mit ins Zahlenland“ von Friedrich und de Galgóczy (2004) wurde im Rahmen eines Projekts, gefördert vom Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg sowie der Robert-Bosch-Stiftung, eingesetzt. Neben den mathematischen Kompetenzen stand bei der Entwicklung auch die Förderung der Sprache im Mittelpunkt. Inhaltlich soll der Zahlenraum von Eins bis Zehn vermittelt werden. Im Nebentitel „Eine spielerische Entdeckungsreise in die Welt der Mathematik“ wird die Grundidee des Förderkonzeptes aufgegriffen. Mittels fantasievoller „Zahlen geschichten“, ausgestaltet mit Elementen musikalischer Früherziehung, soll eine ganzheitliche Förderung von Wahrnehmung, Merkfähigkeit, Motorik, Ausdrucksvermögen, Sprache und primär grundlegender mathematischer Kompetenzen ermöglicht werden. Im Rahmen der wissenschaftlichen Untersuchung war für jede der zehn Zahlen eine Wochenstunde (50 bis 60 Minuten) zur gezielten Förderung vorgesehen. Darüber hinaus wurden den Kindern die passenden Fördermaterialien über den gesamten Förderzeitraum zur eigenständigen Beschäftigung zur Verfügung gestellt. Zudem wurden Inhalte im Kindergartenalltag unter Anleitung von Erzieherinnen und Erziehern wiederholt. Die didaktische Grundidee sieht vor, dass jeder Zahl bestimmte Charaktereigenschaften (z. B. Zahl „2“ trägt eine Brille) zugeschrieben werden, die auf ihre mathematischen Besonderheiten schließen lassen und einen kindgerechten, affektiven Zugang ermöglichen. Das „Zahlenland“ symbolisiert den „Zahlenraum“, in dem die Zahlen „beheimatet“ sind. In diesem Kontext werden Zahlenhäuser und Zahlengärten gestaltet.

Theoretisch berufen sich Friedrich und de Galgóczy (2004) auf neurowissenschaftliche Befunde, die eine leichtere Speicherung von Ereignissen oder Episoden gegenüber zusammenhangslosen Fakten belegen (z. B. Geschichte von der Eins und ihrem Einhorn). Zudem würden entwicklungspsychologische Erkenntnisse für einen altersgemäßen Zugang sprechen und somit die Vermenschlichung der Zahlen rechtfertigen. Auch mathematikdidaktische Prinzipien wurden in das Konzept integriert (z. B. fünfeckige Form des Gartens der Zahl „Fünf“) und bei der Darstellung der Zahlen berücksichtigt. Zur motorischen Förderung wird beispielsweise ein „Zahlenweg“ für die Zahlen im Zahlenraum bis 20 gestaltet, den die Kinder begehen und dabei die Zahlen sprechen können. Dieses Beispiel veranschaulicht den ganzheitlichen Förderansatz, da es für Kinder die Zahlen „erlebbar und fühlbar“ macht. Das Grundlagenbuch enthält Informationen zum theoretischen Hintergrund sowie zur praktischen Umsetzung und ist

mit Liedern, Märchen, Spielen, Reimen sowie selbst erstellten Materialien ausgestattet (Friedrich & de Galgóczy, 2004).

In einem Fachbeitrag greift Friedrich (2017) die häufig geäußerte Kritik auf, dass die fantasievolle Ausgestaltung und Personifizierung der Zahlen die Erkenntnis der abstrakten Struktur von Zahlen erschwert. Er verweist auf die offene, kindgerechte Gestaltung des Programms, das nicht als therapeutisches, sondern als didaktisches Konzept verstanden werden sollte, sowie auf seine Mehrdimensionalität, die eine korrekte Vermittlung der Zahlenstruktur aufweist. Mittlerweile gibt es zahlreiche Materialien zur Ergänzung, die die praktische Umsetzung erleichtern sollen. Auch dieses Programm liegt in einer revidierten Fassung vor (Friedrich, de Galgóczy & Schindelhauer, 2011).

### 5.2.3 Entdeckungen im Zahlenland

Das Konzept von Professor Preiß (2004, 2005), das hinter dem Projekt „Entdeckungen im Zahlenland“ steht, wurde als „ganzheitliche mathematische Bildung für Kinder ab vier Jahre“ entwickelt. Wissenschaftliche Erkenntnisse der Mathematikdidaktik und der Neurologie wurden als theoretische Basis herangezogen. Im Zentrum des Förderprogramms steht die Vermittlung mathematischer Basiskompetenzen unter Einbezug aller Sinnesmodalitäten, wodurch die Neugier von Kindern geweckt und ihre individuellen Bedürfnisse berücksichtigt werden sollen.

Es werden drei Handlungs- und Erfahrungsfelder formuliert, in denen der Aufbau des Zahlbegriffs erfolgen soll: Zahlenhaus, Zahlenweg, Zahlenland. Ähnlich wie bei „Komm mit ins Zahlenland“ werden Zahlen als Wesen betrachtet, die ihren festen Wohnort im Zahlenhaus haben, das mit „Möbeln“ und entsprechend numerischen oder geometrischen Eigenschaften ausgestattet ist. Für jede Zahl gibt es ein Zahlenland (Einer-, Zweier-, Dreierland etc.) mit numerischen Eigenschaften (z. B. im Einerland existiert alles nur einmal) und dazu passenden Liedern, Rätseln sowie Abzählreimen, um die Fantasie der Kinder anzuregen. Der Zahlenweg dient der „begehbaren“ Veranschaulichung der Zahlenfolge. In den beiden Leitfäden („Zahlenland 1“ für die Zahlen Eins bis Fünf und „Zahlenland 2“ für die Zahlen Sechs bis Zehn) sind insgesamt 22 Lerneinheiten zur Vermittlung des Zahlenraums bis zur Zahl Zehn vorhanden. Jede Lerneinheit soll nach demselben Schema durchgeführt werden. Umrahmt wird jede Lerneinheit durch Begrüßung und Verabschiedung aus der Zahlenschule. Zu Beginn wird das Zahlenhaus aufgebaut, Möbel eingeräumt sowie Zahlen begrüßt und verabschiedet. Anschließend wird der Zahlenweg gelegt und geübt. Abschließend erfolgen Aktivitäten zu den jeweiligen Zahlenländern. Dabei sind die Lerneinheiten aus „Zahlenland 1“ für Kinder ab 4 Jahre und aus „Zahlenland 2“ für Vorschulkinder vorgesehen. Es wird eine Gruppengröße von 8 bis 15 Kindern empfohlen. Dabei können einzelne Lerneinheiten auf mehrere Termine aufgeteilt und die gesamte Programmdurchführung auf ein bis zwei Jahre ausgedehnt werden. Als zeitlicher Richtwert wird



pro Termin eine halbe Stunde angegeben, wobei zur Vermeidung von Zeitdruck bzw. Langeweile ausdrücklich auf eine flexible Handhabung hingewiesen wird.

### 5.2.4 Evaluationsstudien

Inhaltlich und methodisch stellt Käser (2013) beim Vergleich der zuvor genannten Förderprogramme einige Unterschiede, aber auch Limitationen fest. Gerade für die fantasievolle Ausgestaltung beider Zahlenland-Programme mit der Intention der Motivationsförderung und Angstreduktion finden sich keine belastbaren theoretischen und empirischen Nachweise. Diesen Aspekt betreffend, sei die abstrakte Darstellungsweise des MZZ-Programms völlig schlüssig, da sie den Vorschulkindern aus didaktischer Sicht einen logischen Zugang zur „abstrakten Welt“ der Zahlen biete. Insgesamt wird die didaktische Grundidee der Zahlenland-Konzepte mit der fantasievollen Aufbereitung und Vermenschlichung von Zahlen als kritisch und wenig zielgerichtet für die mathematische Vorschulförderung eingeordnet (vgl. Schneider et al., 2016, S. 86f.). Ein Erwerb von Kompetenzen der Ebene III (vgl. Abschnitt 2.2.1) könnte durch diese Umsetzung sogar erschwert werden. Friedrich (2017) entgegnete dieser Kritik mit dem Argument, dass es sich um ein offenes, didaktisches Konzept handle, das neben spielerisch-fantasievollen Elementen auch die korrekte Vermittlung der Zahlenstruktur durch das pädagogische Personal ermögliche. Bei allen drei Programmen kritisiert Käser (2013) die fehlende methodische Realisierung der Zahl „Null“, die zumindest im MZZ-Programm als Sonderfall thematisiert wird. Potenzial für methodische Verbesserung sieht Käser (2013) in allen der zuvor genannten Vorschulprogrammen (z. B. ergänzende Übersicht zu den durchgeführten, mathematischen Operationen für mehr Flexibilität im Einsatz).

Unabhängig von der theoretischen und methodischen Ausgestaltung zeichnet sich die Qualität eines Förderprogramms dadurch aus, dass kurzfristige Effekte in Form einer Leistungssteigerung in den geförderten Kompetenzen sowie langfristige Transfereffekte in bereichsspezifischen, aber weiterentwickelten Kompetenzen nachweisbar sind, die ohne eine entsprechende Förderung nicht zustande gekommen wären. Der Vergleich mit einer unbehandelten Kontrollgruppe ist daher notwendig.

Eine Überprüfung der Wirksamkeit von MZZ erfolgte im Rahmen einer Pilotstudie (Krajewski, Nieding & Schneider, 2008). Neben einer Gruppe von Vorschulkindern, die mit dem MZZ-Programm trainiert wurden ( $N = 71$ ), gab es eine nicht spezifisch trainierte Kontrollgruppe ( $N = 108$ ) und eine Gruppe von Vorschulkindern ( $N = 45$ ), die mit dem Denktraining I von Klauer (1989) im induktiven Denken gefördert wurden. Die Zuweisung zu den einzelnen Versuchsgruppen erfolgte willkürlich, nachdem der jeweilige Kindergarten der Durchführung eines Trainingsprogramms zugestimmt bzw. diese abgelehnt hatte. Nachträglich stellte sich heraus, dass ein Teil der Kinder der Kontrollgruppe nach der Nachtestung mit einem alternativen mathematischen Förderprogramm (Friedrich & de Galgóczy, 2004) trainiert worden war. Diese Kin-

der wurden bei der Auswertung einer gesonderten Gruppe zugewiesen ( $N = 36$ ). Die Vortesterhebung erfolgte zu Beginn des Vorschuljahres, vier Monate später die Nachtesterhebung. Zwei Monate vor Schuleintritt fand die Follow-up-Messung statt und zum Ende des ersten Schuljahres wurden Transfereffekte geprüft. Neben einem erwarteten, kontinuierlichen Leistungszuwachs in den spezifischen und unspezifischen Variablen zeigten sich nur für die MZZ-Gruppe signifikante, wenn auch kleine kurzfristige (Nachtest) sowie langfristige (Follow-up-Test) Trainingseffekte in Bezug auf die mathematischen Kompetenzen. Dagegen ließen sich keine signifikanten Transfereffekte auf die Mathematikleistung im DEMAT 1+ (Krajewski et al., 2002) im Vergleich zu den anderen Trainingsgruppen und zur Kontrollgruppe nachweisen. Darüber hinaus wurden im Vorschulalter keine unspezifischen Fördereffekte auf die ebenfalls erhobene phonologische Bewusstheit (Reimfähigkeit, Lautsynthese) festgestellt.

In einer weiteren Studie wurden altersspezifische Effekte der Förderung mit MZZ geprüft (Krajewski, Renner, Nieding & Schneider, 2008). Insgesamt ließ sich auch in dieser Studie eine Überlegenheit der mit MZZ trainierten Vorschulkinder ( $N = 69$ ) gegenüber den nicht spezifisch trainierten Kindern ( $N = 108$ ) in den Mengen-Zahlen-Kompetenzen zum Ende des Vorschuljahres belegen. Die detaillierten Analysen unter Berücksichtigung des Alters zu Beginn des Vorschuljahres zeigten, dass jüngere Kinder signifikant stärker auf Kompetenzebene I des ZGV-Modells (s. Abschnitt 2.2.1) profitierten. Kinder der mittleren Altersgruppe zeigten einen signifikant stärkeren Leistungszuwachs im Vergleich zur Kontrollgruppe sowohl auf Ebene I als auch auf Ebene II. Die älteste Teilgruppe wies einen signifikant stärkeren Leistungszuwachs in den höheren Mengen-Zahlen-Kompetenzen (Ebene III) auf. Die Autorinnen und der Autor ordneten die Ergebnisse als Bestätigung der Wirksamkeit des kompetenz- und entwicklungsorientierten Trainingskonzepts ein. Im Hinblick auf die Alterseffekte empfahlen sie das letzte Kindergartenhalbjahr als geeigneten Durchführungszeitpunkt, damit ein größerer Anteil der teilnehmenden Kinder aufgrund des chronologischen Alters auch von einer Förderung des Anzahlkonzepts bzw. der Zahl-Größen-Verknüpfung (Ebene II) und der Zahlbeziehungen (Ebene III) profitiert.

Anhand einer sehr kleinen Stichprobe ( $N = 8$ ) und im Rahmen eines Warte-Kontrollgruppen-Designs untersuchten Hasselhorn und Linke-Hasselhorn (2013) die Wirksamkeit von MZZ. Anders als bei den zuvor genannten Studien erfolgte die Gruppenzuweisung bei dieser Untersuchung randomisiert, nachdem anhand eines Vortests zu mathematischen Vorläuferkompetenzen sogenannte „Risikokinder“ identifiziert worden waren. Acht dieser Kinder wurden aufgrund allgemeiner Entwicklungsdefizite von der Einschulung zurückgestellt, durchliefen erneut das Vorschuljahr im Kindergarten und nahmen zudem an der genannten Studie teil. Sowohl bei der Trainings- als auch der Warte-Kontrollgruppe (die nach der Trainingsgruppe die spezifische Förderung in gekürzter Version erhielt) zeigten sich signifikante und große Fördereffekte in der Trainingsgruppe ( $d = 4.6$ ).

Für „Komm mit ins Zahlenland“ (Friedrich & de Galgóczy, 2004) liegen zwei Eva-

lationsstudien vor, die insgesamt für den Erfolg des Programms sprechen. In einem quasiexperimentellen Design wurde eine Gruppe von Vorschulkindern ( $N = 46$ , Durchschnittsalter 60 Monate), die ein 10-wöchiges Training (einmal pro Woche, 50-60 Min.) mit dem Zahlenland-Programm (Friedrich & de Galgóczy, 2004) erhielten, mit einer Kontrollgruppe ( $N = 46$ ) ohne spezifischer Förderung verglichen (Friedrich & Munz, 2009). Hierzu wurden vor und nach der Trainingsdurchführung mittels Aufgaben aus dem „Kieler Einschulungsverfahren“ (KEV; Fröse, Mölders & Wallrodt, 1986) und den „Diagnostischen Einschätzskalen“ (DES; Barth, 1998) die kurzfristigen Trainingseffekte überprüft. Neben Mengen-Zahlen-Kompetenzen sowie logischem Denken und visuellen Fähigkeiten (zusammengefasst unter „anschauungsgebundenes Denken“) wurden hierdurch auch „verbale Fähigkeiten“ (aktive und passive Sprachkompetenz) erfasst. Ein Jahr später war die Überprüfung mittels eines lehrplanvaliden, mathematischen Testverfahrens (DEMAT 1+; Krajewski et al., 2002) angedacht, wofür bisher keine Ergebnisse publiziert wurden. Die trainierten Kinder zeigten sowohl im anschauungsgebundenen Denken als auch den verbalen Fähigkeiten im Nachtest signifikant bessere Leistungen als die untrainierten Kinder. Insgesamt interpretierten Friedrich und de Galgóczy (2004) die Ergebnisse als positiven, bereichsübergreifenden Trainingseffekt. Einschränkend ist hier anzumerken, dass vermutlich die Durchführung der Förderung als auch die Evaluation von denselben Personen erfolgt ist, wodurch eine gewisse Verzerrung der Ergebnisse wegen Erwartungseffekten nicht ausgeschlossen werden kann (vgl. Krajewski & Simanowski, 2017). Zudem ist die Testauswahl des Vor- und Nachtests kritisch zu sehen, da nur wenige Aufgaben tatsächlich Mengen-Zahlen-Kompetenzen erfassen. In der Untersuchung von Pauen und Herber (2009) wurden das Zahlenland-Programm (Friedrich & de Galgóczy, 2004) mit einem alternativen mathematischen Frühförderprogramm sowie einer Kontrollgruppe, die eine naturwissenschaftliche Förderung erhielten, verglichen. Die Kinder der Trainingsgruppen erhielten eine 10-wöchige, bereichsspezifische Förderung durch die Erzieherinnen und Erzieher. In den Nachtests zeigten sich vergleichbare Trainingseffekte für beide Förderprogramme sowie eine signifikante Überlegenheit der in Aufgaben zum Umgang mit Zahlen trainierten Kinder gegenüber den untrainierten bzw. nicht bereichsspezifisch geförderten Kindern. Die Überprüfung eines Transfereffektes auf mathematische Kompetenzen nach Einschulung erfolgte auch bei dieser Studie nicht. Zudem waren Trainingseffekte nur in basalen Mengen-Zahlen-Kompetenzen und nicht in höheren mathematischen Kompetenzen nachweisbar (vgl. Krajewski & Simanowski, 2017).

Zur Wirksamkeit von „Entdeckungen im Zahlenland“ (Preiß, 2004, 2005) findet sich auf der zugehörigen Homepage<sup>16</sup> lediglich ein Verweis auf den Einsatz des Programms im Rahmen einer Fördermaßnahme von STIFT Thüringen und des Thüringer Ministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur, die von August 2009 bis Juli 2011

<sup>16</sup><https://zahlenland.info/projektbericht-zur-einfuehrung-von-zahlenland-und-entenland-in-hi-bi-kus-kindertageseinrichtungen/>

durchgeführt worden sei. Es seien 19 Kindertageseinrichtungen in Thüringen und über 750 Kinder beteiligt gewesen. Die zitierten Erfahrungsberichte weisen auf eine hohe Zufriedenheit aufseiten der Kinder und des pädagogischen Personals hinsichtlich der Projektdurchführung hin. Trainingseffekte schienen durch Befragungen der pädagogischen Fachkräfte zu den kindlichen Fähigkeiten überprüft worden zu sein und seien nicht nur im mathematischen, sondern auch bereichsübergreifend in den sprachlichen, sozialen und motivationalen Bereichen beobachtbar gewesen.<sup>17</sup>

Empirische Befunde, die die Wirksamkeit der genannten Förderprogramme explizit für Kinder mit Migrationshintergrund nachweisen, liegen bisher nicht vor. In der Studie von Krajewski, Renner et al. (2008) nahm jedoch ein nicht unerheblicher Anteil an Kindern mit mehrsprachigem Hintergrund teil (Trainingsgruppe 12.7%, Kontrollgruppe 7.5%), deren Leistungen in den Analysen berücksichtigt wurden.

Analog zur frühen mathematischen Förderung wird im nachfolgenden Abschnitt die vorschulische Trainierbarkeit der phonologischen Bewusstheit anhand des bekannten Würzburger Programms „Hören, lauschen, lernen“ (Küspert & Schneider, 2018) dargestellt und hierzu auch Befunde zu differenziellen Effekten bei Kindern mit und ohne Migrationshintergrund erläutert.

### 5.3 Vorschulische Förderung der phonologischen Bewusstheit

Die Förderung der phonologischen Bewusstheit hat laut Hasselhorn und Schneider (2016, S. 7) „die vielleicht größte Erfolgsgeschichte pädagogisch-psychologischer Forschung zur präventiven Förderung schulrelevanter Kompetenzen“. Ziel dieser bereichsspezifischen Förderung ist es, Schwierigkeiten im schulischen Schriftspracherwerb vorzubeugen. Hierbei kann zwischen additiver und alltagsintegrierter Förderung unterschieden werden (vgl. Rißling, Petermann & Melzer, 2016). Mittlerweile gibt es zwei Metaanalysen zu phonologischen Trainingsprogrammen im deutschsprachigen Raum (K. M. Wolf et al., 2016; Fischer & Pfof, 2015). Hierbei konnten signifikante und praktisch bedeutsame, moderate Trainingseffekte ( $d = 0.36$ ) und geringe, kurz- und langfristige Transfereffekte ( $d = 0.21$  bzw.  $d = 0.14$ ) auf die schulischen Lese- und Rechtschreibleistungen nachgewiesen werden (Fischer & Pfof, 2015). Leider zeigte sich, dass die Trainingseffekte bei Studien mit unausgelesenen Stichproben deutlich höher ausfielen, wohingegen für Studien mit Risikokindern zusammenfassend nur geringe, nicht signifikante Trainingseffekte ermittelt werden konnten. Fischer und Pfof (2015) postulierten, dass Risikokinder möglicherweise weniger gut von einer solchen Förderung profitieren und die Förderung in diesem Fall meist zeitlich später und damit

---

<sup>17</sup>Der originale Abschlussbericht von U. Mittelstädt und H.-U. Kellner vom 26.11.2011 ist online nicht mehr verfügbar.

außerhalb einer sinnvollen Entwicklungsphase erfolgt war. In einer weiteren Metaanalyse mit größerer Datenbasis und anderer methodischer und inhaltlicher Ausrichtung fanden K. M. Wolf et al. (2016) insgesamt größere Effekte, wenn die Förderung im Vorschulalter anstatt zu einem späteren Zeitpunkt erfolgt war. Ebenso belegten sie eine geringe Wirkung auf die Rechtschreibleistung, jedoch keine signifikanten Transfereffekte auf die Dekodierfähigkeit (Leseleistung) und das Leseverständnis. In Bezug auf Risikokinder wiesen sie vergleichbare Trainingseffekte wie für Gleichaltrige mit guten Vorläuferkompetenzen nach. Sie schlussfolgerten, dass eine vorschulische Förderung der phonologischen Bewusstheit zur Vorbereitung auf den Schriftspracherwerb, insbesondere dem Erwerb der Rechtschreibung, geeignet und nachweislich wirksam ist. Demgegenüber stehen kritische Stimmen, die ein spezifisches, vorschulisches Training der phonologischen Bewusstheit als pädagogisch fragwürdig erachten und sich für eine allgemeine und im Alltag implementierte Förderung der Sprache aussprechen, um Freude und Begeisterung für den schriftsprachlichen Anfangsunterricht zu erhöhen (Valtin, 2012).

### 5.3.1 Hören, lauschen, lernen

Bei „Hören, lauschen, lernen“ (HLL; Küspert & Schneider, 2008) handelt es sich um ein traditionsreiches, vorschulisches Trainingsprogramm zur Förderung der phonologischen Bewusstheit. Seit 2018 liegt es in der 7., überarbeiteten Auflage vor (Küspert & Schneider, 2018). Ziel des Würzburger Trainingsprogramms ist die Vermittlung der Lautstruktur der gesprochenen Sprache und damit die Vorbereitung auf den Schriftspracherwerb.

Wie bereits thematisiert, gilt die phonologische Bewusstheit als spezifische, schriftsprachliche Vorläuferkompetenz, die sich im Gegensatz zu allgemein-kognitiven Fähigkeiten als gut und anhaltend trainierbar erwiesen hat (Hasselhorn & Schneider, 2016). Im Hinblick auf die Klassifikation von Sprachfördermaßnahmen lässt sich HLL als spezifisch, additives Förderprogramm sowie abhängig von der geförderten Zielgruppe als kompensatorisch (nur für Risikokinder) oder nicht kompensatorisch (für alle Vorschulkinder) definieren (vgl. Schneider, 2018, S. 4f.). Die Durchführung von HLL erstreckt sich über 6 Monate mit täglichen Trainingseinheiten von ungefähr 10 bis 15 Minuten. Zu sechs unterschiedlichen Bereichen (Lauschspiele, Reime, Sätze und Wörter, Silben, Anlaut, Phon), die aufeinander aufbauen und sich von größeren Lauteinheiten bis zum Einzellaut vollziehen, werden Spiele und Übungen durchgeführt. Dabei beinhaltet jede Trainingssitzung zwei bestimmte Übungen, die einem Trainingsplan zu entnehmen sind (Küspert & Schneider, 2008, S. 24ff.). Das Trainingsmanual enthält auch eine Grafik, welche Bereiche in welcher Intensität in der jeweiligen Trainingswoche behandelt werden (Küspert & Schneider, 2008, S. 24).

Die 1. Woche besteht vorwiegend aus *Lauschspielen*, die die Geräuschwahrnehmung der Kinder und damit ein Bewusstsein für die lautliche Bedeutung der Sprache fördern

sollen. Hierfür werden unterschiedliche, sowohl alltagstypische als auch -untypische Geräusche durch die Kinder oder die Trainerin oder den Trainer erzeugt und diese von den Kindern erraten. Schließlich werden auch sprachliche Botschaften (z. B. durch Flüstern) einbezogen. Auch die 2. und 3. Trainingswoche enthält noch gelegentliche Lauschspiele.

Ab dem 3. Trainingstag bis zur 18. Trainingswoche sind *Reime* fast durchgängig im Trainingsplan vorgesehen. Es werden zunächst Reime vorgesprochen und im Verlauf die Kinder zum selbstständigen Reimen angeregt. Auch bekannte Kinderreime und -lieder werden hier aufgegriffen. Ein konzeptuelles Verständnis der Begriffe *Satz* und *Wort* wird ab der 3. Trainingswoche vermittelt. Hierbei werden auch die gegensätzlichen Prinzipien der Zerlegung (Analyse) und des Verbindens (Synthese) auf der Ebene von Wörtern und Sätzen begreiflich gemacht. Einzelne Wörter werden durch Bewegung (Hüpfen) gekennzeichnet. Zusammengesetzte Wörter werden in ihre Einzelwörter zerlegt und die jeweiligen Wortteile durch Bauklötze veranschaulicht. Übungen zu diesem Bereich erfolgen bis zum Ende der 7. Trainingswoche.

In der 5. Woche werden *Silben* eingeführt, deren Wahrnehmung durch Lautsignale (Klatschen, rhythmisches Sprechen) geschult wird. Passende Bewegungen dienen zur Verdeutlichung von Silbengrenzen. Bis zum Ende der 9. Trainingswoche werden Übungen zum Erkennen von Silben durchgeführt.

Der fünfte Bereich *Anlaute* bezieht sich auf den ersten Laut eines Wortes, den die Kinder erkennen sollen. Hierzu werden Bildkarten zu Hilfe genommen, die nach denselben Anlauten gruppiert werden können. Auch werden Übungen durchgeführt, in denen Wörter durch Hinzufügen eines Anlautes verändert werden sollen. Dieser Trainingsbereich wird von der 7. Woche bis zum Ende des Trainingszeitraums geübt.

Der letzte Trainingsbereich widmet sich ab der 11. Trainingswoche der kleinsten lautsprachlichen Einheit, nämlich dem *Phon*. Dabei steht die Beobachtung der Mundbewegung (im Spiegel oder anhand des Gegenübers) zur besseren Erkennung und Wahrnehmungsschulung von Einzellauten im Mittelpunkt. Zur visuellen Veranschaulichung kommen bunte Bauklötze zum Einsatz. Es werden Übungen zur Lautsynthese und -analyse durchgeführt und die Längen von Wörtern mittels der Bildkarten festgestellt.

Das Programm ist zur Durchführung für Kinder im Vorschulalter konzipiert. Als Gruppengröße wird eine Anzahl von vier bis acht Kindern empfohlen. Bei der Erstellung des genauen Zeitplans wurde besonderer Wert auf eine abwechslungsreiche Gestaltung gelegt. So wechseln Spiele, die eher Konzentration und Aufmerksamkeit erfordern, mit Bewegungsspielen ab.

Als Ergänzung zu HLL wurde ein weiteres Programm entwickelt: „Hören, lauschen, lernen 2“ (HLL 2; Plume & Schneider, 2004). Dieses Trainingsprogramm dient der Förderung der Buchstaben-Laut-Verknüpfung, indem die zwölf häufigsten Buchstabenlaute und die zugehörigen Schriftsymbole vermittelt werden. Mittels *Buchstaben-*

*Laut-Geschichten*, die sich immer um einen der zwölf Buchstaben drehen, sollen sich die Kinder die jeweiligen Laute und Buchstaben leichter einprägen. Zur Veranschaulichung werden als weitere Übungsvariante *Körperfiguren wie Buchstaben* mit dem ganzen Körper nachgebildet (statisch und z. T. dynamisch), die neben der Wahrnehmung von Buchstabenformen auch die Körperorientierung, den Gleichgewichtssinn und die Koordinationsfähigkeit fördern sollen. Zudem werden Übungen zu *Buchstaben-Laut-Verknüpfungen im Wort* mit visueller Unterstützung von Bild- und Buchstabenkarten durchgeführt. Aufgrund der positiven Evaluationsergebnisse wird eine kombinierte Förderung mit HLL (Küspert & Schneider, 2008) empfohlen. In dem dazugehörigen Trainingsplan der kombinierten Förderung sind ab der 11. Trainingswoche Übungen aus HLL 2 neben Übungen aus HLL vorgesehen. Eine separate Durchführung von HLL 2 ist ebenfalls möglich, wofür ein 10-wöchiger Trainingsplan im Manual enthalten ist. Plume und Schneider (2004) weisen explizit darauf hin, dass HLL 2 keine Form von Schriftsprachunterricht im Kindergarten darstellt, sondern vorrangig das Prinzip der Buchstaben-Laut-Zuordnung vermittelt werden soll.

Da u. a. Valtin (2012) kritisierte, dass lautliche Unterschiede bei der Aussprache von Buchstaben im Programm nicht ausreichend berücksichtigt wurden (z. B. Lang- vs. Kurzvokale), wurde bei der Erstellung der 7. Auflage des HLL-Programms (Küspert & Schneider, 2018) ein besonderes Augenmerk auf lauttreues Wortmaterial gelegt.

### 5.3.2 Evaluationsstudien

Eine wissenschaftliche Überprüfung der Wirksamkeit von HLL bzw. in Kombination mit HLL 2 ist bereits in umfangreicher Weise erfolgt.

Schneider, Visé, Reimers und Blaesser (1994) fanden in einer unausgelesenen Stichprobe, dass Kinder ( $N = 205$ ), die das HLL-Programm durchliefen, kurzfristig signifikant bessere Leistungen in der phonologischen Bewusstheit, als nicht geförderte Gleichaltrige der Kontrollgruppe ( $N = 166$ ) zeigten. Im Hinblick auf Transfereffekte ließ sich nur eine langfristige Wirkung nachweisen, wenn die Qualität und Stringenz bei der Durchführung des HLL-Trainings durch die Erzieherinnen und Erzieher berücksichtigt wurden. Der Vergleich der Rechtschreibleistung am Ende der ersten Klasse von gut trainierten und untrainierten Kindern ergab moderate Effekte. Auch im Lesetest schnitten die gut trainierten Kinder signifikant besser als die inkonsistent und untrainierten Kinder ab (Schneider, Küspert, Roth & Visé, 1997).

In einer weiteren Studie sollte die Qualität der Programmdurchführung mittels regelmäßiger Supervisionen der Erzieherinnen und Erzieher sichergestellt werden. Die Ergebnisse bestätigten die Relevanz einer qualitativ hochwertigen Förderung, da sich langfristige Transfereffekte auf die Lese- und Rechtschreibleistungen in dieser Bedingung zeigten. Beide Studien lieferten den Nachweis einer spezifischen und kurzfristigen Wirksamkeit des HLL-Programms auf die metaphonologischen Kompetenzen in unausgelesenen Stichproben.

Im Rahmen einer Sekundäranalyse dieser Daten zur Überprüfung von differenziellen Effekten wurde die Stichprobe in leistungsstarke Kinder (oberstes Quartil in den Vortestwerten), normale Kinder (zweites und drittes Quartil) und Risikokinder (unterstes Quartil) unterteilt. Schneider, Roth, Küspert und Ennemoser (1998) fanden, dass alle drei Leistungsgruppen vom phonologischen Training profitierten und insbesondere die geförderten Risikokinder sich im metaphonologischen Transfertest und in den Lese-Rechtschreibtests am Ende der ersten und zweiten Klasse den durchschnittlichen, geförderten Kindern annäherten und darüber hinaus der gesamten Kontrollgruppe überlegen waren.

Bei den bisher genannten Studien wurde die Effektivität von HLL überprüft. Nachfolgend werden Untersuchungen genannt, die die Wirksamkeit der kombinierten Förderung von HLL mit HLL 2 untersuchten, nachdem sich in einer Evaluationsstudie von Schneider, Roth und Ennemoser (2000) nachweisen ließ, dass die kombinierte Förderung einer separaten Trainingsdurchführung (HLL oder HLL 2) kurz- als auch langfristig überlegen war. Zur Überprüfung der Effektivität von HLL (in Kombination mit HLL 2) bei Kindern mit Störungen der Sprachentwicklung verglichen Marx, Weber und Schneider (2005) diese mit trainierten, sprachlich unauffälligen Kindern aus Regelkindergärten. Die Ergebnisse zeigten eine kurzfristige Wirksamkeit des Trainings bei beiden Untersuchungsgruppen, wobei Kinder mit sprachlichen Defiziten weiterhin Probleme in schwierigeren Aufgaben zur phonologischen Bewusstheit im engeren Sinne aufwiesen.

Der Frage, ob auch Kinder mit Migrationshintergrund von einem phonologischen Training profitierten, gingen Weber et al. (2007) nach. Hierbei wurden deutschsprachige Kinder mit Kindern mit Deutsch als Zweitsprache verglichen. Kinder, die bilingual oder mehrsprachig aufwuchsen, wurden nicht einbezogen. Eine Kontrollgruppe kam aufgrund der regionalen Verbreitung des Würzburger Trainingsprogramms nicht (mehr) zustande. Die Analysen ergaben, dass Kinder unabhängig von ihrer Muttersprache kurzfristig vom phonologischen Training (HLL und HLL 2) profitierten. Die Kinder mit Migrationshintergrund konnten dabei ihren Rückstand in der phonologischen Bewusstheit im engeren Sinne deutlich reduzieren. Allerdings zeigte sich bei Kindern mit Migrationshintergrund langfristig, dass der Anteil lese- und rechtschreibschwacher Kinder am Ende der ersten Klasse signifikant höher lag als bei Kindern ohne Migrationshintergrund. Lediglich in einem Test zum lautgetreuen Schreiben ergaben sich keine signifikanten Gruppenunterschiede. Die Effektivität von HLL und HLL 2 bei Kindern mit Migrationshintergrund konnte in einer Studie im Hinblick auf die kurzfristige Wirksamkeit bestätigt werden (Pröscholdt et al., 2013).



## 6 Zusammenfassung des theoretischen Hintergrunds

In diesem Kapitel werden die zuvor beschriebenen Theorien und empirischen Befunde zu frühen mathematischen Kompetenzen, phonologischer Bewusstheit sowie der vorschulischen, bereichsspezifischen Förderung zusammengefasst. Im Vordergrund stehen hierbei Aspekte, die für den praktischen Teil dieser Arbeit relevant sind. Hierzu zählt in erster Linie die Berücksichtigung des Migrationshintergrunds von Kindern im Kompetenzerwerb und in der Leistungsentwicklung innerhalb der genannten Bereiche.

Für die Definition des Begriffs „Migrationshintergrund“, die am Anfang von Teil I steht, existieren verschiedene Möglichkeiten der Operationalisierung. Für die vorliegende Arbeit wurde festgelegt, dass das Geburtsland der Eltern als Indikator des Migrationsstatus herangezogen werden soll. Es handelt sich hierbei um ein gängiges Vorgehen, das bisher bei internationalen Vergleichsstudien (TIMSS, PISA und IGLU) angewandt wurde und den Ergebnissen des Mikrozensus zugrunde liegt. Zudem liefert auch der Sprachhintergrund, der eng mit dem Migrationshintergrund verknüpft ist, wichtige Anhaltspunkte für die sprachliche und kulturelle Herkunft eines Kindes und dessen Zugang zum Erwerb der deutschen Sprache, deren Beherrschung als essenziell für den individuellen Bildungserfolg im deutschen Schulsystem angesehen wird.

Eine weitere Definition folgte im nächsten Abschnitt für die Begriffe „Kompetenz“ und spezifisch für „mathematische Kompetenz“. Es wurde zunächst mit Verweis auf staatliche Bildungsrichtlinien für den Elementar- und Primarbereich verdeutlicht, dass Kompetenzen als selbstständiger, flexibler und kontextabhängiger Lösungsversuch von Problemen aufzufassen sind. Unter Berücksichtigung der begrifflichen Festlegung in internationalen Schulvergleichsstudien wurde eine begriffliche Präzisierung für die vorliegende Arbeit vorgenommen. Hier werden „mathematische Kompetenzen“ als individuelle Leistungsdisposition aufgefasst, die dynamisch ist und z. B. durch die (Lern-)Umwelt verändert werden kann. Inhaltlich wurde die Eingrenzung auf den arithmetischen Bereich, der Mengen-Zahlen- sowie Rechenkompetenzen umfasst und auch für andere mathematische Inhaltsbereiche relevante Grundlagen zum Verständnis und zur Aufgabenlösung bereitstellt, getroffen. Darüber hinaus wurde verdeutlicht, dass der Kompetenzbegriff in der vorliegenden Arbeit zur besseren Lesbarkeit einheitlich – wenngleich mit dem Risiko eines inflationären Gebrauchs verbunden (vgl. Hartig & Klieme, 2006, S. 128) – verwendet werden soll.

Alle drei beschriebenen Entwicklungsmodelle mathematischer Kompetenzen veranschaulichen, dass der Erwerbsprozess bereits lange Zeit vor Schuleintritt beginnt

und schrittweise erfolgt. Dabei zeichnet sich ab, dass der Entwicklungsstand für unterschiedliche Zahlenräume qualitativ verschieden sein kann. Ausgangspunkt der beschriebenen, entwicklungspsychologischen Modelle ist die Kenntnis der Zahlwörter und die Beherrschung der Zahlwortreihe, die letztlich mit der Wahrnehmung von Mengen bzw. Anzahlen in Verbindung gebracht werden müssen, um das „Anzahlkonzept“ (Ebene II des ZGV-Modells von Krajewski, 2013) bzw. das „Kardinalitätskonzept“ (Niveau 3 des Modells von Fritz et al., 2018) zu erwerben. Nur wenn ein Kind diesen wichtigen Erkenntnisschritt vollzieht, können darauf aufbauend höhere mathematische Kompetenzen erworben werden. Im weiteren Verlauf begreifen Kinder, dass Zahlen und Mengen aufgeteilt und wieder zusammengesetzt werden können, womit sie schlussendlich – mit einigen entwicklungsrelevanten Zwischenschritten – dazu fähig sind, Aufgaben der vier Grundrechenarten zu lösen. Hilfreich und notwendig für die Orientierung im Zahlenraum ist zudem die Ausbildung eines mentalen Zahlenstrahls, der sich mit korrekter Verknüpfung von Zahlen zu Mengen bzw. Größen präziser gestaltet.

Um Verbindungen zwischen Prozessen der Zahlen- und Sprachverarbeitung auf neuropsychologischer Ebene herauszuarbeiten, wurden drei Prozessmodelle beschrieben. Sie wurden anhand von Untersuchungen an Erwachsenen, vorwiegend mit neurologischen Beeinträchtigungen, erstellt und teilen die Annahme, dass Zahlen im Gehirn zur Verarbeitung in andere Formate umgewandelt werden können. Im „Triple-Code“-Modell von Dehaene (1992) existieren drei Repräsentationsformen bzw. Codes: analog-semantic, visuell-arabisch sowie auditiv-verbal. Hierbei ist die letztgenannte Repräsentationsform als kulturspezifisch zu betrachten, da sprachliche Unterschiede bei der Benennung von Zahlen in Abhängigkeit von der jeweiligen Sprache bestehen. Je nach Aufgabenstellung wird eines dieser drei Formate bevorzugt verwendet. Das Zählen erfolgt beispielsweise im auditiv-verbale Code. Mittels bildgebender Verfahren ließen sich die jeweiligen Prozesse der Zahlenverarbeitung den entsprechenden Hirnregionen anatomisch zuordnen. Zur Einordnung der unterschiedlichen Repräsentationsformen in den kindlichen Entwicklungsverlauf dient das Entwicklungsmodell nach Aster et al. (2006), das vorrangig als Erklärungsmodell von Rechenschwäche konzipiert wurde. Es veranschaulicht, dass zunächst die analoge Größenrepräsentation, dann die auditiv-verbale Repräsentationsform und folglich – meist im Zusammenhang mit der formalen Unterrichtung – die visuell-arabische Darstellungsform erworben wird. Der Erwerb dieser drei Repräsentationsformen ermöglicht abschließend die Ausbildung einer differenzierten Vorstellung des Zahlenraums („mentaler Zahlenstrahl“). Mit fortschreitender Entwicklung nehmen Funktionen des Arbeitsgedächtnisses und der Aufmerksamkeit eine zunehmend wichtigere Rolle ein. Der Erwerb der auditiv-verbale Zahlenrepräsentation wird im Zusammenhang mit der Sprachentwicklung zeitlich für das Kleinkind- und Vorschulalter verortet. Defizite auf dieser Entwicklungsstufe, die zusätzlich durch individuelle Merkmale oder Faktoren des soziokulturellen Umfelds bedingt sein können, würden langfristig das Auftreten

von Rechenschwierigkeiten begünstigen.

Da die mathematische Kompetenzentwicklung nicht isoliert erfolgt, sondern durch verschiedene Faktoren beeinflusst wird, wurden relevante Einflussvariablen vorgestellt und ihre Wirkungsweise anhand von empirischen Befunden skizziert. Den bereits benannten, spezifischen mathematischen Vorläufermerkmalen wurden unspezifische – auch für den Schriftsprachbereich relevante – Vorläuferkompetenzen gegenübergestellt, zu denen Komponenten des Arbeitsgedächtnisses sowie die Abrufgeschwindigkeit aus dem Langzeitgedächtnis und die nonverbale Intelligenz zählen. In diesem multifaktoriellen Gefüge nimmt die nonverbale Intelligenz scheinbar einen untergeordneten Stellenwert ein und verliert ihre Bedeutung als direkter Einflussfaktor bei Berücksichtigung des Arbeitsgedächtnisses. Das Alter eines Kindes wurde ebenfalls als wichtige, bereichsübergreifende Variable, gerade für die sensible Entwicklungsphase des Vorschulalters, dargestellt. Im Hinblick auf die Bedeutung des Geschlechts zeichnete sich eine heterogene Befundlage ab. Zusammenfassend ist ein Vorteil von Jungen, insbesondere im oberen Leistungsbereich, bereits im Vorschulalter festzustellen. Ursachen hierfür werden nicht nur in Unterschieden der kognitiven Entwicklung, sondern auch in der kulturabhängigen Lernumwelt und in den tradierten Geschlechtsstereotypen gesehen. Als weitere Einflussfaktoren auf die mathematische Kompetenzentwicklung sind sprachliche Kompetenzen, meist gemessen durch Wortschatz- und Grammatikkenntnisse, zu nennen, wie sich aus den zuvor beschriebenen, neuropsychologischen Modellen ableiten lässt. In diesem Kontext ist auch der Migrationshintergrund als wichtige Kontrollvariable einzuordnen. Bei isolierter Betrachtung zeigten Studien übereinstimmend eine Unterlegenheit von Kindern mit Migrationshintergrund in den mathematischen Kompetenzen bereits vor Schuleintritt. Wurde der Einfluss weiterer individueller und familiärer Variablen kontrolliert, waren migrationsspezifische Effekte meist nicht mehr nachweisbar. Es ist davon auszugehen, dass insbesondere die Sprachkompetenz als zugrunde liegender Einflussfaktor größtenteils die Leistungsdifferenzen erklärt. Als problematisch erweist sich hierbei eine sprachunabhängige Erfassung mathematischer Kompetenzen und damit eine klare Abgrenzung der Leistungsbereiche sowie eine eindeutige Zuordnung der aufklärten Varianzanteile. Als weiterer relevanter, familiärer Einflussfaktor ist der sozioökonomische Status, der meist anhand des elterlichen Bildungsniveaus und ausgeübten Berufs festgelegt wird, sowohl für das Vorschul- als auch Schulalter empirisch nachgewiesen. Eine wichtige Rolle kommt den Eltern auch in Bezug auf die häusliche Förderung zu, die domänenspezifisch für den mathematischen (Home Numeracy Environment) und schriftsprachlichen Bereich (Home Literacy Environment) oder bereichsübergreifend (Home Learning Environment) erfasst werden kann. In der Zusammenschau wird ersichtlich, dass die genannten Einflussfaktoren alle miteinander verbunden sind und in einem komplexen Zusammenspiel den mathematischen Kompetenzerwerb bedingen. Von daher sollen in der vorliegenden Arbeit möglichst viele der genannten Determinanten in den Analysen berücksichtigt werden. Darüber

hinaus handelt es sich bei den aufgeführten Faktoren nur um eine begrenzte Auswahl. Beispielsweise wurde der Einfluss motivationaler und affektiver Komponenten, deren Relevanz ebenso empirisch untersucht ist, nicht betrachtet.

Ein bedeutsamer Einflussfaktor für den Schriftsprachbereich ist die phonologische Bewusstheit, weswegen sie als sogenannte „spezifische Vorläuferkompetenz“ bezeichnet wird. Dieses Konstrukt bezieht sich auf die Fähigkeit zur Erfassung und Manipulation der Lautstruktur der gesprochenen Sprache. Etabliert hat sich die begriffliche Einteilung anhand der Größe der sprachlichen Einheiten in *phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne*, die sich auf Wörter und Silben bezieht, sowie *im engeren Sinne*, die Einzellaute (Phoneme) der verbalen Sprache betrifft. Für den Entwicklungsverlauf zeichnet sich ab, dass dieser von sprachlichen Besonderheiten – insbesondere der Auffälligkeit der Silbenstruktur – abhängt und sich in einer zunehmenden Verfeinerung der betreffenden sprachlichen Einheiten – von Wörtern hin zu Einzellauten – vollzieht. Aufgrund der empirischen Befunde ist anzunehmen, dass sich die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne weitestgehend ohne spezielle Instruktionen und die phonologische Bewusstheit im engeren Sinne vornehmlich durch gezielte Auseinandersetzung mit der Schriftsprache entwickelt. Empirische Untersuchungen deuten auf einen reziproken Zusammenhang zwischen phonologischer Bewusstheit im engeren Sinne und Erwerb der Lesekompetenz im schulischen Verlauf hin.

Die phonologische Bewusstheit wird als eine von drei Komponenten der *phonologischen Informationsverarbeitung* zugeordnet. Hierzu werden auch das *phonologische Arbeitsgedächtnis* und die *Geschwindigkeit beim Zugriff auf das semantische Lexikon* gezählt. Dabei ist umstritten, ob es sich um drei distinkte Konstrukte handelt, wenngleich alle als wichtige Vorhersagemerkmale späterer Schriftsprachleistungen umfassend belegt sind. Ausschlaggebend für den besonderen Stellenwert der phonologischen Bewusstheit ist, dass sie sich – im Gegensatz zu den beiden anderen Komponenten der phonologischen Informationsverarbeitung – effektiv fördern lässt.

Auch die Entwicklung der phonologischen Bewusstheit wird von diversen Faktoren beeinflusst. Sowohl für die Intelligenz als auch die Komponenten des Arbeitsgedächtnisses ließen sich übereinstimmend bedeutende Zusammenhänge feststellen. Dabei wird der phonologischen Schleife – zuständig für die kurzfristige Speicherung lautlicher Informationen – sowie der Zentralen Exekutive – als Instanz der Verarbeitung und Veränderung von gespeicherten Informationen – eine primäre Rolle innerhalb der allgemein-kognitiven Fähigkeiten zugeschrieben. Zudem wurde eine enge Verknüpfung zwischen chronologischem Alter von Kindern und dem Entwicklungsniveau der phonologischen Bewusstheit nachgewiesen. Für die phonologische Bewusstheit im engeren Sinne, deren Aneignung maßgeblich von gezielter Instruktion abhängt, kommt dem Schuleintritt dagegen eine gewichtigere Bedeutung zu. In Bezug auf die Geschlechtszugehörigkeit zeigen Mädchen im Schulalter überwiegend bessere Leistungen in der phonologischen Bewusstheit als Jungen. Für die Vorschulzeit lässt sich jedoch kein geschlechtsabhängiger Unterschied feststellen, der sich bei Kontrolle an-

derer Einflussfaktoren als robust erweist. Hinsichtlich familiärer Merkmale besteht wissenschaftlicher Konsens, dass Kinder mit Migrationshintergrund bereits lange vor Schuleintritt den Gleichaltrigen ohne Migrationshintergrund in der phonologischen Bewusstheit und der allgemeinen Sprachkompetenz deutlich unterlegen sind. Bei Betrachtung struktureller Unterschiede zwischen sprachlichen und metasprachlichen Prädiktoren zur Vorhersage der schulischen Lesekompetenz ließ sich zeigen, dass die phonologische Bewusstheit für monolingual deutschsprachige Kinder ein bedeutsames Vorhersagemerkmal darstellt als für Kinder, die Deutsch als Zweitsprache erworben haben. Darüber hinaus konnten in den meisten Untersuchungen auch für den sozioökonomischen Status und die familiäre, schriftsprachliche Lernumwelt bedeutende Zusammenhänge mit dem Erwerb der phonologischen Bewusstheit bereits für die Vorschulzeit gefunden werden. Bei gemeinsamer Betrachtung dieser familiären Merkmale erweist sich der sozioökonomische Status als indirekter Prädiktor, dessen Einfluss auf die phonologische Bewusstheit von der häuslichen Lernumwelt mediiert wird. Abschließend wurde kurz diskutiert, ob eine domänenübergreifende Definition der häuslichen Lernumwelt sinnvoller ist, da die mathematische und schriftsprachliche Förderung im häuslichen Umfeld inhaltlich eng verknüpft sind.

Für den Zusammenhang beider zuvor betrachteten Kompetenzbereiche – also mathematische Kompetenzen und phonologische Bewusstheit – dessen Untersuchung im Fokus der vorliegenden Arbeit steht, wurden zunächst empirische Ergebnisse beschrieben. Studien, die den Migrations- und Sprachhintergrund nicht explizit erfassen, weisen mehrheitlich auf einen substanziellen Zusammenhang der phonologischen Bewusstheit im weiteren und engeren Sinne sowohl mit vorschulischen als auch schulischen mathematischen Kompetenzen hin. Wurden mathematische Kompetenzen und Gedächtnisfähigkeiten als Vorhersagemerkmale berücksichtigt, ließ sich in einzelnen Studien kein zusätzlicher Erklärungsbeitrag der phonologischen Bewusstheit mehr feststellen. Bei genauer Betrachtung der strukturellen Zusammenhänge konnte ein direkter Einfluss der phonologischen Bewusstheit lediglich auf zahlbezogene Kompetenzen ermittelt werden. Sowohl für die phonologische Bewusstheit als auch für mathematische Kompetenzen ist der Abruf gespeicherter, sprachlicher Informationen aus dem Langzeitgedächtnis erforderlich, weswegen die Qualität der sprachlichen Repräsentationen im Langzeitgedächtnis ein Ausgangs- bzw. Verknüpfungspunkt beider Bereiche zu sein scheint. Die Bedeutung der Sprachaneignung für den beschriebenen, bereichsübergreifenden Zusammenhang ist bisher kaum untersucht. Die wenigen vorliegenden Studien, die differenzielle Effekte bei mono- und bilingualen Kindern überprüften, weisen auf invariante, strukturelle Beziehungen und eine vergleichbare Vorhersagekraft der phonologischen Bewusstheit für die mathematischen Kompetenzen hin. Darüber hinaus scheint bei Kindern mit Auffälligkeiten in der (schrift-)sprachlichen und mathematischen Kompetenzentwicklung die phonologische Bewusstheit insbesondere bei Vorliegen einer bereichsübergreifenden Beeinträchtigung von Bedeutung zu sein, wobei ein Defizit in der phonologischen Bewusstheit kein zuverlässiges

Vorhersagemerkmal einer späteren Rechenschwäche darzustellen scheint. Als Erklärung für die Relevanz der phonologischen Bewusstheit bei kombinierten Leistungsbeeinträchtigungen wurde ebenso auf den Abruf sprachlicher Repräsentationen im Langzeitgedächtnis hingewiesen, der für beide kognitiven Prozesse erforderlich ist.

Bezüglich der theoretischen Einordnung der empirischen Befunde für die Zusammenhänge der Kompetenzbereiche unterscheiden sich die beiden vorgestellten Hypothesen dahingehend, welche phonologische Kompetenz als kausaler Einflussfaktor betrachtet wird und welche mathematischen Einzelkompetenzen beeinflusst werden. Für die phonologische Bewusstheit wird primär ein direkter Zusammenhang zu den frühen Zählkompetenzen (Ebene I des ZGV-Modells) angenommen. Wird die Qualität phonologischer Repräsentationen als bedingender Faktor herangezogen, sollten sich auch auf höheren mathematischen Kompetenzen (Ebene II und III) Auswirkungen zeigen. Den beschriebenen Modellen, die zur Veranschaulichung von komplexen, bereichsübergreifenden Zusammenhängen dienen, liegt die Annahme zugrunde, dass sprachliche Kompetenzen wie die phonologische Bewusstheit hauptsächlich basale Zahlenkompetenzen (Ebene I des ZGV-Modells) direkt beeinflussen. Ein direkter Zusammenhang mit höheren Mengen-Zahlen-Kompetenzen wird dagegen nicht angenommen. Im Einzelnen wird die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne als bedingender Faktor für die separate Wahrnehmung von Zahlwörtern der Zählsequenz erachtet. Da die phonologische Bewusstheit vorrangig als wichtige, schriftsprachliche Vorläuferkompetenz belegt ist, lässt sich der in der Literatur beschriebene Zusammenhang zwischen mathematischen und schriftsprachlichen Leistungen unter Berücksichtigung der dargelegten Modelle kausal interpretieren.

Im letzten Kapitel von Teil I wurden vorschulische, bereichsspezifische Trainingsprogramme thematisiert, die auf empirischen Erkenntnissen zum Vorliegen spezifischer Vorläufermerkmale – bekannte Vertreter sind frühe mathematische Kompetenzen und phonologische Bewusstheit – basieren. Es folgte eine kurze Einführung in die Thematik, aus der hervorgeht, dass die im weiteren Verlauf beschriebenen Trainingsprogramme als primäre, universelle und institutionelle Präventionsmaßnahmen zu klassifizieren sind. Anschließend wurden drei mathematische Trainingsprogramme, die auch in den teilnehmenden Kindergärten der vorliegenden Studie durchgeführt wurden, bezüglich ihrer theoretischen Konzeption und Struktur vorgestellt. Als charakteristisch für die beiden beschriebenen Zahlenland-Programme (Friedrich & de Galgóczy, 2004; Preiß, 2004, 2005) erwiesen sich die Personifizierung von Zahlen und Darstellung als Wesen mit prägnanten Eigenschaften. Dagegen basiert das Programm „Mengen, zählen, Zahlen“ (Krajewski et al., 2007) auf dem Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung (s. Abschnitt 2.2.1) und ist durch einen strukturierten Aufbau und eine übergeordnete Fokussierung auf die abstrakte Darstellung von Zahlen gekennzeichnet. Insgesamt kann das MZZ-Training, das viele wichtige Kriterien einer effektiven Förderung erfüllt und als umfassend empirisch geprüft gilt, gerade aufgrund seiner sprachlichen Ausgestaltung und der minimalistischen Darstellungsmittel

als besonders geeignet für den Einsatz bei Kindern mit Migrationshintergrund eingeordnet werden. Die Frage nach bereichsübergreifenden Trainingseffekten kann für die vorschulische mathematische Förderung insofern beantwortet werden, als dass bisherige Publikationen eine entsprechende Wirkung auf die phonologische Bewusstheit statistisch nicht belegen konnten.

Nachdem zuvor theoretische und empirische Belege zum Einfluss der phonologischen Bewusstheit auf die mathematischen Kompetenzen dargestellt wurden, wurde auch die vorschulische Förderung der phonologischen Bewusstheit genauer beleuchtet. Aus Gründen der Relevanz für die vorliegende Arbeit wurde einzig das Würzburger Trainingsprogramm der phonologischen Bewusstheit „Hören, lauschen, lernen“ (Küspert & Schneider, 2008) in der kombinierten Duchführungsvariante mit „Hören, lauschen, lernen 2“ (Plume & Schneider, 2004) vorgestellt, das mittlerweile in vielen Kindergärten in Form eines präventiven, additiven Förderansatzes durchgeführt wird. Die Effektivität der kombinierten Programmversion (HLL und HLL 2) ist sowohl kurz- als auch langfristig im Sinne einer kompensatorischen als auch nicht kompensatorischen, vorschulischen Förderung umfassend belegt. Dieser Nachweis konnte auch für Kinder mit Migrationshintergrund bzw. Deutsch als Zweitsprache erbracht werden.

Im Hinblick auf unspezifische Effekte einer vorschulischen Förderung der phonologischen Bewusstheit auf mathematische Kompetenzen liegen bisher im deutschsprachigen Raum keine Studien vor, die eine entsprechende Wirkungsweise differenziert untersuchten bzw. belegten. Erste Hinweise für eine mögliche, bereichsübergreifende Wirksamkeit lieferte eine israelische Studie an Kindergartenkindern mit Migrationshintergrund, deren Teilnahme an einem computerbasierten phonologischen Training zu einer signifikanten Verbesserung der mathematischen Kompetenzen führte, welche in einer Kontrollgruppe mit computerbasierter Förderung allgemein-kognitiver Fähigkeiten nicht vorzuweisen war (Korat, Gitait, Bergman Deitcher & Mevarech, 2017).

Bezüglich eigener Fragestellungen, die zu Beginn von Teil II formuliert werden, soll auch dieser domänenübergreifende Aspekt der vorschulischen Förderung genauer betrachtet werden.





## **Teil II**

# **Längsschnittstudie zu mathematischen Kompetenzen und zur phonologischen Bewusstheit bei Kindern mit und ohne Migrationshintergrund**

Teil II der vorliegenden Arbeit beinhaltet eigene Fragestellungen sowie Ergebnisse, die sich primär auf die Bedeutung der phonologischen Bewusstheit für die mathematische Kompetenzentwicklung beziehen. Insbesondere soll untersucht werden, ob sich differenzielle Effekte abhängig vom Migrationshintergrund der Kinder ergeben. Der Untersuchungszeitraum der zugrunde liegenden Daten umfasst dabei das letzte Kindergarten- und erste Grundschuljahr.

Nachfolgend werden zunächst Fragestellungen und Hypothesen formuliert, mit denen die eingangs benannte Hauptfrage überprüft werden soll. Danach wird die angewandte Methodik detailliert dargestellt, indem das Rahmenprojekt, das Studiendesign, die Untersuchungsmaterialien sowie die statistische Vorgehensweise erklärt werden. Anschließend werden die Ergebnisse der einzelnen Fragestellungen beschrieben und im darauffolgenden Abschnitt auch im Hinblick auf Limitationen sowie Implikationen für Forschung und Praxis diskutiert. Abschließend erfolgt ein Gesamtüberblick über den empirischen Teil dieser Arbeit.



# 7 Fragestellungen und Hypothesen

Im nachfolgenden Kapitel werden unter Bezugnahme auf den aktuellen, theoretischen Wissensstand Fragestellungen zur mathematischen Kompetenzentwicklung und zur phonologischen Bewusstheit bei Kindern mit und ohne Migrationshintergrund formuliert. Diese werden anhand von Hypothesen inhaltlich präzisiert.

## 7.1 Mathematische Kompetenzen und Migrationshintergrund

Wie in Kapitel 2 dargestellt, besteht wissenschaftlicher Konsens, dass die mathematische Kompetenzentwicklung bereits vor Schuleintritt beginnt, indem Basiskompetenzen (vgl. Abschnitt 2.2.1) im Vorfeld erworben werden, die als wichtige Grundlage für den erfolgreichen Aufbau höherer mathematischer Kompetenzen im Rahmen der formalen Unterrichtung gelten (z. B. Krajewski, Schneider & Nieding, 2008; Rohe & Quaiser-Pohl, 2010). Bereits bei Kindern im Vorschulalter lässt sich eine hohe leistungsbezogene Heterogenität feststellen (Niklas, Schmiedeler & Schneider, 2010). Zudem ist empirisch belegt, dass bereichsspezifische Kompetenz- bzw. Leistungsunterschiede einer hohen Stabilität im Verlauf der Grundschulzeit unterliegen (vgl. Berner et al., 2019; Herwartz-Emden & Küffner, 2006). Dabei spielen Hintergrundmerkmale, wie z. B. der sozioökonomische Status oder der Migrations- und Sprachhintergrund, gerade im Zusammenhang mit den eingangs benannten „bereichsspezifischen Vorläuferkompetenzen“, eine wichtige Rolle (z. B. Ufer et al., 2013). Die Unterschiede sind so ausgeprägt, dass Kinder mit Migrationshintergrund den Gleichaltrigen ohne Migrationshintergrund deutlich unterlegen sind (Eckerth, Hanke & Hein, 2014). Gleichermaßen ist empirisch nachgewiesen, dass auch individuelle Fähigkeiten, wie linguistische Kompetenzen als auch die Arbeitsgedächtniskapazität, für Kompetenzunterschiede verantwortlich sind (z. B. Viesel-Nordmeyer et al., 2020). Die Bedeutung bildungssprachlicher Kompetenzen für den schulischen Leistungserfolg ließ sich für die Grundschulzeit insofern belegen, als dass bei deren Berücksichtigung kein signifikanter Leistungsunterschied in Mathematik bei Kindern mit und ohne Migrationshintergrund mehr feststellbar war (z. B. Gogolin, 2009). Auch für das Vorschulalter ließ sich die Relevanz der Sprachkompetenz im Deutschen als Zweitsprache für die frühen mathematischen Kompetenzen nachweisen (z. B. Niklas et al., 2011). Diesbezüglich erwiesen sich insbesondere der Wortschatz und die grammatischen Fähigkeiten als bedeutsam (vgl. Viesel-Nordmeyer et al., 2020). Für die phonologische Bewusstheit als metasprachliche Kompetenz wiesen Untersuchungsergebnisse auf einen direkten Zusammenhang mit den vorschulischen Zähl- und Ziffernkenntnissen (Ebene I des

ZGV-Modells) hin, wohingegen höhere mathematische Kompetenzen (Ebene II) nicht direkt verknüpft waren (Krajewski & Schneider, 2009b). Die Berücksichtigung des Sprachhintergrunds ergab abhängig vom Durchschnittsalter der untersuchten Kinder vergleichbare (z. B. Michalczyk et al., 2013) oder differenzielle Effekte (z. B. Bonifacci et al., 2016).

Ausgehend von diesen empirischen Erkenntnissen wird die erste Fragestellung folgendermaßen formuliert:

*Wie verläuft die Entwicklung mathematischer Kompetenzen vom Beginn des Vorschuljahres bis zum Ende der ersten Klasse bei Kindern mit Migrationshintergrund im Vergleich zu Kindern ohne Migrationshintergrund und ergeben sich differenzielle Effekte bei Berücksichtigung von allgemein-kognitiven Fähigkeiten, individuellen und familiären Merkmalen sowie sprachlichen bzw. metasprachlichen Kompetenzen?*

Aus dieser Fragestellung lassen sich folgende Hypothesen ableiten:

**Hypothese 1.1.1:** Es lassen sich zu allen vier Messzeitpunkten signifikante Unterschiede in den erfassten mathematischen Leistungsmaßen zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund feststellen, wenn ausschließlich die mathematischen Kompetenzen betrachtet werden. Im Vorschulalter (1. und 2. MZP) sind signifikante Unterschiede sowohl in den Zähl- und Ziffernkenntnissen (Ebene I des ZGV-Modells) als auch den höheren Mengen-Zahlen-Kompetenzen (Ebene II) nachweisbar.<sup>18</sup> Dieser Unterschied zeigt sich darin, dass Kinder mit (vollständigem) Migrationshintergrund signifikant schlechtere Leistungen zeigen als Kinder ohne Migrationshintergrund.

**Hypothese 1.1.2:** Die in Hypothese 1.1.1 formulierten mathematischen Kompetenzunterschiede zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund bleiben auch bei Kontrolle von allgemein-kognitiven Fähigkeiten sowie individuellen und familiären Merkmalen bestehen. Somit wird angenommen, dass sich bei statistischer Kontrolle dieser Variablen weiterhin signifikante Gruppenunterschiede in den mathematischen Kompetenzen nachweisen lassen.

---

<sup>18</sup>Da die Konstrukte in den nachfolgenden Hypothesen separat betrachtet werden sollen, ist eine getrennte Analyse der Kompetenzebenen erforderlich.

**Hypothese 1.2:** Unterschiede in der Sprachkompetenz<sup>19</sup> (1. MZP), zu denen in der vorliegenden Studie Grammatik- und Wortschatzkenntnisse zählen, bedingen die in Hypothese 1.1.1 gefundenen Effekte. Folglich lassen sich bei Kontrolle der Ausgangswerte in diesen Variablen keine statistisch signifikanten Unterschiede mehr zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund in den mathematischen Kompetenzen ermitteln.

**Hypothese 1.3:** Bei Berücksichtigung von Ausgangswerten in der phonologischen Bewusstheit (im weiteren und engeren Sinne) sind keine signifikanten Mittelwertunterschiede zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund in den mathematischen Kompetenzen nachweisbar. Insbesondere für die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne wird eine Reduktion der zuvor gefundenen Effekte angenommen.

**Hypothese 1.4:** Für die beiden Migrationsgruppen wird im Hinblick auf die mathematische Kompetenzentwicklung ein signifikanter Leistungszuwachs jeweils vom Beginn bis zum Ende des Vorschuljahres bzw. ersten Schuljahres angenommen. Gleichzeitig wird, wie in Hypothese 1.1.1 postuliert, dass Leistungsunterschiede zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund über den Untersuchungszeitraum bestehen bleiben und somit kein signifikanter Interaktionseffekt (Zeit x Gruppe) nachweisbar ist.

Für den Vergleich von Kindern mit und ohne Migrationshintergrund, der im Fokus der vorliegenden Arbeit steht, werden nur die Kinder mit vollständigem (beide Eltern im Ausland geboren) und ohne Migrationshintergrund (beide Eltern in Deutschland geboren) betrachtet. Somit wird der Migrationshintergrund in den statistischen Analysen durchgängig als zweistufige, d. h. dichotome Variable definiert. Die Gruppe der Kinder mit partiellem Migrationshintergrund (nur ein Elternteil im Ausland geboren) wird zur Vollständigkeit lediglich bei den deskriptiven Daten der Gesamtstichprobe (s. Abb. 12) einbezogen. Diese methodische Entscheidung liegt darin begründet, dass die Gruppe mit partiellem Migrationshintergrund in Bezug auf die Erstsprache des Kindes bzw. der Eltern sowie die Familiensprache sehr heterogen ausfällt (s. Abschnitt 8.3). Insgesamt ist davon auszugehen, dass bei Ausschluss dieser Teilgruppe die Interpretation der Ergebnisse – gerade im Hinblick auf die Zuordnung von Erklärungsfaktoren – weniger komplex ausfällt und folglich eindeutige Schlussfolgerungen zulässt. Zur sprachlichen Vereinfachung wird nachfolgend auf die Spezifizierung „vollständig“ verzichtet und nur die Bezeichnung „mit Migrationshintergrund“ verwendet.

---

<sup>19</sup>Maße der phonologischen Bewusstheit (im weiteren und engeren Sinne) werden separat betrachtet, da sie für die vorliegende Arbeit zentral sind.

## 7.2 Bedeutung der phonologischen Bewusstheit für die mathematische Kompetenzentwicklung

Die Anzahl an nationalen und internationalen Studien, die den Zusammenhang von phonologischer Bewusstheit und mathematischen Kompetenzen als Haupt- oder Nebenfrage untersuchten, ist in den letzten Jahren stetig gewachsen, wobei sich in Abhängigkeit von der untersuchten Stichprobe, der Operationalisierung der berücksichtigten Variablen sowie den statistischen Analysemethoden bedeutsame Unterschiede in den berichteten Effekte feststellen lassen. In Untersuchungen, die bei Kindern im Vorschulalter durchgeführt wurden, konnte die phonologische Bewusstheit übereinstimmend als direkter Einflussfaktor auf die mathematischen Kompetenzen, vornehmlich auf die Zähl- und Ziffernkenntnisse (Ebene I des ZGV-Modells), nachgewiesen werden (z. B. Krajewski & Schneider, 2009b; Koponen et al., 2013). Hierbei wurde die phonologische Bewusstheit durch Aufgaben zu größeren Lautsegmenten (d. h. im weiteren Sinne) (z. B. Simmons et al., 2008) oder kombiniert mit Aufgaben auf einzellautlicher Ebene (d. h. im engeren Sinne) (z. B. Krajewski & Schneider, 2009b) erfasst. Kleine bis mittelhohe Zusammenhänge ließen sich längsschnittlich auch zwischen der vorschulisch erfassten, phonologischen Bewusstheit und den schulischen Mathematikleistungen ermitteln (z. B. Krajewski & Schneider, 2009b; Koponen et al., 2013). Bei Berücksichtigung von mathematischen Ausgangskompetenzen sowie Gedächtnisfähigkeiten erwies sich die phonologische Bewusstheit in einigen Studien jedoch nicht mehr als bedeutsames Merkmal für die Vorhersage schulischer Mathematikleistungen (Durand et al., 2005; Passolunghi et al., 2007; Schuchardt et al., 2014). Bestehende theoretische Modelle und Hypothesen sowie deren empirische Bestätigung, die auf eine bereichsübergreifende Bedeutung der phonologischen Bewusstheit hindeuten, zeigen im Einzelnen, dass diese metasprachliche Kompetenz primär für den Erwerb von Zähl- und Ziffernkompetenzen (Ebene I des ZGV-Modells) relevant ist (vgl. Michalczyk et al., 2013). Ein Einfluss auf höhere mathematische Kompetenzen (Ebene II) konnte zudem indirekt, vermittelt durch die Kompetenzen der Ebene I, gezeigt werden. Theoretisch wird angenommen, dass die phonologische Bewusstheit eine Loslösung einzelner Zahlen aus der Zahlwortkette ermöglicht (vgl. Abschnitt 2.2.1). Demnach sollte vor allem die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne, die die Analyse von größeren lautsprachlichen Einheiten wie Wörtern oder Silben umfasst, zur Erklärung von interindividuellen Unterschieden in den mathematischen Kompetenzen beitragen. Auf Grundlage der zuvor beschriebenen Befunde und deren theoretischer Einordnung lautet die zweite Fragestellung:

*Welche Bedeutung hat die phonologische Bewusstheit im weiteren bzw. engeren Sinne für die mathematischen Kompetenzen am Ende des Vorschuljahres sowie zu Beginn und am Ende des ersten Schuljahres bei Berücksichtigung von Unterschieden in den ma-*

*thematischen Ausgangsleistungen? Lassen sich differenzielle Effekte für die Relevanz der phonologischen Bewusstheit in Abhängigkeit vom Migrationshintergrund feststellen?*

Aus dieser Fragestellung werden folgende Hypothesen abgeleitet:

**Hypothese 2.1:** Bei Einbezug der Ausgangswerte in den mathematischen Kompetenzen (1. MZP; getrennt nach Kompetenzebenen) erweist sich die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne (1. MZP) als zusätzlicher, bedeutsamer Prädiktor der basalen, mathematischen Kompetenzen (Ebene I) sowie der höheren, mathematischen Kompetenzen (Ebene II) am Ende des Vorschuljahres (2. MZP).

**Hypothese 2.2:** Für die schulischen Mathematikleistungen kurz nach Schuleintritt (3. MZP: FIPS) sowie am Ende des ersten Schuljahres (4. MZP: FIPS und DEMAT 1+) lässt sich bei Kontrolle der mathematischen Ausgangsleistungen (1. MZP; getrennt nach Kompetenzebenen) ein signifikanter Einfluss der phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinne (1. MZP) feststellen.

**Hypothese 2.3:** Zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund lassen sich keine signifikanten und bedeutsamen Unterschiede in den strukturellen Zusammenhängen (d. h. in den Regressionskoeffizienten) finden. Ein Moderatoreffekt des Migrationshintergrunds ist folglich statistisch nicht nachweisbar.

### 7.3 Spezifische und unspezifische Fördereffekte auf die mathematischen Kompetenzen

Wie in Kapitel 5 beschrieben, dienen vorschulische Trainingsprogramme der Förderung von bereichsspezifischen Vorläufern, um gerade Kinder mit entsprechenden Kompetenzdefiziten – sogenannte „Risikokinder“ – bereits vor Schuleintritt gezielt zu unterstützen. Folglich wird eine „kompensatorische Wirkung“ von dem Einsatz eines solchen Trainingsprogramms, mit dem Ziel Leistungsunterschiede zu reduzieren, erwartet (z. B. Hasselhorn & Kuger, 2014). Da insbesondere Kinder mit Migrationshintergrund aufgrund ihrer nicht deutschen Herkunftssprache benachteiligt sind, soll deren Entwicklung unter Berücksichtigung der vorschulischen Förderung mit der Entwicklung von Kindern deutscher Herkunftssprache kontrastiert werden. Bisher sind in der Literatur keine Untersuchungen zu finden, die die drei in Abschnitt 5.2 vorgestellten, mathematischen Trainingsprogramme in Bezug auf ihre bereichsspezifische Wirksamkeit verglichen und differenzielle Effekte des Migrationshintergrunds geprüft haben. Rein formal betrachtet kann angenommen werden, dass ein Trainingsprogramm wie das MZZ (Krajewski et al., 2007), das mit konkret-anschaulichen Darstellungsmitteln

versehen und sprachlich auf wesentliche mathematische Inhalte fokussiert ist, gerade für Kinder mit Migrationshintergrund geeignet ist. Dagegen lässt sich vermuten, dass eine sprachliche und fantasiereiche Ausgestaltung der Förderinhalte, wie sie bei den beiden Zahlenland-Programmen (Friedrich & de Galgóczy, 2004; Preiß, 2004, 2005) besteht, eher zu einer Überforderung von Risikokindern sowohl in sprachlicher als auch allgemein-kognitiver Hinsicht führt und hierdurch den Erwerb von erforderlichen, mathematischen Konzepten beeinträchtigt. Der bereits benannten „spezifischen Wirksamkeit“ steht die „unspezifische Wirksamkeit“ einer Intervention gegenüber. Da viele Studienergebnisse für eine enge Verknüpfung der phonologischen Bewusstheit mit den mathematischen Kompetenzen sprechen, soll in der vorliegenden Arbeit auch die unspezifische Wirksamkeit eines Trainings der phonologischen Bewusstheit und der Buchstaben-Laut-Zuordnung (HLL und HLL 2) auf die mathematischen Kompetenzen geprüft werden. Diesbezüglich postulieren Krajewski und Schneider (2009b), dass sich eine entsprechende Förderung der phonologischen Bewusstheit primär auf die Zähl- und Ziffernkenntnisse (Ebene I des ZGV-Modells) und nicht auf höhere, mathematische Kompetenzen (u. a. Ebene II) auswirkt. Gleichmaßen ist für diesen Aspekt auch der Wirksamkeitsvergleich zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund interessant, da gerade Kinder mit Migrationshintergrund in vielen Kompetenzbereichen bereits im Vorschulalter erhebliche Defizite aufweisen. Für die spezifische Effektivität eines Trainings der phonologischen Bewusstheit liegen bereits positive Studienergebnisse vor, die einen kompensatorischen Effekt bei Kindern mit Migrationshintergrund belegen (z. B. Pröscholdt et al., 2013).

Für die Überprüfung von Fördereffekten auf die mathematischen Kompetenzen muss in der vorliegenden Arbeit einschränkend berücksichtigt werden, dass die Datenerhebung in einem übergeordneten Studienprojekt erfolgte, das primär die Effektivität des Würzburger Trainings der phonologischen Bewusstheit (HLL und HLL 2) untersuchte. Daher war die Durchführung eines mathematischen Trainingsprogramms kein relevantes Auswahlkriterium bei der Rekrutierung der teilnehmenden Kindergärten. Umfassende Angaben zur vorschulischen Förderung u. a. im mathematischen Bereich wurden erst nach Studienbeginn in einem persönlichen Interview mit den Erzieherinnen und Erziehern erhoben. Deskriptive Analysen ergaben, dass die Gesamtstichprobe keine Kinder aufweist, die ausschließlich ein vorschulisches Training der mathematischen Kompetenzen durchliefen, ohne am HLL-Training teilzunehmen. Spezifische Fördereffekte sind somit nicht unabhängig von unspezifischen Fördereffekten analysierbar. Die nachfolgenden Hypothesen wurden im Hinblick auf diese Ausgangslage formuliert.

Die dritte Fragestellung lautet:

*Sind spezifische, kurz- und langfristige Fördereffekte auf die mathematischen Kompetenzen bei Kindern mit und ohne Migrationshintergrund im Sinne einer kompensatori-*



*schen Wirkung nachweisbar und sind diese von der Qualität und dem Aufbau des eingesetzten Förderprogramms abhängig? Wirkt sich unabhängig davon ein vorschulisches Training der phonologischen Bewusstheit kurz- als auch langfristig positiv auf die mathematischen Kompetenzen unter Berücksichtigung des Migrationshintergrunds aus?*

Es werden folgende Hypothesen abgeleitet:

**Hypothese 3.1.1:** Kinder mit Migrationshintergrund, die im Vorschuljahr das MZZ-Training erhalten haben, zeigen signifikant höhere Zuwächse in den vorschulischen Mathematikleistungen (kurzfristige Trainingseffekte) als Kinder, die kein entsprechendes Vorschultraining erhielten bzw. mit einem alternativen Programm (d. h. einem der Zahlenland-Programme) trainiert wurden.

**Hypothese 3.1.2:** Kinder mit Migrationshintergrund, die im Vorschuljahr das MZZ-Training erhalten haben, zeigen signifikant höhere Leistungen in den schulischen Mathematikleistungen (kurz- und langfristige Transfereffekte) als Kinder, die kein entsprechendes Vorschultraining erhielten bzw. mit einem alternativen Programm (d. h. einem der Zahlenland-Programme) trainiert wurden.

Die kurz- und langfristigen Trainingseffekte sind im Sinne einer kompensatorischen Wirksamkeit nachweisbar, d. h. in der MZZ-Trainingsgruppe nähern sich Kinder mit Migrationshintergrund den Gleichaltrigen ohne Migrationshintergrund leistungsmäßig an.

**Hypothese 3.2.1:** Es werden kompensatorische Fördereffekte eines Trainings der phonologischen Bewusstheit (HLL und HLL 2) auf die vorschulischen, mathematischen Kompetenzen angenommen, d. h. Kinder der HLL-Trainingsgruppe zeigen bei Berücksichtigung des Migrationshintergrunds im Vergleich zu Kindern der Kontrollgruppe signifikant höhere Werte in den Mengen-Zahlen-Kompetenzen zum 2. MZP (kurzfristige, unspezifische Trainingseffekte).

**Hypothese 3.2.2.** Es werden kompensatorische Fördereffekte eines Trainings der phonologischen Bewusstheit (HLL und HLL 2) auf die schulischen, mathematischen Kompetenzen angenommen, d. h. Kinder der HLL-Trainingsgruppe zeigen bei Berücksichtigung des Migrationshintergrunds im Vergleich zu Kindern der Kontrollgruppe signifikant höhere Werte in den schulischen Mathematikleistungen (kurz- und langfristige, unspezifische Transfereffekte).

Die kompensatorische Wirksamkeit zeigt sich darin, dass Kinder mit Migrationshintergrund der HLL-Trainingsgruppe stärker profitieren und sich leistungsmäßig den Kindern ohne Migrationshintergrund annähern.



## 8 Methode

In diesem Kapitel wird zunächst das Forschungsprojekt, aus dem die verwendeten Daten stammen, vorgestellt. Danach werden das Design und der zeitliche Ablauf der Studie sowie deskriptive Merkmale der Stichprobe und der Umgang mit fehlenden Werten beschrieben. Anschließend wird erläutert, mit welchen Verfahren die Untersuchungsvariablen erfasst, wie die Untersuchungen gestaltet und die Daten aufbereitet und ausgewertet wurden. Im letzten Teilkapitel erfolgt eine Erläuterung des statistischen Vorgehens zur Prüfung der einzelnen Hypothesen.

### 8.1 Informationen zum Forschungsprojekt

Die Erhebung der Daten für die vorliegende Arbeit erfolgte innerhalb eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der *Empirischen Bildungsforschung* geförderten Projekts (Förderkennzeichen 01GJ0972-74), welches der „Forschungsinitiative für Sprachdiagnostik und Sprachförderung (FiSS)“ als projektübergreifende und wissenschaftliche Koordinierungsstelle (vgl. Redder & Weinert, 2013) zugeordnet war. Es handelt sich um ein Verbundvorhaben, dessen Koordination von drei universitären Standorten (Würzburg, Bamberg und Berlin) ausging. Hauptansprechpartner war Herr Prof. Dr. Wolfgang Schneider an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg. Mitantragstellerinnen waren Frau Prof. Dr. Cordula Artelt an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg und Frau Prof. Dr. Petra Stanat an der Freien Universität Berlin. Primäres Ziel dieser multizentrischen Studie bestand in der Überprüfung der kurz- und langfristigen Effektivität eines Trainings der phonologischen Bewusstheit (Küspert & Schneider, 2008; Plume & Schneider, 2004) bei Kindern deutscher und nicht deutscher Herkunftssprache.<sup>20</sup> Diese Untersuchungsfrage sollte durch den Vergleich einer trainierten mit einer untrainierten Gruppe von Kindern geklärt werden. Auch sollte die Längsschnittstudie Aufschluss darüber geben, inwiefern die Trainingseffektivität einerseits von einer Vorerfahrung und Ausbildung der Erzieherinnen und Erzieher in der Trainingsdurchführung und andererseits von der Art des schriftsprachlichen Anfangsunterrichts abhängt. Die Projektdurchführung verlief an allen drei Standorten zeitlich parallel und inhaltlich weitestgehend identisch. Vor Erhebungsbeginn wurden Kindergärten bzw. Kindertageseinrichtungen in der näheren Umgebung, aber auch in größerer Entfernung zu den drei genannten Standorten für eine Projektteilnahme angefragt. Bei der Auswahl der Einrichtungen wurde im Vorfeld zum Migrationsanteil im jeweiligen Einzugsbereich recherchiert, da sowohl die

---

<sup>20</sup>Publikationen zum genannten Forschungsprojekt liegen bereits vor (z. B. Blatter et al., 2013; Jäger et al., 2012; Schöppe et al., 2013).

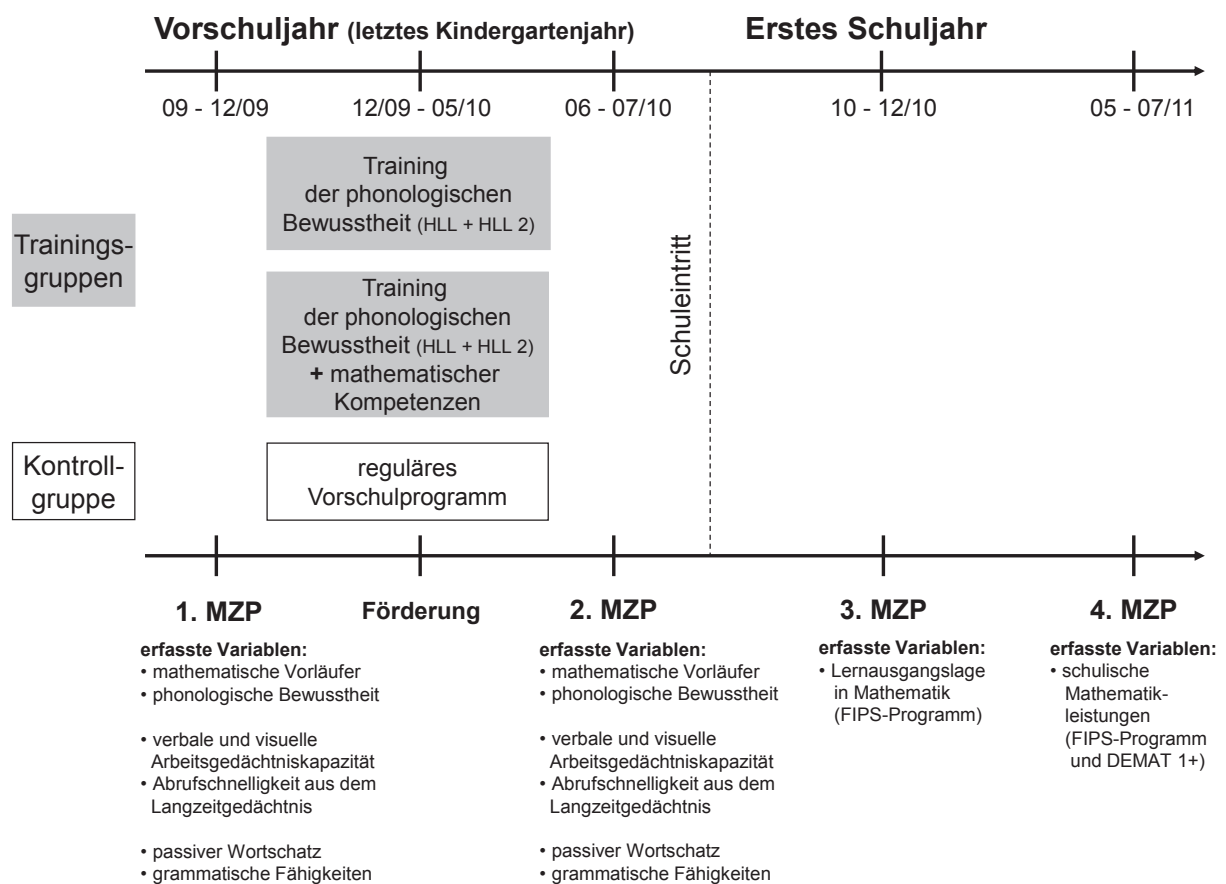
Trainings- als auch die Kontrollgruppe einen entsprechenden Anteil an Kindern mit Deutsch als Zweitsprache umfassen sollte. Zudem wurde beim Erstkontakt mit einem Kindergarten geklärt, ob das HLL-Programm im bevorstehenden Erhebungszeitraum für die Vorschulkinder angeboten wird. Aufgrund der großen Verbreitung des HLL-Programms im Raum Unterfranken war es erforderlich gewesen, Einrichtungen außerhalb dieses Regierungsbezirks zu rekrutieren, damit eine Kontrollgruppe in geeignetem Umfang zustande kam.

## 8.2 Studiendesign und Zeitplan

Dem beschriebenen Forschungsprojekt liegt ein *quasiexperimentelles Studiendesign* zugrunde. Die Zuordnung der einzelnen Kindergärten zur Trainings- oder Kontrollgruppe erfolgte nicht randomisiert, sondern richtete sich danach, welche Vorschulförderung der phonologischen Bewusstheit im jeweiligen Kindergarten unabhängig von der Studienteilnahme geplant war. Folglich wurde auch nicht erfragt, ob für die Vorschulkinder die Durchführung einer gezielten, mathematischen Förderung vorgesehen war. Insgesamt waren durch diese Form der Zuweisung zu den Untersuchungsgruppen Unterschiede in diversen Variablen (u. a. Ausgangswerte, Anteil der Kinder mit Migrationshintergrund) unvermeidbar. Die Datenerhebung fand innerhalb eines Zeitraums von 2 Jahren zu vier Messzeitpunkten (1. bis 4. MZP) statt (s. Abb. 11), wobei die Untersuchungen jeweils auf drei bzw. zwei Termine aufgeteilt waren. Am Anfang und Ende des letzten Kindergarten- bzw. Vorschuljahres (2009/2010) wurden schriftsprachliche und mathematische Vorläuferkompetenzen sowie sprachliche Fähigkeiten und Gedächtnisleistungen im Sinne einer Messwiederholung (Vor- und Nachtest) erfasst. Anschließend erhielten die Kinder der Trainingsgruppe von Dezember 2009 bis Mai 2010 eine kombinierte Förderung der phonologischen Bewusstheit und der Buchstaben-Laut-Zuordnung mit HLL und HLL 2 (Küspert & Schneider, 2008; Plume & Schneider, 2004). Während des 20-wöchigen Trainings der phonologischen Bewusstheit wurde ein Teil der Erzieherinnen und Erzieher durch universitäres Personal wiederholt besucht und im Hinblick auf eine manualgetreue Durchführung geschult, da im Rahmen des Studienprojekts auch Effekte einer Supervision auf die Wirksamkeit der Förderung überprüft wurden. In einigen Kindergärten fand zusätzlich zur Förderung der phonologischen Bewusstheit auch eine gezielte, mathematische Vorschulförderung statt. Des Weiteren wurden zu Beginn (3. MZP) und am Ende (4. MZP) des ersten Schuljahres mathematische und schriftsprachliche Kompetenzen gemessen, wobei nur die erfassten, mathematischen Leistungen für die nachfolgende statistische Überprüfung der eigenen Fragestellungen relevant sind. Darüber hinaus wurden zweimalig (vor dem 2. und 4. MZP) Fragebögen (s. Abschnitt 8.4.3) an die Eltern versandt, um Angaben zum Migrations- und Sprachhintergrund, zur Familiensprache sowie zur häuslichen, schriftsprachlichen Lernumwelt zu erhalten. Auch die Erzie-

herinnen und Erzieher wurden mittels eines selbst entwickelten Interview-Leitfadens (s. Abschnitt 8.4.4) u. a. zur Förderung der Vorschulkinder im sprachlichen, schriftsprachlichen und mathematischen Bereich befragt. Zudem wurden die im schriftsprachlichen Anfangsunterricht eingesetzten Methoden und Materialien bei den Lehrkräften erfragt.

Die Angaben zum zeitlichen Ablauf der einzelnen Messungen und zur vorschulischen Förderung, die für die Datenauswertung der vorliegenden Arbeit von Bedeutung sind, sind nachfolgend in Abbildung 11 dargestellt.



**Abbildung 11.** Zeitlicher Ablauf der Studie mit relevanten Angaben zu den erfassten Untersuchungsvariablen und erfolgten Fördermaßnahmen.

### 8.3 Stichprobe und Datenauswahl

Die Datenerhebung für die vorliegende Arbeit erfolgte im Rahmen des in Abschnitt 8.1 beschriebenen Forschungsprojekts. Im gesamten Untersuchungszeitraum wurden Daten von insgesamt  $N = 572$  Kindern erfasst. Aus der hieraus resultierenden Gesamtdatei wurden aufgrund der eigenen Fragestellungen nur die Fälle ausgewählt, die in Bezug auf die vorschulischen, mathematischen Kompetenzen (1. und 2. MZP) fast vollständig waren (vgl. Abb. 12). Kinder, für die keine Daten früher mathematischer Kompetenzen zum 1. oder 2. MZP erfasst werden konnten, wurden im ersten Schritt der Datenauswahl ausgeschlossen. Dieses Prozedere führte dazu, dass bereits zum 1. MZP elf Kinder wegen fehlender Einwilligung der Eltern zur Studienteilnahme und ein Kind aus Krankheitsgründen wegfielen. Zum 2. MZP waren darüber hinaus neun Kinder unbekannt verzogen, drei Kinder waren vom Schuleintritt zurückgestellt, ein Kind war verreist, bei zwei Kindern zogen die Eltern die Einwilligung zurück und ein Kind wurde auf Entscheidung der Testleitung nicht getestet.

Um den Einfluss föderalistisch festgelegter Bildungsvorgaben und hieraus resultierende, systematische Abweichungen im vorschulischen und schulischen Bildungskontext zu reduzieren, wurden die Daten der Kinder aus Baden-Württemberg ausgeschlossen. Es handelte sich hierbei um eine kleine Stichprobe von  $N = 25$  Kindern, die in der Vorschulzeit neben dem Training der phonologischen Bewusstheit auch eine gezielte, mathematische Förderung mit einem (nachträglich) nicht klar identifizierbaren Trainingsprogramm erhalten hatten. Für den vorschulischen Zeitraum blieb eine Fallzahl von  $N = 519$  übrig. Da 47 Kinder aus nicht bekannten Gründen vom Schuleintritt zurückgestellt wurden, verringerte sich die Stichprobe entsprechend. Eine systematische Erfassung der Zurückstellungsgründe erfolgte im Rahmen der Projektdurchführung nicht. Denkbar sind ein vergleichsweise geringes Alter und erhebliche Defizite in den vorschulischen Kompetenzen, der Konzentrationsfähigkeit, der Selbstregulation sowie der sozial-emotionalen Entwicklung. Darüber hinaus wurden 15 Fälle, bei denen keine Regelbeschulung vorlag (d. h. Besuch einer Förderschule, schulvorbereitende Einrichtung, Schule mit alternativer, pädagogischer Ausrichtung etc.), aus dem Datensatz eliminiert, um Verzerrungen der Ergebnisse aufgrund von Unterschieden in der Unterrichtung zu vermeiden. Weitere 29 Kinder konnten im ersten Schuljahr nicht getestet werden, da das Einverständnis zur Teilnahme seitens ihrer Eltern oder der Schule nicht (mehr) vorlag. Für das erste Schuljahr lagen abschließend  $N = 410$  Datensätze vor.

Nachfolgende Abweichungen der Fallzahlen in der Ergebnisdarstellung sind auf das Fehlen vereinzelter Werte zurückzuführen. Hierfür kann ein systematischer Wegfall ausgeschlossen werden, da als Ursache überwiegend Fehler in der Aufgabendarbietung seitens der Testleitung oder eine partielle Verweigerung seitens des Kindes feststellbar waren.

Messzeitpunkt (MZP)	Vorschuljahr/ letztes Kindergartenjahr		Erstes Schuljahr	
	1. MZP	2. MZP	3. MZP	4. MZP
Anzahl getesteter Kinder (gesamt: N = 572)	N = 560	N = 519	N = 422	N = 410
Drop-out (in % zur Gesamtstichprobe)	2.1 %	9.3 %	26.2 %	28.3 %
Gründe	fehlende Elterneinwilligung: N = 11; Krankheit: N = 1;	Teilstichprobe Baden- Württemberg: N = 25; verzogen: N = 9; zurückgestellt: N = 3; Urlaub: N = 1; Elterneinwilligung zurückgezogen: N = 2; Entscheidung der Testleitung: N = 1	kein Besuch einer Regelgrundschule: N = 15; kein Einverständnis der Schule: N = 3; kein Einverständnis der Eltern: N = 26; Kind zurückgestellt: N = 47; Kind nicht auffindbar: N = 6	kein Einverständnis der Schule: N = 6; Kind nicht auffindbar: N = 5; Wechsel auf eine Förderschule: N = 1
vollständige Testwerte 1. – 2. MZP/ 3. – 4. MZP	N = 357		N = 271	
Geschlecht	♂ 50.3 % ♀ 49.7 %		♂ 50.9 % ♀ 49.1 %	
Alter zum 1. MZP (in Monaten)	M = 66.23 (SD = 4.19) Min = 57, Max = 78 k. A.: 1.2 %		M = 66.66 (SD = 4.00) Min = 57, Max = 78 k. A.: 1.4 %	
KiGa-Besuchsdauer (in Jahren)	≥ 3: 49.3 % 2-3: 41.0 % 1-2: 6.4 % ≤ 1: 1.9 % k. A.: 1.4 %		≥ 3: 53.1 % 2-3: 39.1 % 1-2: 5.7 % ≤ 1: 0.5 % k. A.: 1.7 %	
Migrationshintergrund	kein Mihi: 49.5 % partieller Mihi: 12.5 % vollständiger Mihi: 22.0 % k. A.: 16.0 %		kein Mihi: 54.0 % partieller Mihi: 11.4 % vollständiger Mihi: 20.6 % k. A.: 14.0 %	
sozioökonomischer Status (HISEI)	M = 50.51 (SD = 18.14) Min = 16, Max = 90 k. A.: 19.3 %		M = 50.82 (SD = 18.12) Min = 16, Max = 90 k. A.: 16.6 %	
Fördergruppe	KG: 16.8 % HLL: 43.4 % Kombi-Fö.: 39.9 %		KG: 15.2 % HLL: 44.5 % Kombi-Fö.: 40.3 %	

Anmerkungen. Mihi = Migrationshintergrund; k. A. = Elternfragebogen nicht vorliegend bzw. Angabe nicht eindeutig spezifizierbar; KG = Kontrollgruppe; vorschulische Förderung: HLL = nur Durchführung des „Hören, lauschen, lernen“-Programms; Kombi-Fö. = Durchführung des „Hören, lauschen, lernen“-Programms sowie eines Vorschulprogramms zur mathematischen Förderung.

Abbildung 12. Zusammensetzung und deskriptive Daten der Gesamtstichprobe.

Zusammenfassend liegt die Anzahl vollständiger Datensätze für das Vorschuljahr bei  $N = 357$  und für das erste Schuljahr bei  $N = 271$ .

Durch Befragung der Eltern, der Erzieherinnen und Erzieher wurden Angaben zum Geschlecht, zum Alter, zur Dauer des Kindergartenbesuchs, zum Migrations- und Sprachhintergrund, zum sozioökonomischen Status sowie zur bereichsspezifischen Vorschulförderung erfasst. Die Rücklaufquote des Elternfragebogens, bezogen auf die Gesamtstichprobe ( $N = 572$ ), betrug 84 %. Aufgrund von nicht eindeutigen oder fehlenden Angaben von Eltern zu einzelnen Fragen ergaben sich weitere fehlende Werte, die in Abbildung 12 kenntlich gemacht sind. Das Geschlechtsverhältnis war ausgewogen. Das Durchschnittsalter der teilnehmenden Kinder bezogen auf den ersten Messzeitpunkt betrug 5;6 Jahre. Die Hälfte der Kinder besuchte den Kindergarten zum Zeitpunkt des Studienbeginns mindestens 3 Jahre. Dagegen besuchten knapp 8 % der Kinder den Kindergarten weniger als 2 Jahre. Der sozioökonomische Status der Familien, ermittelt durch den HISEI, wies einen Durchschnittswert von 51 auf, der dem Beschäftigungsstatus einer/eines Arzthelferin/Arzthelfers oder Buchhalterin/Buchhalters entspricht.

Der Migrationshintergrund wurde anhand der Geburtsländer der Eltern bestimmt, um in den nachfolgenden Analysen nicht nur die Erstsprache des Kindes, sondern auch den sprachlichen und kulturellen Hintergrund der Eltern zu berücksichtigen. Diese Einteilung ergab, dass bei ungefähr der Hälfte der Kinder der selektierten Stichprobe beide Elternteile in Deutschland geboren waren und somit kein Migrationshintergrund vorlag. Bei rund 12 % der Kinder lag ein partieller Migrationshintergrund vor, bei knapp 20 % der Kinder lag ein vollständiger Migrationshintergrund vor. Der Migrationsstatus der übrigen Kinder konnte aufgrund fehlender Angaben nicht bestimmt werden.

Bei genauer Betrachtung der Kinder mit partiellem und vollständigem Migrationshintergrund ließ sich feststellen, dass es sich hierbei nicht um homogene Teilgruppen handelt (s. Tab. 1). Anders verhielt es sich bei den Kindern ohne Migrationshintergrund, bei denen fast ausschließlich Deutsch die Erstsprache des Kindes, der Eltern sowie die Familiensprache war. Mehr als die Hälfte der Kinder mit partiellem Migrationshintergrund erlernte Deutsch als Erstsprache. Dagegen war die Erstsprache bei Kindern mit vollständigem Migrationshintergrund überwiegend eine andere als Deutsch. Auch in Bezug auf die Erstsprache der Eltern unterschieden sich die Gruppen der Kinder mit Migrationshintergrund. Wie definitionsgemäß zu erwarten war, erlernten beide Elternteile der Kinder mit vollständigem Migrationshintergrund nicht Deutsch als Erstsprache. Dagegen zeigte sich bei der Mehrheit der Eltern von Kindern mit partiellem Migrationshintergrund, dass zumindest ein Elternteil Deutsch als Erstsprache erwarb.

Hinsichtlich der Familiensprache, also der Sprache, die das Kind vorwiegend mit seinen Eltern und Geschwistern sprach, überwog der Anteil der Kinder, die zu Hause sowohl Deutsch als auch eine andere Sprache verwendeten. Der Zusammenhang zwi-



schen Geburtsland der Eltern (Migrationshintergrund) und der Erstsprache der Eltern, des Kindes bzw. der Familiensprache ist hoch signifikant ( $Cramers-V = .54/.74/.60, p < .001$ ). Aufgrund der beschriebenen Unterschiede in der Zusammensetzung des Sprachhintergrunds abhängig vom Migrationsstatus sollen in den nachfolgenden Analysen die Gruppen der Kinder mit partiellem und vollständigem Migrationshintergrund nicht als eine Gruppe zusammengefasst und mit den Kindern ohne Migrationshintergrund verglichen werden. Zur inferenzstatistischen Absicherung der zuvor formulierten Hypothesen wird die Gruppe mit vollständigem Migrationshintergrund mit der Gruppe ohne Migrationshintergrund kontrastiert.

**Tabelle 1.** Prozentuale Zusammensetzung der ausgelesenen Gesamtstichprobe in Bezug auf familiäre und sprachliche Hintergrundmerkmale.

	Erstsprache des Kindes			Erstsprache der Eltern			Familiensprache		
	dt.	multi	n. dt.	dt.	eine/r dt.	n. dt.	dt.	multi	n. dt.
kein Mihi	96.4	0.4	3.2	95.6	1.6	2.8	96.2	3.4	0.4
partieller Mihi	52.3	15.4	32.3	9.2	52.3	38.5	31.3	65.6	3.1
vollständiger Mihi	15.9	13.3	70.8	4.5	5.4	90.1	11.1	80.6	8.3

*Anmerkungen.* Mihi = Migrationshintergrund nach Geburtsland der Eltern; (n.) dt. = (nicht) deutsche Erst-/Familiensprache; multi = mehrere Sprachen inkl. Deutsch.

Nennenswert ist auch ein mittels  $\chi^2$ -Anpassungstest ermittelter, signifikanter Zusammenhang zwischen Standort und Migrationshintergrund ( $\chi^2(4, 436) = 60.51, p < .001$ ;  $Cramers-V = .24, p < .001$ ). Der Anteil der Kinder mit vollständigem Migrationshintergrund liegt insgesamt bei 26.1 % und variiert abhängig vom Standort von 13.2 % für Würzburg, 40.7 % für Berlin bis 41.9 % für Bamberg. Der Anteil der Kinder ohne Migrationshintergrund liegt dagegen insgesamt bei 58.9 %. Bezogen auf die drei Projektstandorte liegt der Anteil für Würzburg bei 74.9 % und für Bamberg und Berlin bei 35.5 % bzw. 44.4 %.

Da auch der Einfluss vorschulischer Trainingsprogramme zur Förderung mathematischer und schriftsprachlicher Vorläuferkompetenzen untersucht werden soll, wurde der Anteil der Kinder in der ausgelesenen Gesamtstichprobe in Bezug auf die Fördergruppen bestimmt. Die Auswertung ergab, dass 15.6 % der Kinder das reguläre Vorschulprogramm und damit kein gezieltes Vorschultraining erhielten. 42.2 % der Kinder durchliefen ein kombiniertes Trainingsprogramm zur Förderung der phonologischen Bewusstheit (HLL und HLL 2) und 42.2 % nahmen zusätzlich an einem Training mathematischer Kompetenzen teil. Dagegen nahmen an der Studie keine Kindergärten teil, die ausschließlich ein Training mathematischer Kompetenzen für Vorschulkinder anboten. Als Grund hierfür ist primär der Forschungsschwerpunkt der Studie zu nennen, der vorrangig auf dem Einfluss des Würzburger Trainingsprogramms zur Förderung der phonologischen Bewusstheit lag. Zudem wurde die Studie im Rahmen eines quasiexperimentellen Untersuchungsdesigns durchgeführt, das keine ran-

domisierte Zuweisung der teilnehmenden Kinder zu den jeweiligen Untersuchungsbedingungen vorsah. Somit konnte die Verteilung der individuellen und familiären Merkmale auf die Trainingsgruppen bzw. die Kontrollgruppe nicht gezielt gesteuert werden.

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich wird, ist der Anteil der Kinder ohne und mit vollständigem Migrationshintergrund in den verschiedenen Förderbedingungen unausgeglichen. Diese unbalancierte Verteilung lässt sich statistisch mit einem hoch signifikanten  $\chi^2$ -Anpassungstest belegen ( $\chi^2(4; 436) = 40.73, p < .001$ ; *Cramers-V* = .24,  $p < .001$ ).

**Tabelle 2.** Aufteilung der Stichprobe (absolute Zahlen) nach Migrationshintergrund und vorschulischer, bereichsspezifischer Förderung.

	vorschulische Förderung			gesamt
	keine	HLL	HLL u. Mathe	
kein Mihi	24	99	134	257
partieller Mihi	20	22	23	65
vollständiger Mihi	24	63	27	114
gesamt	68	184	184	436

*Anmerkungen.* Mihi = Migrationshintergrund nach Geburtsland der Eltern; HLL = kombinierte Förderung mit HLL und HLL 2 (vgl. Abschnitt 5.3.1); Mathe = gezielte, mathematische Förderung (vgl. Abschnitt 5.2).

## 8.4 Eingesetzte Verfahren und Ablauf der Untersuchungen

Nachfolgend werden die eingesetzten Testverfahren zur Erfassung der vorschulischen und frühen schulischen Kompetenzen dargestellt, die in den statistischen Analysen zur Beantwortung der eigenen Forschungsfragen herangezogen werden. Für jedes Verfahren wird die Reliabilität auf Skalenebene angegeben, um festzustellen, wie zuverlässig der jeweilige Kompetenzbereich erfasst wird. Als Maß der *internen Konsistenz* wird hierzu *Cronbachs  $\alpha$*  berechnet, das bei einem Wert  $> .80$  für eine gute Messgenauigkeit spricht (Bortz & Döring, 2006, S. 198f.). Zudem wird dargelegt, wie die Untersuchungen der Kinder im Vorschul- und ersten Schuljahr abliefen. Danach werden Aufbau und Inhalte des eingesetzten Interviews mit den Erzieherinnen und Erziehern und der Elternfragebögen beschrieben.

### 8.4.1 Untersuchungsverfahren im Vorschuljahr

Die Untersuchungen am Anfang und Ende des Vorschuljahres (1. und 2. MZP) erfolgten in Einzelsitzungen durch geschultes, universitäres Personal. Um die Kinder nicht zu überfordern, wurde die Testdurchführung jeweils auf drei Sitzungen aufgeteilt, die

an unterschiedlichen Tagen in den Räumlichkeiten der Kindertagesstätten stattfanden. Eine Sitzung umfasste dabei ungefähr 30 Minuten.<sup>21</sup>

**Mathematische Vorläuferkompetenzen.** Die Erfassung der mathematischen Vorläuferkompetenzen erfolgte mit dem „Test mathematischer Basiskompetenzen im Kindergartenalter“ (MBK 0; Krajewski, 2018). Die darin enthaltenen sechs Subtests werden zu drei Gesamtwerten zusammengefasst, die die drei Kompetenzebenen des ZGV-Modells abbilden (s. Abschnitt 2.2.1). Aufgrund der primären Forschungsfrage des Rahmenprojekts sowie aus zeitökonomischen Gründen wurden nur die Aufgaben zur Erfassung der Kompetenzebenen I und II, die als eigentliche Vorläuferkompetenzen gelten, durchgeführt. Folglich wurde die Testbatterie um Aufgaben zur Kompetenzebene III gekürzt.

Zur Überprüfung der Kompetenzentwicklung auf *Ebene I* wurden vier Aufgaben administriert. Bei der ersten Aufgabe sollen die Kinder vorwärts zählen, wobei bei der Zahl 31 abgebrochen wird (*Zahlenfolge*). Für jede Zehnereinheit (1-10, 11-20, 21-30, 31+) wird ein Punkt vergeben. Somit sind maximal vier Punkte erreichbar. Danach sollen zunächst drei Nachfolger (der Zahlen 5, 9, 18) und dann drei Vorgänger (der Zahlen 4, 8, 12) benannt werden, wodurch insgesamt sechs Punkte erzielt werden können. Anschließend werden die Kinder aufgefordert eine „Rakete“ zu starten, wobei der Testleiter bzw. die Testleiterin bei Zehn beginnt und das Kind ab Fünf eigenständig rückwärts zählen lässt. Für die richtige Zahlenfolge werden insgesamt zwei Punkte bzw. ein Punkt bei zwei korrekten, aufeinanderfolgenden Zahlen vergeben. Zur Ermittlung der *Ziffernkenntnis* werden gedruckte Ziffern (1-20) in ungeordneter Reihenfolge vorgelegt, die das Kind benennen soll und dadurch maximal zehn Punkte (ein halber Punkt pro richtige Antwort) erhält. Zusammenfassend sind 22 Punkte in den zwei Aufgaben zur Kompetenzebene I erreichbar.

Die Reliabilität dieser Skala ist für die Analytestichprobe dieser Arbeit zum 1. und 2. MZP als hoch einzustufen (*Cronbachs*  $\alpha = .82$  bzw.  $.80$ ).

Die Überprüfung der *Kompetenzebene II* fand anhand von vier Aufgaben statt. Das *Anzahlkonzept* wird erfasst, indem einem Kind Kärtchen mit den Ziffern 1 bis 10 sowie Kärtchen mit verschiedenen Anzahlen von Kindern (5, 6, 8, 10, 3 jeweils in 5er-Einheiten gruppiert) gezeigt werden. Anschließend wird auf eine Ziffer gedeutet und gefragt: „Kannst du mir sagen, welches von diesen Kärtchen zu dieser Zahl gehört? Das ist die Zahl (Testleitung oder Kind benennt die Zahl).“ Das Kind soll dann auf das Kärtchen mit der korrespondierenden Anzahl deuten. Es erfolgen drei Durchgänge zu dieser Aufgabe. Im zweiten Teil der Aufgabe wird auf eines der Kärtchen mit den Kindern gedeutet und das Kind soll die entsprechende Ziffer benennen bzw. auf das richtige Kärtchen mit der abgebildeten Ziffer deuten. Hierzu erfolgen zwei Durchgänge. Die richtige Zahl darf jedoch im zweiten Teil der Aufgabe nicht von der Testleitung be-

---

<sup>21</sup>Die Angaben zum Umfang der Testungen beziehen sich auf das Rahmenprojekt und die Gesamtheit der erfolgten Untersuchungen.

nannt werden. Es werden maximal fünf Punkte vergeben. Danach folgt eine Aufgabe zur *Anzahlseriation*. Hierbei werden Käfer mit Punkten auf dem Rücken (in der Anzahl 1 bis 8) in aufsteigender Reihe gelegt. Die Punkte auf den Käferrücken sind jeweils paarweise angeordnet. Dabei fehlt in jeder der drei vorgegebenen Reihen ein Käfer und das Kind soll den Käfer mit der richtigen Punktemenge aus einer Auswahl von fünf Käfern mit unterschiedlichen Punkteanzahlen auswählen. Das Kind erhält dabei für jede korrekte Antwort einen Punkt. Nach Vorgabe des ersten Käfer-Sets wird mit Hinweis auf die Punkte als Altersangabe ergänzend gefragt, welche der Käfer „jünger“ bzw. „älter“ als das Kind selbst seien. Sind die gegebenen Antworten vollständig richtig, erhält das Kind zwei Punkte. Bei teilweise richtigen Antworten wird jeweils ein Punkt vergeben, sodass bei diesem Subtest insgesamt sieben Punkte maximal erzielt werden können. Es folgt der Subtest *Anzahlvergleich*, bei dem jeweils vier Zahlen paarweise vorgegeben werden und die Frage formuliert wird: „Was ist mehr?“ bzw. „Was ist weniger?“ Bei diesem Subtest können insgesamt acht Punkte erzielt werden (ein Punkt pro richtige Antwort). Abschließend wird eine Aufgabe zum *Mengenvergleich* durchgeführt. Diese ist in eine Geschichte zum Schwimmbadbesuch von einer bestimmten Anzahl von Kindern (dargestellt mit einfarbigen Spielfiguren) eingebettet. Mit dem Hinweis, dass sich die Kinder jeweils an einer der beiden Kassen (Holzwürfelchen) anstellen, werden zwei Reihen derselben Länge gebildet. Eine Reihe umfasst fünf, die andere Reihe sechs Figuren. Das Kind wird gefragt, an welcher Kasse mehr Kinder stehen oder, ob an beiden Kassen gleich viele Kinder anstehen. Danach wird mit dem Verweis darauf, dass die Kinder gedrängt hätten, die Fünferreihe entfernt und die Sechserreihe zusammengeschoben. Es folgt die Frage, ob nun mehr, weniger oder gleich viele Kinder in der Reihe enthalten sind als zuvor. Abschließend werden zwei Reihen mit jeweils sechs Kindern paarweise aufgestellt. Hierbei wird mit Verweis, dass es sich um Geschwister handelt, auf eine Eins-zu-eins-Zuordnung in der Geschichte geachtet und das Verständnis darüber durch Nachfrage sichergestellt. Anschließend wird wieder eine Reihe zusammengeschoben und gefragt, ob jetzt mehr, weniger oder genauso viele Kinder wie in der zweiten Reihe enthalten sind. Insgesamt kann ein Kind bei diesem Subtest drei Punkte erzielen. In den vier Aufgaben zur Erfassung der Kompetenzebene II können maximal 23 Punkte erreicht werden.

Die Reliabilität auf Skalenebene ist für die Analytestichprobe zum 1. und 2. MZP als noch akzeptabel einzustufen (*Cronbachs*  $\alpha = .67$  bzw.  $.66$ ).

**Phonologische Bewusstheit.** Als eine der drei Komponenten der *phonologischen Informationsverarbeitung* und als zentrale Untersuchungsvariable des zugrunde liegenden Forschungsprojekts sowie der eigenen Fragestellungen wurde die phonologische Bewusstheit detailliert mit etablierten Verfahren und Eigenkonstruktionen, die bereits in mehreren Evaluationsstudien zum Würzburger Trainingsprogramm eingesetzt wurden, erfasst.

Die *phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne* wurde anhand von drei Subtests

aus dem „Bielefelder Screening zur Früherkennung von Lese-Rechtschreibschwierigkeiten“ (BISC; Jansen, Mannhaupt, Marx & Skowronek, 2002) gemessen. Mit dem Subtest *Reimen* wird geprüft, ob das Kind bei Vorgabe von zwei Wörtern (z. B. „Fisch - Tisch“) erkennt, dass sich diese Wörter reimen. Gleichmaßen sind bei diesem Test auch Wortpaare enthalten, die sich nicht reimen. Anschließend soll das Kind im Subtest *Silbensegmentieren* verbal präsentierte Wörter (z. B. „finden“) in Silben zerlegen und für jede Silbe einmal klatschen. Bei der Aufgabe *Laut-zu-Wort* soll das Kind angeben, ob es einen vorg gesprochenen Laut (z. B. „au“) in einem ebenfalls vorg sagten Wort (z. B. „Auto“) hört oder nicht. Diese Aufgabe wurde analog dem Vorgehen früherer Evaluationsstudien (vgl. Weber et al., 2007, S. 68) inhaltlich der phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinne zugeordnet, da die vorgegebenen Laute in den dargebotenen Wörtern auch als Silbe klassifiziert werden können. Bei allen drei Aufgaben werden nach vier Beispielitems jeweils zehn Testitems durchgeführt und für jede korrekte Antwort ein Punkt vergeben. Insgesamt kann somit eine Gesamtpunktzahl von 30 in den Aufgaben zur phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinne erzielt werden.

Die Reliabilität dieser Skala fällt für die Analysestichprobe dieser Arbeit für den 1. und 2. MZP hoch bzw. zufriedenstellend aus (*Cronbachs*  $\alpha = .81$  bzw.  $.76$ ).

Zur Erfassung der *phonologischen Bewusstheit im engeren Sinne* wurde auf etablierte und für das Projekt modifizierte Eigenkonstruktionen zurückgegriffen (vgl. Marx & Weber, 2007). In einer *Anlaut-Wortrest-Aufgabe* soll der Anfangslaut eines Wortes mittels Dehnung erkannt (z. B. „Wwwwww-al“ bei „Wal“) und benannt werden. Danach soll der Anfangslaut weggelassen und der Wortrest genannt werden (hier „al“). Zusätzlich zur Nennung der Wörter werden Bilder mit den entsprechenden Objekten zur visuellen Unterstützung vorgelegt. Die Antwort des Kindes wird getrennt danach bewertet, ob der Anlaut richtig gedehnt und der Wortrest korrekt benannt wurde. Danach folgte eine Aufgabe zur *Phonemsynthese*, wobei ein in Laute zergliedertes Wort (z. B. „Ei-s“) vorgegeben und vom Kind zusammengesetzt ausgesprochen („Eis“) werden soll. Abschließend wurde auch die Fähigkeit zur *Phonemanalyse* erfasst, indem ein Bild mit einem Gegenstand gezeigt wird und das Kind das dargestellte Wort in Einzellaute zerlegen und für jeden Laut ein Plastikplättchen legen soll (z. B. Bild mit Fisch - „F-i-sch“, d. h. drei Plättchen werden gelegt). Hierbei wurde im vorliegenden Projekt auch protokolliert und als richtig gewertet, wenn die orthografisch korrekte Schreibweise als Lautierung wiedergegeben wurde. Bei den beiden Aufgaben der Eigenkonstruktionen können jeweils acht Punkte erzielt werden. Für die erste Aufgabe, die aus zwei Teilen besteht, ergeben sich 16 Gesamtpunkte. Zusammenfassend wurden in den Aufgaben zur phonologischen Bewusstheit im engeren Sinne maximal 32 Punkte vergeben.

Für die Analysestichprobe der vorliegenden Arbeit ist die Reliabilität dieser Skala für beide Messzeitpunkte als hoch einzustufen (*Cronbachs*  $\alpha = .87$  bzw.  $.90$ ).

**Phonetisches Rekodieren im Arbeitsgedächtnis.** Als weitere Komponenten der *phonologischen Informationsverarbeitung* wurde die *Kapazität des verbalen Arbeitsgedächtnisses* erhoben.

Hierfür wurde die Aufgabe *Pseudowörter nachsprechen* aus dem „Bielefelder Screening zur Früherkennung von Lese-Rechtschreibschwierigkeiten“ (BISC; Jansen et al., 2002), bei der vier- bis sechssilbige Pseudowörter (z. B. „Ma-ra-mu-la“) vorgesprochen und vom Kind korrekt nachgesprochen werden sollen, herangezogen. Insgesamt können zehn Punkte erzielt werden.

Die interne Konsistenz dieses Tests ist für die vorliegende Analysestichprobe für den 1. und 2. MZP noch akzeptabel (*Cronbachs*  $\alpha = .62$  bzw.  $.63$ ).

Zudem wurde die *Zahlenspanne vorwärts und rückwärts* mittels Subtests aus dem *Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder* (HAWIK-III; Tewes, Rossmann & Schallberger, 1999) gemessen. Hierbei sollen vorgegebene Zahlenfolgen in exakter oder umgekehrter Reihenfolge wiedergegeben werden. Die Anzahl der verbal präsentierten Zahlen ist ansteigend. Sie beginnt bei zwei und endet bei maximal neun Zahlen in der Variante vorwärts und maximal acht Zahlen in der Variante rückwärts. Es werden jeweils zwei unterschiedliche Zahlenfolgen mit derselben Anzahl vorgegeben und der Test wird abgebrochen, wenn beide Durchgänge falsch beantwortet wurden. Die erzielte Punktezahl richtet sich nach der Itemzahl der zuletzt korrekt wiederholten Zahlenfolge. Werden beide Zahlenfolgen derselben Anzahl richtig wiederholt, wird zusätzlich ein halber Punkt vergeben. Somit können in der Zahlenspanne vorwärts maximal 9.5 Punkte und in der Zahlenspanne rückwärts maximal 8.5 Punkte erreicht werden. Die interne Konsistenz kann aufgrund fehlender Daten der Einzelitems nicht berechnet werden.

Im Hinblick auf die konzeptuelle Einordnung im Arbeitsgedächtnismodell nach Baddeley und Hitch (1974) gilt die Zahlenspanne vorwärts als Maß der phonologischen Schleife und die Zahlenspanne rückwärts als Indikator der Zentralen Exekutive (z. B. Viesel-Nordmeyer et al., 2020).

**Schnelligkeit des Abrufs aus dem Langzeitgedächtnis.** Die dritte Komponente der *phonologischen Informationsverarbeitung* wurde durch eine Aufgabe zum *schnellen Benennen* geprüft (Marx & Weber, 2007). Hierzu werden 20 Objektbilder mit fünf verschiedenen Inhalten präsentiert, die so schnell wie möglich benannt werden sollen. Dabei wird die Zeit in Sekunden gemessen, sowie die Anzahl an Fehlern und Auslassungen dokumentiert. Dieselbe Aufgabe wird anhand von 18 Würfelbildern durchgeführt. Die interne Konsistenz ist für diesen Test nicht ermittelbar, da nur ein Gesamtwert (Reaktionszeit) erfasst wurde.

**Visuelles Arbeitsgedächtnis.** Die Merkfähigkeit visueller Informationen wurde anhand der *Matrizenaufgabe* von Wilson, Scott und Power (1987) ermittelt. Dabei werden den Kindern für 5 Sekunden Matrizen präsentiert, die aus 3x3-Feldern bestehen,

von denen eine bestimmte Anzahl an Feldern schwarz markiert ist. Die Anzahl der markierten Felder beginnt bei zwei und endet bei sechs. Die Aufgaben mit sechs schwarzen Feldern werden nur administriert, wenn ein Kind die vorgegebenen Matrizen mit fünf schwarzen Feldern korrekt gelöst hat. Pro Anzahl schwarzer Felder gibt es eine leichte und eine schwere Variante, die von der Platzierung der Kreuze abhängt (systematisch vs. unsystematisch). Pro Anzahl und Variante werden zwei Items präsentiert. Die Kinder sollen immer im Anschluss auf einer leeren Matrize auf die zuvor geschwärzten Felder zeigen. Pro richtig gelöster Matrize werden Punkte vergeben. Die Anzahl der Punkte hängt dabei von der Menge der schwarz markierten Felder ab. Bei den schweren Matrizen wird zusätzlich ein halber Punkt bei korrekter Antwort vergeben, d. h. es können maximal 85 Punkte erzielt werden.

Die interne Konsistenz dieser Aufgabe ist für beide Messzeitpunkte zufriedenstellend (*Cronbachs*  $\alpha = .74$  bzw.  $.71$ ).

Dieser Subtest gilt gemäß dem Mehrkomponentenmodell von Baddeley und Hitch (1974) als Maß des visuellen Arbeitsgedächtnisses.

**Wortschatz.** Zur Erfassung des passiven Wortschatzes im Deutschen wurde eine deutsche Forschungsversion des *Peabody-Picture-Vocabulary-Test* (PPVT; Roßbach, Tietze & Weinert, 2005) vorgegeben. Der Test besteht aus einem mehrseitigen Bildband. Pro Seite sind vier Bilder, davon ein gesuchtes Bild und drei Distraktoren, dargestellt. Es wird jeweils ein Begriff vorgegeben, der von dem Kind aus den vier gezeigten Bildern ausgewählt werden soll. Die Aufgaben sind in Sets von jeweils zwölf Items gruppiert. Insgesamt umfasst der Test 15 Sets. Für jede richtige Lösung wird ein Punkt vergeben (maximal 175 Punkte). Es handelt sich hierbei um ein adaptives Verfahren, das aus Gründen der Zeitökonomie mittels Einstiegs-, Rücksprung- und Abbruchkriterien an das Sprachniveau des Kindes angepasst ist. Leider birgt dieses recht komplizierte Vorgehen auch eine erhöhte Gefahr für eine fehlerhafte Testdurchführung. Aus diesem Grund wird in den eigenen Analysen der Gesamtwert ab Set 3 berechnet, um die Anzahl an fehlenden Werten wegen falscher Testdurchführung zu reduzieren.

Die interne Konsistenz ist für die Sets 1 bis 5, die von den meisten Kindern gelöst wurden, für den 1. und 2. MZP als zufriedenstellend zu bewerten (*Cronbachs*  $\alpha = .69$  bzw.  $.70$ ).

**Grammatik.** Zudem wurden grammatische Fähigkeiten durch einzelne Subtests aus dem *Test zur Überprüfung des Grammatikverständnisses* (TROG-D; Fox, 2006) gemessen. Es handelt sich hierbei ebenfalls um ein rezeptives Verfahren, bei dem ein Satz mit entsprechender Markierung einer grammatischen Struktur (z. B. „Den Elefanten schiebt das Mädchen.“, bei Zielstruktur *Topikalisierung*) vorgegeben wird und aus jeweils vier Bildern das passende Bild ausgewählt werden soll. Insgesamt wurden neun Zielstrukturen erfasst (*3-Element-Sätze, Präpositionen „in/auf/über/unter“, Perfekt, Plural, Personalpronomen Nominativ, Relativsatz, Personalpronomen Akkusa-*

tiv/Dativ, Topikalisierung). Zu jeder Zielstruktur werden vier Items vorgegeben und jede korrekte Lösung mit einem Punkt bewertet.<sup>22</sup> Insgesamt konnten in diesem Bereich maximal 36 Punkte erzielt werden.

Für beide Messzeitpunkte ist die interne Konsistenz dieses Tests für die eigene Analysestichprobe als hoch einzustufen (*Cronbachs*  $\alpha = .84$  bzw.  $.82$ ).

### 8.4.2 Untersuchungsverfahren im ersten Schuljahr

Die Überprüfung der Lernausgangslage zu Beginn des ersten Schuljahres (3. MZP) erfolgte in Form von Gruppen- und Einzeltestungen in den Räumlichkeiten der Schulen. Für die Testung war grundsätzlich ein Schulvormittag vorgesehen. Die Untersuchungen am Schuljahresende (4. MZP) wurden ebenfalls als Gruppen- und Einzeltestungen, die auf zwei Termine aufgeteilt waren, in den jeweiligen Klassenräumen durchgeführt.

**Lernausgangslage im Bereich Mathematik.** Kurz nach Schuleintritt (3. MZP) und am Ende der ersten Klasse (4. MZP) wurden mit einem Verfahren namens *Fähigkeitsindikatoren Primarschule. Ein computerbasiertes Diagnoseinstrument zur Erfassung der Lernausgangslage und der Lernentwicklung von Schulanfängern* (FIPS; Bäuerlein et al., 2012) die mathematischen Kompetenzen ermittelt. Dabei handelt es sich um ein adaptives und zeitökonomisches Untersuchungsinstrument. Aufgabe der Testleitung ist es, das Programm zu starten und die Antworten des Kindes im Programm zu registrieren. Die Skala *Mathematik* umfasst vier Aufgabentypen. Dabei sind innerhalb eines Aufgabentyps die Items nach steigender Schwierigkeit sortiert. Zunächst werden beim Subtest *Rechnen mit Bildern* leichte Additions- und Subtraktionsaufgaben mit visueller Unterstützung (in Form der entsprechenden Anzahl dargestellter Gegenstände) dargeboten. Die Instruktion wird auditiv vom Programm vorgegeben. Insgesamt können bei diesem Subtest acht Punkte erzielt werden. Anschließend sollen die Kinder *Zahlen lesen*, wobei ein- bis dreistellige Ziffern visuell dargeboten werden (maximale Punktzahl 21). Beim Subtest *Rechnen mit Punkten* werden Additions- und Subtraktionsaufgaben anhand von Würfelbildern und auditiver Vorgabe der Aufgaben dargeboten, sofern ausreichend viele Aufgaben im ersten Subtest gelöst wurden (adaptives Vorgehen). Es können erneut maximal acht Punkte erreicht werden. Abschließend werden vom Programm *gemischte Matheaufgaben* gezeigt, sofern in den vorangegangenen Aufgaben weniger als drei bzw. fünf Items nacheinander falsch gelöst wurden. Es werden hierbei schwierigere Rechenaufgaben mit unterschiedlichen Inhalten (z. B. Fortsetzen von Zahlenreihen, Flächenidentifikation) und formalen Rechenzeichen präsentiert. Bei dieser Aufgabe werden maximal 16 Punkte vergeben. Zusammenfassend sind im Bereich Mathematik im FIPS-Programm 53 Punkte erreichbar.

---

<sup>22</sup>Das Testmanual sieht für die quantitative Auswertung vor, dass ein Punkt vergeben wird, sofern alle vier Sätze einer Zielstruktur korrekt gelöst wurden (Fox, 2006, S. 13).



Für die Skala *Mathematik* konnte auf Basis der Eichstichprobe eine gute Reliabilität (EAP/PV Reliabilität .86) ermittelt werden. Für die vorliegende Analysestichprobe ist eine Berechnung der internen Konsistenz aufgrund fehlender Daten auf Itemebene nicht realisierbar.

Aufgrund von Deckeneffekten in der Aufgabe „Rechnen mit Bildern“ wurden zum Schuljahresende (4. MZP) nur die drei anderen Subtests vorgegeben. In den nachfolgenden Analysen wurden für den 4. MZP die Summenwerte aus diesen drei Aufgaben herangezogen, die sich auch bei regulärer, computerbasierter Testung nach dem im Programm vorgesehenen Auswertungsalgorithmus ergeben hätten. Die maximal erreichbare Punktezahl reduzierte sich damit auf 36 Punkte. Um die FIPS-Summenwerte zwischen Schuljahresanfang und -ende direkt vergleichen und Entwicklungsverläufe betrachten zu können, wurde für den 3. MZP zusätzlich ein Summenwert ohne den Subtest „Rechnen mit Bildern“ ermittelt.

**Schulische Mathematikleistung.** Am Ende des ersten Schuljahres (4. MZP) wurden mathematische Kompetenzen zudem mit dem *Deutschen Mathematiktest für erste Klassen* (DEMAT 1+; Krajewski et al., 2002), einem lehrplanvaliden Gruppentest, überprüft. Hierfür erhielten die Schulkinder ein Testheft mit Aufgaben, das sie mit entsprechenden Instruktionen der Testleitung schrittweise unter Zeitvorgaben bearbeiteten. Der Test umfasst im Original neun Subtests, von denen aus zeitlichen Gründen fünf Aufgaben (*Zahlenraum, Addition und Subtraktion, Teil-Ganzes, Ungleichungen, Sachaufgaben*) ausgewählt wurden. Hierdurch war eine Durchführung in ungefähr einer halben Stunde möglich, da für jede Teilaufgabe Lösungszeiten von zwei bis drei Minuten benötigt werden. In der Aufgabe *Zahlenraum* wird die Orientierung des Kindes in Bezug auf den Zahlenstrahl geprüft. Das Kind soll die zugehörigen Ziffern in zwei Kästchen notieren, die durch Pfeile auf einem Zahlenstrahl bis 20 angedeutet sind (hier: 4 und 17). Dieser horizontale Zahlenstrahl ist mit den Ziffern 0, 5, 10 und 20 sowie Teilstrichen für die nicht bezifferten Einer versehen. Anschließend sollen vorgegebene Ziffern (hier: 6, 13, 20) auf vertikalen Zahlenstrahlen (davon zwei Zahlenstrahle bis 20 und ein Zahlenstrahl bis 100) richtig zugeordnet werden. Bei dieser Aufgabe können fünf Punkte erreicht werden. Im Subtest *Addition und Subtraktion* sind gemischte Aufgaben im Zahlenraum bis 20 enthalten (z. B. „ $18 - 12 = ?$ “). Die Auswertung erfolgt getrennt nach Aufgabentyp. Es werden für richtig gelöste Additions- bzw. Subtraktionsaufgaben jeweils vier Punkte vergeben. Mit dem anschließenden Subtest wird das *Teil-Ganzes*-Verständnis geprüft, indem Platzhalteraufgaben (Addition und Subtraktion) im Testheft vorgegeben sind (z. B. „ $9 - 3 = ? + 2$ “). Es können vier Punkte erreicht werden. Die Aufgaben zu *Ungleichungen* messen das Verständnis von Relationszeichen ( $>$ ,  $<$ ,  $=$ ), die nach Instruktion und Erläuterung durch die Testleitung in der vorgegebenen Zeit in die Gleichungen einzusetzen sind (z. B. „ $16 ? 8 + 7$ “). Bei diesem Subtest sind vier Punkte erreichbar. Abschließend wurden *Sachaufgaben* verbal präsentiert (z. B. „Klaus und Andy haben ZUSAMMEN 9 Spielzeugautos. Klaus

hat 6 Autos. Wie viele Autos hat ANDY?“), deren Lösung in ein dafür vorgesehenes Bild (hier: Auto) eingetragen werden soll. Bei diesem Subtest kommen vier Aufgabentypen (Austausch-, Kombinations-, Vergleichs- und Angleichaufgaben) vor und es werden maximal vier Punkte vergeben.

Für den Gesamttest konnte eine hohe Reliabilität nachgewiesen werden (*Cronbachs*  $\alpha = .89$ ) (Krajewski et al., 2002, S. 7).

In Bezug auf das „Triple-Code“-Modell (s. Abschnitt 2.3.3) von Dehaene (1992) wird mit den Subtests *Zahlenraum* und *Ungleichungen* vor allem das analoge Modul geprüft. Der Subtest *Sachaufgaben* bezieht sich vorwiegend auf den auditiv-verbale Code und die übrigen eingesetzten Aufgaben erfordern primär die visuell-arabische Repräsentationsform (Krajewski et al., 2002, S. 11f.). Der Test liegt in zwei pseudo-parallelisierten Formen (A und B) vor, bei denen die Reihenfolge der Aufgaben vertauscht sind. So wurde bei der Testdurchführung sichergestellt, dass Kinder nicht so leicht voneinander abschreiben bzw. das Abschauen erschwert wurde.

### 8.4.3 Elternfragebogen

Zur Erfassung biografischer Angaben und Merkmale des kulturellen, sozialen und sozioökonomischen Status wurde nach Projektbeginn ein Fragebogen an die Eltern der teilnehmenden Kinder ausgehändigt. Um eine möglichst hohe Rücklaufquote zu gewährleisten, wurde dieser Fragebogen ins Russische und Türkische übersetzt, da diese nach Deutsch die häufigsten Erstsprachen der teilnehmenden Kinder waren. Der Fragebogen umfasste Items zum sprachlichen und familiären Hintergrund.<sup>23</sup>

Zunächst wurden **allgemeine Fragen zum Kind und zur Familie** gestellt. Hierzu zählte das Geburtsdatum, das Geschlecht, die Dauer des Kindergartenbesuchs, der geplante Einschulungszeitpunkt, Geburtsland und Erstsprache von Kind und Eltern (getrennt erfasst für Mutter und Vater) sowie die Familiensprache.

Zudem wurde der **schulische und berufliche Hintergrund der Eltern** erfasst, indem Beruf, berufliche Stellung und Schulabschluss erfragt wurden.

Abschließend wurden Fragen gestellt, um **Angaben zur allgemeinen Entwicklung des Kindes** zu erhalten. Hierzu zählten körperliche Beeinträchtigungen des Kindes (z. B. Hörschädigung) und psychische Beeinträchtigungen in der Familienanamnese (d. h. Legasthenie und Dyskalkulie) bzw. beim Kind (z. B. Aufmerksamkeits- und Hyperaktivitätsstörung).

Basierend auf den Angaben der Eltern wurden der Migrationshintergrund und der sozioökonomische Status nach folgenden Kriterien definiert:

---

<sup>23</sup>Auf Items zur Erfassung der häuslichen Förderumgebung in Bezug auf Sprache und Literacy, die schwerpunktmäßig im zweiten Elternfragebogen erfasst wurden, wird an dieser Stelle aus Gründen der Relevanz für die eigenen Untersuchungsfragen nicht eingegangen.

Der **Migrationshintergrund** wurde für die vorliegende Arbeit anhand des Geburtslandes der Eltern bestimmt. Dieses Vorgehen wurde in Übereinstimmung zur Operationalisierung in den internationalen Vergleichsstudien (s. Kap. 1) gewählt.

Somit wurde folgende Einteilung getroffen und bei einem Kind liegt...

- *kein Migrationshintergrund* vor, wenn beide Elternteile in Deutschland geboren sind.
- ein *partieller Migrationshintergrund* vor, wenn nur ein Elternteil in Deutschland geboren ist.
- ein *vollständiger Migrationshintergrund* vor, wenn beide Elternteile im Ausland, d. h. nicht in Deutschland, geboren sind.

Als Indikator des **sozioökonomischen Status** wurde der aktuell ausgeübte Beruf beider Eltern herangezogen, der als Maß für die materielle und soziale Lage der Familie dient (vgl. Reiss et al., 2016). Die angegebenen Berufe wurden anhand der *Internationalen Standardklassifikation der Berufe 1988* (International Standard Classification of Occupations, d. h. ISCO-88) codiert und aus den resultierenden Werten der *ISEI* (International Socio-Economic Index of Occupational Status) recodiert, der auf internationalen Vergleichswerten zu Beruf, Bildungsstand und Einkommen beruht (vgl. Ganzeboom, De Graaf & Treiman, 1992). Der ISEI kann Werte von 16 (entspricht z. B. einer Reinigungskraft) bis 90 (entspricht z. B. dem Beruf einer Richterin/eines Richters) annehmen. Grundsätzlich gilt: Je höher der Wert ausfällt, desto höher sind Status und Prestige des Berufs. In der vorliegenden Studie wurde der höhere *ISEI* von beiden Elternteilen (*Highest ISEI*) als sozioökonomische Variable (*HISEI*) ermittelt.

#### 8.4.4 Interview mit Erzieherinnen und Erziehern

Um Informationen zu erhalten, welche bereichsspezifischen Fördermaßnahmen im Vorschuljahr, insbesondere für Kinder mit Migrationshintergrund, angeboten wurden, erfolgte eine persönliche Befragung des pädagogischen Personals der teilnehmenden Kindergärten durch universitäre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Zur einheitlichen Gestaltung wurde ein halbstandardisiertes Interview entwickelt. Für die Förderung im Bereich Mathematik, die in der vorliegenden Arbeit primär untersucht wird, wurde zu Beginn des Interviews konkret erfragt, ob eine gezielte, bereichsspezifische Förderung für die Vorschulkinder erfolgte bzw. noch geplant war und ob ein konkretes Trainingsprogramm hierfür verwendet wurde bzw. wird. Wurde diese Frage bejaht, folgten Fragen zu Zeitpunkt, Frequenz und Umfang der Förderung sowie zur Zielgruppe. Da die Erzieherinnen und Erzieher diese Fragen überwiegend retrospektiv beantworteten, sind die Angaben eher als grobe Einschätzung zu bewerten und in ihrer Genauigkeit nicht mit einer detaillierten Protokollierung der Trainingsdurchführung gleichzuset-

zen. Explizit wurde auch die Frage nach einer speziellen mathematischen Förderung von Kindern mit Migrationshintergrund gestellt, die durchgängig verneint wurde.

Sofern eingangs die Frage nach der Durchführung eines mathematischen Trainingsprogramms verneint wurde, wurden zur Kontrolle und zur Vermeidung von begrifflichen Missverständnissen die konkrete Förderung mathematischer Kompetenzen geprüft. Hierzu wurden folgende Inhaltsbereiche benannt und nach Umsetzungsbeispielen (in Form von Übungen bzw. Spielen) gefragt: Zählen, Lesen und Schreiben einfacher Zahlen (d. h. Ziffernkenntnisse), Vergleichen von Mengen und Zahlen, Sortieren von Mengen und Zahlen nach ihrer Größe, Zuordnen von Mengen und Zahlen, einfaches Rechnen mit Mengen und Zahlen.

Zum Bereich *Zählen* wurde standortübergreifend als eine der häufigsten Antworten gegeben, dass die Kinder einer Gruppe zur Übung abgezählt wurden oder beim Tischdecken die Anzahl von Gegenständen bestimmt wurde. Mehrfach wurde auch angegeben, dass numerische Aspekte bei der Nennung des Datums im Morgenkreis durch Anschauungsmaterial hervorgehoben wurden. Diese Beispiele veranschaulichten, dass es sich hier um alltagsintegrierte Förderung handelte und nicht um inhaltliche Bestandteile eines additiven Förderprogramms.

Hauptziel der Befragung zur mathematischen Förderung bestand letztlich darin, diejenigen Kinder zu identifizieren, die eine gezielte mathematische Vorschulförderung erhielten, um im Nachhinein spezifische Trainingseffekte prüfen zu können. Aufgrund der bildungspolitischen Vorgaben und Pläne für den Elementarbereich (z. B. Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie und Frauen, 2016; Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft, 2014) ist davon auszugehen, dass unabhängig von einer Programmdurchführung eine bereichsspezifische Förderung – wenn auch nur auf spielerische Weise – erfolgt und diesbezüglich aufgrund der fehlenden Systematik kaum Unterschiede messbar sind.

## 8.5 Datenaufbereitung und Umgang mit fehlenden Werten

Nach Durchführung der zuvor genannten Testeinheiten wurden die notierten Einzel- und Summenwerte manuell überprüft und in einer Datenmatrix mit der Statistiksoftware SPSS erfasst. Die Gesamtdatei wurde abschließend im Hinblick auf Eingabefehler, d. h. fehlerhafte Summenberechnung und invalide Werte, korrigiert. Trotz sorgfältiger und umfassender Schulung der universitären Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter traten Fehler in der Testdurchführung sowie der Protokollierung auf. Fehlende Werte wurden bei der Dateneingabe entsprechend gekennzeichnet.

Beispielsweise wurden die vorgegebenen Abbruchkriterien nicht vorschriftsgemäß eingehalten. Dies betraf insbesondere den Wortschatztest (PPVT), für den sich ein Fehleranteil von 5.8% aufgrund von fehlerhafter Testdurchführung in der ausgelesenen Gesamtstichprobe ermitteln lässt. Unabhängig von der Testdurchführung war

zum Zeitpunkt des Schuleintritts ein erheblicher Ausfall in der Gesamtstichprobe zu verzeichnen, der vorwiegend auf die Rückstellung von Kindern von der Einschulung zurückzuführen war. Für die einzelnen Testvariablen zum 1. und 2. MZP sind – mit Ausnahme des Wortschatztests – Ausfallraten bis maximal 1.9 % festzustellen. In den Aufgaben zur Erfassung der mathematischen Vorläuferkompetenzen (MBK 0) liegen aufgrund der zuvor beschriebenen Vorselektion (s. Abschnitt 8.3) keine fehlenden Werte vor. Der Anteil fehlender Werte in den schulischen Leistungsmaßen beträgt 19.3 % bis 25.4 %. Im Hinblick auf Informationen zu familiären und sozialen Merkmalen wurde bei 19.3 % der teilnehmenden Kinder der Elternfragebogen nicht zurückgesandt. Bezogen auf alle vier Messzeitpunkte liegen für den gesamten Untersuchungszeitraum insgesamt  $N = 271$  komplette Datensätze vor. Dies entspricht einem Anteil von 52.2 % der ursprünglichen Gesamtstichprobe. Für das Vorschuljahr separat betrachtet sind es  $N = 357$  vollständige Datensätze (68.8 % der Gesamtstichprobe).

Im Umgang mit fehlenden Werten wird als Methode der Wahl die multiple Imputation von Daten empfohlen (Lüdtke, Robitzsch, Trautwein & Köller, 2007). Es handelt sich hierbei um ein relativ zeitaufwendiges Verfahren. Im Gegensatz dazu ist der fallweise Ausschluss von Daten ein einfaches und zeitökonomisches Prozedere, das bei einer Ausfallquote von bis zu 5 % zu geringen Verzerrungen der Parameterschätzungen führen soll (Graham, Cumsille & Elek-Fisk, 2003). Bedingung hierfür ist jedoch, dass ein vollständig zufälliger Datenausfall (sog. MCAR = Missing Completely At Random) vorliegt, d. h. dass das Auftreten von fehlenden Werten in einer Variablen nicht von der Ausprägung auf anderen beobachteten Variablen innerhalb des Datensatzes abhängt (Lüdtke et al., 2007, S. 105). Diese Annahme lässt sich anhand des *Little's MCAR*-Test zurückweisen, der bezogen auf das Vorschuljahr ( $\chi^2(448) = 594.31$ ;  $p < .001$ ) als auch auf den gesamten Untersuchungszeitraum hoch signifikant ausfällt ( $\chi^2(1291) = 1785.11$ ;  $p < .001$ ).

Im Falle der Rückstellung von Kindern ist ein nicht rein zufälliges Auftreten fehlender Werte (sog. MNAR = Missing Not At Random) anzunehmen, da zurückgestellte Kinder allgemein niedrigere Leistungen im Vorschulalter aufweisen als die eingeschul-ten Gleichaltrigen.

Ein vermuteter Zusammenhang zwischen Migrationshintergrund und Zurückstellung von der Einschulung konnte anhand des  $\chi^2$ -Unabhängigkeitstests nicht bestätigt werden ( $\chi^2(2; 75 \%) = .75$ ;  $p > .25$ ).

Für die statistische Analyse der eigenen Fragestellungen wird im Umgang mit fehlenden Werten der listenweise Fallausschluss angewandt, d. h. es werden nur vollständige Datensätze in den jeweiligen Berechnungen berücksichtigt.

## 8.6 Statistisches Vorgehen

Im nachfolgenden Abschnitt wird das statistische Vorgehen erläutert und begründet. Zur besseren Übersicht werden die angewandten, statistischen Verfahren in der Reihenfolge der eingangs formulierten Fragestellungen und Hypothesen beschrieben.

Das  $\alpha$ -Niveau für die Hypothesentests wurde a priori – sofern nicht anders angegeben – auf 5 % festgelegt. Bei simultanen Paarvergleichen wurde die spezifische Irrtumswahrscheinlichkeit nach einer zuvor genannten Methode adjustiert, um bei den jeweiligen Hypothesentests die Wahrscheinlichkeit, die Nullhypothese fälschlicherweise abzulehnen, nicht unnötig zu erhöhen.

Für die statistischen Analysen kamen das Statistikprogramm SPSS 15.0 für Windows sowie Microsoft Excel 2010 zum Einsatz.

### 8.6.1 Mathematische Kompetenzen und Migrationshintergrund

Zur Überprüfung der Fragestellung zu migrationspezifischen Unterschieden in den mathematischen Kompetenzen sollen zunächst Leistungsunterschiede in den mathematischen Kompetenzen separat für alle vier Messzeitpunkte analysiert werden (**Hypothese 1.1.1**). Der „Migrationshintergrund“ dient hierbei als Gruppenfaktor, der als dichotome, unabhängige Variable spezifiziert wird (d. h. mit oder ohne Migrationshintergrund). Die abhängigen Variablen (mathematische Leistungen) sind durchgängig intervallskaliert. Aufgrund der relativ hohen Zusammenhänge der abhängigen Variablen ( $r > .70$ ), die auf das Vorliegen von Multikollinearität hinweisen, sowie den verschiedenen Messzeitpunkten werden univariate Varianzanalysen (ANOVAs) zur Prüfung der Unterschiedshypothesen (Bortz, 2005, S. 247)<sup>24</sup> anstelle von multivariaten Varianzanalysen (MANOVAs) berechnet. Die Werte der vorschulischen mathematischen Kompetenzen werden aus Gründen der Fragestellung getrennt nach Kompetenzebene (I und II) in die Analysen einbezogen. Um hierbei das Problem der  $\alpha$ -Fehler-Inflation (Fehler 1. Art) beim simultanen Testen zu berücksichtigen, wird das  $\alpha$ -Niveau nach Bonferroni-Holm adjustiert (Bortz & Schuster, 2010, S. 231). Da die Hypothesen gerichtet formuliert sind, kann der von SPSS berechnete p-Wert zur einseitigen Prüfung halbiert werden (Bortz & Schuster, 2010, S. 107).

Als Voraussetzungen für die Berechnung von ANOVAs gelten normalverteilte Fehlerkomponenten, homogene Fehlervarianzen in der Grundgesamtheit sowie unabhängige Fehlerkomponenten. Die letztgenannte Voraussetzung gilt in der vorliegenden Studie als nicht erfüllt, da es sich um ein quasiexperimentelles Versuchsdesign handelt und die Zuordnung zu den einzelnen Untersuchungsgruppen nicht zufällig erfolgte. Die Überprüfung der Normalverteilungsannahme der Teilstichproben soll durch de-

---

<sup>24</sup>Die Berechnung von  $t$ -Tests für unabhängige Stichproben wäre zur Hypothesenprüfung ebenso geeignet gewesen (Bortz & Schuster, 2010, S. 120ff.). Für ein einheitliches, inferenzstatistisches Prozedere wurde die Methode der Varianzanalyse vorgezogen.

skriptive Betrachtung der Häufigkeitsverteilungen sowie Berechnung des *Kolmogorov-Smirnov*-Tests mit Lillifors-Korrektur erfolgen. Diese Korrektur soll zu einer konservativen Entscheidung und damit zu robusteren Testergebnissen bei unbekanntem Populationsmittelwert und -standardabweichungen führen (Eid, Gollwitzer & Schmitt, 2011, S. 297f.). Da hier die Nullhypothese (also Normalverteilung der Merkmale) interessant ist, ist eine Absicherung gegenüber dem Fehler, die Nullhypothese fälschlicherweise anzunehmen ( $\beta$ -Fehler), notwendig (Bortz, 2005, S. 165). Das Signifikanzniveau wird folglich auf 20 % festgelegt. Bei der Berechnung von Varianzanalysen wird bei entsprechender Auswahl der Option von SPSS automatisch der *Kolmogorov-Smirnov*-Test durchgeführt. Dabei werden  $p$ -Werte  $> .20$  nicht exakt, sondern nur mit dem Wert  $.20$  im Ausgabedokument angegeben und im Ergebnisteil der vorliegenden Arbeit berichtet. Zur Prüfung der Varianzhomogenität wird der *Levené*-Test herangezogen, der einen Wert von  $p > .05$  aufweisen muss, damit die Voraussetzung als erfüllt angesehen werden kann. Laut Bortz (2005, S. 287) ist die Verletzung dieser Voraussetzungen bei gleich großen Stichproben robust. Bei ungleich großen und kleinen Stichproben ( $n < 10$ ) wird anstatt einer einfaktoriellen Varianzanalyse ein verteilungsfreies Verfahren, z. B. der *Welch*-Test, empfohlen. Hierbei werden die Freiheitsgrade entsprechend der Stichprobengröße und Varianz korrigiert.

Um die praktische Bedeutsamkeit signifikanter Gruppenunterschiede einzuschätzen, werden zusätzlich Effektgrößen bestimmt (Bortz & Döring, 2006, S. 607ff.). Für die Interpretation der Effektgrößen ( $\delta$ ), empfiehlt Cohen (1988)  $\delta \geq 0.20$  als kleinen Effekt,  $\delta \geq 0.50$  als mittleren Effekt und  $\delta \geq 0.80$  als großen Effekt zu bewerten (Eid et al., 2011, S. 312). Bei Varianzanalysen wird von SPSS lediglich das partielle  $\eta^2$  als Maß der Effektgröße berechnet. Es stellt den Anteil erklärter Varianz dar und wird inhaltlich wie folgt interpretiert:  $\eta_p^2 \geq 0.01$  entspricht einem kleinen Effekt,  $\eta_p^2 \geq 0.06$  einem mittleren Effekt und  $\eta_p^2 \geq 0.14$  einem großen Effekt (Eid et al., 2011, S. 392).

Da ein bestimmter Anteil der Kinder im Vorschuljahr im Bereich der phonologischen Bewusstheit und der mathematischen Kompetenzen gezielt gefördert wurde und diesbezügliche Effekte auf die mathematischen Kompetenzen angenommen werden, sollte zur Überprüfung des ersten Hypothesenkomplexes eigentlich nur die Kontrollgruppe herangezogen werden. Da diese jedoch bei zusätzlicher Unterteilung nach Migrationsstatus und Berücksichtigung fehlender Werte für einige Variablen sehr klein ausfällt ( $n_i < 25$ ), wird die HLL-Trainingsgruppe als Analysestichprobe verwendet. Hierbei ist aufgrund des Studiendesigns des Forschungsprojekts zumindest sichergestellt, dass eine Vergleichbarkeit im Hinblick auf die vorschulische Förderung besteht, die im Projektverlauf anhand von detaillierten Trainingsprotokollen sowie regelmäßigen Supervisionen kontrolliert wurde.

Darüber hinaus werden in einem weiteren Schritt (**Hypothese 1.2**) diejenigen, nicht mathematischen Variablen und Hintergrundvariablen als Kovariaten in die Analysen einbezogen, die im theoretischen Teil als wichtige Einflussfaktoren beschrieben wurden. Durch dieses Prozedere soll der Einfluss dieser Variablen auf die mathematischen

Kompetenzen kontrolliert und ihr Beitrag zur Erklärung von Gruppenunterschieden betrachtet werden. Ausgenommen hiervon sind die sprachlichen Kompetenzen, deren Analyse im Rahmen der Prüfung der **Hypothese 1.3** separat erfolgt.

Die Überprüfung der **Hypothese 1.1.2**, ob bei Kindern mit und ohne Migrationshintergrund auch bei Berücksichtigung von allgemein-kognitiven Ausgangswerten und Hintergrundvariablen Unterschiede in den mathematischen Kompetenzen vorliegen, erfolgt kovarianzanalytisch. Aufgrund der hohen Retestreliabilität (s. Tab. 3) der genannten Kontrollvariablen ist es inhaltlich gerechtfertigt, lediglich die Ausgangswerte zu berücksichtigen. Die Kovarianzanalyse (ANCOVA) kombiniert die Verfahren der Regressions- und der Varianzanalyse. Mittels Einbezug von Kovariaten wird hierbei der Einfluss einer metrisch skalierten Variable auf die unabhängige Variable „neutralisiert“ und gleichzeitig deren Bedeutsamkeit ermittelt (Bortz & Schuster, 2010, S. 305ff.). Voraussetzungen für eine ANCOVA entsprechen zunächst denen einer ANOVA (Bortz & Schuster, 2010, S. 311f.). Die Regressionen innerhalb einer Stichprobe sollten zudem homogen bzw. sich maximal um einen Wert von 0.4 unterscheiden und die Residuen ( $y$ -Werte) sollten normalverteilt sein. Bei gleich großen Teilstichproben ist das Verfahren bei Verletzung der Voraussetzungen robust. Zudem sollten die Kovariaten metrisch skaliert und eine signifikante Korrelation zur abhängigen Variable aufweisen, damit die Fehlervarianz effektiv reduziert wird. Gerade bei quasiexperimentellen Studiendesigns kann jedoch der Einbezug von Kovariaten, die substantiell mit den Gruppenmittelwerten der abhängigen Variable zusammenhängen, die in einer ANOVA ohne Kovariaten gefundenen Effekte reduzieren (Bortz & Schuster, 2010, S. 312). Folglich sollte kein signifikanter Unterschied der Kovariaten für die einzelnen Faktorstufen der unabhängigen Variable bestehen. Andernfalls wird empfohlen, die Berechnungen ohne die entsprechenden Kovariaten durchzuführen (Bortz & Schuster, 2010, S. 312). Aufgrund des Studiendesigns der vorliegenden Arbeit wird letztere Empfehlung bei der Interpretation der Ergebnisse streng berücksichtigt und im Vorfeld der Hypothesentestung durch univariate Varianzanalysen mit dem Migrationshintergrund als unabhängige Variable und der jeweiligen Kovariate als abhängige Variable geprüft.

Es werden nicht alle interessierenden Kovariaten gleichzeitig in das Analysemodell aufgenommen, sondern es erfolgt eine getrennte Berechnung für allgemein-kognitive Fähigkeiten und Hintergrundvariablen. Auch für diese Fragestellung erfolgt eine  $\alpha$ -Fehlerkorrektur nach Bonferroni-Holm.

Zur Prüfung der **Hypothese 1.2** sollen die erfassten sprachlichen Kompetenzen (Wortschatz und Grammatik) als intervallskalierte Kovariaten berücksichtigt werden. Darüber hinaus werden keine weiteren Variablen in den Analysen berücksichtigt, damit noch ausreichend Fehlervarianz zur Hypothesenprüfung vor dem Hintergrund der relativ hohen Interkorrelation der Kontrollvariablen (vgl. Tab. 11 und 12) übrig bleibt. Der Gruppierungsfaktor bleibt derselbe, ebenso die abhängigen Variablen zur Erfassung mathematischer Kompetenzen. Die Unterschiede und Effektgrößen der einzelnen



abhängigen Variablen werden zudem varianzanalytisch geprüft. Es werden ANCOVAs berechnet, um zu ermitteln, zu welchem Messzeitpunkt und in welcher mathematischen Variable ein Gruppenunterschied vorliegt.

Um abschließend auch den Einfluss der phonologischen Bewusstheit auf die mathematischen Kompetenzen zu analysieren (**Hypothese 1.3**), werden für jeden Messzeitpunkt einfaktorielle, univariate Kovarianzanalysen mit dem Migrationshintergrund als Gruppierungsfaktor berechnet. Zusätzlich werden als Kovariaten die Summenwerte der phonologischen Bewusstheit im weiteren und engeren Sinne zum 1. MZP berücksichtigt.

Zur Überprüfung der Forschungsfrage, ob sich Kinder mit und ohne Migrationshintergrund in ihrer mathematischen Kompetenzentwicklung unterscheiden (**Hypothese 1.4**), werden zweifaktorielle Varianzanalysen mit Messwiederholung (MWH) mit dem Zwischensubjektfaktor „Migrationshintergrund“ (mit bzw. ohne Migrationshintergrund) und dem Innersubjektfaktor „Zeitpunkt“ (Beginn bzw. Ende des Vorschuljahres/ersten Schuljahres) berechnet. Für den Vorschulzeitraum soll eine getrennte Analyse hinsichtlich der abhängigen Variablen (Kompetenzebene I und II des ZGV-Modells) erfolgen. Analog wird die mathematische Kompetenzentwicklung in der ersten Klasse anhand der wiederholt durchgeführten Aufgaben des FIPS-Programms (Bäuerlein et al., 2012) analysiert. Relevant ist hierbei das Ergebnis des Interaktionseffektes, der zur Annahme der Hypothese 1.4 nicht signifikant ausfallen darf. Die Haupteffekte müssen dagegen signifikant sein, da eine Leistungszunahme im Zeitverlauf (Haupteffekt „Zeit“) sowie ein durchgängiger Gruppenunterschied angenommen werden.

Als Voraussetzung für die Durchführung von Varianzanalysen mit MWH gilt, zusätzlich zu den Voraussetzungen für ANOVAs, dass die Varianzen der einzelnen Faktorstufen und die Korrelationen zwischen den Faktorstufen homogen sein sollen (sog. „Sphärizitäts- oder Zirkularitätsannahme“). Eine Verletzung dieser Voraussetzung würde eine progressive Entscheidung, also Begünstigung der Annahme der Forschungshypothese, nach sich ziehen (Bortz, 2005, S. 354). Der Test auf Sphärizität gibt Aufschluss darüber, ob die Voraussetzung gegeben ist und sollte nicht signifikant sein (d. h.  $p > .05$ ). Bei nicht vorhandener Sphärizität werden die korrigierten Werte nach Greenhouse-Geisser in der Ergebnisdarstellung berichtet.

### 8.6.2 Bedeutung der phonologischen Bewusstheit für die mathematische Kompetenzentwicklung

Um die Bedeutung der phonologischen Bewusstheit für die mathematische Kompetenzentwicklung zu untersuchen, werden hierarchische, multiple lineare Regressionsanalysen durchgeführt. Mit diesem multivariaten Verfahren lässt sich der Einfluss mehrerer, sowohl metrischer, als auch dummy-codierter Variablen (Prädiktoren) auf eine abhängige Variable (Kriterium) prüfen, sowie deren Ausprägung zu einem späteren

Zeitpunkt vorhersagen. In den Analysen sollen auch die o. g. Kontrollvariablen berücksichtigt werden, um die zusätzliche Varianzaufklärung der phonologischen Bewusstheit als Prädiktor prüfen zu können (Urban & Mayerl, 2018).

Es sind einige Voraussetzungen zu beachten und im Vorfeld zu prüfen, damit bei der Durchführung einer Regressionsanalyse zuverlässige Ergebnisse ermittelt werden können. Eine Prämisse bezieht sich auf die Stichprobengröße, die von der Anzahl der einbezogenen unabhängigen Variablen abhängt. Bei  $k > 8$  Prädiktoren empfiehlt Stoetzer (2017) einen Stichprobenumfang von mindestens  $n = 10(k+1)$ . Aufgrund der vergleichsweise geringen Stichprobenumfänge ( $n < 100$ ) der vorliegenden Arbeit sind die Ergebnisse eher als explorativ zu bezeichnen (vgl. Urban & Mayerl, 2018, S. 15f.). Zudem wird Homoskedastizität der Residuen angenommen, d. h. Streuungsgleichheit (Urban & Mayerl, 2018, S. 252f.). Die Prüfung dieser Modellannahme erfolgt grafisch mittels Streudiagrammen der standardisierten Residuen (X-Achse) und der standardisierten vorhergesagten Werte der abhängigen Variable (Y-Achse) (Stoetzer, 2017, S. 141). Zudem wird der Glejser-Test eingesetzt, um regressionsanalytisch zu prüfen, ob ein signifikanter Einfluss der Prädiktoren auf die absoluten standardisierten Residuen vorliegt (Urban & Mayerl, 2018, S. 266f.). Die Residuen sollten normalverteilt und unabhängig sein. Folglich sollte keine Autokorrelation bestehen, welche mit dem Durbin-Watson-Test geprüft wird. Der von SPSS ermittelte Koeffizient  $d$  sollte einen Wert zwischen 1 und 3 annehmen (Urban & Mayerl, 2018, S. 290f.). Das Vorliegen von normalverteilten Residuen erfolgt per visueller Inspektion der Histogramme im Vergleich zur Normalverteilungskurve sowie durch die Berechnung des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests (Prüfgröße  $Z$ ). Für den KS-Test wird bei einem  $\alpha$ -Niveau von  $> .20$  die Nullhypothese, die normalverteilte Daten postuliert, angenommen. Eine Verletzung dieser Annahme hätte bei der vorliegenden Stichprobengröße keine relevante Auswirkung auf die Parameterschätzungen der Koeffizienten (Stoetzer, 2017, S. 155). Darüber hinaus wird angenommen, dass keine Multikollinearität der Prädiktoren vorliegt, die ihrerseits nicht von Messfehlern behaftet sind (Urban & Mayerl, 2018, S. 231f.). Zur Prüfung dieser Modellannahme werden die von SPSS berechnete „Toleranz“ ( $= 1 - R^2$ ) und der „Varianz-Inflations-Faktor“ (VIF) betrachtet. Als Empfehlung sollte die Toleranz einen Wert größer 0.25 und der VIF ( $= 1/\text{Toleranz}$ ) einen Wert kleiner 4.00 aufweisen, damit keine Multikollinearität angenommen werden kann. Zudem kann es vorkommen, dass aufgrund eines fälschlicherweise angenommenen, linearen Zusammenhangs zwischen Kriterium und Prädiktor(-en) das Modell einer Fehlspezifikation unterliegt (Urban & Mayerl, 2018, S. 223f.). Im Falle, dass eine oder mehrere der zuvor beschriebenen Modellannahmen nicht erfüllt werden, soll zur Reduktion von hieraus resultierenden Verzerrungen der Ergebnisse das jeweilige Regressionsmodell neu spezifiziert und der bzw. die verursachenden Prädiktor(-en) eliminiert werden (vgl. Urban & Mayerl, 2018, S. 169ff.). Dieses Vorgehen ist bei dem vorliegenden, relativ geringen Stichprobenumfang als zeitökonomisch und praktikabel einzuordnen.

Die unabhängigen Variablen (Prädiktoren) werden nach einer festgelegten Reihenfolge per „Einschluss“-Methode in das Modell aufgenommen. Dieses Vorgehen wird im Gegensatz zum „schrittweisen“ (stepwise) Einbezug von Variablen empfohlen, da die Entscheidung auf empirischen und theoretischen Überlegungen basiert und nicht aus rein statistischen Gründen erfolgt (Urban & Mayerl, 2018, S. 104f.). Im Vorfeld werden hierfür Variablen zu „Blöcken“ zusammengefasst, die nacheinander (blockweise) in das berechnete Modell inkludiert werden. Für jeden Block werden seitens des Statistikprogramms SPSS Werte für die Modellgüte sowie die Regressionskoeffizienten ausgegeben. Im ersten Block werden die mathematischen Vortestwerte (1. MZP) aufgenommen und im zweiten Block die phonologische Bewusstheit im weiteren und engeren Sinne getrennt, um deren eigenen Erklärungswert für die jeweilige mathematische Kompetenz (Kriterium) zu bestimmen. Es folgen im dritten Block die Sprachkompetenzen und im vierten Block die Maße der Gedächtnisfunktionen (Komponenten des Arbeitsgedächtnisses sowie Abruf aus dem Langzeitgedächtnis). Abschließend werden im fünften Block individuelle und familiäre Merkmale, die sich in den korrelativen Vorbetrachtungen als signifikant herausgestellt haben, in die Regressionsanalyse aufgenommen.

Die Güte des Regressionsmodells wird anhand des korrigierten Bestimmtheitsmaßes  $R^2_{\text{kor}}$  festgestellt, bei dem die Anzahl der Prädiktoren berücksichtigt wird. Zusätzlich wird anhand der Signifikanzprüfung des Gesamtmodells sowie der einzelnen Regressionskoeffizienten deren statistische Bedeutsamkeit beurteilt. Für das Bestimmtheitsmaß des Regressionsmodells kann zur Einordnung der Effektstärke der Index  $f^2$  mit folgender Formel berechnet werden:  $f^2 = R^2 / (1 - R^2)$ . Werte  $f^2 > 0.02$  werden als kleiner Effekt,  $f^2 > 0.15$  als mittlerer Effekt und  $f^2 > 0.35$  als großer Effekt interpretiert (Urban & Mayerl, 2018, S. 147). Aus der Umformung der genannten Gleichung ergibt sich für  $R^2 > 0.02$  ein kleiner, für  $R^2 > 0.13$  ein mittlerer und für  $R^2 > 0.26$  ein großer Effekt. Um Verzerrungen in den Ergebnissen aufgrund variierender Fallzahlen in den einzelnen Prädiktoren zu reduzieren, wird als Methode im Umgang mit fehlenden Werten der listenweise Fallausschluss in SPSS gewählt (Urban & Mayerl, 2018, S. 454f.).

Zur Überprüfung von differenziellen Effekten in Abhängigkeit vom Migrationshintergrund wird der Migrationsstatus als „Moderatorvariable“ erfasst (Urban & Mayerl, 2018, S. 325f.). Der Moderatoreffekt kann anhand von Interaktionseffekten oder einer Multigruppenanalyse geprüft werden. Für die Berechnung von Interaktionseffekten weisen Mayerl und Urban (2019) kritisch darauf hin, dass die Variablenskalierung berücksichtigt werden muss, um die Haupteffekte inhaltlich korrekt zu interpretieren. Für die vorliegende Arbeit werden daher differenzielle Effekte zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund durch Gruppenvergleiche untersucht. Hierfür werden die Regressionsmodelle für die beiden Migrationsgruppen getrennt berechnet und die einbezogenen Prädiktoren sowie die unstandardisierten Regressionskoeffizienten zunächst deskriptiv verglichen. Anschließend erfolgt die Signifikanzprüfung der ein-

zelenen Regressionskoeffizienten mittels  $t$ -Tests, um mit einem nicht signifikanten Ergebnis statistisch abzusichern, dass die berechneten Regressionskoeffizienten gemäß der formulierten **Hypothese 2.3** aus einer Population stammen (Urban & Mayerl, 2018, S. 333). Die Forschungshypothese entspricht in diesem Fall der Nullhypothese der Moderationsanalyse, d. h. es liegen keine signifikanten Unterschiede in den Regressionskoeffizienten vor. Folglich muss der berechnete  $t$ -Wert eines Prädiktors unter dem kritischen Wert von  $|1.96|$  liegen, um die Nullhypothese auf ein Signifikanzniveau von 5 % annehmen zu können.

### 8.6.3 Spezifische und unspezifische Fördereffekte auf die mathematischen Kompetenzen

Die dritte Fragestellung beschäftigt sich mit kurz- und langfristigen Fördereffekten auf die mathematischen Kompetenzen. Hierbei wird einerseits ein spezifischer Fördereffekt aufgrund eines gezielten mathematischen Vorschultrainings sowie andererseits ein unspezifischer Fördereffekt durch ein vorschulisches Training der phonologischen Bewusstheit (in der vorliegenden Studie: HLL und HLL2) angenommen. In beiden Fällen wird eine kompensatorische Wirksamkeit postuliert, d. h. es wird vermutet, dass sich mathematische Leistungsunterschiede zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund durch die jeweilige Fördermaßnahme reduzieren.

Um ein einheitliches statistisches Vorgehen zu ermöglichen (vgl. Krajewski, Nieding & Schneider, 2008), werden anstelle von Varianzanalysen mit MWH zur Prüfung der kurz- als auch langfristigen Fördereffekte Kovarianzanalysen berechnet, in denen die Ausgangswerte (MBK0: 1. MZP) als Kovariaten aufgenommen werden. In Bezug auf die kurzfristigen Fördereffekte erfolgt die Analyse getrennt nach Kompetenzebene I und II (s. ZGV-Modell, Abschnitt 2.2.1).

Zunächst werden Unterschiede zwischen den Fördergruppen in den Ausgangswerten der nicht mathematischen Variablen deskriptiv betrachtet und inferenzstatistisch geprüft. Hierzu werden abhängig von der Gruppeneinteilung für die jeweilige Fragestellung univariate Varianzanalysen berechnet (ANOVAs). Nur signifikante Variablen werden zur Bereinigung von Vortestunterschieden als Kovariaten in die danach anschließenden Varianzanalysen (ANCOVAs) aufgenommen.

Zur Prüfung der **Hypothese 3.1** werden univariate ANCOVAs mit zwei Gruppenfaktoren, nämlich der dreifach gestuften mathematischen Trainingsbedingung (KG vs. MZZ vs. ZL<sup>25</sup>), sowie dem Migrationshintergrund als dichotome, unabhängige Variable berechnet. Als abhängige Variablen dienen erneut die mathematischen Summenwerte (2. bis 4. MZP), wobei die Kompetenzebenen des MBK0 aufgrund der inhalt-

---

<sup>25</sup>Aufgrund der Hypothesenformulierung und der konzeptuellen Ähnlichkeit werden die Programme „Komm mit ins Zahlenland“ (Friedrich & de Galgóczy, 2004) und „Entdeckungen im Zahlenland“ (Preiß, 2004, 2005) zusammengefasst. Die Darstellung der deskriptiven Statistiken und die Voranalysen erfolgen hierfür getrennt nach Trainingsprogramm.

lichen Relevanz wiederum getrennt betrachtet werden sollen. Als Kovariaten werden im ersten Schritt lediglich die Ausgangswerte im MBK 0 (getrennt nach Ebene) einbezogen und im nächsten Schritt die nicht mathematischen Kompetenzen zum 1. MZP und die Hintergrundvariablen hinzugefügt, um diesbezügliche Gruppenunterschiede zu berücksichtigen und Fehlervarianzen zu erklären. Es gelten dieselben Voraussetzungen einer ANCOVA wie zuvor beschrieben (s. Abschnitt 8.6.1). Mittels nachträglicher Paarvergleiche der Mittelwerte in den mathematischen Kompetenzen, die um den Einfluss der Kovariaten bereinigt wurden, sollen Unterschiede in den Leistungen geprüft werden. Hierbei erfolgt die bereits mehrfach benannte  $\alpha$ -Adjustierung nach der von SPSS vorgegebenen Methode von Bonferroni.

Zur Überprüfung von **Hypothese 3.2** erfolgt dasselbe Prozedere wie für Hypothese 3.1 mit dem Unterschied, dass neben dem Migrationshintergrund die phonologische Förderung als Gruppierungsfaktor verwendet wird. Da die Leistungen der mathematischen bzw. phonologischen Kompetenzen der Kinder, die ausschließlich das HLL-Training im Vorschulalter durchliefen, den Kindern ohne manualisierte Vorschulförderung gegenübergestellt werden (KG vs. HLL), liegt nun eine dichotome, unabhängige Variable vor. Folglich werden die rein mathematischen Trainingsgruppen bei diesen Berechnungen ausgeschlossen.

Es erfolgt zunächst eine Analyse der nicht mathematischen Vortestwerte zwischen den Fördergruppen, anhand derer über den Einbezug einzelner Variablen als Kovariaten entschieden wird. Anschließend wird mittels nachträglicher, paarweiser Vergleiche die Hypothese 3.2 mit  $\alpha$ -Adjustierung nach Bonferroni getestet.



# 9 Ergebnisse

Im nachfolgenden Teil der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse der statistischen Analysen in der Reihenfolge der eingangs formulierten Fragestellungen berichtet. Vorangestellt ist eine Betrachtung der deskriptiven Statistiken zu sämtlichen Untersuchungsvariablen. Zudem werden die inferenzstatistischen Ergebnisse zum Vergleich der Mittelwerte der nicht mathematischen Kompetenzen beschrieben. Zur Untersuchung der einzelnen Fragestellungen werden zuerst die Ergebnisse zum Vergleich mathematischer Kompetenzen bei Kindern mit und ohne Migrationshintergrund dargestellt. Danach wird statistisch überprüft, welche Relevanz die phonologische Bewusstheit für den Erwerb und die Entwicklung mathematischer Kompetenzen hat. Abschließend werden die Ergebnisse der Analysen von spezifischen und unspezifischen Fördereffekten auf die mathematischen Kompetenzen bei Kindern mit und ohne Migrationshintergrund beschrieben.

## 9.1 Deskriptiva und Stabilitätsmaße der ausgelesenen Gesamtstichprobe

Nachfolgend werden deskriptive Statistiken zu den relevanten Leistungsmaßen für die ausgelesene Gesamtstichprobe berichtet, die einen Überblick und erste Anhaltspunkte zur Kompetenzentwicklung sowie zu Verteilungsauffälligkeiten geben. Die Auflistung beinhaltet ausschließlich Untersuchungsvariablen, die zur Analyse der eigenen Fragestellungen relevant sind. Für die Berechnung der Deskriptiva wurden auch die Daten der Kinder mit partiellem Migrationshintergrund einbezogen, die in die späteren Auswertungen nicht einfließen. Wie aus der deskriptiven Darstellung der mathematischen Kompetenzen in Tabelle 5 jedoch ersichtlich wird, nehmen diese Kinder leistungsmäßig eine Mittelposition zwischen Kindern mit (vollständigem) und ohne Migrationshintergrund ein, d. h. eine Verzerrung der Deskriptiva ist durch die Berücksichtigung dieser Teilstichprobe nicht zu erwarten.

Die Tabelle 3 enthält pro Untersuchungsvariable folgende Werte: Anzahl ( $N$ ) der getesteten Kinder, niedrigster (Min) und höchster (Max) erzielter Wert, arithmetisches Mittel der Leistungen ( $M$ ), Standardabweichung ( $SD$ ) sowie den  $Z$ -Wert des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests auf Normalverteilung ( $KS-Z$ ) und die Korrelationen der wiederholten Messungen ( $r_{tt}$ ). Die Zahl vor den Untersuchungsvariablen (1 bis 4) zeigt den jeweiligen Messzeitpunkt (MZP) an.

**Tabelle 3.** Deskriptive Statistiken der Leistungsmaße für die ausgelesene Gesamtstichprobe.

MZP	Variable	<i>N</i>	Min	Max	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>KS-Z</i>	<i>r<sub>tt</sub></i>
1	Ebene I (MBK 0)	519	0	22	13.59	5.65	1.56*	.81**
2	Ebene I (MBK 0)	519	2	22	16.96	4.75	3.29*	
1	Ebene II (MBK 0)	519	0	23	15.98	4.70	2.38*	.68**
2	Ebene II (MBK 0)	519	5	23	18.18	3.91	2.88*	
1	Nachsprechen v. Pseudowörtern	518	0	10	6.82	2.08	3.36*	.50**
2	Nachsprechen v. Pseudowörtern	519	0	10	7.26	2.05	3.50*	
1	Zahlenspanne vorw.	517	0	7.5	4.27	0.90	3.63*	.55**
2	Zahlenspanne vorw.	517	2	7.5	4.49	0.84	4.06*	
1	Zahlenspanne rückw.	516	0	5.0	1.83	1.30	6.57*	.46**
2	Zahlenspanne rückw.	517	0	4.5	2.35	1.08	7.23*	
1	Matrizenaufgabe	517	0	80.5	27.02	14.06	1.80*	.51**
2	Matrizenaufgabe	519	2	85.0	34.76	15.95	2.37*	
1	Benennen v. Bildern <sup>a</sup>	516	10	125	27.70	10.67	3.45*	.55**
2	Benennen v. Bildern <sup>a</sup>	518	13	94	24.38	7.66	2.87*	
1	Benennen v. Würfelbildern <sup>a</sup>	509	11	176	28.50	21.87	5.21*	.70**
2	Benennen v. Würfelbildern <sup>a</sup>	516	7	97	20.50	10.63	4.47*	
1	Phonolog. Bew. i.w.S.	516	0	30	23.46	4.79	2.52*	.54**
2	Phonolog. Bew. i.w.S.	518	12	30	26.54	3.37	4.13*	
1	Phonolog. Bew. i.e.S.	512	0	32	11.61	6.53	2.80*	.60**
2	Phonolog. Bew. i.e.S.	516	1	32	18.56	8.00	2.09*	
1	Wortschatz <sup>b</sup>	489	1	109	41.12	23.32	1.42*	.80**
2	Wortschatz <sup>b</sup>	511	1	124	54.33	23.67	2.30*	
1	Grammatik	517	2	36	26.90	6.35	3.02*	.77**
2	Grammatik	517	0	36	26.48	5.25	3.30*	
3	Mathematik gesamt (FIPS)	419	4	51	29.01	8.15	1.43*	
3	Mathematik (FIPS) <sup>c</sup>	419	1	43	22.12	7.01	1.52*	.80**
4	Mathematik (FIPS) <sup>c</sup>	408	10	45	32.13	7.20	1.22*	
4	Mathematik (DEMAT 1+) <sup>d</sup>	395	0	24	14.36	6.16	2.21*	

Anmerkungen. <sup>a</sup>: Zeit in Sekunden; <sup>b</sup>: PPVT, Summe ab Set 3; <sup>c</sup>: Summe der Subtests „Zahlen lesen, Rechnen mit Punkten, gemischte Matheaufgaben“; <sup>d</sup>: Summe ohne Item 2 bei Subtest „Zahlenraum“; \*:  $p < .20$ , \*\*:  $p < .01$  (einseitig).

Bei Betrachtung der Mittelwerte lässt sich durchgängig ein Leistungsanstieg zwischen dem 1. und 2. MZP erkennen. Dies bedeutet, dass die teilnehmenden Kinder im Verlauf des Vorschuljahres ihre Leistungen in sämtlichen erfassten Kompetenzbereichen im Mittel verbessern konnten.

Die Histogramme der einzelnen Variablen für die ausgelesene Gesamtstichprobe sind mit eingezeichneter Normalverteilungskurve in Anhang A dargestellt (s. Abb. 13 bis 19).

Insgesamt ist aufgrund der Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests (vgl. Tab. 3) nicht von normalverteilten Variablen in der ausgelesenen Gesamtstichprobe auszugehen (alle  $p < .20$ ). Eine deutliche Verzerrung in den Verteilungen ist jedoch nur in wenigen Variablen zum Ende des Vorschuljahres feststellbar. So erzielten 18.5% der Kinder die volle Punktzahl in den Aufgaben zur phonologischen Bewusstheit im



weiteren Sinne (2. MZP) und 20.8 % erreichten in den Aufgaben zur Kompetenzebene I die maximale Punktzahl. Somit ist eine Differenzierung im oberen Leistungsbereich in diesen Variablen aufgrund der ermittelten Deckeneffekte nicht ausreichend möglich.

Darüber hinaus wurden die Korrelationen zwischen den wiederholt erfassten Variablen zur Überprüfung der zeitlichen Stabilität berechnet. Diese weisen eine hohe Retestrelabilität für die Kompetenzebene I (MBK 0), die schulische Mathematikleistung in FIPS sowie für den passiven Wortschatz und knapp für die grammatischen Fähigkeiten nach. Die Retestrelabilitäten der übrigen Variablen sind gering bis durchschnittlich. Der Retestkoeffizient für die Zahlenspanne rückwärts, als Indikator der Zentralen Exekutive, fällt dabei am niedrigsten aus.

Eine geringe Retestrelabilität könnte darin begründet sein, dass die eingesetzten Verfahren zum 2. MZP nicht mehr ausreichend im oberen Leistungsbereich differenzieren oder dass eine hohe interindividuelle Variabilität in den Kompetenzzuwächsen vorliegt. Aufgrund der wenig zufriedenstellenden Stabilitätswerte für die phonologischen und gedächtnisbezogenen Maße wurden in den eigenen Analysen nur die Leistungen zum 1. MZP berücksichtigt.

## 9.2 Mathematische Kompetenzen und Migrationshintergrund

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Ergebnisse zur Frage nach Unterschieden in den mathematischen Kompetenzen zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund zu Beginn und am Ende des Vorschul- und ersten Schuljahres berichtet.

Zunächst werden Unterschiede in den mathematischen Kompetenzen getrennt nach Messzeitpunkt unabhängig von den sprachlichen und gedächtnisbezogenen Fähigkeiten und Hintergrundvariablen geprüft und berichtet. Im nächsten Schritt werden diese Analysen unter Einbezug relevanter nicht sprachlicher Einflussfaktoren, die empirisch belegt sind, durchgeführt und die Ergebnisse dargelegt. Anschließend werden Ergebnisse zum mathematischen Kompetenzvergleich unter Berücksichtigung (meta-) sprachlicher Kompetenzen wie Wortschatz- und Grammatikkenntnisse sowie der phonologischen Bewusstheit aufgeführt. Zum Abschluss werden die mathematischen Leistungszuwächse vom Anfang bis zum Ende des Vorschul- und ersten Schuljahres inferenzstatistisch geprüft.

Im Vorfeld werden zur deskriptiven Analyse die Ergebnisse zum Leistungsvergleich in den allgemein-kognitiven Fähigkeiten zum 1. MZP sowie den Hintergrundvariablen der Kinder mit und ohne Migrationshintergrund berichtet, die im Vorschuljahr ein Training der phonologischen Bewusstheit (HLL) und der Buchstaben-Laut-Zuordnung erhielten (HLL 2) (vgl. Abschnitt 8.6.1). Bei nicht vorliegender Normalverteilung bzw.

Varianzhomogenität werden die Ergebnisse der Berechnung des Welch-Tests als robusteres Verfahren herangezogen.

Die nach dem Gruppenfaktor getrennte Datenanalyse zeigt, dass für sämtliche Variablen keine Normalverteilung angenommen werden kann (KS-Test mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors: alle  $p < .20$ ). Zudem ist für folgende Variablen keine Varianzhomogenität gegeben (d. h. Levené-Test:  $p > .05$ ): Schnelles Benennen von Bildern und Würfelbildern sowie grammatische Kompetenzen (TROG-D). Aufgrund der ungleichen Gruppengrößen werden daher nachfolgend die Ergebnisse der berechneten Welch-Tests als robustes Verfahren bei ungleichen Varianzen berichtet.

Wie Tabelle 4 verdeutlicht, ergeben sich signifikante, moderate bis große Unterschiede in den beiden Variablen zur Erfassung der phonologischen Informationsverarbeitung (schnelles Benennen von Bildern und Würfelbildern), in der Zahlenspanne vorwärts, in der phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinne, im Wortschatz und in den grammatischen Kompetenzen sowie im sozioökonomischen Status (HISEI) (alle  $p < .05$ ). Für die Zahlenspanne rückwärts wird das erforderliche Signifikanzniveau knapp verfehlt (Welch-Test:  $F(1, 132.43) = 3.65, p = .06$ ). Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Geschlecht und Migrationshintergrund besteht nicht ( $\chi^2(1) = 0.35, p = n.s.$ ).

Im Hinblick auf die Gruppe mit partiellem Migrationshintergrund ist festzustellen, dass sie leistungsmäßig eine vorwiegend mittlere Position einnimmt und in einigen Gedächtnismaßen sogar tendenziell überlegen ist. Etwas überraschend ist das Ergebnis in den Aufgaben zur phonologischen Bewusstheit im engeren Sinne, in denen ein minimal schlechterer Mittelwert als für die Teilgruppe mit vollständigem Migrationshintergrund vorliegt.

**Tabelle 4.** Deskriptiva der nicht mathematischen Variablen der HLL-Trainingsgruppe und univariate Ergebnisse des Vergleichs zwischen den Gruppen mit (vollständigem) und ohne Migrationshintergrund.

Variable	Mihi	deskriptive Statistik			ANOVA		
		<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>F</i> (df1, df2)	<i>p</i>	$\eta_p^2$
Nachspr. v. Pseudowörtern	ohne	99	6.98	2.16	0.55 (1, 160)	.46	0.00
	partiell	22	7.64	1.94			
	mit	63	6.71	2.31			
Zahlenspanne vorw.	ohne	99	4.33	0.83	8.74 (1, 160)	< .01	0.05
	partiell	22	4.36	0.68			
	mit	63	3.91	0.96			
Zahlenspanne rückw.	ohne	99	1.91	1.35	3.64 (1, 160)	.06	0.02
	partiell	22	1.57	1.37			
	mit	63	1.50	1.34			
Matrizenaufgabe	ohne	99	24.43	13.44	0.56 (1, 160)	.45	0.00
	partiell	22	26.23	17.71			
	mit	63	26.10	14.32			
Benennen v. Bildern <sup>a</sup>	ohne	99	25.36	6.41	13.16 (1, 159)	< .001	0.08
	partiell	22	29.17	8.64			
	mit	62	30.65	12.06			
Benennen v. Würfelbildern <sup>a</sup>	ohne	98	24.41	14.05	9.21 (1, 156)	< .01	0.06
	partiell	22	36.14	28.16			
	mit	60	35.08	29.88			
Phonolog. Bew. i.w.S.	ohne	99	23.67	5.31	4.71 (1, 159)	.03	0.03
	partiell	22	23.50	3.54			
	mit	62	21.87	4.78			
Phonolog. Bew. i.e.S.	ohne	98	12.00	6.57	2.03 (1, 157)	.16	0.01
	partiell	21	9.95	6.87			
	mit	61	10.54	5.80			
Wortschatz <sup>b</sup>	ohne	97	45.68	20.71	48.75 (1, 155)	< .001	0.24
	partiell	22	34.36	19.08			
	mit	60	23.55	16.76			
Grammatik	ohne	99	28.76	5.56	42.13 (1, 160)	< .001	0.21
	partiell	22	25.68	5.10			
	mit	63	22.06	7.54			
HISEI	ohne	87	57.72	16.25	26.52 (1, 139)	< .001	0.16
	partiell	20	45.00	20.07			
	mit	54	41.83	20.10			
KiGa-Besuchsdauer	ohne	98	2.43	0.66	2.63 (1, 158)	.11	0.02
	partiell	22	2.45	0.80			
	mit	62	2.24	0.71			
Alter	ohne	99	65.31	4.00	2.80 (1, 159)	< .10	0.02
	partiell	22	66.73	4.83			
	mit	62	66.37	3.75			

Anmerkungen. Mihi = Migrationshintergrund; <sup>a</sup>: Zeit in Sekunden; <sup>b</sup>: PPVT, Summe ab Set 3.

### 9.2.1 Kompetenzunterschiede mit und ohne Berücksichtigung von Kontrollvariablen

In der **Hypothese 1.1.1** werden Unterschiede in den mathematischen Kompetenzen zu allen vier Messzeitpunkten abhängig vom Migrationshintergrund angenommen, die sich darin abzeichnen, dass Kinder ohne Migrationshintergrund den Kindern mit Migrationshintergrund im Mittel signifikant überlegen sind.

Mit der **Hypothese 1.1.2** wird postuliert, dass auch bei Kontrolle von Ausgangswerten in den allgemein-kognitiven Fähigkeiten sowie individuellen und familiären Merkmalen die vermuteten Leistungsdifferenzen nachweisbar sind.

**Tabelle 5.** Deskriptive Statistik der mathematischen Leistungen in Abhängigkeit vom Migrationshintergrund.

MZP	Variable	Mihi	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max
1	Ebene I (MBK 0)	ohne	99	14.12	5.44	1	22
1		partiell	22	11.52	6.28	1.5	22
1		mit	63	11.86	5.78	0	22
1	Ebene II (MBK 0)	ohne	99	16.54	4.83	0	23
1		partiell	22	13.50	5.23	5	22
1		mit	63	13.32	4.38	5	23
2	Ebene I (MBK 0)	ohne	99	17.71	4.18	5	22
2		partiell	22	14.82	5.95	2	22
2		mit	63	15.79	5.08	3.5	22
2	Ebene II (MBK 0)	ohne	99	19.07	3.57	8	23
2		partiell	22	16.59	4.40	7	23
2		mit	63	16.16	3.99	7	23
3	Mathematik gesamt (FIPS)	ohne	89	30.46	7.38	4	48
3		partiell	14	26.07	10.05	12	42
3		mit	52	24.96	9.20	4	51
3	Mathematik (FIPS) <sup>a</sup>	ohne	89	23.16	6.85	1	41
3		partiell	14	20.00	8.48	8	35
3		mit	52	18.87	7.44	3	43
4	Mathematik (FIPS) <sup>a</sup>	ohne	84	33.40	6.73	18	45
4		partiell	13	30.31	7.98	19	42
4		mit	50	28.78	7.59	16	45
4	Mathematik (DEMAT 1+) <sup>b</sup>	ohne	78	15.44	6.57	1	24
4		partiell	13	12.77	6.30	5	21
4		mit	49	11.96	6.07	1	23

*Anmerkungen.* Mihi = Migrationshintergrund; <sup>a</sup>: Summe der Subtests „Zahlen lesen, Rechnen mit Punkten, gemischte Matheaufgaben“; <sup>b</sup>: Summe ohne Item 2 bei Subtest „Zahlenraum“.

Zur Prüfung von Mittelwertunterschieden in den mathematischen Kompetenzen zwischen Kindern mit (vollständigem) und ohne Migrationshintergrund erfolgt zunächst ein Gruppenvergleich der nicht mathematischen Variablen mit Darstellung der Deskriptiva (s. Tab. 4). Hierbei werden auch die deskriptiven Daten für die Teilgruppe mit partiellem Migrationshintergrund zum Vergleich angegeben.

Anschließend werden die Ergebnisse der Einzelvergleiche (ANOVAs und ANCOVAs) für die mathematischen Kompetenzen zur Prüfung der Hypothese 1.1.1 und der Hypothese 1.1.2 berichtet.

Eine deskriptive Betrachtung der Rohwertsummen (s. Tab. 5) zeigt, dass Kinder ohne Migrationshintergrund für alle Messzeitpunkte höhere Rohwertsummen als Kinder mit (vollständigem) Migrationshintergrund erzielten. Die Kinder mit partiellem Migrationshintergrund sind leistungsmäßig durchweg im Mittelfeld einzuordnen.

Im Hinblick auf die Voraussetzungen für die Berechnung einer ANOVA ist nicht von normalverteilten, abhängigen Variablen auszugehen (*KS-Z*: alle  $p < .20$ ). Aufgrund der Stichprobenumfänge sind jedoch keine erheblichen Verzerrungen in den Ergebnissen durch diesen Modellverstoß anzunehmen. Dagegen können für alle abhängigen Variablen homogene Fehlervarianzen angenommen werden (Levené-Test: alle  $p > .05$ ).

Die univariaten Analysen liefern für alle abhängigen Variablen, auch bei einseitiger Testung und Berücksichtigung des adjustierten  $\alpha$ -Niveaus (Methode nach Bonferroni-Holm), signifikante Ergebnisse für den Vergleich der Migrationsgruppen (s. Tab. 6). In Bezug auf die praktische Bedeutsamkeit divergieren die berechneten Effektgrößen stark. Kleine Effekte sind für die Unterschiede in der Kompetenzebene I für den 1. und 2. MZP nachweisbar. Dieses Ergebnis überrascht bei genauer Betrachtung der Häufigkeitsverteilungen nicht, da sich bei den Kindern ohne Migrationshintergrund eine zweigipflige Verteilung der Rohwerte zeigt, die Gipfel beim Summenwert 10 (9.2%) und beim Gesamtwert von 22 Punkten (12.1%) aufweist. In der Vergleichsgruppe mit Migrationshintergrund, die eingipflig ist, liegt der häufigste, erzielte Wert (Modus) bei 11 Punkten. Die volle Punktzahl erzielten nur 3.2% der Kinder dieser Teilstichprobe. Dagegen fallen die Effektstärken für die übrigen erfassten mathematischen Variablen moderat aus.

**Tabelle 6.** Univariante Ergebnisse des mathematischen Leistungsvergleichs von Kindern mit und ohne Migrationshintergrund.

MZP	Variable	$F(df1, df2)$	$p$ (2-seitig)	$p$ (1-seitig)	$\alpha$ adjustiert	$\eta_p^2$
1	Ebene I (MBK0)	6.35 (1, 160)	.01	< .01	.006	.04
1	Ebene II (MBK0)	18.34 (1, 160)	< .001	< .001	.025	.10
2	Ebene I (MBK0)	6.87 (1, 160)	< .01	< .01	.007	.04
2	Ebene II (MBK0)	23.37 (1, 160)	< .001	< .001	.050	.13
3	FIPS gesamt	15.15 (1, 139)	< .001	< .001	.017	.10
3	FIPS <sup>a</sup>	12.10 (1, 139)	< .001	< .001	.010	.08
4	FIPS <sup>a</sup>	13.45 (1, 132)	< .001	< .001	.013	.09
4	DEMAT 1 + <sup>b</sup>	8.93 (1, 125)	< .001	< .001	.008	.07

Anmerkungen. <sup>a</sup>: Summe der Subtests „Zahlen lesen, Rechnen mit Punkten, gemischte Matheaufgaben“;

<sup>b</sup>: Summe ohne Item 2 bei Subtest „Zahlenraum“.

Zusammenfassend kann die **Hypothese 1.1.1** bestätigt werden. Bei isolierter Betrachtung der mathematischen Leistungen lassen sich zu allen vier Messzeitpunkten

signifikante und praktisch bedeutsame, migrationspezifische Gruppenunterschiede zugunsten der Kinder ohne Migrationshintergrund nachweisen.

Zur Überprüfung der **Hypothese 1.1.2**, dass sich bei Berücksichtigung von Unterschieden in den allgemein-kognitiven Ausgangswerten bzw. den Hintergrundvariablen weiterhin die zuvor gefundenen signifikanten Gruppenunterschiede in den mathematischen Kompetenzen finden lassen, werden univariate Varianzanalysen mit dem dichotomen Gruppenfaktor „Migrationshintergrund“ sowie den o. g. mathematischen Kompetenzen als abhängige Variable berechnet.

Als Kovariaten werden in separaten Analysen zunächst die Ausgangswerte (1. MZP) des Arbeitsgedächtnisses (Pseudowörter nachsprechen, Zahlenspanne vorwärts und rückwärts, Matrizenaufgabe) sowie der Abrufgeschwindigkeit aus dem Langzeitgedächtnis (schnelles Benennen von Bildern) und danach individuelle sowie familiäre Merkmale (sozioökonomischer Status, Dauer des Kindergartenbesuchs, Alter zum 1. MZP) berücksichtigt. Die Aufgabe zum schnellen Benennen von Würfelbildern wurde nicht als Kovariate herangezogen, da sie neben der Zugriffsgeschwindigkeit auf Informationen im Langzeitgedächtnis auch indirekt mathematische Kompetenzen – in diesem Fall das simultane Erfassen von kleinen Mengen (d. h. „Subitizing“) – misst. Auch im Hinblick auf die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit früheren Studien ist diese Entscheidung sinnvoll (z. B. Schuchardt et al., 2014).

Für die Kovarianzanalysen mit den Gedächtnismaßen als Kovariaten ist die Voraussetzung der Varianzgleichheit gegeben (Levené-Test: alle  $p > .05$ ).

Von den einbezogenen Kovariaten erweisen sich für die vorschulischen, mathematischen Kompetenzen alle bis auf das Nachsprechen von Pseudowörtern als statistisch signifikant (alle  $p < .05$ ). Für die Kompetenzebene I erweist sich die Abrufgeschwindigkeit (schnelles Benennen von Bildern) als stärkste Kovariate ( $\eta_p^2 > .13$ ) und für die Kompetenzebene II die Zentrale Exekutive (Zahlenspanne rückwärts,  $\eta_p^2 > .11$ ). Für die mathematischen Maße im FIPS-Programm erweist sich das Nachsprechen von Pseudowörtern ebenfalls nicht als signifikanter Prädiktor. Zudem wird auch für den reduzierten Summenwert (ohne „Rechnen mit Bildern“) zum 3. MZP der Einfluss der Zahlenspanne rückwärts nicht mehr signifikant ( $F(1, 133) = 3.42, p = .07$ ). Für die Analysen zum DEMAT 1+ (4. MZP) erweisen sich alle gedächtnisbezogenen Variablen als signifikante, moderate Kovariaten (alle  $p < .01$ ;  $\eta_p^2 = .07$ ).

Wie in Tabelle 7 ersichtlich wird, zeigt sich nur für die Kompetenzebene II (MBK0) zum 1. und 2. MZP ein signifikanter, mittelgroßer Gruppeneffekt. Auch bei einseitiger Hypothesenprüfung und  $\alpha$ -Adjustierung ergibt sich dasselbe Resultat.

**Tabelle 7.** Univariate Ergebnisse des mathematischen Leistungsvergleichs von Kindern mit und ohne Migrationshintergrund bei Kontrolle von Gedächtnisleistungen.

MZP	Variable	$F(df1, df2)$	$p$ (2-seitig)	$p$ (1-seitig)	$\alpha$ adjustiert	$\eta_p^2$
1	Ebene I (MBK0)	< 1 (1, 154)	n.s.	-	.050	-
1	Ebene II (MBK0)	< 1 (1, 154)	n.s.	-	.025	-
2	Ebene I (MBK0)	8.34 (1, 154)	< .01	< .01	.007	.05
2	Ebene II (MBK0)	10.69 (1, 154)	.001	< .001	.006	.07
3	FIPS gesamt	3.44 (1, 133)	.07	.04	.008	-
3	FIPS <sup>a</sup>	1.87 (1, 133)	.17	.09	.013	-
4	FIPS <sup>a</sup>	2.65 (1, 126)	.11	.05	.010	-
4	DEMAT 1+ <sup>b</sup>	1.08 (1, 126)	n.s.	-	.017	-

Anmerkungen. <sup>a</sup>: Summe der Subtests „Zahlen lesen, Rechnen mit Punkten, gemischte Matheaufgaben“;  
<sup>b</sup>: Summe ohne Item 2 bei Subtest „Zahlenraum“.

Bei kovarianzanalytischer Berücksichtigung von individuellen und familiären Merkmalen erweist sich das Alter der Kinder zu Studienbeginn als signifikanter und schwacher Einflussfaktor ( $\eta_p^2 > .05$ ) für die vorschulischen, mathematischen Kompetenzen (Ebene I und II). Zudem ist das Geschlecht für die Kompetenzebene I (1. und 2. MZP) noch geringfügig bedeutsam ( $\eta_p^2 = .03$ ). Für die Kompetenzebene II erweist sich zudem der sozioökonomische Status als schwach bedeutsam ( $\eta_p^2 = .05$ ). Für die schulischen Mathematikleistungen im FIPS-Programm (3. und 4. MZP) können lediglich signifikante und schwache Effekte des Geschlechts als Kovariate ermittelt werden ( $\eta_p^2 = .05$ ). Für die Leistungen im lehrplanvaliden DEMAT 1+ lassen sich signifikante, mittelstarke Effekte des Alters ( $\eta_p^2 > .08$ ) und des sozioökonomischen Status ( $\eta_p^2 > .08$ ) ermitteln.

Ein signifikanter Effekt der Migrationsgruppe ergibt sich bei einseitiger Hypothesentestung und  $\alpha$ -Adjustierung unter Berücksichtigung der o.g. Kovariaten für die mathematischen Summenwerte der Kompetenzebene II zum 1. und 2. MZP sowie des FIPS-Programms zum 3. und 4. MZP (vgl. Tab. 8).

**Tabelle 8.** Univariate Ergebnisse des mathematischen Leistungsvergleichs von Kindern mit und ohne Migrationshintergrund bei Kontrolle von Hintergrundmerkmalen.

MZP	Variable	$F(df1, df2)$	$p$ (2-seitig)	$p$ (1-seitig)	$\alpha$ adjustiert	$\eta_p^2$
1	Ebene I (MBK0)	2.77 (1, 133)	.10	.05	.050	-
1	Ebene II (MBK0)	13.14 (1, 133)	< .001	< .001	.006	.09
2	Ebene I (MBK0)	3.05 (1, 133)	.08	.04	.017	-
2	Ebene II (MBK0)	9.72 (1, 133)	.002	.001	.008	.08
3	FIPS gesamt	10.27 (1, 113)	.002	.001	.007	.08
3	FIPS <sup>a</sup>	7.98 (1, 113)	< .01	< .01	.013	.07
4	FIPS <sup>a</sup>	9.20 (1, 107)	.003	.001	.010	.08
4	DEMAT 1+ <sup>b</sup>	2.90 (1, 102)	.09	.05	.025	-

Anmerkungen. <sup>a</sup>: Summe der Subtests „Zahlen lesen, Rechnen mit Punkten, gemischte Matheaufgaben“;  
<sup>b</sup>: Summe ohne Item 2 bei Subtest „Zahlenraum“.

Insgesamt muss die **Hypothese 1.1.2** verworfen werden, da bei Berücksichtigung der genannten Kontrollvariablen die in den für Hypothese 1.1.1 berechneten Analysen gefundenen, signifikanten Unterschiede nicht mehr für alle mathematischen Variablen nachweisbar sind. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass die fehlende Signifikanz durch die bereits thematisierte Problematik von quasiexperimentellen Studiendesigns zustande kommt. Limitierend kommt hinzu, dass sich die Migrationsgruppen ohnehin in den Ausgangswerten einzelner Kontrollvariablen signifikant unterscheiden (s. Tab. 4).

### 9.2.2 Kompetenzunterschiede bei Berücksichtigung sprachlicher Kompetenzen

Zur Untersuchung der **Hypothese 1.2** wurden wiederum zunächst die Voraussetzungen für eine ANCOVA geprüft. Anhand der Ergebnisse kann Gleichheit der Fehlervarianzen angenommen werden (Levené-Test alle  $p > .05$ ).

Es wurden univariate Analysen getrennt für die mathematischen Variablen berechnet, bei denen der Wortschatz (PPVT) und die grammatischen Fähigkeiten (TROG-D) zum 1. MZP als Kovariaten einbezogen wurden.

Die Ergebnisse der ANCOVAs (s. Tab. 9) zeigen einen durchgängig signifikanten, moderaten Effekt der Kovariate Wortschatz ( $\eta_p^2 > .070$ ). Die grammatischen Fähigkeiten haben nur für die Ebene I zum 1. MZP sowie für beide Ebenen zum 2. MZP eine signifikante, jedoch geringe Bedeutung ( $\eta_p^2 > .03$ ). Ein signifikanter Haupteffekt für den Gruppenfaktor ist nicht mehr nachweisbar (alle  $p > .20$ ). Dies gilt auch bei einseitiger Testung der ursprünglich gerichteten Hypothese sowie Beachtung des adjustierten Signifikanzniveaus.

**Tabelle 9.** Univariate Ergebnisse des mathematischen Leistungsvergleichs von Kindern mit und ohne Migrationshintergrund bei Kontrolle von sprachlichen Kompetenzen.

MZP	Variable	$F(df1, df2)$	$p$ (2-seitig)	$p$ (1-seitig)	$\alpha$ adjustiert	$\eta_p^2$
1	Ebene I (MBK0)	< 1 (1, 153)	n.s.	n.s.	-	-
1	Ebene II (MBK0)	< 1 (1, 153)	n.s.	n.s.	-	-
2	Ebene I (MBK0)	< 1 (1, 153)	n.s.	n.s.	-	-
2	Ebene II (MBK0)	1.49 (1, 153)	n.s.	n.s.	-	-
3	FIPS gesamt	< 1 (1, 132)	n.s.	n.s.	-	-
3	FIPS <sup>a</sup>	< 1 (1, 132)	n.s.	n.s.	-	-
4	FIPS <sup>a</sup>	< 1 (1, 125)	n.s.	n.s.	-	-
4	DEMAT 1+ <sup>b</sup>	< 1 (1, 118)	n.s.	n.s.	-	-

Anmerkungen. <sup>a</sup>: Summe der Subtests „Zahlen lesen, Rechnen mit Punkten, gemischte Matheaufgaben“;

<sup>b</sup>: Summe ohne Item 2 bei Subtest „Zahlenraum“.

Insgesamt kann die **Hypothese 1.2** bestätigt werden. Bei Kontrolle der Ausgangswerte (1. MZP) in den sprachlichen Kompetenzen ist global kein statistisch signifikan-



ter Unterschied mehr zwischen den Migrationsgruppen in den mathematischen Leistungen nachweisbar. Im Einzelnen zeigt sich, dass der Wortschatz als Erklärungsfaktor von Leistungsunterschieden einen höheren Stellenwert als die grammatischen Fähigkeiten einnimmt. Dies gilt insbesondere für die schulischen Mathematikleistungen.

### 9.2.3 Kompetenzunterschiede bei Berücksichtigung der phonologischen Bewusstheit

Zur Überprüfung der **Hypothese 1.3** werden erneut univariate Kovarianzanalysen berechnet. Diesmal dienen die Summenwerte in den Aufgaben zur phonologischen Bewusstheit im weiteren sowie engeren Sinne als separate Kovariaten. Gruppenfaktor ist wiederum der Migrationshintergrund.

Anhand der Voranalysen ist auch hier von homogenen Fehlervarianzen auszugehen (Levené-Test: alle  $p > .05$ ).

Beide Kovariaten erweisen sich für alle univariaten Analysen als signifikant. Für die vorschulischen, mathematischen Kompetenzen sowie die Leistungen in FIPS erweist sich der Einfluss der phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinne (PB i.w.S.) als hoch bedeutsam ( $.10 < \eta_p^2 < .19$ ), während sich für die phonologische Bewusstheit im engeren Sinne (PB i.e.S.) moderate Effekte ( $.06 < \eta_p^2 < .11$ ) ergeben. In Bezug auf die schulische Mathematikleistung im DEMAT 1+ zeigt sich eher ein umgekehrtes Muster des Einflusses (PB i.w.S:  $\eta_p^2 > .08$ ; PB i.e.S:  $\eta_p^2 > .12$ ).

Bei einseitiger Hypothesentestung und  $\alpha$ -Adjustierung ergeben sich signifikante, wengleich schwache Haupteffekte für Kompetenzvergleiche zum 2. MZP (Ebene I und II) sowie der Leistungen in FIPS (3. und 4. MZP). Die übrigen Gruppenvergleiche werden nicht mehr signifikant (s. Tab. 10).

**Tabelle 10.** Univariate Ergebnisse des mathematischen Leistungsvergleichs von Kindern mit und ohne Migrationshintergrund bei Kontrolle der phonologischen Bewusstheit.

MZP	Variable	$F(df1, df2)$	$p$ (2-seitig)	$p$ (1-seitig)	$\alpha$ adjustiert	$\eta_p^2$
1	Ebene I (MBK0)	1.85 (1, 155)	n.s.	n.s.	.050	-
1	Ebene II (MBK0)	12.82 (1, 155)	< .001	< .001	.007	.08
2	Ebene I (MBK0)	3.06 (1, 155)	.08	.04	.025	-
2	Ebene II (MBK0)	18.67 (1, 155)	< .001	< .001	.006	.11
3	FIPS gesamt	7.89 (1, 135)	< .01	< .01	.008	.06
3	FIPS <sup>a</sup>	5.82 (1, 135)	.02	< .01	.013	.04
4	FIPS <sup>a</sup>	6.30 (1, 128)	.01	.005	.010	.05
4	DEMAT 1+ <sup>b</sup>	3.20 (1, 121)	.08	.04	.017	.03

Anmerkungen. <sup>a</sup>: Summe der Subtests „Zahlen lesen, Rechnen mit Punkten, gemischte Matheaufgaben“;

<sup>b</sup>: Summe ohne Item 2 bei Subtest „Zahlenraum“.

Insgesamt kann die **Hypothese 1.3** angenommen werden, die einerseits von robusten Gruppenunterschieden bei Kontrolle der Ausgangswerte in der phonologischen

Bewusstheit und andererseits von einer überwiegend größeren Bedeutung der phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinne gegenüber der phonologischen Bewusstheit im engeren Sinne für die mathematischen Kompetenzen ausgeht.

Die Haupteffekte werden durch Berücksichtigung der phonologischen Bewusstheit reduziert und das postulierte Ergebnismuster bezüglich der Einflussstärke der phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinne ergibt sich für alle abhängigen Variablen bis auf die Leistungen im DEMAT 1+ zum 4. MZP. Für diese abhängige Variable haben beide Kovariaten einen vergleichbaren, moderaten Effekt. Die Gruppenbildung verringert erneut die Stichprobengrößen, die bei der Interpretation sowie der Verallgemeinerung der Ergebnisse zu berücksichtigen sind.

### 9.2.4 Unterschiede in der mathematischen Kompetenzentwicklung

Die abschließende **Hypothese 1.4** zur Fragestellung nach Unterschieden in den mathematischen Kompetenzen in Abhängigkeit vom Migrationshintergrund postuliert einen signifikanten Zuwachs in den mathematischen Kompetenzen und gleichzeitig stabile Leistungsunterschiede.

Da nach Schuleintritt ein Wechsel in den Erhebungsinstrumenten erfolgte, werden die Analysen getrennt für das Vorschuljahr (1. und 2. MZP) sowie das erste Schuljahr (3. und 4. MZP) durchgeführt. Für das Vorschuljahr werden die mathematischen Kompetenzebenen aus inhaltlicher Relevanz wieder separat ausgewertet.

Bezüglich der Voraussetzungen für die Berechnung von Varianzanalysen mit MWH ist festzustellen, dass homogene Kovarianzmatrizen für sämtliche Analysen vorliegen (Box-M-Test: alle  $p > .20$ ). Zudem kann angenommen werden, dass die Fehlervarianzen über die Gruppen hinweg homogen verteilt sind (Levené-Test: alle  $p > .05$ ).

Die Ergebnisse der ANOVAs mit Messwiederholung weisen für beide mathematischen Kompetenzebenen signifikante und sehr hohe Zeiteffekte nach (Ebene I:  $F(1, 160) = 206.93, p < .001, \eta_p^2 = .56$ ; Ebene II:  $F(1, 160) = 93.97, p < .001, \eta_p^2 = .37$ ).

Der Haupteffekt für die Migrationsgruppe ist erwartungsgemäß und analog den Ergebnissen zur Hypothese 1.1.1 hoch signifikant und schwach bis moderat bedeutsam (Ebene I:  $F(1, 160) = 7.25, p < .01, \eta_p^2 = .04$ ; Ebene II:  $F(1, 160) = 24.28, p < .001, \eta_p^2 = .13$ ).

Die Interaktionseffekte sind für beide Kompetenzebenen nicht signifikant (Ebene I und II: Zeit x Gruppe, beide  $p = n.s.$ ). Folglich dürfen die signifikanten Haupteffekte uneingeschränkt interpretiert werden. Es liegen somit parallele Leistungsverläufe mit signifikanten Leistungsdifferenzen zu den beiden vorschulischen Messzeitpunkten vor.

Für die inferenzstatistische Überprüfung der Frage, ob auch zwischen Beginn und Ende des ersten Schuljahres ein signifikanter Zuwachs in den mathematischen Kompetenzen nachweisbar ist, wurden die Summenwerte der drei Aufgaben (Zahlen lesen, Rechnen mit Punkten, gemischte Matheaufgaben) aus dem Bereich „Mathematik“ des FIPS-Programms jeweils für den 3. und 4. MZP herangezogen.

Die ANOVA mit MWH ergibt auch für die schulischen, mathematischen Kompetenzen hoch signifikante und praktisch bedeutsame Leistungszuwächse (Zeit:  $F(1, 132) = 508.13, p < .001, \eta_p^2 = .79$ ). Auch der Effekt des Gruppenfaktors ist hoch signifikant und praktisch moderat bedeutsam ( $F(1, 132) = 13.78, p < .001, \eta_p^2 = .09$ ). Die Interaktion (Zeit x Migrationsgruppe) ist erneut nicht signifikant ( $p = n.s.$ ).

Insgesamt kann die **Hypothese 1.4** angenommen werden. Sowohl im Verlauf des Vorschuljahres als auch des ersten Schuljahres sind signifikante und stark bedeutsame Leistungszuwächse in den mathematischen Kompetenzen nachweisbar. Dabei ist der Leistungsanstieg zwischen den Migrationsgruppen stabil.

### 9.3 Bedeutung der phonologischen Bewusstheit für die mathematische Kompetenzentwicklung

Der nachfolgende Abschnitt beinhaltet die Ergebnisse zur zweiten bzw. primären Fragestellung der vorliegenden Arbeit. Regressionsanalytisch überprüft werden soll der Einfluss der phonologischen Bewusstheit auf die mathematischen Kompetenzen. Insbesondere soll analysiert werden, ob die Zusammenhänge zwischen den Migrationsgruppen differieren.

Hierzu werden zunächst die korrelativen Zusammenhänge sowohl für die gesamte Analysestichprobe als auch getrennt nach Migrationshintergrund betrachtet und anschließend deskriptiv verglichen.

Um eine möglichst große Analysestichprobe zu erhalten und gleichzeitig Unterschiede in der vorschulischen Förderung zu berücksichtigen, wurden – analog dem Prozedere zur ersten Fragestellung – nur diejenigen Daten der Kinder in die Berechnungen einbezogen, die im Vorschuljahr ausschließlich das HLL-Training erhalten hatten.

Zudem wird als abhängige Variable zum 3.MZP nur der mathematische Gesamtwert des FIPS-Programms verwendet, um die Anzahl der Variablen in den Analysen nicht unnötig zu erhöhen. Diese Entscheidung ist gerechtfertigt, da für beide Migrationsgruppen sehr hohe Interkorrelationen ( $r = .99$ ) zwischen FIPS-Gesamtwert und Summenwert, der um die Aufgabe „Rechnen mit Bildern“ reduziert wurde, ermittelt wurden.

#### 9.3.1 Korrelationen von Prädiktoren und Kriterien

Zur deskriptiven Überprüfung der bivariaten Zusammenhänge wurden Pearsons Produkt-Moment-Korrelationen berechnet, sofern beide Variablen intervallskaliert sind (vgl. Bortz & Schuster, 2010, S. 171). Ist dagegen eine Variable intervallskaliert und die andere dichotom wurde der Zusammenhang über punktbiseriale Korrelationen erfasst. Laut Cohen (1988) sind Korrelationen folgendermaßen zu interpretieren:

$r > .10$  entspricht einem geringen,  $r > .30$  einem moderaten sowie  $r > .50$  einem hohen Zusammenhang.

### 9.3.1.1 Interkorrelationen der Prädiktorvariablen

Tabelle 11 enthält die Interkorrelationen der Prädiktoren, die zu Beginn der Studie (1. MZP) erfasst wurden, für die gesamte Analytestichprobe. Der höchste Zusammenhang besteht erwartungsgemäß zwischen den beiden mathematischen Kompetenzebenen. Ein geringerer, jedoch ebenso als stark einzuordnender, positiver Zusammenhang liegt zwischen der phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinne, den erfassten linguistischen Kompetenzen (Wortschatz, Grammatik) sowie der Zahlenspanne rückwärts als Maß der Zentralen Exekutiv vor. Interessant ist, dass die genannten Korrelationen ähnlich hoch ausfallen wie der inhaltspezifische Zusammenhang zwischen der phonologischen Bewusstheit im weiteren und engeren Sinne.

**Tabelle 11.** Interkorrelationen der vorschulischen Leistungsmaße für beide Migrationsgruppen.

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Ebene I (MBK0)	-								
2 Ebene II (MBK0)	.71**	-							
3 Phonolog. Bew. i.w.S.	.59**	.62**	-						
4 Phonolog. Bew. i.e.S.	.53**	.50**	.50**	-					
5 Zahlenspanne vorw.	.43**	.39**	.36**	.42**	-				
6 Zahlenspanne rückw.	.49**	.52**	.46**	.43**	.42**	-			
7 Matrizenaufgabe	.35**	.33**	.22*	.16	.24	.17**	-		
8 Benennen v. Bildern	-.44**	-.39**	-.38**	-.31**	-.09	-.26*	-.19**	-	
9 Wortschatz	.45**	.53	.53**	.44**	.38**	.38**	.22*	-.36**	-
10 Grammatik	.42**	.50	.39**	.33**	.33**	.36**	.15	-.30**	.70**

Anmerkungen. \*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ ,  $N = 133$ .

Für die erfassten individuellen und familiären Merkmale (Alter, Geschlecht, HISEI, Dauer des Kindergartenbesuchs) ließen sich überwiegend nicht signifikante bzw. schwache Zusammenhänge ermitteln (s. Tab. 12). Für die Dauer des Kindergartenbesuchs (in Jahren gemessen) zeigt sich nur ein signifikanter, gering positiver Zusammenhang zum sozioökonomischen Status. Für das Geschlecht besteht nur zur Kompetenzebene I ein signifikanter Zusammenhang.

**Tabelle 12.** Interkorrelationen der Hintergrundmerkmale sowie Korrelationen mit den vorschulischen Leistungsmaßen für beide Migrationsgruppen.

	Variable	1	2	3	4
1	HISEI	-			
2	KiGa-Besuchsdauer	.20*	-		
3	Alter	-.26**	-.08	-	
4	Geschlecht <sup>a</sup>	-.06	-.11	-.10	-
5	Ebene I (MBK 0)	.10	.11	.18*	-.22*
6	Ebene II (MBK 0)	.14	.14	.21*	-.10
7	Phonolog. Bew. i.w.S.	.10	.14	.21*	-.03
8	Phonolog. Bew. i.e.S.	.22*	.02	.08	.03
9	Zahlenspanne vorw.	.12	-.09	.14	.04
10	Zahlenspanne rückw.	.25*	.00	.04	.01
11	Matrizenaufgabe	-.09	-.02	.18*	-.11
12	Benennen v. Bildern	.06	-.12	.04	.10
13	Wortschatz	.27**	.06	.19*	-.05
14	Grammatik	.36**	.12	.13	.00

Anmerkungen. <sup>a</sup>: 0 = männlich, 1 = weiblich; \*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ ,  $N = 133$ .

Die getrennte Berechnung der Korrelationen nach Migrationshintergrund liefert deskriptiv ein ähnliches Ergebnismuster (s. Tab. 31 bis 34 in Anhang B). Marginale Unterschiede bestehen u. a. darin, dass in der Stichprobe ohne Migrationshintergrund der Zusammenhang zwischen den mathematischen Kompetenzen am höchsten ist. In der Stichprobe mit Migrationshintergrund liegt dieser deskriptiv betrachtet ebenso im hohen Bereich. Allerdings zeigt sich ein ebenso hoher Zusammenhang zwischen der phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinne und den mathematischen Kompetenzen der Ebene I. Bei Kindern ohne Migrationshintergrund ist die Korrelation zwischen den mathematischen Kompetenzen der Ebene II und der phonologischen Bewusstheit im weiteren sowie engeren Sinne tendenziell größer als die Korrelationen zwischen phonologischer Bewusstheit und den mathematischen Kompetenzen der Ebene I. Bei den Kindern mit Migrationshintergrund besteht dagegen ein deskriptiv engerer Zusammenhang zwischen der phonologischen Bewusstheit und der Kompetenzebene I.

Für die Dauer des Kindergartenbesuchs ergibt sich für die Gruppe ohne Migrationshintergrund ein moderater, negativer Zusammenhang zum Geschlecht. Für die Gruppe mit Migrationshintergrund liegen dagegen negative, moderate Zusammenhänge dieser Variable mit der Kompetenzebene I (2. MZP), den schulischen Mathematikleistungen (DEMAT 1+), dem visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnis und dem Wortschatz sowie ein positiver, mittelhoher Zusammenhang zum Geschlecht vor.

### 9.3.1.2 Korrelationen von Prädiktoren und Kriterien

Zudem wurden die Korrelationen zwischen den unabhängigen Variablen (Prädiktoren) und den abhängigen Variablen (Kriterien) berechnet.

**Tabelle 13.** Korrelationen zwischen Prädiktoren und Kriterien für beide Migrationsgruppen.

Variable	Ebene I (2. MZP)	Ebene II (2. MZP)	FIPS gesamt (3. MZP)	FIPS (4. MZP)	DEMAT 1+ (4. MZP)
Ebene I (MBK 0)	.80**	.60**	.67**	.63**	.63**
Ebene II (MBK 0)	.55**	.69**	.62**	.60**	.73**
Phonolog. Bew. i.w.S.	.40**	.54**	.37**	.40**	.43**
Phonolog. Bew. i.e.S.	.42**	.48**	.40**	.36**	.48**
Zahlenspanne vorw.	.34**	.41**	.41**	.37**	.41**
Zahlenspanne rückw.	.48**	.58**	.39**	.36**	.48**
Matrizenaufgabe	.27**	.13	.33**	.25*	.33**
Benennen v. Bildern	-.27**	-.22*	-.37**	-.38**	-.32**
Wortschatz	.34**	.54**	.47**	.48**	.53**
Grammatik	.30**	.54**	.37**	.41**	.46**
HISEI	.05	.32**	.05	.16	.23*
KiGa-Besuchsdauer	-.10	.08	-.03	-.01	-.10
Alter	.21*	.10	.15	.03	.17
Geschlecht <sup>a</sup>	-.28**	-.19	-.26**	-.35**	-.15

Anmerkungen. <sup>a</sup>: 0 = männlich, 1 = weiblich; \*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ ,  $N = 102$ .

Für die gesamte Analytestichprobe (s. Tab. 13) ergeben sich hohe, positive Zusammenhänge zwischen den bereichsspezifischen Vorläuferkompetenzen (Ebene I und II) und den Mathematikleistungen. Auch für die phonologische Bewusstheit im weiteren und engeren Sinne zeigen sich moderate bis hohe, positive Zusammenhänge mit allen Kriteriumsvariablen. Ebenso liegen für die Sprachkompetenzen (Wortschatz, Grammatik) die ermittelten Korrelationskoeffizienten im moderaten bis hohen Bereich. Die Zusammenhänge der Arbeitsgedächtnismaße sowie des Abrufs aus dem Langzeitgedächtnis mit den Kriteriumsvariablen fallen gering bis moderat aus. In Bezug auf die Hintergrundvariablen liefern die Analysen erneut keine signifikanten Ergebnisse für die Dauer des Kindergartenbesuchs. Auch die Zusammenhänge der Kriteriumsvariablen mit dem sozioökonomischen Status, dem Geschlecht sowie dem Alter sind entweder nicht signifikant oder gering ausgeprägt.

Die Ergebnisse der nach Migrationshintergrund getrennt berechneten Korrelationen weisen überwiegend ähnlich hohe Zusammenhänge zwischen Prädiktoren und abhängigen Variablen auf (s. Tab. 35 und 36 in Anhang B).

Davon ausgenommen ist die Korrelation zwischen der phonologischen Bewusstheit im engeren Sinne und der Mathematikleistung in FIPS zum Schuljahresende (4. MZP), die in der Gruppe mit Migrationshintergrund nicht signifikant ausfällt. Deutliche Abweichungen zwischen den Gruppen ergeben sich für den Abruf aus dem Langzeitgedächtnis (schnelles Benennen von Bildern). In der Gruppe ohne Migrationshintergrund sind nur signifikante Zusammenhänge mit den Leistungen in FIPS (3. und 4. MZP) zu finden. Dagegen zeigen sich bei Kindern mit Migrationshintergrund nur signifikante Zusammenhänge für die Kompetenzebene I (2. MZP) sowie die Leistungen in FIPS zum 3. MZP.

Für die Gruppe mit Migrationshintergrund sind im Gegensatz zur Gruppe ohne Migrationshintergrund keine signifikanten Korrelationen zwischen Wortschatz sowie grammatischen Fähigkeiten und den schulischen Mathematikleistungen zum 4. MZP zu finden. Bei Kindern mit Migrationshintergrund können keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem sozioökonomischen Status und der Dauer des Kindergartenbesuchs mit den mathematischen Leistungen (2. bis 4. MZP) nachgewiesen werden.

In Bezug auf den sozioökonomischen Status lassen sich für die Gruppe ohne Migrationshintergrund nur signifikante Zusammenhänge zur Kompetenzebene II und den Leistungen im DEMAT 1+ finden, wohingegen für die Gruppe mit Migrationshintergrund keine signifikanten Zusammenhänge zu den abhängigen Variablen feststellbar sind.

Das Geschlecht hat bei Kindern mit Migrationshintergrund nur einen moderaten negativen Zusammenhang mit den Leistungen in FIPS zum 4. MZP, d. h. Mädchen schneiden tendenziell schlechter ab. Bei Kindern ohne Migrationshintergrund sind hierzu signifikante, schwache bis moderate negative Korrelationen zu den Mathematikleistungen in FIPS (3. und 4. MZP) zu finden.

### 9.3.2 Hierarchische Regressionsanalysen

Im nachfolgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der multiplen, hierarchischen Regressionsanalysen zur Überprüfung der zweiten Fragestellung berichtet. Diese postuliert einen signifikanten Einfluss der phonologischen Bewusstheit (v. a. im weiteren Sinne) auf die mathematischen Kompetenzen. Im Einzelnen wird angenommen, dass die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne neben den mathematischen Ausgangswerten signifikant zur Vorhersage der mathematischen Kompetenzen zum Ende des Vorschuljahres sowie am Anfang und Ende der ersten Klasse beiträgt.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt chronologisch nach dem Messzeitpunkt der abhängigen Variable (Kriterium).

Im Vorfeld werden die Modellannahmen, wie in Abschnitt 8.6 beschrieben, geprüft und dargelegt. Anschließend erfolgt die Präsentation der Ergebnisse der hierarchischen Regressionsanalysen zunächst für die gesamte Analytestichprobe und anschließend im Vergleich zwischen den Migrationsgruppen.

Vorwegzunehmen ist, dass die Dauer des Kindergartenbesuchs als Prädiktorvariable aufgrund der überwiegend nicht signifikanten Zusammenhänge zu den Kriteriumsvariablen aus den Regressionsanalysen a priori ausgeschlossen wurde, um die Zahl der Prädiktoren nicht unnötig zu erhöhen.

#### 9.3.2.1 Regressionen der vorschulischen Mathematikkompetenzen

Die Vorhersage der mathematischen Leistungen zum Ende des Vorschuljahres erfolgt aufgrund theoretischer Überlegungen und der formulierten Hypothese getrennt für

die beiden erfassten Kompetenzebenen des ZGV-Modells (**Hypothese 2.1**).

Im Hinblick auf die statistischen Voraussetzungen zur Vorhersage der Kompetenzebene I kann festgestellt werden, dass das Streudiagramm zur visuellen Überprüfung von Streuungsgleichheit ein gewisses Muster im Sinne einer nicht linearen Verteilung aufweist. Auch der Glejser-Test ergibt signifikante Koeffizienten für folgende Prädiktoren: Ebene II, phonologische Bewusstheit im engeren Sinne, Zentrale Exekutive, Alter (alle  $p < .05$ ). Somit ist nicht von Homoskedastizität auszugehen. Dagegen liegen bei deskriptiver Betrachtung des Histogramms der Residuen sowie inferenzstatistischer Überprüfung (KS-Test:  $Z(134) = .77, p = .60$ ) normalverteilte Residuen vor. Laut Durbin-Watson-Statistik ( $d = 2.10$ ) besteht keine übermäßige Autokorrelation. Die Kollinearitätsstatistik weist durchgängig Toleranz-Werte  $> .40$  sowie VIF-Werte  $< 2.53$  auf, weswegen keine Multikollinearität der Prädiktoren angenommen wird.

Die hierarchische Regressionsanalyse mit den mathematischen Kompetenzen der Ebene I (2. MZP) als abhängige Variable basiert auf  $N = 134$  vollständigen Datensätzen. Alle berechneten Modelle sind statistisch hoch signifikant (alle  $p < .001$ ). Mittels der mathematischen Vortestwerte können im ersten Schritt fast 68 % der Leistungsunterschiede in den Aufgaben zur Kompetenzebene I zum 2. MZP erklärt werden, wobei es sich hierbei um einen großen Effekt handelt ( $R_{korrr}^2 = .68$ ). Einen signifikanten Beitrag zur Varianzaufklärung liefern im ersten Modell nur die Vortestwerte auf Ebene I (Modell 1:  $\beta = .75, p < .001$ ). Die Koeffizienten der im zweiten, dritten und fünften Schritt in das Regressionsmodell aufgenommenen Variablen sind überwiegend nicht signifikant. Lediglich die im vierten Modell aufgenommenen Variablen der Zentralen Exekutive (Modell 5:  $\beta = -.14, p = .03$ ) und der Abrufgeschwindigkeit aus dem Langzeitgedächtnis erklären von den allgemein-kognitiven Fähigkeiten zusätzlich 2.4 % der Varianz (Modell 5:  $\beta = -.15, p = .02$ ). Dies zeigt sich auch daran, dass die Änderung in  $R_{korrr}^2$  signifikant ist ( $F(4, 123) = 2.51, p = .05$ ).

Aufgrund der vorweg festgestellten Heteroskedastizität wurden die verursachenden Prädiktoren aus dem Regressionsmodell entfernt und die hierarchische Regression erneut berechnet. Es ergibt sich wiederum ein signifikanter Glejser-Test, der allein auf die Variable der Kompetenzebene I zurückgeführt werden kann ( $p < .01$ ). Diese Variable soll jedoch aus Gründen der Fragestellung und der Kontrolle von Unterschieden in den Ausgangswerten nicht zusätzlich aus dem Modell ausgeschlossen werden.

Die Ergebnisse des neu spezifizierten Regressionsmodells (s. Tab. 14) sind mit dem vorherigen Modell vergleichbar. Neben der Ebene I (Modell 5:  $\beta = .74, p < .001$ ), die einen signifikanten positiven Einfluss nimmt, zeigt die Schnelligkeit des Abrufs aus dem Langzeitgedächtnis (Modell 5:  $\beta = -.13, p = .03$ ) einen signifikanten, negativen Zusammenhang mit den mathematischen Kompetenzen der Ebene I zum 2. MZP.

Zusammenfassend sind zur Vorhersage der mathematischen Kompetenzen der Ebene I zum 2. MZP unabhängig vom Migrationshintergrund einzig die Vortestwerte in den Aufgaben dieser Kompetenzebene sowie die Abrufgeschwindigkeit verbaler Informationen aus dem Langzeitgedächtnis (schnelles Benennen von Bildern) relevant.



**Tabelle 14.** Ergebnisse der Regressionen der mathematischen Kompetenzen auf Ebene I zum 2. MZP.

Variable	$\beta$ -Koeffizienten im Modell				
	1	2	3	4	5
Ebene I (MBK0)	.83**	.81**	.80**	.75**	.74**
Ebene II (MBK0)	-	-	-	-	-
Phonolog. Bew. i.w.S.		.03	.00	-.02	-.01
Phonolog. Bew. i.e.S.		-	-	-	-
Wortschatz			.08	.05	.05
Grammatik			.00	-.01	-.02
Zahlenspanne vorw.				.01	.02
Zahlenspanne rückw.				-	-
Matrizenaufgabe				.02	.02
Benennen v. Bildern				-.13*	-.13*
Geschlecht <sup>a</sup>					-.03
Alter					-
HISEI					.03
$R^2_{korr}$	.68	.68	.68	.68	.68

Anmerkungen. <sup>a</sup>: 0 = männlich, 1 = weiblich; \*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ ,  $N = 136$ .

Für die hierarchische Regression auf die mathematischen Kompetenzen auf Ebene II (2. MZP) ist nach visueller Inspektion nicht von Heteroskedastizität auszugehen. Auch der Glejser-Test ist nicht signifikant und liefert keine signifikanten Regressionskoeffizienten (alle  $p < .10$ ). Ebenso liegt nach den zuvor festgelegten Kriterien keine Autokorrelation der Regressionsresiduen vor (Durbin-Watson-Statistik:  $d = 1.81$ ). Die Residuen sind normalverteilt (KS-Test:  $Z(134) = .41, p = .99$ ). Zudem ist nicht von Multikollinearität der Prädiktoren auszugehen (Toleranz-Werte  $> .36$ ; VIF-Werte  $< 2.76$ ).

Erneut sind alle berechneten Regressionen hoch signifikant (alle  $p < .001$ ). Die Größe der Analytestichprobe liegt bei fallweisem Ausschluss bei  $N = 134$  (s. Tab. 15). Die mathematischen Kompetenzen zu Beginn des Vorschuljahres (1. MZP) erklären fast 67% der Kompetenzen auf Ebene II zehn Monate später. Dieses Ergebnis ist als praktisch stark bedeutsam zu interpretieren ( $R^2_{korr} = .57$ ). Erwartungsgemäß ist der Einfluss der Kompetenzebene II am größten (Ebene I:  $\beta = .31, p < .001$ ; Ebene II:  $\beta = .50, p < .001$ ). Im zweiten Modell erklärt die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne zusätzlich 3% der Leistungsunterschiede in der abhängigen Variable ( $\beta = .20, p = .01$ ; Änderungsstatistik  $F(2, 129) = 5.81, p < .01$ ). Bei Berücksichtigung der allgemein-kognitiven Fähigkeiten im vierten Modell nimmt dagegen die Zahlenspanne rückwärts als Maß der Zentralen Exekutive einen bedeutsamen Einfluss ( $\beta = .14, p = .04$ ), wobei die Änderung in  $R^2$  nicht signifikant ist ( $F(4, 123) = 1.64, p = .17$ ). Im fünften Modell ändert sich dieses Muster und die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne ( $\beta = .16, p = .03$ ) trägt gemeinsam mit dem sozioökonomischen Status ( $\beta = .16, p = .01$ ) neben den Vortestwerten signifikant zur

Varianzaufklärung bei. Insgesamt sind für die Vorhersage der mathematischen Kompetenzen auf Ebene II sowohl die mathematischen Vortestwerte (Ebene I und II) als auch die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne und der sozioökonomische Status statistisch bedeutsam.

**Tabelle 15.** Ergebnisse der Regressionen der mathematischen Kompetenzen auf Ebene II zum 2. MZP.

Variable	$\beta$ -Koeffizienten im Modell				
	1	2	3	4	5
Ebene I (MBK0)	.31**	.23**	.23**	.18*	.18*
Ebene II (MBK0)	.50**	.40**	.33**	.30**	.32**
Phonolog. Bew. i.w.S.		.20**	.17*	.14	.16*
Phonolog. Bew. i.e.S.		.07	.05*	.01	-.01
Wortschatz			.08	.07	.05
Grammatik			.14	.12	.06
Zahlenspanne vorw.				.05	.06
Zahlenspanne rückw.				.14*	.11
Matrizenaufgabe				-.03	-.01
Benennen v. Bildern				-.06	-.09
Geschlecht <sup>a</sup>					-.04
Alter					-.05
HISEI					.16*
$R^2_{korr}$	.57	.59	.61	.62	.64

Anmerkungen. <sup>a</sup>: 0 = männlich, 1 = weiblich; \*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ ,  $N = 134$ .

Zusammenfassend wird die **Hypothese 2.1** anhand der zuvor berichteten Ergebnisse verworfen. Die phonologische Bewusstheit kann hier nicht als bedeutsamer Prädiktor der Kompetenzebene I zum 2. MZP identifiziert werden. Es konnte lediglich statistisch gezeigt werden, dass sich die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne signifikant auf die mathematischen Kompetenzen der Ebene II auswirkt.

### 9.3.2.2 Regressionen der schulischen Mathematikkompetenzen

Im anschließenden Kapitel werden die Ergebnisse der hierarchischen Regressionen auf die schulischen Mathematikleistungen zur Testung der **Hypothese 2.2** berichtet.

Die Prüfung der Modellannahmen für die Vorhersage der Summenwerte in den vier mathematischen Aufgaben des FIPS-Programms, die kurz nach Schuleintritt administriert wurden, wird mit einer Stichprobe von  $N = 114$  durchgeführt. Die Residuen sind normalverteilt (KS-Test:  $Z(114) = .65, p = .80$ ). Nach der Durbin-Watson-Statistik ( $d = 2.09$ ) ist keine Autokorrelation anzunehmen. Ebenso ist nach visueller und statistischer Prüfung nicht von Heteroskedastizität der Residuen auszugehen (Glejser-Test:  $F(13, 100) = .98, p = .47$ ). Auch die Kollinearitätsstatistik weist auf keine limitierende Multikollinearität der unabhängigen Variablen hin (Toleranz-Werte  $> .37$ ; VIF-Werte  $< 2.73$ ).

Alle berechneten Regressionsmodelle sind hoch signifikant (alle  $p < .001$ ). Im ersten Schritt erklären die mathematischen Vortestwerte gut die Hälfte der Unterschiede in den mathematischen Summenwerten kurz nach Schuleintritt (s. Tab. 16), was einem großen Effekt entspricht. Den mathematischen Kompetenzen auf Ebene I kommt dabei eine tendenziell größere Bedeutung zu als den Kompetenzen auf Ebene II (Modell 1: Ebene I:  $\beta = .45, p < .001$ ; Ebene II:  $\beta = .32, p = .001$ ). Die im zweiten Schritt aufgenommenen Variablen der phonologischen Bewusstheit sind nicht signifikant. Einen zusätzlichen und statistisch signifikanten Beitrag zur Varianzaufklärung liefern der Wortschatz (Modell 3, Änderungsstatistik:  $F(2, 107) = 4.01, p = .02$ ) sowie erneut die Abrufgeschwindigkeit aus dem Langzeitgedächtnis (Modell 4, Änderungsstatistik:  $F(4, 103) = 2.55, p = .04$ ). Im fünften Modell zeigt sich, dass beide Variablen einen annähernd so großen Einfluss auf die abhängige Variable haben wie die mathematischen Kompetenzen auf Ebene II (Modell 5: Ebene I:  $\beta = .35, p = .001$ ; Ebene II:  $\beta = .27, p = .01$ ; Wortschatz:  $\beta = .20, p = .05$ ; Abruf aus LZG:  $\beta = -.19, p = .01$ ).

**Tabelle 16.** Ergebnisse der Regressionen der mathematischen Kompetenzen zum 3. MZP.

Variable	$\beta$ -Koeffizienten im Modell				
	1	2	3	4	5
Ebene I (MBK0)	.45**	.45**	.47**	.36**	.35**
Ebene II (MBK0)	.32**	.34**	.27*	.26*	.27*
Phonolog. Bew. i.w.S.		-.06	-.13	-.15	-.14
Phonolog. Bew. i.e.S.		.06	.02	.01	.01
Wortschatz			.24*	.20*	.20*
Grammatik			-.02	-.05	-.03
Zahlenspanne vorw.				.11	.11
Zahlenspanne rückw.				.02	.01
Matrizenaufgabe				.06	.05
Benennen v. Bildern				-.21**	-.19*
Geschlecht <sup>a</sup>					-.07
Alter					-.07
HISEI					-.01
$R^2_{korr}$	.49	.49	.51	.54	.54

Anmerkungen. <sup>a</sup>: 0 = männlich, 1 = weiblich; \*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ ,  $N = 114$ .

Insgesamt leisten die mathematischen Vortestwerte, der Wortschatz und die Abrufgeschwindigkeit aus dem Langzeitgedächtnis einen signifikanten und bedeutsamen Beitrag zur Erklärung der Leistungsunterschiede in den mathematischen Aufgaben kurz nach Schuleintritt.

Zur Prädiktion der mathematischen Leistungen zum Schuljahresende, erfasst mit FIPS, liegen  $N = 108$  vollständige Datensätze vor. Die Normalverteilung der Residuen ist gegeben (KS-Test:  $Z(108) = .52, p = .95$ ). Es liegt keine Autokorrelation vor (Durbin-Watson-Statistik:  $d = 2.03$ ). Nach visueller Inspektion des Streudiagramms sowie regressionsanalytischer Prüfung der absoluten, standardisierten Residuen ist nicht von Heteroskedastizität auszugehen (Glejser-Test:  $F(13, 94) = 1.73, p = .07$ ). Ebenso besteht keine gravierende Multikollinearität der unabhängigen Variablen (Toleranzwerte  $> .33$ ; VIF-Werte  $< 3.05$ ).

Wiederum sind alle berechneten Regressionsmodelle statistisch hoch signifikant (alle  $p < .001$ ) und praktisch bedeutsam (alle  $R^2_{korr} > .40$ ). Im ersten Modell erklären die mathematischen Vortestwerte annähernd zu gleichen Teilen 41 % der Unterschiede in den Leistungen (FIPS) zum Schuljahresende. Im fünften Modell tragen die zusätzlich aufgenommenen Variablen zu einer Varianzaufklärung von 59 % ( $R^2_{korr} > .49$ ) bei. Die Änderung in  $R^2$  ist dabei hoch signifikant (Modell 5, Änderungsstatistik:  $F(3, 94) = 4.81, p = .004$ ). Einen signifikanten zusätzlichen Einfluss hat das Geschlecht (Modell 5:  $\beta = -.20, p = .01$ ). Diesbezüglich besteht ein negativer, signifikanter Zusammenhang, d. h. Mädchen erzielen im Schnitt fast drei Punkte im Gesamtwert weniger als Jungen.

**Tabelle 17.** Ergebnisse der Regressionen der mathematischen Kompetenzen (FIPS) zum 4. MZP.

Variable	$\beta$ -Koeffizienten im Modell				
	1	2	3	4	5
Ebene I (MBK0)	.39**	.38**	.40**	.34**	.30**
Ebene II (MBK0)	.33**	.31**	.23*	.21	.25*
Phonolog. Bew. i.w.S.		.02	-.05	-.05	-.05
Phonolog. Bew. i.e.S.		.02	-.04	-.06	-.08
Wortschatz			.23*	.20	.20
Grammatik			.04	.03	.05
Zahlenspanne vorw.				.09	.11
Zahlenspanne rückw.				-.01	-.05
Matrizenaufgabe				.03	.02
Benennen v. Bildern				-.15	-.13
Geschlecht <sup>a</sup>					-.20**
Alter					-.14
HISEI					.08
$R^2_{korr}$	.41	.40	.43	.43	.49

Anmerkungen. <sup>a</sup>: 0 = männlich, 1 = weiblich; \*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ ,  $N = 108$ .

Für die hierarchische Regression auf die mathematischen Leistungen im lehrplanvaliden Mathematiktest (DEMAT 1+) stehen  $N = 103$  vollständige Fälle zur Verfügung. Die statistische Prüfung der Residuen weist auf Normalverteilung (KS-Test:  $Z(103) = .52, p = .95$ ) sowie Streuungsgleichheit (Glejser-Test:  $F(13, 89) = 1.28, p = .24$ ) hin. Modellverstöße im Hinblick auf Autokorrelation der Residuen (Durbin-Watson-Statistik:  $d = 1.92$ ) sowie Multikollinearität der Prädiktoren (Toleranz-Werte  $> .40$  sowie VIF-Werte  $< 2.53$ ) sind nicht anzunehmen.

Alle berechneten Regressionsmodelle (s. Tab. 18) sind wiederum statistisch und praktisch hoch signifikant (alle  $p < .001$ ). Der bloße Einbezug der Vortestwerte beider Kompetenzebenen führt zu einer Varianzaufklärung von fast 55 % ( $R_{kor}^2 = .55$ ). Interessant ist hierbei, dass die Kompetenzen auf Ebene II einen doppelt so hohen Einfluss haben wie die Kompetenzen der Ebene I (Modell 1: Ebene I:  $\beta = .21, p = .02$ ; Ebene II:  $\beta = .58, p < .001$ ). Der Einfluss der Ebene I wird in den weiteren Modellen nicht mehr signifikant. Der blockweise Einbezug zusätzlicher Variablen führt nur im dritten Modell zu einer signifikanten Erhöhung der aufgeklärten Varianz (Modell 3, Änderungsstatistik:  $F(2, 96) = 3.77, p = .03$ ). Anhand der Variablen, die im fünften Modell enthalten sind, können insgesamt 60 % ( $R_{kor}^2 = .60$ ) der Leistungsunterschiede in der abhängigen Variable erklärt werden. Entscheidend und signifikant hierzu trägt neben den mathematischen Kompetenzen der Ebene II der sozioökonomische Status bei (Modell 5: Ebene II:  $\beta = .55, p < .001$ ; HISEI:  $\beta = .18, p = .02$ ). Die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne sowie der Wortschatz verfehlen als Einflussvariablen knapp die Signifikanz (Modell 5, PB i.w.S.:  $\beta = -.18, p = .051$ , Wortschatz:  $\beta = .19, p = .053$ ). Als stärkster Prädiktor der Mathematikleistung am Ende der ersten Klasse (DEMAT 1+) können die mathematischen Kompetenzen auf Ebene II identifiziert werden. Einen signifikanten, jedoch deutlich geringeren Beitrag zur Varianzaufklärung leistet der HISEI als Maß des sozioökonomischen Status.

**Tabelle 18.** Ergebnisse der Regressionen der mathematischen Kompetenzen (DEMAT 1+) zum 4. MZP.

Variable	$\beta$ -Koeffizienten im Modell				
	1	2	3	4	5
Ebene I (MBK0)	.21*	.18	.19*	.14	.18
Ebene II (MBK0)	.58**	.61**	.57**	.52**	.55**
Phonolog. Bew. i.w.S.		-.10	-.18	-.17	-.18
Phonolog. Bew. i.e.S.		.14	.10	.08	.03
Wortschatz			.25*	.22*	.20
Grammatik			-.05	-.05	-.10
Zahlenspanne vorw.				.06	.05
Zahlenspanne rückw.				.07	.04
Matrizenaufgabe				.09	.11
Benennen v. Bildern				-.05	-.09
Geschlecht <sup>a</sup>					.04
Alter					-.01
HISEI					.18*
$R^2_{\text{kor}}^2$	.55	.56	.58	.58	.60

Anmerkungen. <sup>a</sup>: 0 = männlich, 1 = weiblich; \*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ ,  $N = 103$ .

Zusammenfassend wird aufgrund der zuvor aufgeführten Ergebnisse die **Hypothese 2.2**, die einen direkten, linearen Einfluss der phonologischen Bewusstheit auf die schulischen Mathematikleistungen postuliert, abgelehnt.

### 9.3.2.3 Differenzielle Effekte des Migrationshintergrunds

Nachdem in den vorherigen Abschnitten der Einfluss der phonologischen Bewusstheit auf die mathematischen Kompetenzen gemeinsam für beide Migrationsgruppen untersucht wurde, sollen nachfolgend die hierarchischen Regressionen getrennt nach Migrationshintergrund berechnet und Unterschiede in den Ergebnissen inferenzstatistisch abgesichert werden. Ein geeignetes statistisches Vorgehen hierfür ist die *Multigruppenanalyse*.

Da der Migrationshintergrund als dichotome Variable operationalisiert ist, erfolgt der Vergleich der Regressionsschätzungen mit derselben Modellspezifizierung zwischen der Gruppe mit und ohne Migrationshintergrund. Der Migrationshintergrund wird folglich als „Moderatorvariable“ betrachtet. Die Ergebnisse der Gruppenvergleiche werden in chronologischer Reihenfolge der Messzeitpunkte berichtet.

Aufgrund der Fragestellungen und der Übersichtlichkeit werden nachfolgend nur die Ergebnisse der Regressionsmodelle mit Einbezug aller Prädiktorvariablen, d. h. die fünften Modelle der hierarchischen Regressionen, berichtet. Die zugehörigen Tabellen, die auch die unstandardisierten Koeffizienten ( $b$ ) sowie die Standardfehler ( $SE$ ) für die Berechnung der  $t$ -Werte umfassen, sind in Anhang B aufgeführt (s. Tab. 37 bis

40). Folglich wurde nur für die fünften Modelle ein inferenzstatistischer Vergleich der Regressionskoeffizienten zwischen den Migrationsgruppen vorgenommen.

Im Vorfeld der Ergebnisdarstellung wird kurz auf mögliche Modellverstöße hingewiesen, die separat für die beiden Gruppen geprüft wurden. An dieser Stelle wird erneut darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse aufgrund der relativ kleinen Umfänge der Teilstichproben in Relation zur Anzahl der Prädiktoren nur deskriptiven Charakter haben.

Für die Regression auf die Kompetenzebene I (2. MZP) gilt, dass für beide Gruppen die Voraussetzungen im Hinblick auf Streuungsgleichheit nicht erfüllt sind (Glejser-Test: ohne Mihi:  $F(13, 71) = 3.00, p = .001$ ; mit Mihi:  $F(13, 35) = 2.05, p = .05$ ). Anhand der Regressionsanalyse der absoluten standardisierten Residuen kann für die Gruppe ohne Migrationshintergrund ( $N = 85$ ) die Ursache auf folgende Variablen zurückgeführt werden: mathematische Kompetenzen auf Ebene I, Zentrale Exekutive, Abrufgeschwindigkeit aus dem LZG (alle  $p < .05$ ). Die Gruppe mit Migrationshintergrund ( $N = 49$ ) weist dagegen Auffälligkeiten in der phonologischen Bewusstheit im engeren Sinne auf ( $\beta = -.55, p < .01$ ). Die übrigen Modellannahmen, zu denen normalverteilte Residuen (KS-Test: beide  $p > .64$ ), keine Autokorrelation (Durbin-Watson-Statistik: ohne Mihi:  $d = 1.94$ ; mit Mihi:  $d = 2.59$ ) sowie keine Multikollinearität (Toleranz-Werte  $> .27$ ; VIF-Werte  $< 3.65$ ) zählen, sind erfüllt.

Der Vergleich der Modellzusammenfassung weist auf deutliche Gruppenunterschiede hin. Für die Gruppe ohne Migrationshintergrund lassen sich anhand aller Prädiktoren ungefähr 65 % und für die Gruppe mit Migrationshintergrund 75 % der Varianz in der abhängigen Variable erklären. Der Blick auf die Regressionskoeffizienten zeigt, dass für die Vorhersage der Kompetenzebene I in der Gruppe ohne Migrationshintergrund lediglich die Vortestwerte der Ebene I und die Zentrale Exekutive einen signifikanten Einfluss nehmen (Modell 5: Ebene I:  $\beta = .65, p < .001$ ; Zentrale Exekutive:  $\beta = .21, p = .02$ ). Bei Kindern mit Migrationshintergrund steht neben den Vortestwerten der Ebene I der Wortschatz im Deutschen im Vordergrund (Modell 5: Ebene I:  $\beta = .70, p < .001$ ; Wortschatz:  $\beta = .34, p = .01$ ).

Der statistische Vergleich der Regressionskoeffizienten für Ebene I ergibt keine signifikanten  $t$ -Werte (alle  $t(108) < |1.41|$ ). Folglich sind hypothesenkonform keine differenziellen Effekte zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund für die Vorhersage der Kompetenzebene I zum 2. MZP festzustellen.

Für die Vorhersage der mathematischen Kompetenzebene II ergibt die Prüfung der Modellannahmen in beiden Gruppen (ohne Mihi:  $N = 85$ , mit Mihi:  $N = 49$ ), dass die Residuen normalverteilt (KS-Test: beide  $p > .93$ ) und streuungsgleich sind (Glejser-Test: beide  $p > .15$ ). Zudem ist nicht von Autokorrelation der Residuen auszugehen (Durbin-Watson-Statistik: ohne Mihi:  $d = 2.00$ , mit Mihi:  $d = 1.61$ ). Ebenso ist keine Multikollinearität der Prädiktoren in beiden Migrationsgruppen anzunehmen (Toleranz-Werte  $> .27$ ; VIF-Werte  $< 3.65$ ).

Unter Einbezug aller Prädiktoren können über 60 % der mathematischen Leistungsunterschiede in beiden Gruppen erklärt werden (Modell 5, ohne Mihi:  $R_{kor}^2 = .63$ ; mit Mihi:  $R_{kor}^2 = .64$ ). Alle berechneten Modelle sind statistisch hoch signifikant (alle  $p < .001$ ). Für die Gruppe ohne Migrationshintergrund erweisen sich die Vortestwerte auf Ebene I sowie die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne als signifikante Einflussvariablen. In der Gruppe mit Migrationshintergrund wirken sich dagegen die Vortestwerte auf Ebene II sowie der Wortschatz bedeutsam auf die mathematischen Kompetenzen der Ebene II (2. MZP) aus.

Der statistische Vergleich der deskriptiven Unterschiede der Regressionskoeffizienten liefert keine signifikanten  $t$ -Werte (alle  $t(108) < |1.40|$ ), d. h. es liegt kein Moderatoreffekt des Migrationshintergrunds in den Beziehungen der Prädiktoren für die Kompetenzebene II vor.

Für die Überprüfung von differenziellen Effekten in der mathematischen Lernausgangslage (FIPS) liegen normalverteilte Residuen vor (KS-Test: beide  $p > .45$ ). Es kann auch Homoskedastizität der Residuen angenommen werden (Glejser-Test: beide  $p > .09$ ). Zudem besteht keine ernst zu nehmende Autokorrelation (Durbin-Watson-Statistik: ohne Mihi:  $d = 2.07$ ; mit Mihi:  $d = 2.01$ ). Es ergibt sich jedoch das Problem der Multikollinearität für die Gruppe mit Migrationshintergrund bezüglich der mathematischen Kompetenzebene I (Toleranz-Werte = .22; VIF-Werte = 4.60).

Die Stichprobe umfasst für die Gruppe ohne Migrationshintergrund  $N = 75$  und für die Gruppe mit Migrationshintergrund  $N = 39$  vollständige Datensätze.

Die berechnete Regression ist statistisch hoch signifikant (alle  $p < .001$ ). Unter Einbezug aller Prädiktoren lassen sich für Kinder ohne Migrationshintergrund 46 % und für Kinder mit Migrationshintergrund 57 % der Unterschiede in der Lernausgangslage erklären (Modell 5, ohne Mihi:  $R_{kor}^2 = .46$ ; mit Mihi:  $R_{kor}^2 = .57$ ). Für Kinder ohne Migrationshintergrund erweist sich nur die Kompetenzebene I als bedeutsamer Prädiktor (Modell 5: Ebene I:  $\beta = .33, p = .01$ ). Für Kinder mit Migrationshintergrund nimmt zudem auch das Alter einen signifikanten, negativen Einfluss (Modell 5: Ebene I:  $\beta = .51, p = .03$ ; Alter:  $\beta = -.32, p = .05$ ). Dieses Ergebnis würde inhaltlich bedeuten, dass ältere Kinder schlechtere Leistungen erzielen, was im Widerspruch zu früheren Studien zu Alterseffekten steht. Aufgrund dessen ist eher von statistischen Verzerrungen in den Parametern aufgrund der genannten Modellverstöße sowie der verhältnismäßig kleinen Teilstichprobe auszugehen. Die inferenzstatistische Überprüfung von Unterschieden in den Regressionskoeffizienten ergibt wiederum keinen signifikanten Moderatoreffekt des Migrationshintergrunds (alle  $t(88) < |1.41|$ ).

Für die Regression auf die mathematischen Leistungen (FIPS) zum Ende des ersten Schuljahres liegen für die Analytestichprobe (ohne Mihi:  $N = 85$ , mit Mihi:  $N = 49$ ) erneut normalverteilte (KS-Test: beide  $p > .73$ ) und streuungsgleiche Residuen vor (Glejser-Test: beide  $p > .12$ ). Zudem besteht keine ernst zu nehmende Autokorrelation (Durbin-Watson-Statistik: ohne Mihi:  $d = 1.91$ ; mit Mihi:  $d = 2.35$ ). Erneut ergibt sich das Problem der Multikollinearität für die Gruppe mit Migrationshintergrund



bezüglich der mathematischen Kompetenzebene I (Toleranz-Werte = .24; VIF-Werte = 4.12).

Die berechnete Regression ist statistisch signifikant (Modell 5: ohne Mihi:  $p < .001$ ; mit Mihi:  $p < .01$ ). Der Anteil der aufgeklärten Varianz beträgt in beiden Migrationsgruppen 42 % (beide  $R_{korrr}^2 = .42$ ). Bei Betrachtung der Prädiktoren erweisen sich für die Gruppe ohne Migrationshintergrund die Kompetenzebene I sowie das Geschlecht als bedeutsam (Modell 5: Ebene I:  $\beta = .30, p = .03$ ; Geschlecht:  $\beta = .25, p = .02$ ). Für die Gruppe mit Migrationshintergrund sind überraschenderweise keine der einbezogenen Prädiktoren im Gesamtmodell statistisch signifikant. Die Ebene I verfehlt womöglich aufgrund der Multikollinearität und der vergleichsweise kleinen Stichprobe die Signifikanz (Modell 5: Ebene I:  $\beta = .46, p = .09$ ).

Insgesamt kann inferenzstatistisch kein signifikanter Moderatoreffekt des Migrationshintergrunds festgestellt werden (alle  $t(82) < |1.41|$ ).

Abschließend werden die Ergebnisse der Regression auf die Leistungen im DEMAT 1+ berichtet. Hierfür liegen für die Gruppe ohne Migrationshintergrund  $N = 67$  und für die Gruppe mit Migrationshintergrund  $N = 36$  vollständige Datensätze vor.

Für beide Migrationsgruppen sind die Residuen normalverteilt (KS-Test: beide  $p > .93$ ). Zudem kann Homoskedastizität der Residuen angenommen werden (Glejser-Test: beide  $p > .60$ ). Es besteht keine ernst zu nehmende Autokorrelation (Durbin-Watson-Statistik: ohne Mihi:  $d = 2.00$ ; mit Mihi:  $d = 2.37$ ). Jedoch ergibt sich wiederum das Problem der Multikollinearität für die Gruppe mit Migrationshintergrund für die mathematischen Kompetenzen (Toleranz-Wert = .23; VIF-Wert = 4.29).

Die Statistik der Modellzusammenfassung ergibt, dass für die Gruppe ohne Migrationshintergrund 60 % ( $R_{korrr}^2 = .60$ ) und für die Gruppe mit Migrationshintergrund 49 % ( $R_{korrr}^2 = .49$ ) der Varianz in der abhängigen Variable erklärt werden können. Beide Regressionsmodelle sind statistisch signifikant (Modell 5: ohne Mihi:  $p < .001$ ; mit Mihi:  $p < .01$ ). Für die Gruppe ohne Migrationshintergrund erweisen sich die mathematischen Kompetenzen auf Ebene II sowie der sozioökonomische Status als relevante Einflussfaktoren (Modell 5: Ebene II:  $\beta = .55, p = .001$ ; HISEI:  $\beta = .22, p = .02$ ). Für die Gruppe mit Migrationshintergrund ist dagegen nur die Kompetenzebene II ein bedeutsamer Prädiktor (Modell 5: Ebene II:  $\beta = .49, p = .02$ ).

Für den Vergleich der Regressionskoeffizienten zwischen den Migrationsgruppen ergeben sich erneut keine signifikanten Werte (alle  $t(77) < |1.39|$ ). Folglich ist auch für die Vorhersage der schulischen Mathematikleistung im DEMAT 1+ von keinem Moderatoreffekt des Migrationshintergrunds auszugehen.

Zusammenfassend kann die **Hypothese 2.3**, die von vergleichbaren Zusammenhängen zwischen vorschulischen Einflussvariablen und mathematischen Kompetenzen ausgeht, angenommen werden. Allerdings müssen die zuvor berichteten Verstöße gegen die Modellannahmen bei der Hypothesentestung und Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

## 9.4 Spezifische und unspezifische Fördereffekte auf die mathematischen Kompetenzen

Die dritte Fragestellung der vorliegenden Arbeit befasst sich mit differenziellen Fördereffekten auf die mathematischen Kompetenzen, die neben den üblicherweise eingesetzten, spezifischen Vorschultrainings auch von dem Würzburger Training der phonologischen Bewusstheit (HLL und HLL 2) angenommen werden. Im Vordergrund steht auch hier der Vergleich der kurz- und längerfristigen Wirksamkeit bei Kindern mit und ohne Migrationshintergrund.

Nachfolgend werden die Ergebnisse zu spezifischen und unspezifischen Fördereffekten auf die mathematischen Kompetenzen bei Berücksichtigung des Migrationshintergrunds dargestellt. Im Vorfeld der Ergebnispräsentation erfolgt eine Prüfung von migrationspezifischen Unterschieden in den Mittelwerten der Kontrollvariablen, um diesbezügliche Einflüsse auf die mathematischen Leistungszuwächse bei den Hypothesentests im letzten Analyseschritt zu kontrollieren.

Um Abweichungen in den Fallzahlen für das Vorschul- bzw. erste Schuljahr zu vermeiden, erfolgt die Auswertung mit SPSS multivariat und getrennt für beide Zeiträume, wobei nur die univariaten Ergebnisse berichtet werden.

### 9.4.1 Spezifische Fördereffekte in Abhängigkeit vom Trainingskonzept

Im Hinblick auf spezifische Fördereffekte wird mit **Hypothese 3.1** angenommen, dass Kinder mit Migrationshintergrund derart vom eingesetzten mathematischen Vorschultraining profitieren, dass sie ihre Leistungsdefizite zu den Gleichaltrigen ohne Migrationshintergrund reduzieren können.

Für die in der vorliegenden Studie verwendeten Trainingsprogramme wird eine signifikante Überlegenheit von MZZ (Krajewski et al., 2007) gegenüber den beiden Zahlenland-Programmen (Friedrich & de Galgóczy, 2004; Preiß, 2004, 2005) aufgrund der sprachlichen Ausgestaltung postuliert.

Die Voranalysen zeigen, dass das Geschlechtsverhältnis in den einzelnen mathematischen Fördergruppen sowie der Kontrollgruppe ausbalanciert ist ( $\chi^2(3) = .160, p = .984$ ). Dies zeigte sich auch bei Unterteilung nach Migrationshintergrund (ohne Mihi:  $\chi^2(3) = 1.227, p = .746$ ; mit Mihi:  $\chi^2(3) = 2.642, p = .450$ ).

Die Vergleiche zwischen den Fördergruppen in den nicht mathematischen Kompetenzen sowie den Hintergrundvariablen ergeben signifikante Unterschiede in folgenden Variablen (s. Tab. 41 in Anhang C): Schnelles Benennen von Bildern und Würfelbildern, Zahlenspanne vorwärts und rückwärts, Wortschatz, grammatische Fähigkeiten, Dauer des Kindergartenbesuchs (alle  $p < .05$ ). Signifikante Interaktionseffekte liegen bei globaler Auswertung nur für die Variablen des Abrufs aus dem Langzeitgedächtnis (schnelles Benennen von Bildern bzw. Würfelbildern,  $p < .05$ ) vor.

Für die weiteren Analysen werden die beiden Zahlenlandgruppen als Trainingsvergleichsgruppe zusammengefasst. Hierdurch ergibt sich auch eine größere Teilstichprobe.

Es werden zunächst die Ergebnisse der kurzfristigen Effekte auf die mathematischen Leistungen im Nachtest (2. MZP) und anschließend die Ergebnisse der Transfereffekte auf die schulischen Mathematikleistungen (3. und 4. MZP; FIPS und DEMAT 1+) berichtet.

#### 9.4.1.1 Kurzfristige, spezifische Trainingseffekte

Die Überprüfung der Voraussetzungen der ANCOVA ergibt, dass die abhängigen Variablen nicht normalverteilt sind (KS-Test: alle  $p < .20$ ).

Auch Gleichheit der Fehlervarianzen ist nicht für alle abhängigen Variablen gegeben (Levené-Test, Ebene I:  $F(5, 203) = 2.35, p < .05$ ; Ebene II:  $F(5, 203) = 4.286, p < .001$ ).

Einschränkend für die Aussagekraft der Ergebnisse kommt hinzu, dass die Fallzahlen ( $7 < N < 52$ ) für die einzelnen Faktorstufen stark divergieren (s. Tab. 19).

**Tabelle 19.** Deskriptive Statistiken der mathematischen Kompetenzen zum 2. MZP getrennt nach Förderung und Migrationshintergrund.

Variable	Förderung	Mihi	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	
Ebene I (MBK0)	keine	ohne	24	16.54	4.61	
		mit	24	14.02	5.87	
	MZZ	ohne	52	18.37	4.09	
		mit	7	17.86	4.26	
	ZL <sub>P</sub>	ohne	33	18.71	3.92	
		mit	6	18.17	3.87	
	ZL <sub>F</sub>	ohne	49	18.66	3.70	
		mit	14	16.89	3.72	
	Ebene II (MBK0)	keine	ohne	24	17.88	3.70
			mit	24	14.79	4.56
MZZ		ohne	52	20.77	2.00	
		mit	7	18.86	2.27	
ZL <sub>P</sub>		ohne	33	19.67	2.69	
		mit	6	19.00	3.41	
ZL <sub>F</sub>		ohne	49	19.67	2.30	
		mit	14	18.14	4.29	

*Anmerkungen.* Mihi = Migrationshintergrund; ZL<sub>P</sub> = Zahlenland nach Preiß (2004, 2005); ZL<sub>F</sub> = Zahlenland nach Friedrich & de Galgóczy (2004).

Für die Kompetenzen der Ebene I zum 2. MZP erweisen sich nur die Vortestleistungen in dieser Variable als signifikante und stark bedeutsame Kovariaten (Ebene I:  $F(1, 201) = 152.49, p < .001, \eta_p^2 = .43$ ; Ebene II:  $F(1, 201) = 2.56, p = .11$ ).

Nach Kontrolle der Vortestwerte ergibt sich nur für die Fördergruppe ein signifikanter und schwacher Haupteffekt ( $F(2, 201) = 3.29, p = .04, \eta_p^2 = .03$ ; Migration:  $F(1, 201) = 1.54, p = n.s.$ ; Interaktion:  $F(2, 201) = 1.86, p = n.s.$ ).

Die nachgeschobenen, paarweisen Vergleiche mit Bonferroni-Korrektur zeigen, dass der o. g. Haupteffekt auf einem signifikant höheren Mittelwert der MZZ-Trainingsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe ( $p = .03$ ) beruht. Die übrigen Paarvergleiche fallen auch bei einseitiger Hypothesentestung nicht signifikant aus ( $p > .20$ ).

Für die Leistungen der Kompetenzebene II (2. MZP) erweisen sich beide Kovariaten als signifikant und moderat bedeutsam (Ebene I:  $F(1, 201) = 84.99, p < .001, \eta_p^2 = .07$ ; Ebene II:  $F(1, 201) = 23.47, p < .001, \eta_p^2 = .11$ ).

Nach Kontrolle der Vortestwerte ergibt sich ein signifikanter, moderater Haupteffekt der Fördergruppe ( $F(2, 201) = 10.95, p < .001, \eta_p^2 = .10$ ) sowie ein signifikanter, kleiner Effekt der Migrationsgruppe ( $F(1, 201) = 4.22, p = .04, \eta_p^2 = .02$ ). Die Interaktion wird nicht signifikant ( $F(2, 201) = 0.86, p = n.s.$ ).

Die nachgeschobenen, paarweisen Vergleiche mit Bonferroni-Korrektur zeigen, dass der o. g. Haupteffekt der Förderung auf einen signifikant höheren Mittelwert der MZZ-Trainingsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe ( $p < .001$ ) sowie der Zahlenlandgruppe ( $p < .05$ ) zurückzuführen ist. Auch die Zahlenlandgruppe ist der Kontrollgruppe im Durchschnitt signifikant überlegen ( $p < .01$ ).

Betrachtet man die um die Vortestwerte bereinigten Differenzen der Mittelwerte (s. Tab. 20) zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund in den einzelnen Fördergruppen, so zeigt sich, dass für die mathematische Kompetenzebene I die Kinder mit Migrationshintergrund sogar fast zwei Punkte höher liegen. In der Zahlenland- und Kontrollgruppe gibt es keine nennenswerten Unterschiede.

Auf Ebene II unterscheiden sich die Migrationsgruppen innerhalb der MZZ-Trainingsgruppe nicht voneinander. Dagegen liegen die Kinder mit Migrationshintergrund in der Kontrollgruppe fast zwei Punkte und in der Zahlenlandgruppe fast ein Punkt unter den Gleichaltrigen ohne Migrationshintergrund. Nachträgliche Gruppenvergleiche (univariate ANCOVAs), die separat für die einzelnen Fördergruppen zur inferenzstatistischen Absicherung durchgeführt wurden, ergeben keine signifikanten Unterschiede (alle  $p < .13$ ).

**Tabelle 20.** Geschätzte Randmittel der mathematischen Kompetenzen zum 2. MZP getrennt nach Förderung und Migrationshintergrund.

Variable	Förderung	Mihi	<i>M</i>	<i>SE</i>
Ebene I (MBK0)	keine	ohne	17.10	0.53
		mit	17.13	0.56
	MZZ	ohne	17.74	0.36
		mit	19.81	0.99
	ZL <sub>zs</sub>	ohne	17.78	0.29
		mit	17.51	0.58
Ebene II (MBK0)	keine	ohne	18.30	0.49
		mit	16.60	0.51
	MZZ	ohne	20.32	0.33
		mit	20.04	0.91
	ZL <sub>zs</sub>	ohne	19.20	0.27
		mit	18.40	0.53

Anmerkungen. Mihi = Migrationshintergrund; ZL<sub>zs</sub> = Zahlenlandgruppen zusammengefasst.

Die **Hypothese 3.1.1** wird somit bestätigt. Das MZZ-Training führt kurzfristig zu einer signifikanten Verbesserung der mathematischen Kompetenzen (Ebene I und II) und ist den beiden Zahlenland-Trainingsprogrammen sowie einer mathematischen Förderung im Alltagskontext (Kontrollgruppe) überlegen.

Anhand der vorliegenden Daten lässt sich belegen, dass Kinder mit Migrationshintergrund vom MZZ-Training profitieren und ihren Leistungsrückstand im Vergleich zu Kindern ohne Migrationshintergrund kurzfristig reduzieren können (kompensatorische Förderung). Eine ähnliche, leistungsmäßige Annäherung zwischen den Migrationsgruppen zeigt sich auch in der Zahlenland- sowie der Kontrollgruppe.

#### 9.4.1.2 Spezifische Transfereffekte

Zur Überprüfung der spezifischen Transfereffekte wurden die schulischen Mathematikleistungen zu Beginn (FIPS) und am Ende der ersten Klasse (FIPS und DEMAT 1+) als abhängige Variablen betrachtet (s. Tab. 21).

Auch für die schulischen Mathematikleistungen kann keine Normalverteilung der abhängigen Variablen angenommen werden (KS-Test: alle  $p < .20$ ). Dagegen sind homogene Fehlervarianzen gegeben (Levené-Test: alle  $p > .05$ ).

Einschränkend für die Aussagekraft der Ergebnisse kommt auch hier hinzu, dass sich die Fallzahlen auf den einzelnen Faktorstufen deutlich unterscheiden und durch die mehrfache Untergruppierung teilweise sehr klein ausfallen ( $6 < N < 46$ ).

Für die schulischen Mathematikleistungen erweisen sich die Vortestleistungen auf Kompetenzebene I und II als signifikant (alle  $p < .01$ ).

Hinsichtlich der Effektgröße ist die Kompetenzebene I als Kovariate stark bedeutsam ( $\eta_p^2 > .26$  bzw.  $\eta_p^2 = .13$  für DEMAT 1+) und der Einfluss der Kompetenzebene II

als schwach bedeutsam einzuordnen ( $.05 < \eta_p^2 < .07$ ). Ein signifikanter und schwacher Haupteffekt der Förder- und Migrationsgruppe ergibt sich – nach Kontrolle der mathematischen Vortestwerte – nur für den Summenwert im DEMAT 1+ (Förderung:  $F(2, 157) = 3.89, p = .02, \eta_p^2 = .05$ ; Migration:  $F(2, 157) = 8.42, p < .01, \eta_p^2 = .05$ ; Interaktion:  $F(2, 157) = 1.82, p = n.s.$ ).

**Tabelle 21.** Deskriptive Statistiken der mathematischen Kompetenzen zum 3. MZP und 4. MZP getrennt nach Förderung und Migrationshintergrund.

Variable	Förderung	Mihi	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	
FIPS gesamt (3. MZP)	keine	ohne	20	31.80	8.43	
		mit	16	23.38	8.22	
	MZZ	ohne	46	32.00	7.61	
		mit	6	28.17	7.65	
	ZL <sub>P</sub>	ohne	25	31.76	6.81	
		mit	5	30.20	5.89	
	ZL <sub>F</sub>	ohne	40	31.13	6.14	
		mit	7	31.00	4.55	
	FIPS (4. MZP)	keine	ohne	20	31.75	7.62
			mit	16	25.25	7.09
MZZ		ohne	46	35.17	6.14	
		mit	6	29.00	7.16	
ZL <sub>P</sub>		ohne	25	33.52	5.50	
		mit	5	34.00	6.63	
ZL <sub>F</sub>		ohne	40	35.73	5.68	
		mit	7	34.00	7.39	
DEMAT 1+ (4. MZP)		keine	ohne	20	14.30	5.97
			mit	16	7.88	5.81
	MZZ	ohne	46	16.67	4.58	
		mit	6	10.17	5.27	
	ZL <sub>P</sub>	ohne	25	16.24	4.05	
		mit	5	16.00	7.78	
	ZL <sub>F</sub>	ohne	40	18.25	4.75	
		mit	7	15.29	5.71	

*Anmerkungen.* Mihi = Migrationshintergrund; ZL<sub>P</sub> = Zahlenland nach Preiß (2004, 2005); ZL<sub>F</sub> = Zahlenland nach Friedrich & de Galgóczy (2004).

Die nachgeschobenen, paarweisen Vergleiche der Leistungen im DEMAT 1+ zum 4. MZP mit Bonferroni-Korrektur belegen, dass der Haupteffekt der Förderung auf einem signifikant höheren Mittelwert der Zahlenland-Trainingsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe ( $p = .02$ ) basiert.

Deskriptiv betrachtet lässt sich zum 3. MZP ein Leistungsvorsprung der Kinder mit Migrationshintergrund der MZZ-Trainingsgruppe in den FIPS-Summenwerten erkennen.

Für den 4. MZP wurden in FIPS tendenziell bessere Leistungen für die MZZ-Trainingsgruppe unabhängig vom Migrationshintergrund ermittelt.

In den Leistungen im DEMAT 1+ liegen die Kinder ohne Migrationshintergrund aller Förderbedingungen ziemlich auf einem Niveau. Bei den Kindern mit Migrationshintergrund schneiden die der Zahlenland-Trainingsgruppe am besten ab, gefolgt von den Kindern der MZZ-Trainingsgruppe, die den Kindern der Zahlenlandgruppe mit ca. zwei Punkten unterliegen.

**Tabelle 22.** Geschätzte Randmittel der mathematischen Kompetenzen zum 3. MZP und 4. MZP getrennt nach Förderung und Migrationshintergrund.

Variable	Förderung	Mihi	<i>M</i>	<i>SE</i>
FIPS gesamt (3. MZP)	keine	ohne	33.74	1.14
		mit	28.79	1.32
	MZZ	ohne	30.66	0.75
		mit	33.32	2.09
	ZL <sub>zs</sub>	ohne	29.87	0.63
		mit	30.91	1.45
FIPS (4. MZP)	keine	ohne	33.48	1.02
		mit	30.02	1.18
	MZZ	ohne	33.98	0.67
		mit	33.56	1.87
	ZL <sub>zs</sub>	ohne	33.56	0.57
		mit	34.20	1.29
DEMAT 1+ (4. MZP)	keine	ohne	15.63	0.90
		mit	11.27	1.04
	MZZ	ohne	15.78	0.59
		mit	13.48	1.65
	ZL <sub>zs</sub>	ohne	16.55	0.50
		mit	15.65	1.14

*Anmerkungen.* Mihi = Migrationshintergrund; ZL<sub>zs</sub> = Zahlenlandgruppen zusammengefasst.

Insgesamt muss die **Hypothese 3.1.2** anhand der vorliegenden Ergebnisse abgelehnt werden. Kinder, die im Vorschuljahr mit dem MZZ-Training gefördert wurden, sind den Kindern der Vergleichsgruppen – sowohl der Zahlenland-Trainingsgruppe als auch der untrainierten Kontrollgruppe – im Hinblick auf die mathematischen Transferleistungen nicht signifikant überlegen.

#### 9.4.1.3 Fördereffekte bei Berücksichtigung von Kontrollvariablen

Da die Zuweisung der Kinder zu den einzelnen Fördergruppen nicht randomisiert erfolgte, sollen nachfolgend bei der Überprüfung von Fördereffekten Unterschiede in den Ausgangswerten der erfassten Kontrollvariablen berücksichtigt werden.

Hierdurch soll der Einfluss von möglichen Störvariablen, die aufgrund des quasiexperimentellen Studiendesigns zustande kamen, in den Analysen berücksichtigt werden.

Die zuvor berichteten Analysen zur Überprüfung von Fördereffekten wurden erneut unter Einbezug folgender Ausgangswerte als Kovariaten, in denen sich signifikante

Gruppenunterschiede in den Voranalysen ergaben, berechnet: Ebene I und II (MBK 0), schnelles Benennen von Bildern, Zahlenspanne vorwärts sowie rückwärts, Wortschatz und grammatische Fähigkeiten.

Das schnelle Benennen von Würfelbildern wurde aufgrund der inhaltlichen Nähe zu den mathematischen Kompetenzen nicht als Kontrollvariable herangezogen.

Die Testvoraussetzungen waren in Bezug auf Gleichheit der Fehlervarianzen für die Ebene II aufgrund abweichender Stichprobenzahlen durch Einbezug der Kovariaten nicht erfüllt (Levené-Test:  $F(5, 185) = 2.48, p = .03$ ).

Die univariaten Ergebnisse zeigen, dass nur die Kompetenzebene I als Kovariate für beide abhängige Variablen (Ebene I und II) relevant ist (s. Tab. 42 in Anhang C).

Nach Einbezug der genannten Kovariaten ergibt sich nur ein signifikanter, schwacher Haupteffekt der Migrationsgruppe ( $F(1, 177) = 5.75, p = .02, \eta_p^2 = .03$ ; Fördergruppe und Interaktion:  $p > .20$ ). Die Kinder mit Migrationshintergrund sind den Kindern ohne Migrationshintergrund leistungsmäßig überlegen.

Für die Kompetenzebene II ergibt sich nur ein signifikanter, wengleich mittelgroßer Effekt für die Fördergruppe ( $F(2, 177) = 7.13, p = .001, \eta_p^2 = .08$ ; Migration:  $F(1, 177) < 1, p = n.s.$ ; Interaktion:  $F(2, 177) < 1$ ).

Dieser zeigt sich darin (s. Tab. 23), dass die MZZ-Trainingsgruppe der Kontrollgruppe ( $p = .001$ ) sowie der Zahlenland-Trainingsgruppe signifikant überlegen ist ( $p = .05$ ).

**Tabelle 23.** Geschätzte Randmittel der mathematischen Kompetenzen zum 2. MZP getrennt nach Förderung und Migrationshintergrund bei Berücksichtigung von Kontrollvariablen.

Variable	Förderung	Mihi	<i>M</i>	<i>SE</i>	
Ebene I (MBK 0)	keine	ohne	16.93	0.57	
		mit	18.18	0.64	
	MZZ	ohne	17.62	0.38	
		mit	19.69	1.01	
	ZL <sub>zs</sub>	ohne	17.39	0.32	
		mit	18.24	0.65	
	Ebene II (MBK 0)	keine	ohne	17.83	0.52
			mit	18.12	0.58
MZZ		ohne	20.06	0.34	
		mit	20.53	0.91	
ZL <sub>zs</sub>		ohne	18.80	0.29	
		mit	19.31	0.59	

*Anmerkungen.* Mihi = Migrationshintergrund; ZL<sub>zs</sub> = Zahlenlandgruppen zusammengefasst.

Für die Transfereffekte zum Beginn der ersten Klasse (FIPS gesamt) erweisen sich die Kompetenzebene I und die Zahlenspanne vorwärts als signifikante Kovariaten (Ebene I:  $F(1, 140) = 46.00, p < .001, \eta_p^2 = .25$ ; Zahlenspanne vorwärts:  $F(1, 140) = 13.66, p < .001, \eta_p^2 = .09$ ). Es ergeben sich keine signifikanten Haupteffekte und kein signifikanter Interaktionseffekt (alle  $p = n.s.$ ).



Für die Transfereffekte zum Schuljahresende zeigen sich für den FIPS-Gesamtwert signifikante Effekte der Kovariaten Ebene I und Zahlenspanne vorwärts (Ebene I:  $F(1, 140) = 33.85, p < .001, \eta_p^2 = .20$ ; Zahlenspanne vorwärts:  $F(1, 140) = 5.48, p = .02, \eta_p^2 = .04$ ). Es ergeben sich keine signifikanten Haupteffekte bzw. kein signifikanter Interaktionseffekt (alle  $p = n.s.$ ).

Für die Transfereffekte zum 4. MZP auf die Leistungen im DEMAT 1+ liefert die berechnete ANCOVA ebenso keine signifikanten Haupteffekte und keine signifikante Interaktion ( $p > .07$ ). Hier lässt sich nur ein signifikanter, kleiner bis moderater Einfluss der spezifischen Vorläuferkompetenzen als Kovariaten ermitteln (Ebene I:  $F(1, 140) = 14.59, p < .001, \eta_p^2 = .09$ ; Ebene II:  $F(1, 140) = 4.59, p = .03, \eta_p^2 = .03$ ).

**Tabelle 24.** Geschätzte Randmittel der mathematischen Kompetenzen zum 3. MZP und 4. MZP getrennt nach Förderung und Migrationshintergrund bei Berücksichtigung von Kontrollvariablen.

Variable	Förderung	Mihi	$M$	$SE$
FIPS (3. MZP) gesamt	keine	ohne	34.13	1.22
		mit	31.00	1.50
	MZZ	ohne	30.58	0.76
		mit	33.69	2.12
	ZL <sub>zs</sub>	ohne	29.52	0.65
		mit	31.60	1.57
FIPS (4. MZP)	keine	ohne	33.11	1.11
		mit	32.31	1.36
	MZZ	ohne	33.82	0.69
		mit	34.32	1.93
	ZL <sub>zs</sub>	ohne	33.03	0.59
		mit	35.43	1.43
DEMAT 1+ (4. MZP)	keine	ohne	15.56	0.97
		mit	13.10	1.19
	MZZ	ohne	15.70	0.60
		mit	13.82	1.69
	ZL <sub>zs</sub>	ohne	16.03	0.52
		mit	17.05	1.24

Anmerkungen. Mihi = Migrationshintergrund; ZL<sub>zs</sub> = Zahlenlandgruppen zusammengefasst.

Zusammenfassend können die zuvor gefundenen Fördereffekte und Gruppenunterschiede bei Berücksichtigung der zuvor definierten Kontrollvariablen nicht global bestätigt werden. Lediglich die kurzfristigen Trainingseffekte auf die Ebene II erweisen sich als robust.

Bei deskriptiver Betrachtung der geschätzten Randmittel in Tabelle 24 lässt sich feststellen, dass die MZZ-Trainingsgruppe der Kinder mit Migrationshintergrund tendenziell den anderen Teilgruppen überlegen ist. Ausgenommen sind hiervon die Leistungen im DEMAT 1+, in dem sich die höchsten Werte für Kinder mit Migrationshintergrund in der Zahlenland-Trainingsgruppe zeigen. Zudem weist die Zahlenland-

Trainingsgruppe auch die geringste Leistungsdifferenz zwischen den Migrationsgruppen auf.

Insgesamt sind die festgestellten Unterschiede zwischen den Fördergruppen teilweise auf Unterschiede in den Ausgangswerten der Gedächtnismaße (v. a. Zahlenspanne vorwärts) sowie der grammatischen Fähigkeiten zurückzuführen und bei Berücksichtigung dieser Kontrollvariablen als wenig robust einzuordnen.

### 9.4.2 Unspezifische Fördereffekte durch ein Training der phonologischen Bewusstheit

Nachdem im vorangegangenen Abschnitt die kompensatorische Wirksamkeit von bereichsspezifischen Vorschultrainings geprüft wurde, soll nachfolgend analysiert werden, ob sich ein vorschulisches Training der phonologischen Bewusstheit (HLL und HLL 2) kurz- und langfristig positiv auf die mathematischen Kompetenzen auswirkt.

Auch mit der **Hypothese 3.2** wird eine kompensatorische Wirksamkeit und damit Reduktion der Leistungsunterschiede zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund postuliert.

Im Rahmen der Voranalysen zeigt sich ein ausgewogenes Geschlechtsverhältnis zwischen den Fördergruppen, sowohl für die Migrationsgruppen gemeinsam ( $\chi^2(1) = 1.11, p = n.s.$ ) als auch getrennt (ohne Mihi:  $\chi^2(1) = .73, p = n.s.$ ; mit Mihi:  $\chi^2(1) = .00, p = n.s.$ ). Ein signifikanter Gruppenunterschied (s. Tab. 43 in Anhang C) liegt nur für den sozioökonomischen Status (HISEI) vor ( $F(1, 219) = 5.42, p = .02$ ).

In Bezug auf die Voraussetzungen der ANCOVA kann auch für diese Gruppeneinteilung (s. Tab. 25) keine Normalverteilung der abhängigen Variablen angenommen werden (KS-Test: alle  $p < .20$ ).

**Tabelle 25.** Deskriptive Statistiken der mathematischen Kompetenzen zum 2. MZP getrennt nach Förderung und Migrationshintergrund.

Variable	Förderung	Mihi	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Ebene I (MBK 0)	keine	ohne	24	16.54	4.61
		mit	24	14.02	5.87
	HLL	ohne	52	18.37	4.09
		mit	7	17.86	4.26
Ebene II (MBK 0)	keine	ohne	33	18.71	3.92
		mit	6	18.17	3.87
	HLL	ohne	49	18.66	3.70
		mit	14	16.89	3.72
	keine	ohne	24	17.88	3.70
		mit	24	14.79	4.56

Anmerkung. Mihi = Migrationshintergrund.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der ANCOVAs mit den dichotomen Gruppenfaktoren für Migrationshintergrund und Training der phonologischen Bewusstheit (HLL

und HLL 2) sowie den mathematischen Vortestwerten als Kovariaten (separat für Ebene I und II) und den mathematischen Kompetenzen als abhängige Variable berichtet.

#### 9.4.2.1 Kurzfristige, unspezifische Trainingseffekte

Die Prüfung der Voraussetzungen ergibt zudem keine homogenen Fehlervarianzen für die Ebene I als abhängige Variable (Levené-Test:  $F(3, 206) = 4.15, p < .01$ ).

Für die Leistungen auf Ebene I zum 2. MZP erweisen sich nur die Vortestwerte der Ebene I als Kovariaten als statistisch und praktisch hoch bedeutsam (Ebene I:  $F(1, 204) = 197.64, p < .001, \eta_p^2 = .49$ ; Ebene II:  $F(1, 204) = 2.05, p = n.s.$ ). Es sind weder signifikante Gruppenunterschiede noch eine signifikante Wechselwirkung nachweisbar, wobei die Förderbedingung knapp die Signifikanz verfehlt (Förderung:  $F(1, 204) = 3.40, p = n.s.$ ; Migration:  $F(1, 204) < 1$ ; Interaktion:  $F(1, 204) < 1$ ).

Für die Leistungen auf Ebene II zum 2. MZP erweisen sich die Vortestwerte auf beiden Ebenen als Kovariaten als statistisch und praktisch hoch bedeutsam (Ebene I:  $F(1, 204) = 33.55, p < .001, \eta_p^2 = .14$ ; Ebene II:  $F(1, 204) = 35.05, p < .001, \eta_p^2 = .15$ ). Es sind signifikante, kleine Gruppenunterschiede, jedoch keine signifikante Wechselwirkung nachweisbar (Förderung:  $F(1, 204) = 5.48, p < .05, \eta_p^2 = .03$ ; Migration:  $F(1, 204) = 7.49, p < .01, \eta_p^2 = .04$ ; Interaktion:  $F(1, 204) < 1$ ).

Deskriptiv (s. Tab. 26) lässt sich sowohl zwischen den Förder- als auch Migrationsgruppen ein Unterschied erkennen, der sich darin abbildet, dass die HLL-Gruppe gegenüber der Kontrollgruppe, bei Kontrolle der Vortestwerte, um knapp einen Punkt überlegen ist. Die Leistungsdifferenzen zwischen den Migrationsgruppen innerhalb der Förder- bzw. Kontrollgruppe sind marginal und betragen weniger als einen Punkt.

**Tabelle 26.** Geschätzte Randmittel der mathematischen Kompetenzen zum 2. MZP getrennt nach Förderung und Migrationshintergrund.

Variable	Förderung	Mihi	<i>M</i>	<i>SE</i>
Ebene I (MBK 0)	keine	ohne	15.86	0.54
		mit	16.00	0.55
	HLL	ohne	16.85	0.27
		mit	16.64	0.34
Ebene II (MBK 0)	keine	ohne	17.29	0.54
		mit	16.05	0.55
	HLL	ohne	18.32	0.27
		mit	17.08	0.34

Anmerkung. Mihi = Migrationshintergrund.

Insgesamt muss anhand der vorliegenden Ergebnisse die **Hypothese 3.2.1**, die kurzfristige Fördereffekte des HLL-Trainings für beide mathematischen Kompetenzebenen zum 2. MZP postuliert, abgelehnt werden. Ein kurzfristiger Fördereffekt kann nur für die mathematischen Kompetenzen auf Ebene II nachgewiesen werden.

### 9.4.2.2 Unspezifische Transfereffekte

Die kovarianzanalytische Überprüfung von Transfereffekten (s. Tab. 27) ergibt für den FIPS-Gesamtwert (inkl. Subtest „Rechnen mit Bildern“) einen signifikanten Effekt bei-der Kovariaten (Ebene I:  $F(1, 157) = 43.64, p < .001, \eta_p^2 = .22$ ; Ebene II:  $F(1, 157) = 10.41, p < .01, \eta_p^2 = .06$ ) sowie des Migrationsstatus (Migration:  $F(1, 157) = 1390., p < .01, \eta_p^2 = .06$ ). Die Fördergruppen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (Förderung:  $F(1, 157) < 1$ ). Die Interaktion ist ebenso nicht signifikant (Interaktion:  $F(1, 157) = 1.82, p = n.s.$ ).

Die deskriptive Betrachtung der geschätzten Randmittel (s. Tab. 27) zeigt generell höhere Leistungen bei Kindern ohne Migrationshintergrund. In der HLL-Fördergruppe lässt sich eine geringere Leistungsdifferenz von ca. drei Punkten erkennen. In der Kontrollgruppe sind es ca. fünf Punkte.

**Tabelle 27.** Deskriptive Statistiken der mathematischen Kompetenzen zum 3. MZP und 4. MZP getrennt nach Förderung und Migrationshintergrund.

Variable	Förderung	Mihi	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
FIPS gesamt (3. MZP)	keine	ohne	20	31.80	8.43
		mit	16	23.38	8.22
	HLL	ohne	78	30.68	7.74
		mit	49	25.27	9.11
FIPS (4. MZP)	keine	ohne	20	31.75	7.62
		mit	16	25.25	7.09
	HLL	ohne	78	33.56	6.70
		mit	49	28.69	7.65
DEMAT 1+ (4. MZP)	keine	ohne	20	14.30	5.97
		mit	16	7.88	5.81
	HLL	ohne	78	15.44	6.57
		mit	49	11.96	6.07

Anmerkung. Mihi = Migrationshintergrund.

Auch für den Gruppenvergleich der Transferleistungen zum Schuljahresende (FIPS) erweisen sich die Kovariaten als signifikant und moderat bis hoch bedeutsam (Ebene I:  $F(1, 157) = 30.31, p < .001, \eta_p^2 = .16$ ; Ebene II:  $F(1, 157) = 13.82, p < .001, \eta_p^2 = .08$ ). Zudem ergibt sich erneut nur ein signifikanter Haupteffekt der Migrationsgruppe. Die Unterschiede zwischen HLL-Gruppe und Kontrollgruppe erreichen noch knapp die Signifikanz (Migration:  $F(1, 157) = 8.41, p < .01, \eta_p^2 = .05$ ; Förderung:  $F(1, 157) = 4.00, p = .05, \eta_p^2 = .03$ ; Interaktion:  $F(1, 157) < 1, p = n.s.$ ).

Die um die Vortestwerte bereinigten Gruppenmittelwerte (s. Tab. 28) zeigen geringere Leistungsdifferenzen in der HLL-Gruppe in Abhängigkeit vom Migrationshintergrund im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Für die Transferleistungen in den erfassten Subtests des lehrplanvaliden DEMAT 1+ zeigen sich erneut signifikante, moderate bis große Effekte beider Kovariaten (Ebene I:  $F(1, 157) = 13.98, p < .001, \eta_p^2 = .08$ ; Ebene II:  $F(1, 157) = 40.89, p < .001, \eta_p^2 = .21$ ).

Zudem ergeben sich signifikante Effekte für beide Gruppenfaktoren sowie für die Wechselwirkung (Migration:  $F(1, 157) = 7.88, p < .01, \eta_p^2 = .05$ ; Förderung:  $F(1, 157) = 6.96, p < .01, \eta_p^2 = .04$ ; Interaktion:  $F(1, 157) = 4.82, p = .03, \eta_p^2 = .03$ ).

Die um die Vortestwerte bereinigten Mittelwerte (s. Tab. 28) zeigen, dass sich die Migrationsgruppen der HLL-Trainingsgruppe um weniger als einen Summenwertpunkt unterscheiden. Bei den Kindern der Kontrollgruppe beträgt die Differenz noch knapp vier Punkte. Leistungsmäßig liegt die gesamte HLL-Gruppe sowie die Kontrollgruppe ohne Migrationshintergrund auf einem Niveau.

**Tabelle 28.** Geschätzte Randmittel der mathematischen Kompetenzen zum 3. und 4. MZP getrennt nach Förderung und Migrationshintergrund.

Variable	Förderung	Mihi	$M$	$SE$
FIPS gesamt (3. MZP)	keine	ohne	31.16	1.30
		mit	26.00	1.46
	HLL	ohne	29.19	0.67
		mit	27.04	0.85
FIPS (4. MZP)	keine	ohne	31.21	1.16
		mit	27.37	1.31
	HLL	ohne	32.29	0.60
		mit	30.26	0.76
DEMAT 1+ (4. MZP)	keine	ohne	13.81	0.97
		mit	9.60	1.09
	HLL	ohne	14.17	0.50
		mit	13.62	0.63

Anmerkung. Mihi = Migrationshintergrund.

Insgesamt kann die **Hypothese 3.2.2**, mit der ein unspezifischer Transfereffekt auf die schulischen Mathematikleistungen angenommen wird, nicht global bestätigt werden. Zumindest für die Leistungen im DEMAT 1+ zeigt sich ein signifikanter, jedoch kleiner kompensatorischer Transfereffekt zum Ende des ersten Schuljahres.

#### 9.4.2.3 Fördereffekte bei Berücksichtigung von Kontrollvariablen

Da sich in den Vortests ein signifikanter Unterschied im sozioökonomischen Status (HISEI) gezeigt hat, werden die Analysen zu unspezifischen, kurz- und langfristigen Fördereffekten mit dem HISEI als Kovariate wiederholt und nachfolgend berichtet. Hierdurch sollen die zuvor gefundenen Effekte unter Berücksichtigung dieser möglichen Störvariable abgesichert werden.

Gleichheit der Fehlervarianzen ist für die Ebene I als abhängige Variable nicht gegeben (Levené-Test:  $F(3, 183) = 4.42, p < .01$ ).

In Bezug auf kurzfristige, unspezifische Fördereffekte auf die Kompetenzebene I erweisen sich nur die Kovariaten Ebene I und II als signifikant (Ebene I:  $F(1, 180) = 165.83, p < .001, \eta_p^2 = .48$ ; Ebene II:  $F(1, 180) = 2.81, p = n.s.$ ; HISEI:  $F(1, 180) < 1$ ). Die Haupteffekte und die Interaktion sind nicht signifikant (Förderung:  $F(1, 180) = 2.35, p = n.s.$ ; Migration:  $F(1, 180) < 1$ ; Interaktion:  $F(1, 180) < 1$ ).

Für die Kompetenzen auf Ebene II sind alle Kovariaten signifikant (Ebene I:  $F(1, 180) = 28.59, p < .001, \eta_p^2 = .14$ ; Ebene II:  $F(1, 180) = 35.20, p < .001, \eta_p^2 = .16$ ; HISEI:  $F(1, 180) = 13.37, p < .001, \eta_p^2 = .07$ ). Für die Gruppenfaktoren und die Interaktion ergeben sich keine signifikanten Effekte (Förderung:  $F(1, 180) = 1.50, p = n.s.$ ; Migration:  $F(1, 180) < 1$ ; Interaktion:  $F(1, 180) < 1$ ).

**Tabelle 29.** Geschätzte Randmittel der mathematischen Kompetenzen zum 2. MZP getrennt nach Förderung und Migrationshintergrund bei Berücksichtigung von Kontrollvariablen.

Variable	Förderung	Mihi	<i>M</i>	<i>SE</i>
Ebene I (MBK0)	keine	ohne	16.03	0.54
		mit	16.42	0.60
	HLL	ohne	16.91	0.30
		mit	16.97	0.38
Ebene II (MBK0)	keine	ohne	17.33	0.52
		mit	17.17	0.57
	HLL	ohne	18.17	0.29
		mit	17.42	0.36

Anmerkung. Mihi = Migrationshintergrund.

Bezüglich der Transfereffekte auf die mathematischen Leistungen in FIPS (3. MZP) sind nur die Kompetenzen der Ebene I und II als Kovariaten signifikant (Ebene I:  $F(1, 138) = 34.66, p < .001, \eta_p^2 = .20$ ; Ebene II:  $F(1, 138) = 9.90, p < .01, \eta_p^2 = .06$ ; HISEI:  $F(1, 138) < 1$ ). Ein signifikanter Haupteffekt ergibt sich für den Migrationshintergrund (Förderung:  $F(1, 138) < 1$ ; Migration:  $F(1, 138) = 7.03, p < .01, \eta_p^2 = .05$ ; Interaktion:  $F(1, 138) = 1.62, p = n.s.$ ).

Bei deskriptiver Betrachtung (s. Tab. 30) der um den Einfluss der Kovariaten bereinigten Mittelwerte ergibt sich eine fast halb so große Leistungsdifferenz bei den Kindern der HLL-Trainingsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Zum Schuljahresende lassen sich für die Leistungen in FIPS signifikante Effekte der Kovariaten Kompetenzebene I und II (Ebene I:  $F(1, 138) = 30.82, p < .001, \eta_p^2 = .18$ ; Ebene II:  $F(1, 138) = 9.90, p < .01, \eta_p^2 = .07$ ; HISEI:  $F(1, 138) = 3.78, p = n.s.$ ). Ein signifikanter Haupteffekt ergibt sich nur für die Migrationszugehörigkeit (Förderung:  $F(1, 138) = 2.58, p = n.s.$ ; Migration:  $F(1, 138) = 4.08, p = .05, \eta_p^2 = .03$ ; Interaktion:  $F(1, 138) < 1$ ).

Für die Leistungen im DEMAT 1+ erweisen sich alle Kovariaten als signifikant (Ebene I:  $F(1, 138) = 13.28, p < .001, \eta_p^2 = .09$ ; Ebene II:  $F(1, 138) = 31.06, p < .001, \eta_p^2 = .21$ ; HISEI:  $F(1, 138) = 13.37, p < .001, \eta_p^2 = .07$ ).

.001,  $\eta_p^2 = .18$ ; HISEI:  $F(1, 138) = 13.24, p < .001, \eta_p^2 = .09$ ). Ein signifikanter Haupteffekt ergibt sich nur für den Förderfaktor (Förderung:  $F(1, 138) = 4.48, p = .04, \eta_p^2 = .03$ ; Migration:  $F(1, 138) = 1.79, p = n.s.$ ; Interaktion:  $F(1, 138) = 3.83, p = n.s.$ ).

Die geschätzten Randmittel (s. Tab. 30) zeigen, dass die Ergebnisse der Kinder der Trainingsgruppe sowie der Kinder ohne Migrationshintergrund der Kontrollgruppe annähernd gleich ausfallen, während die Kinder mit Migrationshintergrund der Kontrollgruppe im Mittel drei Punkte weniger aufweisen.

**Tabelle 30.** Geschätzte Randmittel der mathematischen Kompetenzen zum 3. und 4. MZP getrennt nach Förderung und Migrationshintergrund bei Berücksichtigung von Kontrollvariablen.

Variable	Förderung	Mihi	<i>M</i>	<i>SE</i>
FIPS gesamt (3. MZP)	keine	ohne	31.48	1.30
		mit	26.67	1.60
	HLL	ohne	29.65	0.74
		mit	27.80	0.95
FIPS (4. MZP)	keine	ohne	31.45	1.14
		mit	28.65	1.41
	HLL	ohne	32.55	0.65
		mit	30.89	0.83
DEMAT 1+ (4. MZP)	keine	ohne	14.03	0.94
		mit	11.18	1.15
	HLL	ohne	14.19	0.53
		mit	14.62	0.68

Anmerkung. Mihi = Migrationshintergrund.

Zusammenfassend lassen sich die gefundenen kurzfristigen, unspezifischen Fördereffekte für die mathematischen Kompetenzen auf Ebene II bei Einbezug des HISEI als Kovariate nicht bestätigen. Dagegen ergibt sich erneut der postulierte kompensatorische Fördereffekt für die Transferleistungen im DEMAT 1+.





# 10 Diskussion

Im vorherigen Kapitel wurden die Ergebnisse detailliert dargestellt, um die formulierten Hypothesen hinsichtlich ihrer statistischen Signifikanz und praktischen Bedeutsamkeit auf Grundlage der erhobenen Daten zu prüfen.

In diesem Kapitel, das den Abschluss bildet, werden die eigenen Ergebnisse zusammengefasst sowie mit bisherigen empirischen Erkenntnissen verglichen und diskutiert. Zudem werden kritische Aspekte, die die vorliegende Arbeit in einzelnen methodischen Bereichen aufweist, benannt und deren Auswirkungen auf die Ergebnisse beleuchtet. Die hieraus resultierenden Optimierungsmöglichkeiten sowie weiterführende Fragestellungen zur behandelten Thematik werden im Anschluss berichtet. Abschließend erfolgt eine allgemeine Zusammenfassung mit Fazit.

## 10.1 Mathematische Kompetenzen und Migrationshintergrund

Im Fokus dieser Arbeit steht der Vergleich von Kindern mit und ohne Migrationshintergrund hinsichtlich ihrer mathematischen Kompetenzentwicklung sowie der damit assoziierten und bedingenden Faktoren, insbesondere der phonologischen Bewusstheit. Aus diesem Grund wurden zu Beginn des Theorieteils hierfür wichtige definitorische Abgrenzungen vorgenommen und ihre Operationalisierung festgelegt. Um eine klare Zuteilung zu den Migrationsgruppen vorzunehmen, wurden Kinder, deren beide Elternteile in Deutschland geboren sind, der Gruppe ohne Migrationshintergrund zugeteilt. Im Gegensatz dazu erfolgte die Zuordnung zur Gruppe mit Migrationshintergrund, wenn beide Elternteile im Ausland geboren sind. Dieses Vorgehen stimmt sowohl mit der Klassifikation des Statistischen Bundesamtes (Statistisches Bundesamt, 2020) als auch internationaler Schulvergleichsstudien (z. B. Reiss et al., 2016) überein und ist bei der Einordnung der vorliegenden Ergebnisse zu beachten.

Hypothesenkonform waren über den gesamten Erhebungszeitraum vom Beginn des Vorschuljahres bis zum Ende der ersten Klasse signifikante Unterschiede in den Mittelwerten der mathematischen Kompetenzen zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund feststellbar. Kinder mit Migrationshintergrund wiesen zu allen vier Messzeitpunkten sowohl in den mathematischen Vorläuferkompetenzen (MBK 0; Krajewski, 2018), in der mathematischen Lernausgangslage (FIPS; Bäuerlein et al., 2012) sowie in den Aufgaben des lehrplanvaliden Mathematiktests (DEMAT 1+; Krajewski et al., 2002) signifikant niedrigere Werte auf als Gleichaltrige ohne Migrationshintergrund. Die praktische Bedeutsamkeit der festgestellten Leistungsdifferenzen variiert erheblich. So fallen die Effektstärken für die Summenwerte der Zähl- und Ziffernkom-

petenzen zum 1. und 2. MZP (Ebene I des ZGV-Modells, vgl. Abschnitt 2.2.1) gering aus ( $\eta_p^2 > .04$ ). Die Effektstärken der Mittelwertdifferenzen für die mathematischen Kompetenzen auf Ebene II sowie die schulischen Kompetenzen liegen im moderaten bis großen Bereich ( $\eta_p^2 > .06$ ). Aufgrund der Deckeneffekte in den mathematischen Vorläuferkompetenzen in der Gruppe der Kinder ohne Migrationshintergrund, die sich vor allem zum 2. MZP abzeichnen<sup>26</sup>, ist in Wirklichkeit eine größere Leistungsdiscrepanz anzunehmen. Die Ergebnisse stimmen mit den in Kapitel 2 berichteten Studienbefunden für das Vorschulalter als auch frühe Grundschulalter überein (Schmitman gen. Pothmann, A., 2008; Niklas et al., 2012).

Zudem erwiesen sich die gefundenen Kompetenzunterschiede über den gesamten Erhebungszeitraum als zeitlich stabil. Sowohl Kinder mit als auch ohne Migrationshintergrund konnten ihre mathematischen Kompetenzen im Verlauf des Vorschul- bzw. ersten Schuljahres substantiell steigern. Kindern mit Migrationshintergrund gelang es in diesem begrenzten Zeitraum nicht, sich dem Leistungsniveau der Gleichaltrigen ohne Migrationshintergrund bedeutsam anzunähern. Ebenso divergierten die Leistungen der Migrationsgruppen im Zeitverlauf nicht zunehmend stärker, d. h. der besagte „Matthäus-Effekt“<sup>27</sup> (auch „Schereneffekt“ genannt) trat nicht ein. Basierend auf differenzierten, statistischen Verfahren und einem Erhebungsbeginn bereits 18 Monate vor Schuleintritt fanden Niklas et al. (2012) ebenso, dass sich die Leistungsverläufe in den mathematischen Kompetenzen zwischen den Migrationsgruppen bis zum Ende der ersten Klasse „homogenisieren“.

Da die mathematische Kompetenzentwicklung eines Kindes integrativ und nicht isoliert von anderen Entwicklungsbereichen (z. B. kognitive, sprachliche, sozial-emotionale Kompetenzen) stattfindet, wurden im Theorieteil der vorliegenden Arbeit (vgl. Abschnitt 2.4) aus der Literatur bekannte Einflussfaktoren thematisiert (z. B. Ufer et al., 2009). Im Rahmen der Datenerhebung der Längsschnittstudie wurden aufgrund der Relevanz dieser Einflussfaktoren auf den Schriftspracherwerb sowohl verschiedene Leistungsmaße (allgemein-kognitive Fähigkeiten, Sprachkompetenz) als auch diesbezügliche individuelle (Geschlecht, Alter, Dauer des Kindergartenbesuchs) sowie familiäre Merkmale (u. a. sozioökonomischer Status, Geburtsland und Erstsprache der Familienmitglieder, Familiensprache) erfasst. Somit war es durch Berücksichtigung dieser (nicht mathematischen) Variablen und der individuellen sowie familiären Merkmale möglich, Erklärungsansätze für die gefundenen, mathematischen Kompetenzunterschiede in Abhängigkeit vom Migrationshintergrund zu generieren und inferenzstatistisch abzusichern. Dies erfolgte in weiteren Analyseschritten durch statistische Kontrolle. Die Kontrollvariablen wurden bereichsspezifisch zusammengefasst und in

---

<sup>26</sup>Zum 2. MZP erzielten 20 % der Kinder ohne Migrationshintergrund die volle Punktzahl auf Ebene I und 16 % auf Ebene II. Für die Kinder mit Migrationshintergrund liegt dieser Anteil bei 14 % bzw. knapp 5 %.

<sup>27</sup>Umfangreiche Informationen zur Herkunft, Bedeutung und zum Einsatz dieses Begriffs finden sich bei Zuckerman (2010).

separaten Berechnungen einbezogen, um dadurch Unterschiede in den jeweiligen Ausgangswerten herauszurechnen.

Im ersten Auswertungsschritt wurden die Ausgangswerte der allgemein-kognitiven Fähigkeiten, die in der vorliegenden Arbeit die Komponenten des Arbeitsgedächtnisses sowie die verbale Abrufgeschwindigkeit von Objektnamen umfassten, in den Analysen berücksichtigt. Die betreffende Hypothese postulierte, dass bei statistischer Kontrolle dieser Variablen signifikante, migrationspezifische Leistungsunterschiede in den mathematischen Kompetenzen nachweisbar sind. Im Gegensatz dazu zeigte sich, dass Unterschiede in den Gedächtnisfähigkeiten die zuvor gefundenen Effekte fast gänzlich erklärten. Ausgenommen hiervon waren die Mengen-Zahlen-Kompetenzen (Ebene II des ZGV-Modells) im Vorschuljahr, für die sich weiterhin ein signifikanter Gruppeneffekt belegen ließ. Das heterogene und vorwiegend hypothesenkonträre Ergebnismuster lässt sich damit erklären, dass auf Ebene II im Vorfeld die größten Gruppeneffekte in den mathematischen Kompetenzen vorlagen. Gleichzeitig waren bereits in den Ausgangswerten der nicht mathematischen Kompetenzen signifikante Unterschiede zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund in diesen Variablen nachweisbar. Zudem besteht wissenschaftlicher Konsens darüber, dass allgemein-kognitive Fähigkeiten – allen voran die Benennungsgeschwindigkeit – einen hohen Stellenwert für die mathematische Kompetenzentwicklung haben (vgl. Abschnitt 2.4.1). Dies kann in Kombination mit der kovarianzanalytischen Auswertung vor dem Hintergrund eines quasiexperimentellen Studiendesigns zu den entsprechenden Resultaten geführt haben (Bortz & Schuster, 2010, S. 312).

Auch für den Einbezug individueller und familiärer Hintergrundmerkmale musste die Hypothese, die von nachhaltigen Gruppendifferenzen in den mathematischen Kompetenzen ausging, global abgelehnt werden. Verantwortlich für die Effektreduktion waren zum einen das Alter und Geschlecht der Kinder für die vorschulischen Mengen-Zahlen-Kompetenzen und zum anderen der sozioökonomische Status für die Leistungen im lehrplanvaliden DEMAT 1+. Das Geschlecht erwies sich zudem als signifikante Kovariate für die schulischen Mathematikleistungen im FIPS-Programm, welches vorrangig mathematische Grundfähigkeiten prüft. Signifikante Gruppenunterschiede ergaben sich dennoch für die Kompetenzebene II (1. und 2. MZP) sowie die Leistungen im FIPS-Programm (3. und 4. MZP). Die Ergebnisse fügen sich insofern in die vorliegende Literatur ein, da für das Vorschuljahr eine hohe altersbedingte Leistungsheterogenität in diesem Kompetenzbereich nachgewiesen wurde (z. B. N. C. Jordan et al., 2006; Dowker, 2008). Ebenso fand Endlich (2018) bereits vor Schuleintritt geschlechtsspezifische Unterschiede im oberen Leistungsbereich. Dass der sozioökonomische Status direkten Einfluss auf die schulischen Mathematikleistungen nimmt, zeigten Krajewski und Schneider (2009a) für das Ende der vierten Klasse (DEMAT 4). Bei Berücksichtigung dieses späteren Erhebungszeitpunktes wurde der Einfluss auf die mathematischen Leistungen (DEMAT 1+) am Ende der ersten Klasse in der genannten Studie nicht mehr signifikant, wobei beide Leistungsmaße hoch

miteinander korrelierten. Die Dauer des Kindergartenbesuchs, die in der vorliegenden Studie in Jahren erfasst wurde, zeigte keinen signifikanten Einfluss. Dies könnte an der Operationalisierung dieser Variable gelegen haben, da Niklas et al. (2011) durch differenziertere Messung (Besuchsjahre x Stunden pro Tag) einen bedeutsamen Einfluss für vorschulische Sprachkompetenzen, die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne sowie dem auditiven Arbeitsgedächtnis feststellten. Darüber hinaus ist anzunehmen, dass die häusliche Lernumwelt (Home Learning Environment), die in der vorliegenden Arbeit nicht als Variable berücksichtigt wurde, einen zusätzlichen Erklärungsbeitrag geleistet hätte (vgl. Niklas & Schneider, 2012b). Beispielsweise konnten Niklas und Schneider (2012b) in einer groß angelegten Längsschnittstudie einen signifikanten, wenngleich geringen Einfluss der familiären, mathematischen Lernumwelt für die vorschulischen Mengen-Zahlen-Kompetenzen sowie die Mathematikleistung am Ende der ersten Klasse (DEMAT 1+), auch bei Kontrolle der Intelligenz, nachweisen. Darüber hinaus konnten sie die Bedeutsamkeit der familiären Lernumwelt für die Mathematikleistung bis zum Ende der Grundschulzeit belegen (Niklas & Schneider, 2017). Somit kann festgestellt werden, dass entgegen der Hypothese der robusten Leistungsunterschiede die einbezogenen individuellen und familiären Kontrollvariablen die migrationsspezifischen Effekte fast vollständig erklären (vgl. Niklas et al., 2012).

In Übereinstimmung mit der Literatur erwiesen sich die erfassten Sprachkompetenzen (Wortschatz, grammatische Fähigkeiten) als hoch bedeutsam und nivellierten – wie hypothetisch angenommen – die zuvor gefundenen signifikanten mathematischen Leistungsunterschiede (vgl. Schmiedeler et al., 2011). Insbesondere der Wortschatz stellte sich als bedeutender Erklärungsfaktor für den Rückstand der Kinder mit Migrationshintergrund heraus. Dieses Ergebnis ist wenig überraschend, wenn man bedenkt, dass die Leistungserhebung vollständig mittels deutscher Instruktionen erfolgte und somit Kinder mit gut ausgeprägten Sprachkompetenzen gewisse Vorteile beim Verständnis der Instruktionen und mündlichem als auch schriftlichem Lösen der Aufgaben hatten. Gleichmaßen sind gerade im Vorschulalter sprachliche Kompetenzen aufgrund der bevorzugten bzw. erforderlichen Verarbeitung numerischer Informationen im verbalen Modus relevant (vgl. Abschnitt 2.3). Im Gegensatz zu den vorliegenden Ergebnissen zeigte sich bei Viesel-Nordmeyer et al. (2020) ein leicht stärkerer Einfluss der grammatischen Fähigkeiten gegenüber dem Wortschatz, was in den unterschiedlichen eingesetzten Untersuchungs- sowie Analyseverfahren begründet sein kann. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist auch zu berücksichtigen, dass sich die Migrationsgruppen bereits in den sprachlichen Ausgangswerten statistisch und praktisch in starkem Ausmaß unterschieden, was aufgrund der Operationalisierung des Migrationsstatus zu erwarten ist. Auf statistischer Ebene bedeutet dies, dass durch den Einbezug der Sprachkompetenzen ein hoher Anteil der Fehlervarianz erklärt wird und hierdurch die geprüften Mittelwertunterschiede nicht mehr signifikant werden. Diese Problematik ergibt sich insbesondere aufgrund der fehlenden

Randomisierung bei einem quasiexperimentellen Versuchsdesign wie in der vorliegenden Studie (s. Abschnitt 8.6.1).

Darüber hinaus untermauern die Ergebnisse einen substanziellen Zusammenhang zwischen den sprachlichen und mathematischen Kompetenzen für das erfasste Altersspektrum (vgl. Schuchardt et al., 2014; Schmitt, Geldhof, Purpura, Duncan & McClelland, 2017), sodass die Sprachkompetenz als zentraler Erklärungsfaktor für die gefundene, vorschulische Leistungsbenachteiligung von Kindern mit Migrationshintergrund bestätigt wird (vgl. Dubowy et al., 2008).

Bei Berücksichtigung der phonologischen Bewusstheit als metasprachliche Kompetenz in den Analysen zur Unterschiedsprüfung zeigte sich ebenfalls, dass die zuvor festgestellten, migrationsspezifischen Leistungsunterschiede reduziert werden. Hypothesenkonform konnte eine Überlegenheit der phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinne gegenüber der phonologischen Bewusstheit im engeren Sinne als Kovariate festgestellt werden. Dieses Ergebnismuster wurde aufgrund zuvor beschriebener Theorien im ersten Teil der Arbeit angenommen (vgl. Krajewski, 2008, S. 126f.). Folglich ließen sich im Einklang mit der Literatur migrationsspezifische Unterschiede in den Zähl- und Ziffernkenntnissen (Ebene I des ZGV-Modells) durch die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne erklären.

Bei der Einordnung der Ergebnisse zur Bedeutung einzelner Kontrollvariablen ist stets auch die Interdependenz zwischen den Kompetenzbereichen zu berücksichtigen. Insbesondere die Relevanz des phonologischen Arbeitsgedächtnisses wurde für die phonologische Bewusstheit mehrfach nachgewiesen (vgl. Abschnitt 3.3.1). Es besteht wissenschaftlicher Konsens über die enge Verbindung der phonologischen Bewusstheit zur allgemeinen Sprachentwicklung (z. B. Schäfer et al., 2015). Darüber hinaus weisen Viesel-Nordmeyer et al. (2020) kritisch auf den Einsatz von Zahlenspannungsaufgaben zur Erfassung einzelner Arbeitsgedächtniskomponenten hin, da diese inhaltlich mit den mathematischen Kompetenzen konfundiert sind.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass Kinder mit Migrationshintergrund sowohl in statistischer als auch praktisch bedeutsamer Weise Kindern ohne Migrationshintergrund bereits ein Jahr vor Schuleintritt substanziell unterlegen sind. Die hohe prognostische Validität früher schulischer Mengen-Zahlen-Kompetenzen für die weitere, bereichsspezifische Kompetenzentwicklung unterstreicht die Relevanz dieser frühen Leistungsdifferenzen. Darüber hinaus konnten auch in der vorliegenden Untersuchung signifikant geringere Leistungen sowohl in den vorschulischen (meta-)sprachlichen als auch gedächtnisbezogenen Kontrollvariablen bei Kindern mit Migrationshintergrund festgestellt werden (vgl. Niklas et al., 2011), die eng mit den mathematischen Kompetenzen zusammenhängen und sich negativ auf die weitere mathematische Kompetenzentwicklung auswirken können.

## 10.2 Bedeutung der phonologischen Bewusstheit für die mathematische Kompetenzentwicklung

Primäres Ziel der vorliegenden Arbeit war, die Frage zu klären, ob und in welchem Ausmaß die phonologische Bewusstheit die mathematische Kompetenzentwicklung am Übergang vom Elementar- zum Primarbereich beeinflusst. Gleichmaßen wie für die vorangehende Fragestellung sollten auch in diesem Zusammenhang mögliche differenzielle Effekte in Abhängigkeit vom Migrationshintergrund analysiert werden.

In der Literatur sind mittlerweile viele empirische Befunde zum Zusammenhang zwischen phonologischer Bewusstheit und mathematischen Kompetenzen zu finden, die als facettenreich in Bezug auf die Operationalisierung der Konstrukte, das Durchschnittsalter der Probandinnen und Probanden sowie den angewandten statistischen Verfahren zu bewerten sind (vgl. Abschnitt 4.1). Für den konkreten Vergleich zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund liegen bis dato nur wenige Untersuchungen vor, für die zudem die Gruppeneinteilung nach dem Geburtsland der Eltern vorgenommen und nicht anhand des Sprachhintergrunds (monolingual vs. bilingual) definiert wurde.

Im Vorfeld der Analysen wurde aufgrund der theoretisch vermuteten Relevanz der phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinne postuliert, dass diese in den berechneten Regressionen neben den mathematischen Vorläuferkompetenzen (1. MZP) zur Varianzaufklärung in den Mathematikleistungen kurz vor und nach Schuleintritt sowie am Ende der ersten Klasse beiträgt. Die Dauer des Kindergartenbesuchs wurde aufgrund der überwiegend nicht signifikanten Zusammenhänge zu den Leistungsmaßen im Rahmen der korrelativen Vorbetrachtungen ausgeschlossen, wobei Roßbach, Kluczniok und Kuger (2009) konstatieren, dass eine längere Besuchsdauer die kognitive und leistungsbezogene Entwicklung positiv beeinflusst.

Im Einklang mit der Literatur erwiesen sich die mathematischen Vorläuferkompetenzen, die getrennt nach den Ebenen des ZGV-Modells in die Analysen einbezogen wurden, über den gesamten Erhebungszeitraum als bedeutendste Prädiktoren (z. B. Viesel-Nordmeyer et al., 2020; Krajewski & Schneider, 2009a; N. C. Jordan, Kaplan, Ramineni & Locuniak, 2009). Sie erklärten gut zwei Drittel der Unterschiede in den mathematischen Leistungen zum Ende des Vorschuljahres sowie ungefähr die Hälfte der Varianz in den schulischen Mathematikleistungen. Dieser enorm hohe Anteil an aufgeklärter Varianz durch die mathematischen Vorläufer führt rein statistisch dazu, dass andere Prädiktoren, die zunächst einen hohen Zusammenhang zum Kriterium aufweisen, im spezifizierten Modell aufgrund der bereits auspartialisierten Varianz nicht mehr signifikant werden (Urban & Mayerl, 2018, S. 104ff.). Die Annahme, dass die phonologische Bewusstheit ein bedeutsamer Prädiktor für die mathematischen Kompetenzen ist und ihr somit eine Rolle als „domänenübergreifender Vorläufer“ zugeschrieben werden darf (vgl. Weinert, 2008), ließ sich im Rahmen der regressions-

analytischen Auswertung global nicht zeigen. Nur für die Vorhersage der mathematischen Kompetenzen auf Ebene II (2. MZP) erwies sich die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne (1. MZP) als zusätzlicher und signifikanter Prädiktor. Dagegen fanden sich in den korrelativen Vorbetrachtungen zu allen Messzeitpunkten signifikante, positive Zusammenhänge zwischen den mathematischen Kompetenzen und der phonologischen Bewusstheit, deren Effektstärken übereinstimmend zu früheren Studien (z. B. Michalczyk et al., 2013; Krajewski & Schneider, 2009b) moderat bis hoch ausfielen. Demzufolge ist einerseits davon auszugehen, dass durch die gewählte statistische Vorgehensweise der wahre Anteil der phonologischen Bewusstheit durch Einbezug mathematischer Vorläufer unterschätzt wurde. Diese Annahme stützen quer als auch längsschnittliche Studien, die zeigen, dass die phonologische Bewusstheit ungefähr die Hälfte der Varianz in den vorschulischen Zähl- und Ziffernkenntnissen (Ebene I) erklärte und sich zudem indirekt auf die Kompetenzebene II auswirkte (Michalczyk et al., 2013; Krajewski & Schneider, 2009b). Andererseits wurden bereits zur ersten Fragestellung die Interdependenzen zwischen mathematischen, sprachlichen und allgemein-kognitiven Kompetenzen im Hinblick auf ihre statistische Auswirkung diskutiert. So zeigte sich auch für die Prüfung der Modellvoraussetzungen der Regressionsanalysen eine deutliche Multikollinearität der einbezogenen Prädiktoren. Entgegen vieler Studien erwiesen sich die Komponenten des Arbeitsgedächtnisses insgesamt als nicht zusätzlich relevant für die Vorhersage der mathematischen Kompetenzen (Viesel-Nordmeyer et al., 2020; Gallit et al., 2018; Aunola et al., 2004; Röhm et al., 2017). Dieses Ergebnis kann ebenso mit dem komplexen Zusammenhangsmuster der einbezogenen Prädiktoren erklärt werden. In der Literatur für das Vorschulalter ist einerseits der Zusammenhang zwischen Arbeitsgedächtnis und phonologischer Bewusstheit (Näslund & Schneider, 1991; Ennemoser et al., 2012; Duzy et al., 2013) und andererseits zwischen Arbeitsgedächtnis und mathematischen Kompetenzen gut dokumentiert (Krajewski, Schneider & Nieding, 2008; Gallit et al., 2018; Viesel-Nordmeyer et al., 2020). Im Hinblick auf Interdependenzen dieser drei Faktoren ist nachgewiesen, dass die phonologische Bewusstheit den Einfluss der phonologischen Schleife als auch der Zentralen Exekutive mediiert (Krajewski, 2008). Darüber hinaus muss bedacht werden, dass die Erfassung der phonologischen Schleife sowie der Zentralen Exekutive durch Zahlenspannenaufgaben erfolgte, die mit Leistungen in den mathematischen Vorläufern konfundiert sind (vgl. Viesel-Nordmeyer et al., 2020). Eine klare Abgrenzung zwischen den berücksichtigten Einflussfaktoren im Hinblick auf ihre Relevanz für die mathematischen Kompetenzen ist daher nur bedingt möglich.

Eine weitere Variable, die sich im Einklang mit der Literatur (Krajewski & Schneider, 2009a; Schuchardt et al., 2014) neben den bereichsspezifischen Vorläufern als separater Prädiktor, zumindest für die Ebene I (2. MZP) sowie dem Gesamtwert in FIPS (3. MZP), ergab, ist die Abrufgeschwindigkeit aus dem Langzeitgedächtnis. Hierfür wurde extra ein nicht numerischer Indikator – schnelles Benennen von Bildern – gewählt, um die benannte Problematik zu umgehen.

Aus den im abschließenden Regressionsmodell (Modell 5) berücksichtigten, individuellen und familiären Merkmalen wurden das Geschlecht für die Leistungen in FIPS bzw. der sozioökonomische Status für den Gesamtwert des DEMAT 1+ als signifikante Prädiktoren identifiziert. Ihre Bedeutsamkeit ist im Vergleich zu den bereichsspezifischen Vorläufern als gering einzustufen. Schwache, geschlechtsspezifische Unterschiede zugunsten von Jungen fanden auch Niklas et al. (2012) für die mathematischen Leistungen (FIPS) am Ende der ersten Klasse. Einen direkten und gleichermaßen zunehmenden Einfluss der sozialen Schichtzugehörigkeit auf die schulischen Mathematikleistungen belegten Krajewski und Schneider (2006) für die Grundschulzeit. Sie zeigten, dass die soziale Schicht zum Ende der ersten Klasse (DEMAT 1+) keinen signifikanten Einfluss nahm, jedoch am Ende der vierten Klasse (DEMAT 4) 18% der Leistungsunterschiede erklärte (Krajewski & Schneider, 2006, 2009a). Die benannten, empirischen Befunde sind durch Berechnung von Strukturgleichungsmodellen zustande gekommen. Bei dieser statistischen Vorgehensweise können sowohl direkte als auch indirekte Zusammenhänge zwischen Variablen festgestellt werden (z. B. Backhaus, Erichson, Plinke & Weiber, 2008; Weiber & Mühlhaus, 2010). Für multiple, lineare Regressionen, wie sie in der vorliegenden Arbeit berechnet wurden, ist es nicht möglich, die Komplexität der Zusammenhänge abzubilden. Aus Gründen der Fragestellung und der abgeleiteten Hypothesen wurde das regressionsanalytische Verfahren gewählt (vgl. Sale, Schell, Koglin & Hillenbrand, 2018).

Um zu prüfen, ob die strukturellen Zusammenhänge zwischen Prädiktoren und mathematischen Kompetenzen für Kinder mit und ohne Migrationshintergrund vergleichbar sind, erfolgte im letzten Schritt eine getrennte Berechnung mit anschließendem statistischen Vergleich der Regressionskoeffizienten. Inferenzstatistisch konnte die globale Hypothese, dass die beiden Gruppen hinsichtlich der strukturellen Zusammenhänge zwischen den Variablen nicht differieren, abgesichert werden. Dieses Ergebnis kann als Hinweis dienen, dass die Beziehungen der Variablen zwischen den Gruppen gleich sind und die Äquivalenzbedingung zumindest nicht grob verletzt ist (vgl. Temme & Hildebrandt, 2008). Es ist folglich zulässig, die in Abschnitt 10.1 berichteten Mittelwertunterschiede als valide und nicht stark verzerrt einzuordnen.

Im Detail zeigte sich, dass sich die Gruppen hinsichtlich der signifikanten Prädiktoren, ausgenommen den mathematischen Vorläuferkompetenzen, deutlich unterscheiden. Die Diskrepanz zu den Ergebnissen der Regressionsanalyse der gesamten Analytestichprobe liegt auch in den unterschiedlich großen Teilstichproben begründet. Größenmäßig überwiegt in der vorliegenden Arbeit die Gruppe ohne Migrationshintergrund.

Für die Vorhersage der vorschulischen mathematischen Kompetenzen ergibt sich für die Kinder mit Migrationshintergrund ein signifikanter Einfluss des Wortschatzes für beide Kompetenzebenen. Dagegen zeigt sich für die Vergleichsgruppe ein signifikanter Zusammenhang der Zentralen Exekutive (1. MZP) mit den Zähl- und Ziffernkenntnissen (Ebene I, 2. MZP). Zudem erweist sich die phonologische Bewusstheit im weite-



ren Sinne nur für die Gruppe ohne Migrationshintergrund als bedeutsamer Prädiktor der mathematischen Kompetenzebene II. Folglich bestätigt sich für die Gruppe mit Migrationshintergrund der Wortschatz als dominanter Einflussfaktor im Vorschulalter. Dies ist wenig verwunderlich, da aufgrund der sprachbasierten Aufgabenformate der auditiv-verbale Code im Sinne des Modells der Zahlenverarbeitung von Dehaene (s. Abschnitt 2.3.3) klar im Vordergrund der gestellten Anforderungen an die Kinder stand.

Für die mathematische Lernausgangslage (FIPS) kurz nach Schuleintritt nahmen in der Gruppe ohne Migrationshintergrund nur die Zähl- und Ziffernkenntnisse (Ebene I) zum 1. MZP einen signifikanten Einfluss. Dagegen stellte sich für die Kinder mit Migrationshintergrund auch das Alter (in Monaten gemessen) als signifikanter Einflussfaktor heraus. Der Vorteil älterer Kinder lässt sich dadurch erklären, dass sie grundsätzlich in ihrer Entwicklung weiter vorangeschritten sind und andererseits auch in sprachlicher Hinsicht den jüngeren Kindern mit Migrationshintergrund überlegen sind (vgl. N. C. Jordan et al., 2006; Dowker, 2008).

Für die mathematischen Leistungen zum Ende des ersten Schuljahres ergibt sich in Abhängigkeit des eingesetzten Verfahrens folgendes Bild: Für Kinder mit Migrationshintergrund ( $N = 36$  bzw. 37) sind nur die mathematischen Vortestwerte bedeutsam. Für Kinder ohne Migrationshintergrund ( $N = 67$  bzw. 71) erweist sich für die Leistungen in FIPS das Geschlecht und für die Leistungen im DEMAT 1+ der sozioökonomische Status als relevant. Beide Einflussfaktoren schulischer Mathematikleistung sind aus der Literatur bekannt (z. B. Krajewski & Schneider, 2009a; Endlich, 2018). Dass sich hierfür kein signifikanter Einfluss in der Gruppe mit Migrationshintergrund gezeigt hat, lässt sich statistisch mit den geringeren Zusammenhängen zwischen Prädiktoren und unabhängigen Variablen sowie der vergleichsweise kleinen Stichprobe begründen. Inhaltlich bedeuten die Ergebnisse, dass Jungen in den Aufgaben des FIPS-Programms bessere Leistungen zeigten als Mädchen. Zudem wiesen Kinder, die einer höheren sozialen Schicht angehörten, bessere Leistungen in den Aufgaben des lehrplanvaliden DEMAT 1+ auf.

Neben empirischen Befunden liegen wenige theoretische Modelle vor, die den Einfluss der phonologischen Bewusstheit auf die mathematischen Kompetenzen sowohl im zeitlichen Verlauf als auch im Zusammenhang mit der Entwicklung anderer Bereiche zu erklären versuchen (s. Abschnitt 4.2). Für die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit ist zusammenfassend festzustellen, dass es zunächst nicht Untersuchungsziel war, die komplexen Zusammenhänge zwischen möglichen Einflussfaktoren und den mathematischen Kompetenzen aufzudecken und frühere Studienergebnisse zu replizieren. In dieser Hinsicht ist eine grundlegende Unterscheidung zu den empirischen Befunden und den daraus abgeleiteten Entwicklungsmodellen zu sehen.

Im Hinblick auf die zentrale Fragestellung dieser Arbeit erwies sich die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne nur für die mathematischen Kompetenzen der Ebene II kurz vor Schuleintritt als zusätzlicher, signifikanter Prädiktor. Genauer gesagt,

konnte dieser Zusammenhang nur für die Teilstichprobe der Kinder ohne Migrationshintergrund bestätigt werden. Dieser Befund kann sowohl mit der Annahme der „isolierten Zahlwort-Hypothese“ (Krajewski & Schneider, 2009b) als auch mit der Hypothese von Simmons und Singleton (2008), die Defizite in den phonologischen Repräsentationen als Ursache für sprachbasierte, mathematische Kompetenzdefizite betrachten, in Einklang gebracht werden. Für die „isolierte Zahlwort-Hypothese“, die nur einen direkten Zusammenhang der phonologischen Bewusstheit mit den numerischen Kompetenzen der Ebene I postuliert, spricht, dass die Kompetenzebene I für die Gruppe ohne Migrationshintergrund als dominanter und signifikanter Prädiktor der Kompetenzebene II (1. MZP) in den eigenen Analysen identifiziert wurde. Die mathematischen Kompetenzen der Ebene II (1. MZP) wirkten sich nicht signifikant aus. Somit lässt sich auch für diesen Zusammenhang vermuten, dass Kompetenzen der Ebene I (1. MZP) den Zusammenhang zwischen phonologischer Bewusstheit im weiteren Sinne (1. MZP) und den mathematischen Kompetenzen der Ebene II (2. MZP) medierten (vgl. Michalczyk et al., 2013). Eine ebenso partielle Bestätigung der Hypothese von Simmons und Singleton (2008) kann darin gesehen werden, dass der Einfluss der phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinne nicht für die mathematische Kompetenzebene I bestätigt wurde, sondern lediglich für die nächsthöhere Kompetenzebene, die ebenso auf der Durchführung verbal codierter, mathematischer Operationen beruht.

Letztendlich sind die vorliegenden Befunde eine Bestätigung dafür, dass linguistische Kompetenzen bei Kindern mit Migrationshintergrund sehr bedeutsam für die mathematische Kompetenzentwicklung vor Schuleintritt sind. Der Einfluss der Sprache scheint für diese Teilgruppe so dominant zu sein, dass kein zusätzlicher Erklärungsbeitrag für die phonologische Bewusstheit mehr nachweisbar ist. Für die Vergleichsgruppe der Kinder ohne Migrationshintergrund ergibt sich in sprachlicher Hinsicht ein differenzierteres Bild. Hier zeichnet sich ab, dass sich bessere Leistungen in der Erkennung größerer lautsprachlicher Einheiten (phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne) – zusätzlich zu den basisnumerischen Kompetenzen (Ebene I) – positiv auf höhere mathematische Kompetenzen (Ebene II des ZGV-Modells) im Vorschulalter auswirken.

Global betrachtet unterstreichen die Ergebnisse der zentralen Fragestellung dieser Arbeit die Bedeutung des Modells von LeFevre und Kollegen (LeFevre et al., 2010), die die linguistische Kompetenz neben der visuell-räumlichen Aufmerksamkeit als relevanten Einflussfaktor ausschließlich für zahl- und ziffernbezogene Prozesse – im Gegensatz zu mengen- und größenbezogenen Prozessen – der frühen Mengen-Zahlen-Kompetenzen definieren.

### 10.3 Spezifische und unspezifische Fördereffekte auf die mathematischen Kompetenzen

Analog zur Schriftsprachentwicklung besteht für die Entwicklung mathematischer Kompetenzen Konsens in der Wissenschaft, dass Kinder bereits vor Schuleintritt bereichsspezifische Vorläuferkompetenzen erwerben, auf die sie im Verlauf der Schulzeit aufbauen (z. B. Schneider et al., 2016). Eine zentrale Rolle wird daher der frühen Bildung im Kindergarten bzw. in der Kindertageseinrichtung zugeschrieben, die mittlerweile in etablierten Bildungsplänen für den Elementarbereich der Bundesländer in ihrer inhaltlichen Ausgestaltung und Zielsetzung verankert ist (z. B. Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie und Frauen, 2016; Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft, 2014).

In diesen Kontext sind auch vorschulische, bereichsspezifische Trainingsprogramme (z. B. Küspert & Schneider, 2008) einzuordnen, die – wie der Name schon sagt – Vorläuferkompetenzen gezielt und effektiv fördern sollen. Sie sind primär für Risikokinder, die über sehr niedrige Kompetenzen im entsprechenden Entwicklungsbereich verfügen, konzipiert. Im Sinne einer kompensatorischen Wirksamkeit sollen Leistungsunterschiede im zugehörigen Entwicklungsbereich reduziert werden (z. B. Hasselhorn & Schneider, 2016).

Nachdem im vorherigen Abschnitt die Bedeutung der phonologischen Bewusstheit für die mathematische Kompetenzentwicklung eingehend diskutiert wurde, werden nachfolgend die Ergebnisse zur dritten Fragestellung der vorliegenden Arbeit, die sich auf die Effektivität solcher Trainingsprogramme auf die mathematischen Kompetenzen bei Kindern mit und ohne Migrationshintergrund beziehen, betrachtet und theoretisch eingeordnet.

Da zudem empirisch gut belegt ist, dass zwischen phonologischer Bewusstheit und mathematischen Kompetenzen im Vorschulalter ein signifikanter Zusammenhang besteht, liegt die Annahme nahe, dass sich auch unspezifische Fördereffekte eines Trainings der phonologischen Bewusstheit auf die mathematischen Kompetenzen nachweisen lassen. Zudem sollten auch die unterschiedlichen Konzepte der eingesetzten mathematischen Trainings hinsichtlich ihrer Wirksamkeit unter Berücksichtigung des Migrationshintergrunds verglichen werden, da dies bis dato nicht empirisch untersucht war.

Bevor die Ergebnisse zu den einzelnen Hypothesen zusammengefasst und diskutiert werden, ist darauf hinzuweisen, dass die zugrunde liegenden Teilstichproben sehr klein ( $N < 10$ ) sind und die Ergebnisse daher nur deskriptiven Charakter haben. Vor diesem Hintergrund ist aufgrund der Verstöße gegen die Modellannahmen (Normalverteilung, homogene Fehlervarianzen) die externe Validität und damit die Generalisierbarkeit der Ergebnisse deutlich eingeschränkt.

Um nachträglich eine Gruppierung in Abhängigkeit vom erfolgten Vorschultraining

vornehmen zu können, wurden die Erzieherinnen und Erzieher der teilnehmenden Kindergärten im Rahmen eines Interviews gezielt nach dem Einsatz von manualisierten Programmen zur mathematischen Förderung im Vorschuljahr befragt. Es kamen insgesamt drei verschiedene und namentlich bekannte Trainingsprogramme zum Einsatz, die in Abschnitt 5.2 beschrieben wurden.

Darüber hinaus wurde bereits bei der Rekrutierung von Kindergärten danach selektiert, ob die Durchführung eines Trainings der phonologischen Bewusstheit – im zugrunde liegenden Projekt ausschließlich die „Hören, lauschen, lernen“-Programme (Küspert & Schneider, 2008; Plume & Schneider, 2004) – im bevorstehenden Kindergartenjahr geplant war. Bei der quantitativen Auswertung, welche bereichsspezifische Förderung die teilnehmenden Kinder vor Schuleintritt erhielten, ergab sich interessanterweise keine Teilgruppe, die ausschließlich in der phonologischen Bewusstheit trainiert wurde. Folglich ließen sich anhand der standardisierten Vorschulförderung in den beiden Bereichen drei Gruppen bilden: eine untrainierte Gruppe (Kontrollgruppe), eine in der phonologischen Bewusstheit trainierte Gruppe (HLL-Trainingsgruppe) und eine kombiniert trainierte Gruppe (HLL und mathematisches Training). Regionale Unterschiede in den Häufigkeitsverteilungen der einzelnen Trainingsgruppen ließen sich nicht nur vermuten, sondern waren auch statistisch nachweisbar. Die Ursache hierfür ist schlichtweg im Entstehungsort der jeweiligen Programme und deren räumlicher Verbreitung zu sehen.

Im ersten Schritt wurde analysiert, ob sich Unterschiede in der Wirksamkeit zwischen den durchgeführten vorschulischen Trainingsprogrammen der Mengen-Zahlen-Kompetenzen im Vergleich zur untrainierten Kontrollgruppe ergeben. Auch bei dieser Auswertung wurde eine Gruppierung nach dem Migrationshintergrund vorgenommen. Erfreulicherweise wurden in den Kindergärten, die eine standardisierte, mathematische Vorschulförderung anboten, insgesamt nur drei publizierte Trainingsprogramme eingesetzt. Namentlich handelt es sich um das Training „Mengen, zählen, Zahlen“ (MZZ) von Krajewski et al. (2007), das Programm „Komm mit ins Zahlenland“ von Friedrich und de Galgóczy (2004) sowie das Programm „Entdeckungen im Zahlenland“ von Preiß (2004, 2005). Hinsichtlich der Studienlage kann das MZZ-Training im Vergleich zum Zahlenland-Programm von Friedrich und de Galgóczy (2004) als gut evaluiert bewertet werden (Schneider et al., 2016, S. 93ff.). Es unterscheidet sich zudem in seinem Konzept wesentlich von den beiden Zahlenland-Programmen, weil es nachweislich nach Qualitätskriterien einer wirksamen, mathematischen Frühförderung ausgerichtet ist (Krajewski & Simanowski, 2017). Aus diesen Gründen und auch aufgrund der ohnehin sehr geringen Teilstichproben wurden die Daten für die beiden Zahlenlandgruppen in den Analysen zusammengefasst. Gerade aufgrund der sprachlichen Komplexität, die sich in den fantasievollen und personifizierten Zahlengeschichten wiederfindet, ist anzunehmen, dass die Zahlenland-Trainings weniger effektiv als das MZZ-Programm zum Aufbau der Mengen-Zahlen-Kompetenzen beitragen (vgl. Schneider et al., 2016). Dies gilt insbesondere für Kinder mit Migrationshintergrund,

die ohnehin schon aufgrund ihrer nicht deutschen Herkunftssprache in den Voraussetzungen benachteiligt sind.

Für die vorliegenden Daten ließen sich signifikante Mittelwertunterschiede für beide Ebenen der mathematischen Vorläuferkompetenzen kurz vor Schuleintritt zwischen den beiden Trainingsgruppen und der Kontrollgruppe ermitteln. So waren Kinder, die mit dem MZZ-Programm gefördert wurden, den ungeförderten sowie den mit den Zahlenland-Programmen trainierten Kindern insgesamt überlegen. Eine leistungsmäßige Annäherung zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund zeigte sich in allen Fördergruppen bzw. auch in der Kontrollgruppe. Hypothesenkonform und im Einklang mit der Literatur ließ sich für beide Ebenen der mathematischen Vorläuferkompetenzen eine kurzfristige, moderate Wirksamkeit des MZZ-Trainings nachweisen (Krajewski, Nieding & Schneider, 2008). Ein kompensatorischer Effekt ließ sich ebenso belegen, da sich die Leistungsunterschiede in Abhängigkeit vom Migrationshintergrund in dieser Trainingsgruppe vergleichsweise stärker verringerten. Im Hinblick auf die Leistungsunterschiede kurz vor Schuleintritt war zu erkennen, dass sich nach statistischer Kontrolle der Ausgangswerte beider Kompetenzebenen in allen Fördergruppen sowie der Kontrollgruppe nur noch minimale Unterschiede feststellen ließen. Dies kann als Hinweis auf entwicklungspezifische Alterseffekte gedeutet werden, die sich zum Ende des Vorschuljahres nicht mehr differenziert in den Zähl- und Ziffernkenntnissen (Ebene I) abbilden ließen (vgl. Krajewski, Nieding & Schneider, 2008). Darüber hinaus kann der gefundene Einfluss der Kovariaten, die in diesem Fall die Kompetenzebenen I und II zum 1. MZP darstellen, als empirischer Nachweis des zugrunde gelegten Entwicklungsmodells der Zahl-Größen-Verknüpfung von Krajewski (2013) eingeordnet werden (s. Abschnitt 2.2.1). Demnach sind die Kompetenzen der Ebene II höherrangig und bauen auf den Kompetenzen der Ebene I auf, was sich statistisch darin widerspiegelt, dass beide Kompetenzebenen (1. MZP) einen signifikanten Einfluss auf die Kompetenzebene II zum 2. MZP haben. Im Gegensatz dazu erwiesen sich für die Kompetenzebene I nur die Ausgangswerte in dieser Variable als signifikant bedeutsam.

Für das erste Schuljahr konnte anhand der vorliegenden Daten nur ein signifikanter, wenngleich schwacher Effekt der vorschulischen Förderbedingung in den Leistungen im DEMAT 1+ (4. MZP) ermittelt werden. In den mathematischen Leistungen im FIPS-Programm zu Beginn und am Ende des Schuljahres ließen sich keine entsprechenden Effekte nachweisen. Dies ist vermutlich den unterschiedlichen Testverfahren geschuldet, die u. a. hinsichtlich der Durchführung (computerbasierte Einzeltestung vs. Gruppentestung) als auch der ausgewählten Subtests (Anzahl, Aufgabenvielfalt und -schwierigkeit) divergieren. Überraschend ist vielmehr, dass sich solche Fördereffekte noch ein Jahr später nachweisen ließen (vgl. Krajewski, Renner et al., 2008) und nicht durch den Einfluss der Lernumwelt, vorrangig des formalen Unterrichts, verändert oder nivelliert wurden. Leider ließ sich die postulierte Überlegenheit der MZZ-Gruppe sowie eine kompensatorische Wirkung von MZZ für diesen Zeitpunkt nicht gegen

Zufallseffekte absichern. Die Einzelvergleiche der Leistungen im DEMAT 1+ mit Kontrolle der mathematischen Vortestwerte weisen klar eine Überlegenheit der mit den Zahlenland-Programmen trainierten Kinder nach, die sich signifikant von den untrainierten Kindern unterscheiden. Substanzielle Unterschiede ergeben sich zu diesem Zeitpunkt ohnehin nur noch für die Gruppe mit Migrationshintergrund, unter denen die mit MZZ geförderten Kinder eine Mittelposition einnehmen. Dagegen sprechen die Leistungen in FIPS eher für die Hypothese einer effektiveren Förderung mit MZZ, da sich in diesen Aufgaben eindeutig bessere Leistungen bei Kindern mit Migrationshintergrund in der MZZ-Gruppe abzeichneten. Die fehlende statistische Signifikanz liegt sehr wahrscheinlich an der kleinen Gruppengröße ( $N < 10$ ). So zeigte sich zum 4. MZP deskriptiv ein deutlicher Vorteil der gesamten MZZ-Gruppe gegenüber der Kontroll- und Zahlenlandgruppe in den Leistungen in FIPS.

Abschließend wurden zur Absicherung der gefundenen Fördereffekte die Analysen unter Berücksichtigung nicht mathematischer Variablen bzw. Hintergrundmerkmale wiederholt, in denen sich die Fördergruppen in den Voranalysen statistisch unterschieden hatten (schnelles Benennen von Bildern, Zahlenspanne vorwärts sowie rückwärts, Wortschatz, grammatische Fähigkeiten). Nur die Trainingseffekte der mathematischen Kompetenzebene II erwiesen sich bei statistischer Kontrolle dieser Variablen als robust. Die MZZ-Gruppe blieb sowohl den Zahlenlandgruppen als auch der Kontrollgruppe leistungsmäßig überlegen. Ein signifikanter Effekt der Migrationszugehörigkeit war darüber hinaus nicht nachweisbar. Auf mögliche Folgen des Einbezugs von Kontrollvariablen bei quasiexperimentellen Studiendesigns wie in der vorliegenden Längsschnittstudie wurde in dieser Arbeit wiederholt hingewiesen (Bortz & Schuster, 2010, S. 312). Demgegenüber untermauern die Ergebnisse der zusätzlichen Berechnungen die Relevanz von Gedächtnisfähigkeiten als auch sprachlicher Kompetenzen für die mathematische Kompetenzentwicklung (vgl. Viesel-Nordmeyer et al., 2020).

Im zweiten Teil der Fragestellung zu differenziellen Fördereffekten wurde die Wirksamkeit von HLL (Küspert & Schneider, 2008) in kombinierter Durchführung mit HLL2 (Plume & Schneider, 2004) auf die mathematischen Kompetenzen in Abhängigkeit vom Migrationshintergrund betrachtet. Erfreulicherweise ließ sich in den Daten der vorliegenden Studie neben einer bereichsspezifisch untrainierten Gruppe von Kindern (Kontrollgruppe) auch eine Gruppe bilden, die im Vorschuljahr ausschließlich mit dem kombinierten HLL-Training gefördert wurde.

Der Leistungsvergleich dieser beiden Gruppen unter Berücksichtigung des Migrationshintergrunds zeigte eine Überlegenheit der HLL-Trainingsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe. Signifikante, kleine Gruppeneffekte konnten jedoch nur für die Kompetenzebene II ermittelt werden, für die sich eine kurzfristige, kompensatorische Wirksamkeit nachweisen ließ. Für die Zähl- und Ziffernkenntnisse (Ebene I) ließ sich deskriptiv ein geringer Leistungsvorsprung der HLL-Gruppe ermitteln. Die fehlende Signifikanz der Förderbedingung kann in der Varianzheterogenität oder im erfassten Leistungsspektrum der eingesetzten Subtests liegen, die eher im unteren Bereich dif-

ferenzieren und damit Deckeneffekte aufweisen. Krajewski, Schneider und Nieding (2008, S. 111) vermuten aufgrund der nachgewiesenen, strukturellen Zusammenhänge zwischen phonologischer Bewusstheit und mathematischer Kompetenzebene I gerade in diesem Bereich einen Trainingseffekt und begründen so eine sinnvolle Kombination der bereichsspezifischen Trainingsmaßnahmen.

Unspezifische Transfereffekte konnten für die vorliegenden Daten nur für die Leistungen im DEMAT 1+ (4. MZP) gegen Zufallseffekte abgesichert werden. Hierbei zeigte sich klar, dass untrainierte Kinder mit Migrationshintergrund den anderen Teilgruppen deutlich unterlegen waren. Dagegen ergab sich für die HLL-Gruppe kein nennenswerter Leistungsunterschied zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund. Die Kontrollgruppe ohne Migrationshintergrund unterschied sich nicht von der gesamten HLL-Gruppe. Für die mathematischen Leistungen in FIPS ließen sich zu Schuljahresbeginn deskriptiv keine bedeutsamen Leistungsunterschiede zwischen den Migrationsgruppen feststellen. In der Gruppe ohne Migrationshintergrund zeigte sich sogar, dass die Kinder der HLL-Gruppe der Kontrollgruppe geringfügig unterlegen waren. Für das Schuljahresende ergab sich ein ähnliches Ergebnismuster wie für die Leistungen im DEMAT 1+. Hier konnten deskriptiv generell höhere Leistungen für die HLL-Gruppe sowie eine 50 % geringere Differenz zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund in dieser Fördergruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe ermittelt werden. Ursache für die fehlende statistische Signifikanz einiger Ergebnisse können die heterogenen und teilweise geringen Stichprobengrößen gewesen sein, die sich vermutlich auf die Robustheit der angewandten Testverfahren gegenüber Modellverletzungen ausgewirkt haben.

Zur statistischen Absicherung gegenüber Unterschieden zwischen den Fördergruppen in den nicht mathematischen Variablen oder den Hintergrundvariablen wurden die Berechnungen unter zusätzlicher Berücksichtigung des sozioökonomischen Status (HISEI) wiederholt. Hierbei wurden nur noch die Gruppenunterschiede zwischen HLL-Gruppe und Kontrollgruppe im DEMAT 1+ signifikant. Bei deskriptiver Betrachtung der um die mathematischen Vortestwerte und den HISEI bereinigten Leistungen lässt sich klar erkennen, dass die zuvor gefundenen vorschulischen Leistungsdifferenzen fast gänzlich verschwinden. Die Ergebnismuster in den schulischen Mathematikleistungen (FIPS, DEMAT 1+) bleiben dagegen erhalten. Demnach scheint es, dass gerade im Vorschulalter die soziale Schichtzugehörigkeit, deren enger Zusammenhang zur Qualität der häuslichen Lernumgebung bereits nachgewiesen ist (z. B. Niklas & Schneider, 2013; Mutaf, 2019), interindividuelle Unterschiede im zahl- und mengenbezogenen Vorwissen zu einem gewissen Teil erklärt.

Trotz der erfreulichen und teilweise hypothesenkonformen Ergebnisse sollten die Fördereffekte durch das Training der phonologischen Bewusstheit (HLL und HLL 2) auf die mathematischen Kompetenzen generell nicht überschätzt werden. Beispielsweise wurde die pädagogische Qualität für die Betreuungszeit während des Kindergartenbesuchs im hier zugrunde liegenden Projekt nicht erfasst, weswegen diesbezügliche

Gruppenunterschiede nicht ausgeschlossen werden können (vgl. Niklas et al., 2011). So könnten die gefundenen Leistungsunterschiede auf eine generell intensivere Förderung der frühen mathematischen Kompetenzen – in unstrukturierter und spielerischer Weise (vgl. Niklas & Schneider, 2012b; Lonnemann & Hasselhorn, 2018) – in der HLL-Trainingsgruppe begründet sein. Darüber hinaus leistete der sozioökonomische Status, der selbst mit anderen Einflussfaktoren wie der häuslichen Lernumwelt konfundiert ist, einen wichtigen Erklärungsbeitrag für die gefundenen, förderspezifischen Gruppenunterschiede.

## 10.4 Limitationen und kritische Anmerkungen

Nachdem die statistischen Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zusammengefasst und zu den Befunden früherer Studien in Beziehung gesetzt und diskutiert wurden, werden nachfolgend limitierende und kritische Aspekte betrachtet. Dieser Abschnitt erfüllt sicherlich nicht den Anspruch der Vollständigkeit, da sich rückblickend zahlreiche Optimierungspunkte an einer Studie feststellen lassen. Leider scheitert es während des Forschungsprozesses oft an zeitlichen und finanziellen Ressourcen oder schlichtweg an der geringen Vorerfahrung in diesem Bereich.

Der wichtigste, begrenzende Faktor für die inferenzstatistische Auswertung ist in der Qualität und der Quantität der vorliegenden Daten zu sehen. Wie bereits in Abschnitt 8.6 wiederholt dargelegt wurde, unterliegen statistische Verfahren stets mehreren Annahmen bzw. Voraussetzungen, deren Verletzung mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Verzerrung und folglich zu einer Einschränkung der Generalisierbarkeit der Ergebnisse führt (vgl. Bortz & Schuster, 2010, S. 79ff.). Zentral ist hierbei die Frage, ob die untersuchte Stichprobe, die eine Teilmenge der relevanten Gesamtpopulation (hier: Kinder im Vorschulalter und im ersten Schuljahr in Deutschland) darstellt, repräsentativ und somit eine Verallgemeinerung der erzielten Resultate zulässig ist. Im Hinblick auf das zugrunde liegende Forschungsprojekt (s. Abschnitt 8.1) ist die *Repräsentativität* der Daten als eingeschränkt und die Stichprobe nicht als rein zufällig einzuordnen. Aus ökonomischen und zeitlichen Gründen wurden gezielt Kindergärten in der näheren und weiteren Umgebung der drei Studienzentren (Würzburg, Bamberg, Berlin) für ihre Teilnahme angefragt. Wegen der primären Forschungsfrage nach der Wirksamkeit von „Hören, lauschen, lernen“ (Küspert & Schneider, 2008; Plume & Schneider, 2004) bei Kindern deutscher und nicht deutscher Herkunftssprache wurden nur Einrichtungen mit diesem Trainingsprogramm oder keinem phonologischen Training im Repertoire ausgewählt. Nach Möglichkeit bzw. nach Zustimmung der Eltern zur Studienteilnahme wurden ganze Vorschulgruppen in die Studie aufgenommen.

Auch im Hinblick auf den Anteil der Kinder mit Migrationshintergrund, der im vorliegenden Projekt deutlich überproportional vorhanden ist, fand eine Vorselektion der



Einrichtungen statt. Dieses Auswahlprozedere sollte gewährleisten, dass eine entsprechend große Teilstichprobe von Kindern mit Migrationshintergrund für die Datenanalyse zur Verfügung steht.

Vor dem Hintergrund der föderalistischen Bildung in Deutschland (z. B. Nikolai, 2020) wird mit der räumlichen Verteilung der drei Studienzentren zumindest das bekannte „Nord-Süd-Gefälle“ (z. B. Schavan, 2011) berücksichtigt.

Ein weiterer Faktor, der die Repräsentativität der Stichprobe beeinflusst hat, ist die erforderliche Zustimmung der Eltern zur Studienteilnahme ihres Kindes. Denkbare Gründe gegen eine Studienteilnahme des Kindes aus Elternperspektive können neben sprachlichen Barrieren und Verständnisproblemen ein fehlendes Interesse oder die Befürchtung negativer Konsequenzen für das Kind sein.

Um möglichst viele Eltern nicht deutscher Herkunftssprache zu erreichen, wurden die Anschreiben sowie der Elternfragebogen im Projektverlauf nach den anteilig häufigsten Fremdsprachen ins Russische und Türkische übersetzt. Die Rücklaufquote betrug über 80 %. Fehlende Angaben u. a. zum Migrationshintergrund wurden durch Rückfragen bei den Erzieherinnen und Erziehern ergänzt.

Eine weitere wichtige Annahme der Inferenzstatistik ist die Messgenauigkeit oder Unabhängigkeit der Daten von Messfehlern. Diese wurde in der vorliegenden Studie durch umfassende Unterweisung des universitären Personals in der Durchführung und Auswertung der eingesetzten Verfahren sowie umgehender Prüfung und Bereinigung der Daten auf Testfehler gesichert.

Eine primäre Voraussetzung gängiger Analyseverfahren, wie der Varianzanalyse, ist das Vorliegen von normalverteilten Daten. Nach dem „zentralen Grenzwerttheorem“ ist diese Annahme bei entsprechend großen Stichproben gegeben. Der erforderliche Umfang wird in der Literatur auf  $N > 30$  festgelegt (Bortz & Schuster, 2010, S. 87). Für die vorliegende Arbeit ist dieser Aspekt als kritisch zu erachten, da bedingt durch die Fragestellungen und Hypothesen im Zuge weiterer Untergruppierungen sich insbesondere für die Gruppe mit Migrationshintergrund teilweise sehr kleine ( $N < 10$ ) und heterogene Zellbesetzungen ergaben. Auf diesen Umstand wurde jedoch an gegebener Stelle stets hingewiesen und bei der Interpretation der Ergebnisse Rücksicht genommen. Ein alternatives Vorgehen wäre, statistische Verfahren auszuwählen, die eine fehlende Normalverteilung berücksichtigen (Bortz & Schuster, 2010, S. 130). Diese „verteilungsfreien“ Verfahren führen jedoch dazu, dass auf einem niedrigeren Skalenniveau getestet wird und der Informationsgehalt der Daten nicht ausgeschöpft wird.

Ein wichtiger Aspekt, der v. a. wegen zu kleiner Stichproben gänzlich unbeachtet blieb, ist das Problem von „Kompositionseffekten“ (vgl. Niklas et al., 2011) bzw. der fehlenden Unabhängigkeit der Messwerte (vgl. Michalczyk et al., 2013). Da die Daten an Kindern mit Gruppenzugehörigkeit (Kindergartengruppe bzw. Schulklasse) erfasst wurden, ist ein Einfluss anderer Gruppenmitglieder auf die Gesamtentwicklung des einzelnen Kindes anzunehmen.

In Bezug auf die eingesetzten Testverfahren ist kritisch anzumerken, dass die non-verbale Intelligenz, die sich in früheren Studien als wichtige Kontrollvariable herausgestellt hat (z. B. Niklas et al., 2011), aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht erhoben werden konnte. Der Umstand, dass eine statistische Kontrolle möglicher Gruppenunterschiede in den durchgeführten Analysen somit nicht möglich war, sollte keine weitreichenden Folgen der Aussagekraft der Ergebnisse haben, da beispielsweise in einer Studie von Krajewski, Schneider und Nieding (2008) gezeigt wurde, dass sich die Intelligenz bei Berücksichtigung des Arbeitsgedächtnisses nicht mehr auf die Mathematikleistung (DEMAT 1+) auswirkt.

Zudem wurden als Maße der Zentralen Exekutive und der phonologischen Schleife Verfahren angewandt, die zahlbezogen sind und damit auch sprachliche und numerische Kompetenzen gleichermaßen erfassen (vgl. Viesel-Nordmeyer et al., 2020). Grundsätzlich ist eine Konfundierung mit sprachlichen Kompetenzen für alle eingesetzten Testinstrumente zu unterstellen, die bei der Interpretation der Ergebnisse zu mathematischen Kompetenzen sowie der untersuchten Bedeutung der phonologischen Bewusstheit in Abhängigkeit vom Migrationshintergrund zu bedenken sind.

Die vorschulische, bereichsspezifische Förderung ist ein zentraler Aspekt des zugrunde liegenden Forschungsprojekts und stellt gleichermaßen eine bedeutende Limitation für die vorliegende Arbeit dar. So wurde im Projektverlauf die Durchführung und Qualität des phonologischen Trainings sowie die Vorerfahrung des pädagogischen Personals detailliert erfasst. Dies galt aus ökonomischen Gründen sowohl für die vorschulische mathematische Förderung als auch die unsystematische und spielerische Förderung, deren Bedeutung mittlerweile mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird (z. B. Lonnemann & Hasselhorn, 2018), nicht in vergleichbarem Ausmaß. Für die eingesetzten mathematischen Programme wurde unterstellt, dass diese weitestgehend manualgetreu durchgeführt wurden.

Auch der genaue Durchführungszeitpunkt im Vorschuljahr scheint nicht unerheblich zu sein (vgl. Krajewski, Renner et al., 2008). Dagegen wurden die vorliegenden Ergebnisse der spezifischen und unspezifischen Fördereffekte auf die mathematischen Kompetenzen ohnehin – aufgrund der geringen Stichprobengrößen – als deskriptiv bezeichnet.

Eine weitere Konsequenz der unterschiedlichen, eingesetzten Vorschultrainings ist darin zu sehen, dass für die Vergleiche der mathematischen Leistungen in Abhängigkeit vom Migrationshintergrund nur die phonologische Trainingsgruppe herangezogen wurde.

Für die postulierten Zusammenhänge zwischen Zähl- und Ziffernkenntnissen sowie phonologischer Bewusstheit im weiteren Sinne ist außerdem der umgrenzte zeitliche Rahmen des Forschungsprojekts, der sich vom Beginn des Vorschuljahres bis zum Ende der ersten Klasse erstreckte, als limitierend anzusehen. Wie im Theorieteil (s. Abschnitte 2.2 und 3.1) ausführlich dargestellt wurde, ist ein Hauptgrund hierfür, dass beide Kompetenzbereiche im letzten Kindergartenjahr bei einem Großteil der Kinder bereits

sehr weit entwickelt sind, sodass die eingesetzten Verfahren zu Vorläuferkompetenzen Deckeneffekte aufweisen und vorwiegend im unteren Leistungsbereich differenzieren.

Insgesamt wird deutlich, dass die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sowohl in theoretischer, methodischer als auch statistischer Sicht einigen Limitationen unterliegen, die sich letztlich in der Formulierung der Forschungshypothesen sowie der Generalisierbarkeit der Ergebnisse niederschlagen. Die umfassende Kritik sollte jedoch nicht ungenutzt bleiben, sondern in sinnvoller und konstruktiver Weise der weiteren Forschung zu diesem Themenbereich und der praktischen Anwendung zu Gute kommen.

## 10.5 Implikationen für Forschung und Praxis

Für weitere Studienvorhaben, die den Zusammenhang zwischen phonologischer Bewusstheit und mathematischen Kompetenzen ggf. unter Berücksichtigung des Migrationshintergrunds untersuchen, kann zum einen ein früherer Studienbeginn (z. B. das vorletzte Kindergartenjahr) sowie eine detaillierte Erfassung der bereichsspezifischen als auch sprachlichen Förderung empfohlen werden.

Im Hinblick auf die angedachten Analyseverfahren sollten ausreichend große Stichproben anvisiert werden. Dies würde beispielsweise die Anwendung der Strukturgleichungsmodellierung (vgl. Berner et al., 2019, S. 159) zur Darstellung indirekter Effekte oder die Berechnung von Quantilregressionen zur differenzierten Analyse der unteren und oberen Leistungsbereiche (vgl. Endlich, 2018, S. 216f.) sowie inhomogener Kompetenzstreuungen (vgl. Linberg & Wenz, 2017) ermöglichen.

Darüber hinaus wäre aufgrund der empirischen Befundlage interessant, neben Leistungsmaßen auch kindbezogene Merkmale, wie Motivation und sozial-emotionale Kompetenzen (z. B. Sale et al., 2018) sowie volitionale Aspekte (z. B. Lonnemann & Hasselhorn, 2018) als Einflussfaktoren zu betrachten.

Ein weiterer Forschungsaspekt könnte eine vergleichende Betrachtung der Beziehung zwischen phonologischer Bewusstheit und mathematischen Kompetenzen hinsichtlich der Familiensprache sein. So konnte bereits für die phonologische Bewusstheit gezeigt werden, dass hier Unterschiede in Abhängigkeit von der Herkunftssprache und deren Struktur nachweisbar sind (z. B. Limbird & Stanat, 2006).

In der vorliegenden Arbeit wurden erstmalig für die eingesetzten Trainingsprogramme im mathematischen als auch phonologischen Bereich die spezifischen und unspezifischen Effekte bei Kindern mit unterschiedlichem Migrationsstatus vergleichend betrachtet. Auch wenn es sich aufgrund des Stichprobenumfangs und der qualitativen und quantitativen Erfassung der mathematischen Frühförderung nur um deskriptive Ergebnisse handelt, lassen sich unter Bezugnahme auf die Literatur einige Implikationen für die Praxis ableiten. Gerade wenn man den zunehmenden Anteil an Kindern mit Migrationshintergrund bedenkt, liefert die vorliegende Arbeit wichtige Ansatz-

punkte, die bei der vorschulischen, mathematischen Frühförderung in Kindertageseinrichtungen berücksichtigt werden können.

Aufgrund der gezeigten Stabilität der migrationsspezifischen Leistungsunterschiede – zumindest bis zum Ende des ersten Schuljahres – sollte bei der Förderung von Kindern mit Migrationshintergrund besonders auf eine sprachlich präzise Ausgestaltung der mathematischen Förderinhalte geachtet werden. Dies sollte den Kindern einerseits das generelle Verständnis als auch den stetigen Wissensaufbau in diesem Bereich erleichtern (vgl. Sale et al., 2018). Auch wenn ein spielerischer, kindgerechter Ansatz womöglich eine Steigerung von Motivation und Durchhaltevermögen bedingt, sollte von überflüssigen sprachlichen Beschreibungen und Modifikationen der eigentlich abstrakten, numerischen Inhalte abgesehen werden. Ergänzend und hilfreich könnten entsprechende Materialien sein, die ebenfalls puristisch gestaltet sein sollten (vgl. Krajewski & Simanowski, 2017).

Insgesamt gibt es für die Forschung im Bereich der mathematischen Frühförderung noch viele Ansatzpunkte zur Optimierung und Konzeption für bestimmte Zielgruppen, zu denen auch Kinder mit Migrationshintergrund zählen (z. B. Schmitman gen. Pothmann, A., 2008).

Der Kindertagesstätte bzw. dem Kindergarten kommt hinsichtlich der vorschulischen Förderung – gerade mit Blick auf Gleichbehandlung und strukturierter Durchführung – eine zentrale Rolle zu, auch wenn die Bedeutung der familiären Lernumwelt sowie deren Berücksichtigung bei der Konzeption neuerer Förderprogramme zunehmend in den Fokus der Forschung rückt (vgl. Niklas & Schneider, 2013; Mutaf, 2019). Die Empfehlung einer frühzeitigen und mehrdimensionalen mathematischen Förderung ist in diesem Kontext naheliegend (Viesel-Nordmeyer et al., 2020).

In Bezug auf eine domänenübergreifende Förderkonzeption sollten auch gezielt die einzelnen Komponenten des Arbeitsgedächtnisses detailliert betrachtet werden. Diese haben nachweislich einen dominanten Einfluss auf den Erwerb mathematischer Kompetenzen (Krajewski, Schneider & Nieding, 2008; Viesel-Nordmeyer et al., 2020). Da sich in einer früheren Studie die Mengen-Zahlen-Kompetenzen auch als bedeutsame Vorhersagemerkmale späterer Arbeitsgedächtnis- und Intelligenzmaße erwiesen, ist ein wechselseitiger Einfluss anzunehmen (vgl. Gallit et al., 2018; Röhm et al., 2017).

Somit gewinnt einerseits eine bereichsspezifische frühe Förderung der Mengen-Zahlen-Kompetenzen an Bedeutung und andererseits werden frühere Befunde, die die Arbeitsgedächtnisfähigkeiten als eher „förderresistent“ darstellen (z. B. Marx & Weber, 2006), in Frage gestellt. Insgesamt ist die Befundlage zu dieser Thematik als heterogen einzuordnen, da andere Studien zeitliche Veränderungen des Arbeitsgedächtnisses fanden (z. B. Passolunghi & Costa, 2016; Niklas et al., 2011). Ein genauer Blick auf diese allgemein-kognitiven Kompetenzen würde sich also durchaus lohnen, da sie bereits in der Konzeption von MZZ (Krajewski et al., 2007) aufgrund ihrer Relevanz für den Aufbau von Mengen-Zahlen-Kompetenzen berücksichtigt wurden. Allerdings sollten, anders als in vielen früheren Studien, zur Erfassung der Komponenten des

Arbeitsgedächtnisses unbedingt nonverbale Maße herangezogen werden, um einer sprachlichen Konfundierung vorzubeugen und damit auch differenzielle Effekte, z. B. bei Kindern mit Migrationshintergrund, valide messen zu können.

Interessant wäre auch eine Überprüfung der gefundenen, unspezifischen Fördereffekte durch ein Training der phonologischen Bewusstheit. Sollte sich die bereichsübergreifende Wirksamkeit bestätigen, könnte dies bei der zeitlichen und inhaltlichen Planung einer kombinierten, spezifischen Förderung durch das pädagogische Personal bedacht werden. Die konkrete Umsetzung könnte sich so darstellen, dass im zeitlichen Zusammenhang mit der Vermittlung der isolierten Zahlwörter und der Förderung der Zählfertigkeiten (vorwärts und rückwärts) Übungen zur Verbesserung der Wahrnehmung und Manipulation größerer sprachlicher Einheiten (z. B. Silben klatschen) durchgeführt werden (vgl. Michalczyk et al., 2013). Für die Erzieherinnen und Erzieher, die solche Trainingsprogramme gewöhnlich durchführen, wäre eine Gesamtübersicht zu einzelnen Übungen sicherlich hilfreich, um beide bereichsspezifischen Trainings besser zu verknüpfen und mögliche Synergieeffekte nutzbar zu machen.

Zusammenfassend sollte im Fokus jeglicher Bestrebungen immer das Ziel stehen, Fördermaßnahmen im Vorschulalter effektiv zu gestalten, um gerade Kinder, die aufgrund individueller oder familiärer Merkmale benachteiligt sind, zu unterstützen und ihnen damit einen Erfolg versprechenden Schulstart zu ermöglichen. Dass der Kindergarten als Institution hierfür ein geeigneter und effektiver Lernort darstellt, ist ausreichend belegt (vgl. Becker, 2016).

## 10.6 Zusammenfassung und Fazit

Primäres Ziel der vorliegenden Arbeit bestand in der Klärung der Frage, ob und in welchem Ausmaß die phonologische Bewusstheit für die mathematische Kompetenzentwicklung bei Kindern mit und ohne Migrationshintergrund vom Beginn des Vorschuljahres bis zum Ende der ersten Klasse bedeutsam ist.

Darüber hinaus wurde überprüft, inwiefern Leistungsunterschiede in Abhängigkeit vom Migrationshintergrund in den mathematischen Kompetenzen vorliegen und sich als stabil erweisen. In diesem Zusammenhang wurde untersucht, welchen Erklärungsbeitrag bereichsübergreifende Kompetenzen (Wortschatz, Grammatik, Arbeits- und Langzeitgedächtnis, phonologische Bewusstheit) neben individuellen (Alter, Geschlecht, Besuchsdauer des Kindergartens) und familiären Merkmalen (sozioökonomischer Status) auf die postulierten, migrationspezifischen Leistungsdifferenzen haben.

Ein weiterer Schwerpunkt bildete die Überprüfung von differenziellen Effekten der eingesetzten bereichsspezifischen Vorschultrainings sowie des Trainings der phonologischen Bewusstheit auf die mathematischen Kompetenzen. Hierbei fand ebenso eine vergleichende Betrachtung spezifischer und unspezifischer Fördereffekte zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund statt.

Somit wurde der Versuch unternommen, eine Forschungslücke zu schließen, da für die dritte Fragestellung bis dato keine empirischen Befunde im deutschsprachigen Raum vorlagen.

Im theoretischen Teil der Arbeit wurden relevante Begrifflichkeiten des Migrationshintergrunds, der mathematischen Kompetenzen sowie der phonologischen Bewusstheit geklärt. Der Erwerb mathematischer Kompetenzen vom Vorschul- bis ins frühe Grundschulalter wurde durch geeignete und etablierte Entwicklungsmodelle beschrieben. Eine zentrale Stellung für die vorliegende Arbeit nimmt das Modell der Zahl-Größen-Verknüpfung (ZGV-Modell) nach Krajewski (2013) ein, das in mehreren Studien mit unterschiedlichen Zielgruppen evaluiert wurde. Ergänzend wurden neuropsychologische Modelle der Zahlenverarbeitung beschrieben, die die sprachliche Verbindung zu mathematischen Prozessen auf kognitiver Ebene erklären. Es wurden wichtige Einflussfaktoren im Sinne von individuellen und familiären Merkmalen auf die mathematische Kompetenzentwicklung betrachtet. Analog wurde die theoretische Einordnung der phonologischen Bewusstheit als erwiesene, schriftsprachliche Vorläuferkompetenz sowie diesbezüglich bedingende Faktoren der Entwicklung vorgenommen. Anschließend erfolgte die Synthese beider domänenspezifischen Entwicklungsbereiche sowohl auf hypothetischer als auch empirischer Ebene.

Zum Abschluss wurden die bereichsspezifischen Trainingsprogramme, die im zugrunde liegenden Forschungsprojekt zur vorschulischen Förderung mathematischer Kompetenzen und der phonologischen Bewusstheit eingesetzt wurden, inhaltlich beschrieben und verglichen sowie Ergebnisse von Evaluationsstudien aufgeführt.

Im empirischen Teil wurden zunächst Hypothesen zu den eingangs beschriebenen Fragestellungen theoriegeleitet formuliert.

Die Datenerhebung erfolgte innerhalb eines vom BMBF geförderten Forschungsprojekts zur Wirksamkeit eines Trainings der phonologischen Bewusstheit bei Kindern deutscher und nicht deutscher Herkunftssprache. Die eigenen Analysen basieren insgesamt auf über 370 Fallzahlen, die aufgrund der dargelegten inhaltlichen Kriterien und der Relevanz für die eigenen Fragestellungen aus einer Gesamtstichprobe von über 570 Kindern der Längsschnittstudie entnommen wurden. Über einen Zeitraum vom Beginn des letzten Kindergartenjahres bis zum Ende der ersten Klasse wurden die teilnehmenden Kinder zu vier Messzeitpunkten – jeweils zum Beginn und am Ende des Kindergarten- bzw. Schuljahres – untersucht. Die vorschulischen Testungen beinhalteten u. a. etablierte Maße zu bereichsspezifischen Vorläufern, sprachlichen Kompetenzen und Gedächtnisfähigkeiten. Für die mathematische Leistungserhebung im ersten Grundschuljahr kamen ein standardisiertes, computerbasiertes Verfahren (FIPS) sowie ausgewählte Subtests aus einem lehrplanvaliden, normierten Gruppentest (DEMAT 1+) zum Einsatz. Zudem wurden mittels eines Elternfragebogens Informationen zum sprachlichen, kulturellen und sozioökonomischen Hintergrund erfasst und das pädagogische Personal der Kindergärten zur bereichsspezifischen, strukturierten Vorschulförderung befragt.

Insgesamt handelt es sich um ein quasiexperimentelles Studiendesign, da die Zuteilung zu den Fördergruppen nicht randomisiert stattfand. Die teilnehmenden Kinder erhielten im Vorschuljahr abhängig vom Angebot der besuchten Einrichtung entweder keine strukturierte Förderung oder ein Training der phonologischen Bewusstheit, das aufgrund der Ausrichtung des Projekts in Form des Würzburger Programms „Hören, lauschen, lernen“ (Küspert & Schneider, 2008) in Kombination mit einem Training zur Buchstaben-Laut-Verknüpfung (Plume & Schneider, 2004) erfolgen sollte. Anhand der Angaben der Erzieherinnen und Erzieher konnte retrospektiv innerhalb der phonologischen Trainingsgruppe eine Teilgruppe identifiziert werden, die zusätzlich eine strukturierte, mathematische Förderung im Vorschulalter durchlief.

Der Migrationshintergrund wurde anhand der Geburtsländer der Eltern bestimmt. Um homogene Vergleichsgruppen hinsichtlich der Familien- bzw. Herkunftssprache (deutsch vs. nicht deutsch) zu erhalten, wurden Kinder mit Migrationshintergrund, deren beide Eltern im Ausland geboren sind, den Kindern ohne Migrationshintergrund gegenübergestellt.

Die erste Fragestellung zielte darauf ab, Leistungsunterschiede in den mathematischen Kompetenzen zu allen vier Messzeitpunkten sowie im zeitlichen Verlauf zu prüfen. Die Ergebnisse bestätigten die empirische Befundlage und zeigten, dass Kinder mit Migrationshintergrund den Gleichaltrigen ohne Migrationshintergrund sowohl in den vorschulischen Mengen-Zahlen-Kompetenzen als auch den schulischen Mathematikleistungen deutlich unterlegen waren.

Die statistische Kontrolle von den zu Studienbeginn erfassten Leistungsmaßen so-

wie individueller und familiärer Merkmale lieferte ein eindeutiges Bild: Die gefundenen, migrationsspezifischen Effekte konnten fast gänzlich durch Unterschiede in den Kontrollvariablen und Hintergrundmerkmalen erklärt werden.

Die abschließende Überprüfung der mathematischen Kompetenzentwicklung lieferte sowohl für Kinder mit als auch ohne Migrationshintergrund eine signifikante und praktisch hoch bedeutsame Leistungssteigerung zum Ende des Vorschuljahres bzw. der ersten Klasse. Dabei zeigte sich für beide Zeiträume kein Gruppenunterschied in Abhängigkeit vom Migrationsstatus. Somit konnten frühere Studien, die einen entsprechenden Matthäus-Effekt widerlegten, bestätigt werden.

Die in den mathematischen Vorläuferkompetenzen festgestellten Gruppendifferenzen sind diesbezüglich zumindest bis zum Ende des ersten Grundschuljahres und ungeachtet zuvor benannter individueller und familiärer Hintergrundmerkmale als zeitlich stabil einzuordnen.

Mit der zweiten Fragestellung, die das Kernstück der vorliegenden Arbeit darstellt, wurde die Bedeutung der phonologischen Bewusstheit für die mathematische Kompetenzentwicklung untersucht. Hierzu wurden hierarchische Regressionsanalysen durchgeführt, um den Erklärungsbeitrag der einzelnen Kompetenzbereiche sowie der individuellen und familiären Merkmale auf die mathematischen Kompetenzen am Ende des letzten Kindergartenjahres sowie am Anfang und Ende des ersten Schuljahres festzustellen.

Insgesamt ließ sich die dominante Rolle der bereichsspezifischen Vorläufer, für die umfassende Evidenz besteht, für diese drei Messzeitpunkte bestätigen.

Darüber hinaus trug die phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne nur signifikant zur Erklärung von Unterschieden in den mathematischen Kompetenzen der Ebene II des ZGV-Modells zum Ende des Vorschuljahres bei. Bei getrennter Auswertung nach Migrationshintergrund konnte dieser Effekt nur für die Gruppe der Kinder ohne Migrationshintergrund ermittelt werden. Für die Gruppe der Kinder mit Migrationshintergrund erwies sich an dieser Stelle der Wortschatz als Maß der Sprachkompetenz als bedeutsam.

Insgesamt ließen sich deskriptiv feststellbare Unterschiede in der Bedeutung einzelner Prädiktoren für die beiden Migrationsgruppen nicht inferenzstatistisch absichern, wodurch die Forschungshypothese bestätigt wurde.

Die Ergebnisse dieser Fragestellung, die zunächst eine untergeordnete Bedeutung der phonologischen Bewusstheit für die mathematische Kompetenzentwicklung nahelegen, wurden hinsichtlich möglicher statistischer Verzerrungen aufgrund der Datenstruktur diskutiert. So zeigte sich in den korrelativen Voranalysen ein substantieller Zusammenhang zwischen der phonologischen Bewusstheit und sämtlichen mathematischen Leistungsmaßen.

Darüber hinaus untermauerten auch die Ergebnisse der Regressionsanalysen die Relevanz der Sprachkompetenz für die mathematischen Kompetenzen bei Kindern mit Migrationshintergrund. Diesbezüglich wurde darauf hingewiesen, dass die eingesetz-



ten Verfahren allesamt sprachbasiert sind bzw. das Verständnis verbaler Instruktionen im Deutschen voraussetzen. Dieser Umstand sollte als alternative Erklärung der Bedeutung der Deutschsprachkenntnisse bei Kindern mit Migrationshintergrund, die ohnehin in diesem Bereich erhebliche Defizite aufweisen, bedacht werden.

Die dritte Fragestellung beschäftigte sich mit der spezifischen und unspezifischen Wirksamkeit vorschulischer Trainingsprogramme auf die mathematischen Kompetenzen. Bezüglich differenzieller Effekte in Abhängigkeit vom Migrationshintergrund wurde postuliert, dass eine kompensatorische Förderung möglich ist und sich somit die mathematischen Leistungsunterschiede zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund durch die jeweilige, vorschulische Maßnahme reduzieren lassen.

Zur Überprüfung von spezifischen Trainingseffekten durch manualisierte Förderung der Mengen-Zahlen-Kompetenzen standen drei Trainingsgruppen sowie eine nicht standardisiert geförderte Kontrollgruppe für die Analysen zur Verfügung. Dabei kamen folgende Förderprogramme zum Einsatz: MZZ nach Krajewski et al. (2007), Zahlenland nach Preiß (2004, 2005) und Zahlenland nach Friedrich und de Galgóczy (2004). Aufgrund der konzeptionellen Ähnlichkeit wurden die beiden Zahlenlandgruppen zusammengefasst.

Mittels statistischer Kontrolle der mathematischen Ausgangswerte (Ebene I und II des ZGV-Modells) ließen sich durch Berechnung von Kovarianzanalysen kurzfristige, kompensatorische Trainingseffekte belegen. Die Leistungszuwächse in den mathematischen Vorläuferkompetenzen (2. MZP) der MZZ-Trainingsgruppe lagen signifikant über denen der Vergleichsgruppen. Hypothesenkonform ließ sich nachweisen, dass die Kinder mit Migrationshintergrund der vorliegenden Studie insbesondere von einer frühen mathematischen Förderung profitierten, die auf konkret-anschaulichen Darstellungsmitteln basierte und in verbaler Hinsicht auf die numerischen Inhalte fokussiert war (vgl. Krajewski et al., 2007). Die gefundenen Effekte sind in praktischer Hinsicht als gering bis moderat einzuordnen.

Die Analysen der längerfristigen Effekte auf die schulischen Mathematikleistungen (Transfereffekte) erbrachten heterogene Ergebnisse. Für die Leistungen im DEMAT 1+ ließ sich eine Überlegenheit der Zahlenlandgruppen feststellen.

Eine kompensatorische Wirksamkeit zeigte sich für alle eingesetzten Trainingsprogramme insofern, als dass die trainierten Gruppen mit Migrationshintergrund höhere Werte erzielten als untrainierte Kinder mit Migrationshintergrund. Für Kinder ohne Migrationshintergrund ergaben sich hinsichtlich der unterschiedlichen mathematischen Fördermaßnahmen in den vorschulischen Leistungen keine Unterschiede.

Für die mathematischen Leistungen in den Aufgaben des FIPS-Programms konnten in der Lernausgangslage (3. MZP) sowie zum Schuljahresende (4. MZP) zumindest deskriptiv höhere Werte für die Kinder der MZZ-Trainingsgruppe ermittelt werden. Signifikante Unterschiede zwischen den Fördergruppen ließen sich in diesem Verfahren nicht belegen.

In einem weiteren Analyseschritt wurden Unterschiede in den Ausgangswerten einiger, diesbezüglich signifikanter Variablen (schnelles Benennen von Bildern, Zahlenspanne vorwärts sowie rückwärts, grammatische Fähigkeiten) statistisch kontrolliert. Hierdurch wurden die zuvor festgestellten Gruppeneffekte, mit Ausnahme der Kompetenzebene II (2. MZP), nicht mehr statistisch bedeutsam. Folglich ist anzunehmen, dass die zunächst nachgewiesenen, kurz- und langfristigen, spezifischen Fördereffekte größtenteils aus den anfänglichen, sprach- und gedächtnisbezogenen Gruppenunterschieden resultierten. Eine wesentlich bedeutsamere Limitation der Interpretierbarkeit der Ergebnisse ergibt sich jedoch aus den teilweise sehr kleinen Fallzahlen, die durch die wiederholte Gruppierung der Analysestichprobe erfolgte.

Im zweiten Teil der Fragestellung wurden unspezifische, kompensatorische Effekte des HLL-Trainings (Küspert & Schneider, 2008) kombiniert mit HLL 2 (Plume & Schneider, 2004) untersucht. Hierzu wurde die Gruppe, die im Vorschuljahr nur ein strukturiertes phonologisches Training erhielt, mit der nicht strukturiert geförderten Gruppe kontrastiert und differenzielle Effekte des Migrationshintergrunds analysiert.

Kurzfristig zeigte die HLL-Trainingsgruppe nur signifikant höhere Leistungszuwächse auf Kompetenzebene II. Innerhalb der HLL-Trainingsgruppe näherten sich die Migrationsgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe deutlich an, was für einen kompensatorischen Effekt spricht, der sich für diesen Bereich als klein erwies.

Im Hinblick auf schulische Transferleistungen ließ sich nur für den DEMAT 1+ ein signifikanter, jedoch kleiner, kompensatorischer Effekt belegen. Dieser langfristige Effekt war auch bei statistischer Kontrolle des sozioökonomischen Status robust, für den sich in den Voranalysen signifikante Unterschiede zwischen der HLL-Gruppe und der Kontrollgruppe identifizieren ließ.

Die kurzfristigen, unspezifischen Trainingseffekte erwiesen sich dagegen bei Berücksichtigung dieser Kontrollvariable nicht mehr als statistisch bedeutsam.

Die Ergebnisse der Effekte des phonologischen Trainings auf die mathematischen Kompetenzen wurden mit Verweis auf eine mögliche Konfundierung mit der häuslichen Lernumwelt diskutiert, die ihrerseits in den Analysen nicht berücksichtigt wurde und nachweislich mit dem sozioökonomischen Status verknüpft ist.

Zusammenfassend ist die vorliegende Arbeit als Forschungsbeitrag für die Entwicklungspsychologie, hinsichtlich der betrachteten, mathematischen Kompetenzentwicklung, sowie für die Pädagogische Psychologie, bezüglich vorschulischer, bereichsspezifischer Fördermaßnahmen und differenzieller Effekte in Abhängigkeit vom Migrationshintergrund, einzuordnen.

Mittels eigener Fragestellungen und statistischer Analysen können einerseits frühere Studien zur mathematischen Kompetenzentwicklung für den Zeitraum vom Beginn des Vorschuljahres bis zum Ende der ersten Klasse bestätigt und andererseits Unterschiede sowie Gemeinsamkeiten zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund, die bisher noch nicht so umfassend wie im schriftsprachlichen Bereich untersucht sind, genauer beleuchtet werden.

Durch die vergleichende Betrachtung der Migrationsgruppen im Hinblick auf die Bedeutung der phonologischen Bewusstheit für die mathematische Kompetenzentwicklung wurde versucht, eine Forschungslücke im deutschen Sprachraum anhand der Analyse von längsschnittlich erhobenen Daten zu schließen. Insgesamt liegen zu dieser konkreten Fragestellung bislang nur wenige empirische Befunde für Kinder im Vorschul- und frühen Grundschulalter vor.

Die Operationalisierung des Migrationshintergrunds, wie sie in der vorliegenden Arbeit erfolgt ist, stellt eine Möglichkeit dar, Merkmale der sprachlichen und kulturellen Herkunft zu berücksichtigen. Eine derartige Gruppierung familiärer Merkmale sollte im Kontext der angewandten Forschung primär darauf abzielen, Ursachen der Benachteiligung in der individuellen Lernentwicklung aufzudecken und Möglichkeiten zu entwickeln, diese kurz- und langfristig zu minimieren (vgl. Lonnemann & Hasselhorn, 2018).

Gleichermaßen ist bezüglich der Heterogenität des Sprachhintergrunds zu konstatieren, dass eine mehrsprachige Erziehung viele Chancen bietet und – global betrachtet – eher die Regel als die Ausnahme darstellt (vgl. Keim & Tracy, 2006). In diesem Sinne soll final auf das einleitende Zitat von Dehaene (2002) verwiesen werden, der jedem – zumindest für die Verarbeitung numerischer Informationen – eine gewisse *Zweisprachigkeit* zuschreibt.



# Literaturverzeichnis

- Alloway, T., Gathercole, S., Willis, C. & Adams, A.-M. (2004). A structural analysis of working memory and related cognitive skills in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87, 85-106. doi: 10.1016/j.jecp.2003.10.002
- Anthony, J. L. & Francis, D. J. (2005). Development of phonological awareness. *Current Directions in Psychological Science*, 14 (5), 255-259. doi: 10.1111/j.0963-7214.2005.00376.x
- Anthony, J. L., Williams, J. M., Durán, L. K., Gillam, S. L., Liang, L. & Aghara, R. et al. (2011). Spanish phonological awareness: Dimensionality and sequence of development during the preschool and kindergarten years. *Journal of Educational Psychology*, 103 (4), 857-876. doi: 10.1037/a0025024
- Aster, M. von, Kucian, K. & Martin, E. (2006). Gehirnentwicklung und Dyskalkulie. *Sprache Stimme Gehör*, 30, 1-6. doi: 10.1055/s-2006-951752
- Aster, M. von & Shalev, R. S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49, 868-873. doi: 10.1111/j.1469-8749.2007.00868.x
- Aunio, P., Aubrey, C., Godfrey, R., Pan, Y. & Liu, Y. (2008). Children's early numeracy in England, Finland and People's Republic of China. *International Journal of Early Years Education*, 16 (3), 203-221. doi: 10.1080/09669760802343881
- Aunio, P. & Niemivirta, M. (2010). Predicting children's mathematical performance in grade one by early numeracy. *Learning and Individual Differences*, 20 (5), 427-435. doi: 10.1016/j.lindif.2010.06.003
- Aunio, P. & Räsänen, P. (2016). Core numerical skills for learning mathematics in children aged five to eight years – a working model for educators. *European Early Childhood Education Research Journal*, 24 (5), 684-704. doi: 10.1080/1350293X.2014.996424
- Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M.-K. & Nurmi, J.-E. (2004). Developmental dynamics of math performance from preschool to grade 2. *Journal of Educational Psychology*, 96 (4), 699-713. doi: 10.1037/0022-0663.96.4.699
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & Weiber, R. (2008). *Multivariate Analysemethoden*. Berlin: Springer. doi: 10.1007/978-3-662-46076-4
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4 (11), 417-423. doi: 10.1016/S1364-6613(00)01538-2
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. (1974). Working memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47-89. doi: 10.1016/S0079-7421(08)60452-1

- Baddeley, A. D. & Logie, R. H. (1999). Working memory: The multiple-component model. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 28-61). Cambridge: Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9781139174909.005
- Barth, K. H. (1998). *Die diagnostischen Einschätzskalen (DES) zur Beurteilung des Entwicklungsstandes und der Schulfähigkeit*. München: Reinhardt.
- Bäuerlein, K., Beinicke, A., Berger, N., Faust, G., Jost, M. & Schneider, W. (2012). *Fähigkeitsindikatoren Primarschule (FIPS). Ein computerbasiertes Diagnoseinstrument zur Erfassung der Lernausgangslage und der Lernentwicklung von Schulanfängern*. Göttingen: Hogrefe.
- Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie und Frauen (2016). *Der Bayerische Bildungs- und Erziehungsplan für Kinder in Tageseinrichtungen bis zur Einschulung* (7. Aufl.). Berlin: Cornelsen.
- Becker, R. (2016). Bildungseffekte vorschulischer Erziehung und Elementarbildung – Bessere Bildungschancen für Arbeiter- und Migrantenkinder? In R. Becker & W. Lauterbach (Hrsg.), *Bildung als Privileg: Erklärungen und Befunde zu den Ursachen der Bildungsungleichheit* (S. 145-181). Wiesbaden: Springer Fachmedien. doi: 10.1007/978-3-531-92484-7\_5
- Benz, C., Peter-Koop, A. & Grüßing, M. (2015). Diagnose- und Förderkonzepte. In P. D. F. Padberg & P. D. A. Büchter (Hrsg.), *Frühe mathematische Bildung: Mathematiklernen der Drei- bis Achtjährigen* (S. 73-114). Berlin: Springer Spektrum.
- Berendes, K. & Weinert, S. (2016). Selecting appropriate phonological awareness indicators for the kindergarten cohort of the national educational panel study: A theoretical and empirical approach. In H.-P. Blossfeld, J. von Maurice, M. Bayer & J. Skopek (Eds.), *Methodological issues of longitudinal surveys: The example of the national educational panel study* (pp. 401-425). Wiesbaden: Springer. doi: 10.1007/978-3-658-11994-2\_23
- Berner, V.-D., Skillen, J. & Seitz-Stein, K. (2019). Vorschulische Stabilität und Veränderung von Selbstkonzept, Lernfreude und Leistung in der mathematischen Domäne. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 12 (1), 149-163. doi: 10.1007/s42278-018-00033-4
- Blatter, K., Faust, V., Jäger, D., Schöppe, D., Artelt, C., Schneider, W. et al. (2013). Vorschulische Förderung der phonologischen Bewusstheit und der Buchstaben-Laut-Zuordnung: Profitieren auch Kinder nichtdeutscher Herkunftssprache? In A. Redder & S. Weinert (Hrsg.), *Sprachförderung und Sprachdiagnostik. Interdisziplinäre Perspektiven* (S. 218-238). Münster: Waxmann.
- Blevins-Knabe, B. (2016). Early mathematical development: How the home environment matters. In B. Blevins-Knabe & A. M. Berghout Austin (Eds.), *Early childhood mathematics skill development in the home environment* (pp. 7-28). Cham, Schweiz: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-43974-7\_2

- Bonifacci, P., Tobia, V., Bernabini, L. & Marzocchi, G. M. (2016). Early literacy and numeracy skills in bilingual minority children: Toward a relative independence of linguistic and numerical processing. *Frontiers in Psychology*, 7 (1020). doi: 10.3389/fpsyg.2016.01020
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (6., vollst. überarb. und akt. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4., überarb. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (7., vollst. überarb. und erw. Aufl.). Berlin: Springer.
- Bos, W., Tarelli, I., Bremerich-Vos, A. & Schwippert, K. (2012). *IGLU 2011. Lesekompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Bull, R., Espy, K. A. & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 33 (3), 205-228. doi: 10.1080/87565640801982312
- Bull, R. & Johnston, R. S. (1997). Children's arithmetical difficulties: Contributions from processing speed, item identification, and short-term memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 65 (1), 1-24. doi: 10.1006/jecp.1996.2358
- Bundesinstitut für Berufsbildung (Hrsg.). (2018). *Datenreport zum Berufsbildungsbericht 2018. Informationen und Analysen zur Entwicklung der beruflichen Bildung*. Leverkusen: Budrick.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.). (2016). *PISA & Co. Die wichtigsten Vergleichsstudien im Überblick*. Bertelsmann: Bielefeld.
- Burgess, S. R., Hecht, S. A. & Lonigan, C. J. (2002). Relations of the home literacy environment (HLE) to the development of reading-related abilities: A one-year longitudinal study. *Reading Research Quarterly*, 37 (4), 408-426. doi: 10.1598/RRQ.37.4.4
- Carroll, J. M., Snowling, M. J., Stevenson, J. & Hulme, C. (2003). The development of phonological awareness in preschool children. *Developmental Psychology*, 39 (5), 913-923. doi: 10.1037/0012-1649.39.5.913
- Chochon, F., Cohen, L., van de Moortele, P. F. & Dehaene, S. (1999). Differential contributions of the left and right inferior parietal lobules to number processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11 (6), 617-630. doi: 10.1162/089892999563689
- Chudaske, J. (2012). *Sprache, Migration und schulfachliche Leistung. Einfluss sprachlicher Kompetenz auf Lese-, Rechtschreib und Mathematikleistungen*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. doi: 10.1007/978-3-531-93495-2\_6

- Cipolotti, L. & Butterworth, B. (1995). Toward a multiroute model of number processing: Impaired number transcoding with preserved calculation skills. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124 (4), 375-390. doi: 10.1037/0096-3445.124.4.375
- Cipora, K., Loenneker, H., Soltanlou, M., Lipowska, K., Domahs, F. & Goebel, S. et al. (2019). *Syntactic influences on numerical processing in adults: Limited but detectable*. doi: 10.31234/osf.io/ewtd4
- Clarke, B., Clarke, D., Grüßing, M. & Peter-Koop, A. (2008). Mathematische Kompetenzen von Vorschulkindern: Ergebnisse eines Ländervergleichs zwischen Australien und Deutschland. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 29 (3-4), 259-286.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Cummins, J. (1979). Linguistic interdependence and the educational development of bilingual children. *Review of Educational Research*, 49 (2), 222-251. doi: 10.3102/00346543049002222
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44 (1-2), 1-42. doi: 10.1016/0010-0277(92)90049-N
- Dehaene, S. (2002). Verbal and nonverbal representations of numbers in the human brain. In A. M. Galaburda, S. M. Kosslyn & C. Yves (Eds.), *The languages of the brain* (pp. 179-190). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematics*. New York, NY: Oxford University Press.
- Dehaene, S. & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical cognition*, 1 (1), 83-120.
- De Smedt, B. & Boets, B. (2010). Phonological processing and arithmetic fact retrieval: Evidence from developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, 48 (14), 3973-3981. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2010.10.018
- De Smedt, B., Taylor, J., Archibald, L. & Ansari, D. (2010). How is phonological processing related to individual differences in children's arithmetic skills? *Developmental Science*, 13 (3), 508-520. doi: 10.1111/j.1467-7687.2009.00897.x
- Dilling, H., Mombour, W., Schmidt, M. H. & Coltart, I. (2015). *Internationale Klassifikation psychischer Störungen. ICD-10 Kapitel V (F). Klinisch-diagnostische Leitlinien* (10., überarb. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Dowker, A. (2008). Individual differences in numerical abilities in preschoolers. *Developmental Science*, 11 (5), 650-654. doi: 10.1111/j.1467-7687.2008.00713.x
- Dowker, A. & Nuerk, H.-C. (Eds.). (2017). *Linguistic influences on mathematical cognition*. Lausanne, Schweiz: Frontiers Media. doi: 10.3389/978-2-88945-200-2
- Dowker, A. & Roberts, M. (2015). Does the transparency of the counting system affect children's numerical abilities? *Frontiers in Psychology*, 6 (945). doi: 10.3389/fpsyg.2015.00945



- Dubowy, M., Duzy, D., Pröscholdt, M. V., Schneider, W., Souvignier, E. & Gold, A. (2011). Was macht den „Migrationshintergrund“ bei Vorschulkindern aus? Ein Vergleich alternativer Klassifikationskriterien und ihr Zusammenhang mit deutschen Sprachkompetenzen. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 33 (3), 355-376. doi: 10.24452/sjer.33.3.4864
- Dubowy, M., Ebert, S., Maurice, J. von & Weinert, S. (2008). Sprachlich-kognitive Kompetenzen beim Eintritt in den Kindergarten. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 40 (3), 124-134. doi: 10.1026/0049-8637.40.3.124
- Dummert, F., Endlich, D., Schneider, W. & Schwenck, C. (2014). Entwicklung schriftsprachlicher und mathematischer Leistungen bei Kindern mit und ohne Migrationshintergrund. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 46, 115-132. doi: 10.1026/0049-8637/a000110
- Durand, M., Hulme, C., Larkin, R. & Snowling, M. (2005). The cognitive foundations of reading and arithmetic skills in 7- to 10-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91 (2), 113-136. doi: 10.1016/j.jecp.2005.01.003
- Duzy, D., Ehm, J.-H., Souvignier, E., Schneider, W. & Gold, A. (2013). Prädiktoren der Lesekompetenz bei Kindern mit Deutsch als Zweitsprache. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 45 (4), 173-190. doi: 10.1026/0049-8637/a000093
- Eckerth, M., Hanke, P. & Hein, A. K. (2014). Entwicklung von Kindern im mathematischen Bereich im Übergang von der Kindertageseinrichtung in die Grundschule – Ergebnisse aus dem FiS-Projekt. In B. Kopp et al. (Hrsg.), *Individuelle Förderung und Lernen in der Gemeinschaft* (S. 262-265). Wiesbaden: Springer. doi: 10.1007/978-3-658-04479-4\_49
- Eid, M., Gollwitzer, M. & Schmitt, M. (2011). *Statistik und Forschungsmethoden*. Weinheim: Beltz.
- Endlich, D. (2018). *Geschlechterdisparitäten in mathematischen Vorläuferfertigkeiten und Kompetenzen im Übergang vom Elementar- in den Primarbereich*. Hamburg: Dr. Kovač.
- Ennemoser, M. & Krajewski, K. (2015). Pädagogisch-psychologische Lernförderung im Kindergarten- und Einschulungsalter. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 371-399). Berlin: Springer. doi: 10.1007/978-3-642-41291-2\_16
- Ennemoser, M., Marx, P., Weber, J. & Schneider, W. (2012). Spezifische Vorläuferfertigkeiten der Lesegeschwindigkeit, des Leseverständnisses und des Rechtschreibens. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 44 (2), 53-67. doi: 10.1026/0049-8637/a000057

- Esser, H. (2006). *Migration, Sprache und Integration*. AKI-Forschungsbilanz, 4. Berlin: Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH FSP Zivilgesellschaft, Konflikte und Demokratie Arbeitsstelle Interkulturelle Konflikte und gesellschaftliche Integration -AKI-. Verfügbar unter: <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-113493>
- Feigenson, L., Dehaene, S. & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 8 (7), 307-314. doi: 10.1016/j.tics.2004.05.002
- Fischer, M. Y. & Pfost, M. (2015). Wie effektiv sind Maßnahmen zur Förderung der phonologischen Bewusstheit? *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 47 (1), 35-51. doi: 10.1026/0049-8637/a000121
- Fox, A. V. (2006). *Test zur Überprüfung des Grammatikverständnisses (TROG-D)*. Idstein: Schulz-Kirchner.
- Foy, J. G. & Mann, V. (2003). Home literacy environment and phonological awareness in preschool children: Differential effects for rhyme and phoneme awareness. *Applied Psycholinguistics*, 24 (1), 59-88. doi: 10.1017/S0142716403000043
- Friedrich, G. (2017). *Komm mit ins Zahlenland – Beliebt und gerne missverstanden*. Verfügbar unter: <https://www.erzieherin.de/komm-mit-ins-zahlenland-beliebt-und-gerne-missverstanden.html>
- Friedrich, G. & de Galgóczy, V. (2004). *Komm mit ins Zahlenland: Eine spielerische Entdeckungsreise in die Welt der Mathematik*. Freiburg im Breisgau: Christophorus.
- Friedrich, G., de Galgóczy, V. & Schindelhauer, B. (2011). *Komm mit ins Zahlenland*. Freiburg: Herder.
- Friedrich, G. & Munz, H. (2009). *Förderung schulischer Vorläuferfähigkeiten durch das didaktische Konzept „Komm mit ins Zahlenland“*. Verfügbar unter: <https://www.kindergartenpaedagogik.de/fachartikel/bildungsbereiche-erziehungsfelder/mathematische-bildung/foerderung-schulischer-vorlaeufferfaehigkeiten>
- Fritz, A., Ehlert, A. & Leutner, D. (2018). Arithmetische Konzepte aus kognitiv-entwicklungspsychologischer Sicht. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 39 (1), 7-41. doi: 10.1007/s13138-018-0131-6
- Fröse, S., Mölders, R. & Wallrodt, W. (1986). *Kieler Einschulungsverfahren (KEV)*. Weinheim: Beltz Test.
- Fuson, K. C. (1988). *Children's counting and concepts of number*. New York: Springer.
- Gallit, F., Wyschkon, A., Poltz, N., Moraske, S., Kucian, K., Aster, M. von & Esser, G. (2018). Henne oder Ei: Reziprozität mathematischer Vorläufer und Vorhersage des Rechnens. *Lernen und Lernstörungen*, 7, 81-92. doi: 10.1024/2235-0977/a000205
- Ganzeboom, H. B. G., De Graaf, P. M. & Treiman, D. J. (1992). A standard international socio-economic index of occupational status. *Social Science Research*, 21 (1), 1-56. doi: 10.1016/0049-089X(92)90017-B

- Geary, D. C. (1993). Mathematical disabilities: Cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychological Bulletin*, 114 (2), 345-362. doi: 10.1037/0033-2909.114.2.345
- Geary, D. C., Hamson, C. O. & Hoard, M. K. (2000). Numerical and arithmetical cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77 (3), 236-263. doi: 10.1006/jecp.2000.2561
- Gelman, R. & Butterworth, B. (2005). Number and language: How are they related? *Trends in Cognitive Sciences*, 9 (1), 6-10. doi: 10.1016/j.tics.2004.11.004
- Göbel, S. M., Shaki, S. & Fischer, M. H. (2011). The cultural number line: A review of cultural and linguistic influences on the development of number processing. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 42 (4), 543-565. doi: 10.1177/0022022111406251
- Gogolin, I. (2009). Zweisprachigkeit und die Entwicklung bildungssprachlicher Fähigkeiten. In I. Gogolin & U. Neumann (Hrsg.), *Streitfall Zweisprachigkeit – The Bilingualism Controversy* (S. 263-280). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. doi: 10.1007/978-3-531-91596-8\_15
- Goldammer, A. von, Mähler, C. & Hasselhorn, M. (2011). Determinanten von Satzgedächtnis-Leistungen bei deutsch- und mehrsprachigen Vorschulkindern. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 43 (1), 1-15. doi: 10.1026/0049-8637/a000028
- Gölitz, D., Roick, T. & Hasselhorn, M. (2006). *Deutscher Mathematiktest für vierte Klassen (DEMAT4)*. Göttingen: Hogrefe.
- Gorecki, B. & Landerl, K. (2015). Phonologische Bewusstheit. Ist die phonologische Bewusstheit ein Prädiktor für die Leseleistung? *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 47 (3), 139-146. doi: 10.1026/0049-8637/a000135
- Graham, J. W., Cumsille, P. E. & Elek-Fisk, E. (2003). Methods for handling missing data. In J. A. Schinka & W. F. Velicer (Eds.), *Handbook of psychology: Research methods in psychology* (Vol. 2., pp. 87-114). Hoboken, NJ: Wiley. doi: 10.1002/9781118133880.hop202004
- Graß, K.-H., Gruber, C. & Kelz, J. (2019). Zur Geschlechterrolle in mathematischen Vorläuferfähigkeiten – Eine Analyse von Geschlechtsdisparitäten im pränumerischen Bereich. In A. Holzinger, S. Kopp-Sixt, S. Luttenberger & D. Wohlhart (Hrsg.), *Fokus Grundschule Band 1. Forschungsperspektiven und Entwicklungslinien* (S. 121-132). Münster: Waxmann.
- Hartig, J. & Klieme, E. (2006). Kompetenz und Kompetenzdiagnostik. In K. Schweizer (Hrsg.), *Leistung und Leistungsdiagnostik* (S. 127-143). Heidelberg: Springer. doi: 10.1007/3-540-33020-8\_9

- Hasselhorn, M., Heinze, A., Schneider, W. & Trautwein, U. (Hrsg.). (2013). *Diagnostik mathematischer Kompetenzen, Tests und Trends, N.F.* (Bd. 11). Göttingen: Hogrefe.
- Hasselhorn, M. & Kuger, S. (2014). Wirksamkeit schulrelevanter Förderung in Kindertagesstätten. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 17 (2), 299-314. doi: 10.1007/s11618-013-0473-2
- Hasselhorn, M. & Linke-Hasselhorn, K. (2013). Fostering early numerical skills at school start in children at risk for mathematical achievement problems: A small sample size training study. *International Education Studies*, 6 (3), 213-220. doi: 10.5539/ies.v6n3p213
- Hasselhorn, M. & Schneider, W. (2016). Förderung schulrelevanter Kompetenzen in Vorschule und Schule. In M. Hasselhorn & W. Schneider (Hrsg.), *Förderprogramme für Vor- und Grundschule, Tests und Trends, N.F.* (Bd. 14, S. 1-11). Göttingen: Hogrefe.
- Hecht, S. A., Torgesen, J. K., Wagner, R. K. & Rashotte, C. A. (2001). The relations between phonological processing abilities and emerging individual differences in mathematical computational skills: A longitudinal study from second to fifth grades. *Journal of Experimental Child Psychology*, 79 (2), 192-227. doi: 10.1006/jecp.2000.2586
- Heinze, A. & Grüßing, M. (Hrsg.). (2009). *Mathematiklernen vom Kindergarten bis zum Studium. Kontinuität und Kohärenz als Herausforderung für den Mathematikunterricht.* Münster: Waxmann.
- Heinze, A., Herwartz-Emden, L. & Reiss, K. (2007). Mathematikkenntnisse und sprachliche Kompetenz bei Kindern mit Migrationshintergrund zu Beginn der Grundschulzeit. *Zeitschrift für Pädagogik*, 53 (4), 562-581.
- Herwartz-Emden, L. & Küffner, D. (2006). Schulerfolg und Akkulturationsleistungen von Grundschulkindern mit Migrationshintergrund. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 9, 240-254. doi: 10.1007/s11618-006-0020-5
- Hildenbrand, C. (2016). *Förderung früher mathematischer Kompetenzen: Eine Interventionsstudie zu den Effekten unterschiedlicher Förderkonzepte.* Münster: Waxmann.
- Ise, E., Dolle, K., Pixner, S. & Schulte-Körne, G. (2012). Effektive Förderung rechen-schwacher Kinder. *Kindheit und Entwicklung*, 21 (3), 181-192. doi: 10.1026/0942-5403/a000083
- Jäger, D., Faust, V., Blatter, K., Schöppe, D., Artelt, C. & Schneider, W. et al. (2012). Kompensatorische Förderung am Beispiel eines vorschulischen Trainings der phonologischen Bewusstheit. *Frühe Bildung*, 1 (4), 202-209. doi: 10.1026/2191-9186/a000063
- Jansen, H., Mannhaupt, G., Marx, H. & Skowronek, H. (2002). *Bielefelder Screening zur Früherkennung von Lese-Rechtschreibschwierigkeiten (BISC)* (2. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.

- Jordan, J.-A., Wylie, J. & Mulhern, G. (2010). Phonological awareness and mathematical difficulty: A longitudinal perspective. *British Journal of Developmental Psychology*, 28 (1), 89-107. doi: 10.1348/026151010X485197
- Jordan, J.-A., Wylie, J. & Mulhern, G. (2015). Mathematics and reading difficulty subtypes: minor phonological influences on mathematics for 5–7-years-old. *Frontiers in Psychology*, 6 (221). doi: 10.3389/fpsyg.2015.00221
- Jordan, N. C., Glutting, J. & Ramineni, C. (2010). The importance of number sense to mathematics achievement in first and third grades. *Learning and Individual Differences*, 20 (2), 82-88. doi: 10.1016/j.lindif.2009.07.004
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Olah, L. N. & Locuniak, M. N. (2006). Number sense growth in kindergarten: A longitudinal investigation of children at risk for mathematics difficulties. *Child Development*, 77 (1), 153-175. doi: 10.1111/j.1467-8624.2006.00862.x
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C. & Locuniak, M. N. (2009). Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology*, 45 (3), 850-867. doi: 10.1037/a0014939
- Jordan, N. C. & Levine, S. C. (2009). Socioeconomic variation, number competence, and mathematics learning difficulties in young children. *Developmental Disabilities Research Reviews*, 15 (1), 60-68. doi: 10.1002/ddrr.46
- Jung, B. & Günther, H. (2016). *Erstsprache, Zweitsprache, Fremdsprache. Eine Einführung* (3. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Käser, U. (2013). Die Programme „Zahlenland“ und „Mengen, zählen, Zahlen“ – ein Kommentar zum Beitrag – „Fostering Early Mathematical Competencies in Natural Learning Situations – Foundation and Challenges of a Competence-Oriented Concept of Mathematics Education in Kindergarten“ (J Math Didakt (2012) 33:181-201) von Hedwig Gasteiger. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 34 (2), 273-281. doi: 10.1007/s13138-013-0050-5
- Keim, I. & Tracy, R. (2006). Mehrsprachigkeit und Migration. *Der Bürger im Staat*, 56 (4), 222-227.
- Klauer, K. J. (1989). *Denktraining für Kinder I*. Göttingen: Hogrefe.
- Kleemans, T. (2013). *Individual variation in early numerical development: Impact of linguistic diversity and home environment*. Unveröffentlichte Dissertation, Radboud University Nijmegen, Niederlande.
- Kleemans, T., Segers, E. & Verhoeven, L. (2011). Cognitive and linguistic precursors to numeracy in kindergarten: Evidence from first and second language learners. *Learning and Individual Differences*, 21 (5), 555-561. doi: 10.1016/j.lindif.2011.07.008
- Kleemans, T., Segers, E. & Verhoeven, L. (2014). Cognitive and linguistic predictors of basic arithmetic skills: Evidence from first-language and second-language learners. *International Journal of Disability, Development and Education*, 61 (3), 306-316. doi: 10.1080/1034912X.2014.934017

- Kleemans, T., Segers, E. & Verhoeven, L. (2016). Towards a theoretical framework on individual differences in numerical abilities: Role of home numeracy experiences. In B. Blevins-Knabe & A. M. B. Austin (Eds.), *Early childhood mathematics skill development in the home environment* (pp. 71-86). Cham, Schweiz: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-43974-7\_5
- Kleemans, T., Segers, E. & Verhoeven, L. (2018). Role of linguistic skills in fifth-grade mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology*, 167, 404-413. doi: 10.1016/j.jecp.2017.11.012
- Klieme, E. (2004). Was sind Kompetenzen und wie lassen sie sich messen? *Pädagogik*, 56, 10-13.
- Klieme, E., Artelt, C., Hartig, J., Jude, N., Köller, O. & Prenzel, M. et al. (Hrsg.). (2010). *PISA 2009. Bilanz nach einem Jahrzehnt*. Münster: Waxmann.
- Koponen, T., Aunola, K., Ahonen, T. & Nurmi, J.-E. (2007). Cognitive predictors of single-digit and procedural calculation skills and their covariation with reading skill. *Journal of Experimental Child Psychology*, 97 (3), 220-241. doi: 10.1016/j.jecp.2007.03.001
- Koponen, T., Salmi, P., Eklund, K. & Aro, T. (2013). Counting and RAN: Predictors of arithmetic calculation and reading fluency. *Journal of Educational Psychology*, 105 (1), 162-175. doi: 10.1037/a0029285
- Korat, O., Gitait, A., Bergman Deitcher, D. & Mevarech, Z. (2017). Early literacy programme as support for immigrant children and as transfer to early numeracy. *Early Child Development and Care*, 187 (3-4), 672-689. doi: 10.1080/03004430.2016.1273221
- Krajewski, K. (2008). Vorschulische Förderung bei beeinträchtigter Entwicklung mathematischer Kompetenzen. In J. Borchert, B. Hartke & P. Jogschies (Hrsg.), *Frühe Förderung entwicklungsauffälliger Kinder und Jugendlicher* (S. 122-135). Stuttgart: Kohlhammer.
- Krajewski, K. (2013). Wie bekommen die Zahlen einen Sinn: Ein entwicklungspsychologisches Modell der zunehmenden Verknüpfung von Zahlen und Größen. In M. von Aster & J. H. Lorenz (Hrsg.), *Rechenstörungen bei Kindern: Neurowissenschaft, Psychologie, Pädagogik* (2., überarb. Aufl., S. 155-179). Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Krajewski, K. (2018). *Test mathematischer Basiskompetenzen im Kindergartenalter (MBK 0)*. Göttingen: Hogrefe.
- Krajewski, K. & Ennemoser, M. (2013). Entwicklung und Diagnostik der Zahl-Größen-Verknüpfung zwischen 3 und 8 Jahren. In M. Hasselhorn, A. Heinze, W. Schneider & U. Trautwein (Hrsg.), *Diagnostik mathematischer Kompetenzen, Tests und Trends, N.F.* (Bd. 11, S. 41-65). Göttingen: Hogrefe.
- Krajewski, K., Küspert, P. & Schneider, W. (2002). *Deutscher Mathematiktest für erste Klassen (DEMAT 1+)*. Göttingen: Hogrefe.

- Krajewski, K., Nieding, G. & Schneider, W. (2007). *Mengen, zählen, Zahlen: Programm zur vorschulischen Förderung der Mengenbewusstheit von Zahlen und Zahlbeziehungen (MZZ)*. Berlin: Cornelsen.
- Krajewski, K., Nieding, G. & Schneider, W. (2008). Kurz- und langfristige Effekte mathematischer Frühförderung im Kindergarten durch das Programm „Mengen, zählen, Zahlen“. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 40 (3), 135-146. doi: 10.1026/0049-8637.40.3.135
- Krajewski, K., Renner, A., Nieding, G. & Schneider, W. (2008). Frühe Förderung von mathematischen Kompetenzen im Vorschulalter. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 11, 91-103. doi: 10.1007/978-3-531-91452-7\_7
- Krajewski, K. & Schneider, W. (2006). Mathematische Vorläuferfertigkeiten im Vorschulalter und ihre Vorhersagekraft für die Mathematikleistungen bis zum Ende der Grundschulzeit. *Zeitschrift für Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 53, 246-262.
- Krajewski, K. & Schneider, W. (2009a). 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), 513-526. doi: 10.1016/j.learninstruc.2008.10.002
- Krajewski, K. & Schneider, W. (2009b). Exploring the impact of phonological awareness, visual-spatial working memory, and preschool quantity-number competencies on mathematics achievement in elementary school: Findings from a 3-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103 (4), 516-531. doi: 10.1016/j.jecp.2009.03.009
- Krajewski, K., Schneider, W. & Nieding, G. (2008). Zur Bedeutung von Arbeitsgedächtnis, Intelligenz, phonologischer Bewusstheit und früher Mengen-Zahlen-Kompetenz beim Übergang vom Kindergarten in die Grundschule. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 55, 100-113.
- Krajewski, K. & Simanowski, S. (2017). Originalarbeit: Qualitätskriterien für Förderansätze zur Prävention von Rechenschwäche. *Frühförderung interdisziplinär*, 36 (2), 93-105. doi: 10.2378/fi2017.art08d
- Krinzinger, H., Gregoire, J., Desoete, A., Kaufmann, L., Nuerk, H.-C. & Willmes, K. (2011). Differential language effects on numerical skills in second grade. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 42 (4), 614-629. doi: 10.1177/0022022111406252
- Kucian, K. & Aster, M. von (2015). Developmental dyscalculia. *European Journal of Pediatrics*, 174 (1), 1-13. doi: 10.1007/s00431-014-2455-7
- Küspert, P. & Schneider, W. (2008). *Hören, lauschen, lernen. Sprachspiele für Kinder im Vorschulalter. Würzburger Trainingsprogramm zur Vorbereitung auf den Erwerb der Schriftsprache* (6. Aufl.). Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

- Küspert, P. & Schneider, W. (2018). *Hören, lauschen, lernen. Sprachspiele für Kinder im Vorschulalter. Würzburger Trainingsprogramm zur Vorbereitung auf den Erwerb der Schriftsprache* (7. Aufl.). Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- LaFrance, A. & Gottardo, A. (2003). Bilingual reading performance: How are phonological processing skills related across languages. Poster presented at the Biennial Meeting of the Society for Research in Child Development. Tampa, FL.
- Lambert, K. (2015). *Rechenschwäche: Grundlagen, Diagnostik und Förderung*. Göttingen: Hogrefe.
- Landerl, K., Vogel, S. & Kaufmann, L. (2017). *Dyskalkulie: Modelle, Diagnostik, Intervention* (3., überarb. und erw. Aufl.). München: Ernst Reinhardt.
- LeFevre, J.-A., Fast, L., Skwarchuk, S.-L., Smith-Chant, B. L., Bisanz, J. & Kamawar, D. et al. (2010). Pathways to mathematics: Longitudinal predictors of performance. *Child Development*, 81 (6), 1753-1767. doi: 10.1111/j.1467-8624.2010.01508.x
- Limbird, C. K. & Stanat, P. (2006). Prädiktoren von Leseverständnis bei Kindern deutscher und türkischer Herkunftssprache: Ergebnisse einer Längsschnittstudie. In A. Ittel & H. Merckens (Hrsg.), *Veränderungsmessung und Längsschnittstudien in der empirischen Erziehungswissenschaft* (S. 93-123). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. doi: 10.1007/978-3-531-90502-0\_6
- Linberg, T. & Wenz, S. E. (2017). Ausmaß und Verteilung sozioökonomischer und migrationsspezifischer Ungleichheiten im Sprachstand fünfjähriger Kindergartenkinder. *Journal for Educational Research Online*, 9 (1), 77-98.
- Livio, M. (2010). *Ist Gott ein Mathematiker? Warum das Buch der Natur in der Sprache der Mathematik geschrieben ist*. München: C. H. Beck.
- Lonnemann, J. & Hasselhorn, M. (2018). Frühe mathematische Bildung. *Frühe Bildung*, 7 (3), 129-134. doi: 10.1026/2191-9186/a000379
- Lonnemann, J., Linkersdörfer, J., Hasselhorn, M. & Lindberg, S. (2013). Gender differences in both tails of the distribution of numerical competencies in preschool children. *Educational Studies in Mathematics*, 84 (2), 201-208. doi: 10.1007/s10649-013-9488-0
- Lonnemann, J., Linkersdörfer, J. & Lindberg, S. (2013). Approximative Mengenrepräsentationen als Grundlage arithmetischer Fertigkeiten. In M. Hasselhorn, A. Heinze, W. Schneider & U. Trautwein (Hrsg.), *Diagnostik mathematischer Kompetenzen, Tests und Trends, N.F.* (Bd. 11, S. 3-12). Göttingen: Hogrefe.
- Lüdtke, O., Robitzsch, A., Trautwein, U. & Köller, O. (2007). Umgang mit fehlenden Werten in der psychologischen Forschung. Probleme und Lösungen. *Psychologische Rundschau*, 58 (2), 103-117. doi: 10.1026/0033-3042.58.2.103
- Lundberg, I., Frost, J. & Petersen, O.-P. (1988). Effects of an extensive program for stimulating phonological awareness in preschool children. *Reading Research Quarterly*, 23 (3), 263-284.



- Marx, P. & Weber, J. (2006). Vorschulische Vorhersage von Lese- und Rechtschreibschwierigkeiten. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20 (4). doi: 10.1024/1010-0652.20.4.251
- Marx, P. & Weber, J. (2007). *Aufgaben zur Erhebung der Phonologischen Bewusstheit im engeren Sinn (nach Küspert, 1998 & Roth, 1999)*. Universität Würzburg: Unveröffentlichtes Testverfahren.
- Marx, P., Weber, J. & Schneider, W. (2005). Phonologische Bewusstheit und ihre Förderung bei Kindern mit Störungen der Sprachentwicklung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 37 (2), 80-90. doi: 10.1026/0049-8637.37.2.80
- Mayerl, J. & Urban, D. (2019). Vorsicht (!) bei Regressionsanalysen mit Interaktionsvariablen. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, 71 (1), 135-156. doi: 10.1007/s11577-019-00590-1
- McCloskey, M. (2007). Quantitative literacy and developmental dyscalculias. In D. B. Berch & M. M. M. Mazzocco (Eds.), *Why is math so hard for some children? The nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities* (pp. 415-429). Baltimore, MD: Paul H. Brookes.
- McCloskey, M., Caramazza, A. & Basili, A. (1985). Cognitive mechanisms in number processing and calculation: Evidence from dyscalculia. *Brain and Cognition*, 4 (2), 171-196. doi: 10.1016/0278-2626(85)90069-7
- Michalczyk, K., Krajewski, K., Preßler, A.-L. & Hasselhorn, M. (2013). The relationships among quantity-number competencies, working memory, and phonological awareness in 5- and 6-year-olds. *British Journal of Developmental Psychology*, 31, 408-424. doi: 10.1111/bjdp.12016
- Moeller, K., Zuber, J., Olsen, N., Nuerk, H.-C. & Willmes, K. (2015). Intransparent German number words complicate transcoding – a translingual comparison with Japanese. *Frontiers in Psychology*, 6 (740). doi: 10.3389/fpsyg.2015.00740
- Müller, N., Kupisch, T., Schmitz, K. & Cantone-Altintas, K. (2011). *Einführung in die Mehrsprachigkeitsforschung* (3. Aufl.). Tübingen: Narr Francke Attempto.
- Muntoni, F. & Retelsdorf, J. (2020). Geschlechterstereotype in der Schule. In S. Glock & H. Kleen (Hrsg.), *Stereotype in der Schule* (S. 71-97). Wiesbaden: Springer. doi: 10.1007/978-3-658-27275-3\_3
- Mutaf, B. (2019). *H0m3 1s wh3r3 num3r4cy 1s! parents' contribution to their children's basic numerical and mathematical skills*. Unveröffentlichte Dissertation, KU Leuven, Belgien.
- Näslund, J. C. & Schneider, W. (1991). Longitudinal effects of verbal ability, memory capacity, and phonological awareness on reading performance. *European Journal of Psychology of Education*, 6 (4), 375-392. doi: 10.1007/BF03172772
- Niklas, F. (2015). Die familiäre Lernumwelt und ihre Bedeutung für die kindliche Kompetenzentwicklung. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 62 (2), 106-120. doi: 10.2378/peu2015.art11d

- Niklas, F., Schmiedeler, S., Pröstler, N. & Schneider, W. (2011). Die Bedeutung des Migrationshintergrunds, des Kindergartenbesuchs sowie der Zusammensetzung der Kindergartengruppe für sprachliche Leistungen von Vorschulkindern. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 25 (2), 115-130. doi: 10.1024/1010-0652/a000032
- Niklas, F., Schmiedeler, S. & Schneider, W. (2010). Heterogenität in den Lernvoraussetzungen von Vorschulkindern. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 3 (1), 18-31.
- Niklas, F. & Schneider, W. (2012a). Die Anfänge geschlechtsspezifischer Leistungsunterschiede in mathematischen und schriftsprachlichen Kompetenzen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 44 (3), 123-138. doi: 10.1026/0049-8637/a000064
- Niklas, F. & Schneider, W. (2012b). Einfluss von „Home Numeracy Environment“ auf die mathematische Kompetenzentwicklung vom Vorschulalter bis Ende des 1. Schuljahres. *Zeitschrift für Familienforschung*, 24 (2), 134-147.
- Niklas, F. & Schneider, W. (2013). Home literacy environment and the beginning of reading and spelling. *Contemporary Educational Psychology*, 38 (1), 40-50. doi: 10.1016/j.cedpsych.2012.10.001
- Niklas, F. & Schneider, W. (2017). Home learning environment and development of child competencies from kindergarten until the end of elementary school. *Contemporary Educational Psychology*, 49, 263-274. doi: 10.1016/j.cedpsych.2017.03.006
- Niklas, F., Segerer, R., Schmiedeler, S. & Schneider, W. (2012). Findet sich ein „Matthäus-Effekt“ in der Kompetenzentwicklung von jungen Kindern mit oder ohne Migrationshintergrund? *Frühe Bildung*, 1 (1), 26-33. doi: 10.1026/2191-9186/a000022
- Nikolai, R. (2020). Schulpolitik im deutschen Föderalismus. In F. Knüpling, M. Kölling, S. Kropp & H. Scheller (Hrsg.), *Reformbaustelle Bundesstaat* (S. 315-332). Wiesbaden: Springer. doi: 10.1007/978-3-658-31237-4\_19
- OECD (Hrsg.). (2010). *PISA 2009 Ergebnisse: Zusammenfassung*. Verfügbar unter: <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/46619755.pdf>
- OECD (Hrsg.). (2016). Migrationshintergrund, Schülerleistungen und Einstellungen gegenüber Naturwissenschaften. In *PISA 2015 Ergebnisse (Band I): Exzellenz und Chancengerechtigkeit in der Bildung* (S. 261-284). Paris: OECD. doi: 10.1787/9789264267879-de
- Passolunghi, M. C. & Costa, H. M. (2016). Working memory and early numeracy training in preschool children. *Child Neuropsychology*, 22 (1), 81-98. doi: 10.1080/09297049.2014.971726
- Passolunghi, M. C., Lanfranchi, S., Altoè, G. & Sollazzo, N. (2015). Early numerical abilities and cognitive skills in kindergarten children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 135, 25-42. doi: 10.1016/j.jecp.2015.02.001

- Passolunghi, M. C., Vercelloni, B. & Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive Development*, 22 (2), 165-184. doi: 10.1016/j.cogdev.2006.09.001
- Pauen, S. & Herber, V. (2009). *Vom Kleinsein zum Einstein*. Berlin: Cornelsen.
- Pauly, H., Lonnemann, J., Linkersdörfer, J. & Lindberg, S. (2013). Die Rolle der Benennungsgeschwindigkeit für die Diagnose und Prognose mathematischer Fertigkeiten. In M. Hasselhorn, A. Heinze, W. Schneider & U. Trautwein (Hrsg.), *Diagnostik mathematischer Kompetenzen, Tests und Trends, N.F.* (Bd. 11, 13-23). Göttingen: Hogrefe.
- Pfost, M. (2015). Children's phonological awareness as a predictor of reading and spelling: A systematic review of longitudinal research in German-speaking countries. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 47 (3), 123-138. doi: 10.1026/0049-8637/a000141
- Piaget, J. (1972). *Die Entwicklung des Erkennens I: Das mathematische Denken*. Stuttgart: Ernst Klett.
- Piaget, J. & Szeminska, A. (1972). *Die Entwicklung des Zahlbegriffs beim Kinde* (3. Aufl.). Stuttgart: Ernst Klett.
- Plume, E. & Schneider, W. (2004). *Hören, lauschen, lernen 2. Spiele mit Buchstaben und Lauten für Kinder im Vorschulalter. Würzburger Buchstaben-Laut-Training*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Praet, M., Titeca, D., Ceulemans, A. & Desoete, A. (2013). Language in the prediction of arithmetic in kindergarten and grade 1. *Learning and Individual Differences*, 27, 90-96. doi: 10.1016/j.lindif.2013.07.003
- Preiß, G. (2004). *Leitfaden Zahlenland 1. Verlaufspläne für die Lerneinheiten 1 bis 10 der „Entdeckungen im Zahlenland“*. Kirchzarten: Zahlenland Prof. Preiß OHG.
- Preiß, G. (2005). *Leitfaden Zahlenland 2. Verlaufspläne für die Lerneinheiten 11 bis 22 der „Entdeckungen im Zahlenland“*. Kirchzarten: Zahlenland Prof. Preiß OHG.
- Prior, A., Katz, M., Mahajna, I. & Rubinsten, O. (2015). Number word structure in first and second language influences arithmetic skills. *Frontiers in Psychology*, 6 (266). doi: 10.3389/fpsyg.2015.00266
- Pröscholdt, M. V., Michalik, A., Schneider, W., Duzy, D., Glück, D. & Souvignier, E. et al. (2013). Effekte kombinierter Förderprogramme zur phonologischen Bewusstheit und zum Sprachverstehen auf die Entwicklung der phonologischen Bewusstheit von Kindergartenkindern mit und ohne Migrationshintergrund. *Frühe Bildung*, 2 (3), 122-132. doi: 10.1026/2191-9186/a000099
- Purpura, D. J., Hume, L. E., Sims, D. M. & Lonigan, C. J. (2011). Early literacy and early numeracy: The value of including early literacy skills in the prediction of numeracy development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 110 (4), 647-658. doi: 10.1016/j.jecp.2011.07.004

- Purpura, D. J. & Napoli, A. R. (2015). Early numeracy and literacy: Untangling the relation between specific components. *Mathematical Thinking and Learning*, 17 (2-3), 197-218. doi: 10.1080/10986065.2015.1016817
- Ransdell, S. & Hecht, S. (2003). Time and resource limits on working memory: Cross-age consistency in counting span performance. *Journal of Experimental Child Psychology*, 86 (4), 303-313. doi: 10.1016/j.jecp.2003.08.002
- Rauch, D., Mang, J., Härtig, H. & Haag, N. (2016). Naturwissenschaftliche Kompetenz von Schülerinnen und Schülern mit Zuwanderungshintergrund. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 317-347). Münster: Waxmann.
- Redder, A. & Weinert, S. (2013). *Sprachförderung und Sprachdiagnostik. Interdisziplinäre Perspektiven*. Münster: Waxmann.
- Reiss, K., Heinze, A. & Pekrun, R. (2008). Mathematische Kompetenz und ihre Entwicklung in der Grundschule. In M. Prenzel, I. Gogolin & H.-H. Krüger (Hrsg.), *Kompetenzdiagnostik. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft. Sonderheft 8* (S. 107-127). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. doi: 10.1007/978-3-531-90865-6\_7
- Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E. & Köller, O. (2016). *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Münster: Waxmann.
- Rißling, J.-K., Petermann, F. & Melzer, J. (2016). Elternbasierte Sprachförderung im Vorschulalter: Das Lobo-Programm. In M. Hasselhorn & W. Schneider (Hrsg.), *Förderprogramme für Vor- und Grundschule, Tests und Trends, N.F.* (Bd. 14, S. 13-28). Göttingen: Hogrefe.
- Rohe, A. M. & Quaiser-Pohl, C. (2010). Prädiktoren für mathematische Kompetenzen zu Beginn der Grundschule – Gibt es Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen? In C. Quaiser-Pohl & M. Endepohls-Ulpe (Hrsg.), *Bildungsprozesse im MINT-Bereich. Interesse, Partizipation und Leistungen von Mädchen und Jungen* (S. 13-28). Münster: Waxmann.
- Röhm, A., Starke, A. & Ritterfeld, U. (2017). Die Rolle von Arbeitsgedächtnis und Sprachkompetenz für den Erwerb mathematischer Basiskompetenzen im Vorschulalter. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 64 (2), 81-93. doi: 10.2378/peu2016.art26d
- Roßbach, H.-G., Kluczniok, K. & Kuger, S. (2009). Auswirkungen eines Kindergartenbesuchs auf den kognitiv-leistungsbezogenen Entwicklungsstand von Kindern. In H.-G. Roßbach & H.-P. Blossfeld (Hrsg.), *Frühpädagogische Förderung in Institutionen* (S. 139-158). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. doi: 10.1007/978-3-531-91452-7\_10
- Roßbach, H.-G., Tietze, W. & Weinert, S. (2005). *Peabody Picture Vocabulary Test – Revised. Deutsche Forschungsversion der Universität Bamberg und der FU Berlin des Tests von L. M. Dunn & L. M. Dunn von 1981*. Unveröffentlichte Forschungsversion.

- Sale, A., Schell, A., Koglin, U. & Hillenbrand, C. (2018). Einflussfaktoren mathematischer Kompetenzen vor Schuleintritt. *Empirische Sonderpädagogik*, 10 (4), 370-387.
- Sarnecka, B. W. (2014). On the relation between grammatical number and cardinal numbers in development. *Frontiers in Psychology*, 5 (1132). doi: 10.3389/fpsyg.2014.01132
- Schäfer, B., Wessels, S. & Fricke, S. (2015). Phonologische Bewusstheit bei 3-Jährigen – Eine Pilotstudie. *Sprache Stimme Gehör*, 39, 19-23. doi: 10.1055/s-0034-1370953
- Schavan, A. (2011). Bildungsrepublik Deutschland. In H. Oberreuter (Hrsg.), *Bildungspolitik im Umbruch. Zeitschrift für Politik. Sonderband 4* (S. 91-98). Baden-Baden: Nomos. doi: 10.5771/9783845227566-91
- Schmiedeler, S., Niklas, F. & Schneider, W. (2011). Möglichkeiten der frühen Diagnose von sprachlichen Kompetenzen sowie schriftsprachlichen und mathematischen Vorläuferfertigkeiten bei Muttersprachlern und Kindern mit Migrationshintergrund. In M. Hasselhorn & W. Schneider (Hrsg.), *Frühprognose schulischer kompetenzen, Tests und Trends, N.F.* (Bd. 9, S. 51-67). Göttingen: Hogrefe.
- Schmitman gen. Pothmann, A. (2008). Frühe mathematische Kompetenzen und Fördermöglichkeiten von Kindern mit Migrationshintergrund. In J. Ramseger & M. Wagener (Hrsg.), *Chancenungleichheit in der Grundschule. Ursachen und Wege aus der Krise* (S. 211-214). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. doi: 10.1007/978-3-531-91108-3\_39
- Schmitt, S. A., Geldhof, G. J., Purpura, D. J., Duncan, R. & McClelland, M. M. (2017). Examining the relations between executive function, math, and literacy during the transition to kindergarten: A multi-analytic approach. *Journal of Educational Psychology*, 109 (8), 1120-1140. doi: 10.1037/edu0000193
- Schneider, W. (1989). Möglichkeiten der frühen Vorhersage von Leseleistungen im Grundschulalter. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 3 (2), 157-168.
- Schneider, W. (2012). Die Relevanz früher phonologischer Bewusstheit für den späteren Schriftspracherwerb. *Frühe Bildung*, 1 (4), 220-222. doi: 10.1026/2191-9186/a000065
- Schneider, W. (2017). *Lesen und Schreiben lernen: Wie erobern Kinder die Schriftsprache?* Berlin: Springer.
- Schneider, W. (2018). Nützen Sprachförderprogramme im Kindergarten, und wenn ja, unter welcher Bedingung? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 32 (1-2), 53-74. doi: 10.1024/1010-0652/a000213
- Schneider, W., Küspert, P. & Krajewski, K. (2016). *Die Entwicklung mathematischer Kompetenzen* (2., akt. und erw. Aufl.). Paderborn: Schöningh.

- Schneider, W., Küspert, P., Roth, E. & Visé, M. (1997). Short- and long-term effects of training phonological awareness in kindergarten: Evidence from two German studies. *Journal of Experimental Child Psychology*, 66 (3), 311-340. doi: 10.1006/jecp.1997.2384
- Schneider, W. & Näslund, J. C. (1999). Impact of early phonological processing skills on reading and spelling in school: Evidence from the Munich Longitudinal Study. In F. E. Weinert & W. Schneider (Eds.), *Individual development from 3 to 12: Findings from the Munich longitudinal study* (pp. 126-147). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Schneider, W., Roth, E. & Ennemoser, M. (2000). Training phonological skills and letter knowledge in children at risk for dyslexia: A comparison of three kindergarten intervention programs. *Journal of Educational Psychology*, 92 (2), 284-295. doi: 10.1037/0022-0663.92.2.284
- Schneider, W., Roth, E., Küspert, P. & Ennemoser, M. (1998). Kurz- und langfristige Effekte eines Trainings der sprachlichen (phonologischen) Bewusstheit bei unterschiedlichen Leistungsgruppen: Befunde einer Sekundäranalyse. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 30 (1), 26-39.
- Schneider, W., Visé, M., Reimers, P. & Blaesser, B. (1994). Auswirkungen eines Trainings der sprachlichen Bewusstheit auf den Schriftspracherwerb in der Schule. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 8 (3/4), 177-188.
- Schnitzler, C. D. (2008). *Phonologische Bewusstheit und Schriftspracherwerb*. Stuttgart: Thieme.
- Schöppe, D., Blatter, K., Faust, V., Jäger, D., Stanat, P. & Artelt, C. et al. (2013). Effekte eines Trainings der phonologischen Bewusstheit bei Vorschulkindern mit unterschiedlichem Sprachhintergrund. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 27 (4), 241-254. doi: 10.1024/1010-0652/a000110
- Schröder, A. & Ritterfeld, U. (2014). Zur Bedeutung sprachlicher Barrieren im Mathematikunterricht der Primarstufe: Wissenschaftlicher Erkenntnisstand und Reflexion in der (Förder-)Schulpraxis. *Forschung Sprache*, 1, 49-69. doi: 10.2443/skv-s-2014-57020140104
- Schuchardt, K., Brandenburg, J., Fischbach, A. & Mähler, C. (2017). Kognitive Profile bei lese-rechtschreibschwachen Kindern mit und ohne Aufmerksamkeitsprobleme. *Lernen und Lernstörungen*, 6 (4), 169-181. doi: 10.1024/2235-0977/a000188
- Schuchardt, K., Kunze, J., Grube, D. & Hasselhorn, M. (2006). Arbeitsgedächtnisdefizite bei Kindern mit schwachen Rechen- und Schriftsprachleistungen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20 (4), 261-268. doi: 10.1024/1010-0652.20.4.261

- Schuchardt, K., Piekny, J., Grube, D. & Mähler, C. (2014). Einfluss kognitiver Merkmale und häuslicher Umgebung auf die Entwicklung numerischer Kompetenzen im Vorschulalter. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 46 (1), 24-34. doi: 10.1026/0049-8637/a000099
- Schulte-Körne, G. & Galuschka, K. (2019). *Ratgeber Lese-/Rechtschreibstörung (LRS). Informationen für Betroffene, Eltern, Lehrer und Erzieher*. Göttingen: Hogrefe.
- Schwenck, C. & Schneider, W. (2003). Einflussfaktoren für den Zusammenhang von Rechen- und Schriftsprachleistungen im frühen Grundschulalter. *Kindheit und Entwicklung*, 12 (4), 212-221.
- Segers, E., Kleemans, T. & Verhoeven, L. (2015). Role of parent literacy and numeracy expectations and activities in predicting early numeracy skills. *Mathematical Thinking and Learning*, 17 (2-3), 219-236. doi: 10.1080/10986065.2015.1016819
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.). (2005). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich (Jahrgangsstufe 4). Beschluss vom 15.10.2004*. München: Luchterhand.
- Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft (2014). *Berliner Bildungsprogramm für Kitas und Kindertagespflege*. Berlin: verlag das netz.
- Siegler, R. S. & Braithwaite, D. W. (2017). Numerical development. *Annual Review of Psychology*, 68 (1), 187-213. doi: 10.1146/annurev-psych-010416-044101
- Siemann, J. & Petermann, F. (2018). Innate or Acquired? – Disentangling Number Sense and Early Number Competencies. *Frontiers in Psychology*, 9 (571). doi: 10.3389/fpsyg.2018.00571
- Simmons, F. & Singleton, C. (2008). Do weak phonological representations impact on arithmetic development? A review of research into arithmetic and dyslexia. *Dyslexia*, 14 (2), 77-94. doi: 10.1002/dys.341
- Simmons, F., Singleton, C. & Horne, J. (2008). Brief report – Phonological awareness and visual-spatial sketchpad functioning predict early arithmetic attainment: Evidence from a longitudinal study. *European Journal of Cognitive Psychology*, 20 (4), 711-722. doi: 10.1080/09541440701614922
- Skowronek, H. & Marx, H. (1989). The Bielefeld longitudinal study on early identification of risks in learning to read and write: Theoretical background and first results. In M. Brambring, F. Lösel & H. Skowronek (Eds.), *Children at risk: Assessment, longitudinal research, and intervention*. (pp. 268-294). Berlin: De Gruyter.
- Skowronek, M., Schuchardt, K. & Mähler, C. (2018). Die Entwicklung von Kindern mit umfassenden Lernschwierigkeiten im Verlauf der Grundschuljahre – Schulleistungen, Arbeitsgedächtnis, phonologische Informationsverarbeitung und Selbstkonzept. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 32 (4), 223-236. doi: 10.1024/1010-0652/a000228

- Souvignier, E., Duzy, D., Glück, D., Pröscholdt, M. V. & Schneider, W. (2012). Vorschulische Förderung der phonologischen Bewusstheit bei Kindern mit Deutsch als Zweitsprache. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 44 (1), 40-51. doi: 10.1026/0049-8637/a000059
- Statistisches Bundesamt (2010). *Bevölkerung und Erwerbstätigkeit. Bevölkerung mit Migrationshintergrund. Ergebnisse des Mikrozensus 2009*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt (Destatis).
- Statistisches Bundesamt (2020). *Bevölkerung und Erwerbstätigkeit. Bevölkerung mit Migrationshintergrund. Ergebnisse des Mikrozensus 2019*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt (Destatis).
- Stoetzer, M.-W. (2017). *Regressionsanalyse in der empirischen Wirtschafts- und Sozialforschung Band 1: Eine nichtmathematische Einführung mit SPSS und Stata*. Berlin: Springer Gabler. doi: 10.1007/978-3-662-61438-9
- Susperreguy, M. I., Di Lonardo Burr, S., Xu, C., Douglas, H. & LeFevre, J.-A. (2020). Children's home numeracy environment predicts growth of their early mathematical skills in kindergarten. *Child Development*, 91 (5), 1163-1680. doi: 10.1111/cdev.13353
- Temme, D. & Hildebrandt, L. (2008). Gruppenvergleiche bei hypothetischen Konstrukten. Die Prüfung der Übereinstimmung von Messmodellen mit der Strukturgleichungsmethodik. *SFB 649 Discussion Papers*. Verfügbar unter: <https://sfb649.wiwi.hu-berlin.de>
- Tewes, U., Rossmann, K. & Schallberger, U. (1999). *Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder (HAWIK-III)*. Göttingen: Hogrefe.
- Torbeyns, J., Gilmore, C. & Verschaffel, L. (2015). The acquisition of preschool mathematical abilities: Theoretical, methodological and educational considerations. *Mathematical Thinking and Learning*, 17 (2-3), 99-115. doi: 10.1080/10986065.2015.1016810
- Ufer, S., Reiss, K. & Heinze, A. (2009). BIGMATH – Ergebnisse zur Entwicklung mathematischer Kompetenz in der Primarstufe. In A. Heinze & M. Grüßing (Hrsg.), *Mathematiklernen vom Kindergarten bis zum Studium. Kontinuität und Kohärenz als Herausforderung für den Mathematikunterricht* (S. 61-85). Münster: Waxmann.
- Ufer, S., Reiss, K. & Mehringer, V. (2013). Sprachstand, soziale Herkunft und Bilingualität: Effekte auf Facetten mathematischer Kompetenz. In M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann & H. J. Vollmer (Hrsg.), *Sprache im Fach: Sprachlichkeit und fachliches Lernen* (S. 185-202). Münster: Waxmann.
- Urban, D. & Mayerl, J. (2018). *Angewandte Regressionsanalyse: Theorie, Technik und Praxis* (5., überarb. Aufl.). Wiesbaden: Springer.
- Valtin, R. (2012). Phonologische Bewusstheit: Ein kritischer Blick auf ein modisches Konstrukt. *Frühe Bildung*, 1 (4), 223-225. doi: 10.1026/2191-9186/a000066

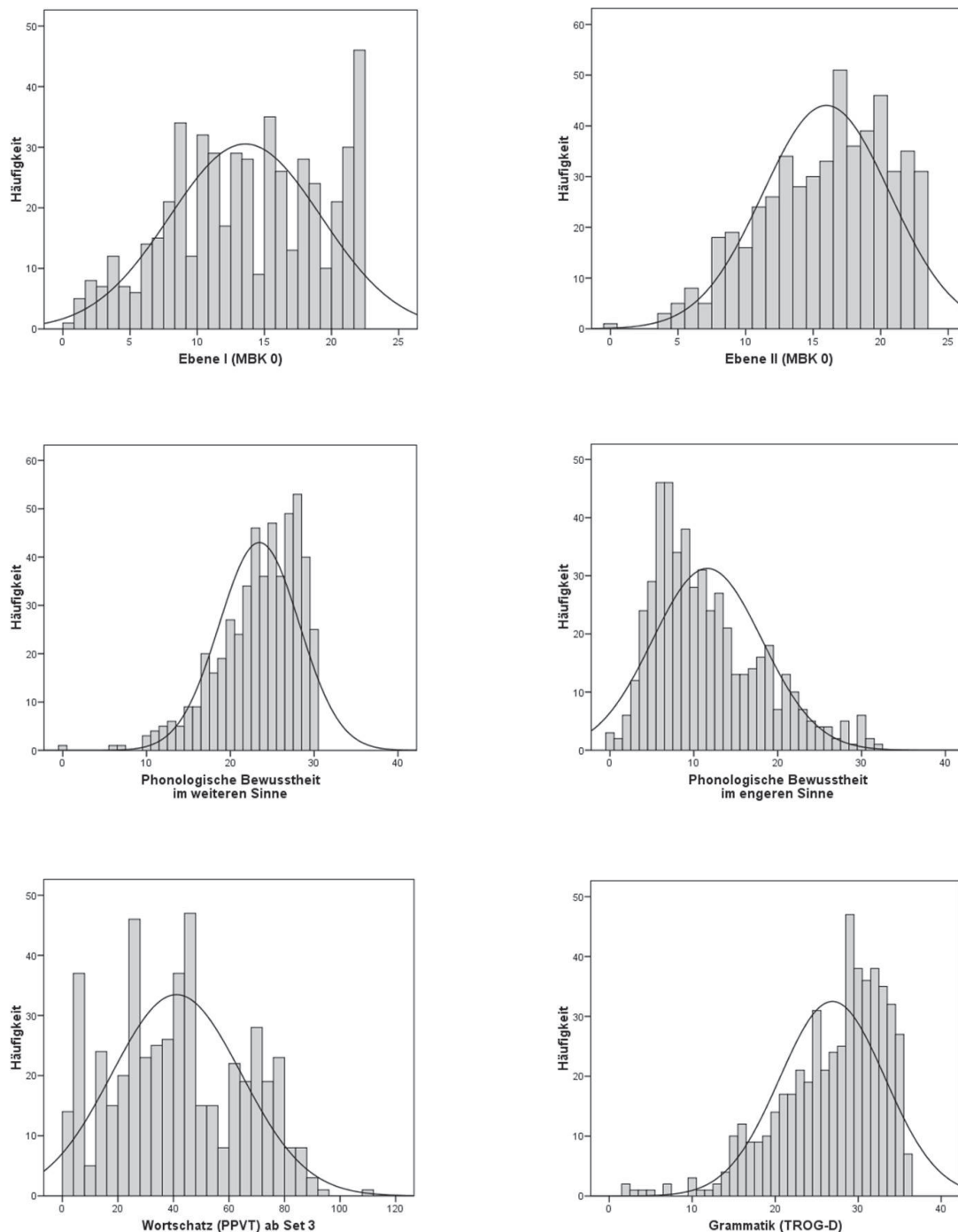


- Van Rinsveld, A., Brunner, M., Landerl, K., Schiltz, C. & Ugen, S. (2015). The relation between language and arithmetic in bilinguals: insights from different stages of language acquisition. *Frontiers in Psychology*, 6 (265). doi: 10.3389/fpsyg.2015.00265
- Verband Deutscher Städtestatistiker (VDSt) (Hrsg.). (2013). *Migrationshintergrund in der Statistik. Definitionen, Erfassung und Vergleichbarkeit. (Materialien zur Bevölkerungsstatistik, Heft 2)*. Köln: Verband Deutscher Städtestatistiker (VDSt). Verfügbar unter: [https://www.staedtestatistik.de/fileadmin/media/VDSt/Bevoelkerung/PDF/VDSt\\_-\\_AG\\_Bevoelkerung\\_Migrationshintergrund\\_in\\_der\\_Statistik.pdf](https://www.staedtestatistik.de/fileadmin/media/VDSt/Bevoelkerung/PDF/VDSt_-_AG_Bevoelkerung_Migrationshintergrund_in_der_Statistik.pdf)
- Viesel-Nordmeyer, N., Ritterfeld, U. & Bos, W. (2020). Die Rolle von Sprache und Arbeitsgedächtnis für die Entwicklung mathematischen Lernens vom Vorschul- bis ins Grundschulalter. *Lernen und Lernstörungen*, 1-14. doi: 10.1024/2235-0977/a000291
- Wagner, R. K. & Torgesen, J. K. (1987). The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological Bulletin*, 101 (2), 192-212. doi: 10.1037/0033-2909.101.2.192
- Walther, G., Geiser, H., Langeheine, R. & Lobemeier, K. (2003). Mathematische Kompetenzen am Ende der vierten Jahrgangsstufe. In W. Bos, E.-M. Lankes, M. Prenzel, K. Schwippert, G. Walther & R. Valtin (Hrsg.), *Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (S. 189-226). Münster: Waxmann.
- Weber, J., Marx, P. & Schneider, W. (2007). Die Prävention von Leserechtschreibschwierigkeiten. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 21 (1), 65-75. doi: 10.1007/s10212-010-0039-0
- Weiber, R. & Mühlhaus, D. (2010). *Strukturgleichungsmodellierung*. Berlin: Springer. doi: 10.1007/978-3-531-90865-6\_6
- Weinert, S. (2008). Kompetenzentwicklung und Kompetenzstruktur im Vorschulalter. In M. Prenzel, I. Gogolin & H.-H. Krüger (Hrsg.), *Kompetenzdiagnostik. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* (S. 89-106). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. doi: 10.1007/978-3-531-90865-6\_6
- Wendt, H., Bos, W., Selter, C., Köller, O., Schwippert, K. & Kasper, D. (2016). *TIMSS 2015. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Wendt, H. & Schwippert, K. (2017). Lesekompetenzen von Schülerinnen und Schülern mit und ohne Migrationshintergrund. In A. Hußmann et al. (Hrsg.), *IGLU 2016. Lesekompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (S. 219-234). Münster: Waxmann. doi: 10.1111/j.2044-835X.1987.tb01060.x

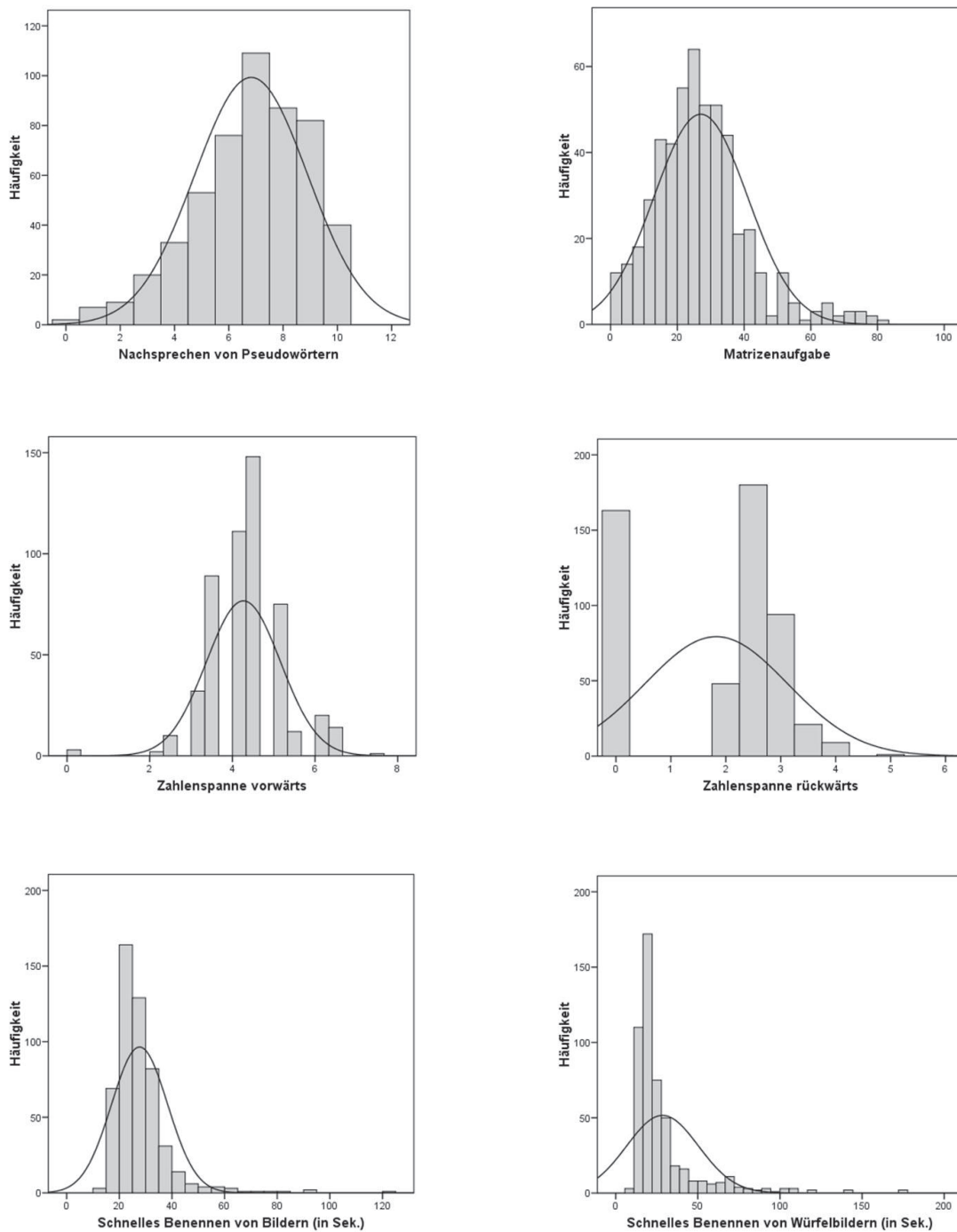
- Wilson, J. T. L., Scott, J. H. & Power, K. G. (1987). Developmental differences in the span of visual memory for pattern. *British Journal of Developmental Psychology*, 5, 249-255. doi: 10.1111/j.2044-835X.1987.tb01060.x
- Wolf, K. M., Schroeders, U. & Kriegbaum, K. (2016). Metaanalyse zur Wirksamkeit einer Förderung der phonologischen Bewusstheit in der deutschen Sprache. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 30 (1), 9-33. doi: 10.1024/1010-0652/a000165
- Wolf, M. & Bowers, P. (1999). The double-deficit hypothesis for the developmental dyslexia. *Journal of Educational Psychology*, 91, 415-438. doi: 10.1037/0022-0663.91.3.415
- Xu, F. (2003). Numerosity discrimination in infants: Evidence for two systems of representations. *Cognition*, 89 (1), B15-B25. doi: 10.1016/S0010-0277(03)00050-7
- Xu, F. & Spelke, E. S. (2000). Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition*, 74 (1), B1-B11. doi: 10.1016/S0010-0277(99)00066-9
- Zuckerman, H. (2010). Dynamik und Verbreitung des Matthäus-Effekts. *Berliner Journal für Soziologie*, 20, 309-340. doi: 10.1007/s11609-010-0133-9

# Anhang

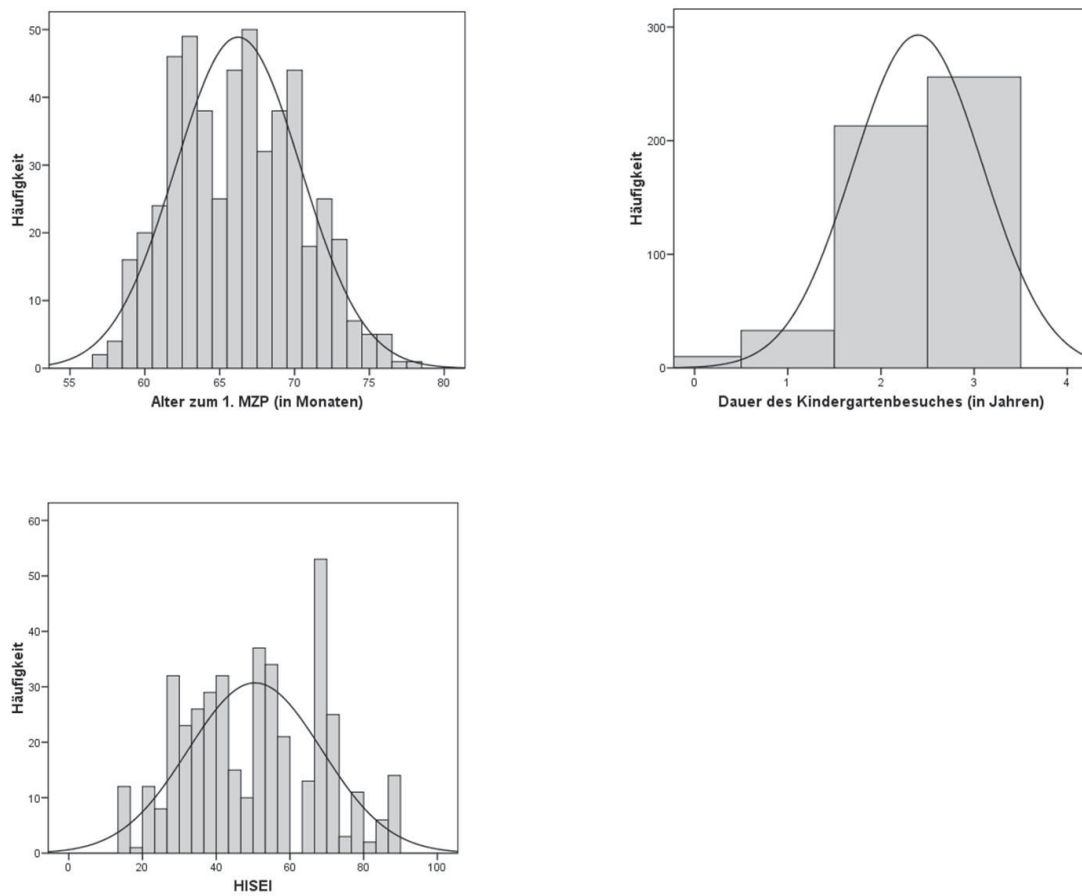
## Anhang A: Verteilungen in der ausgelesenen Gesamtstichprobe



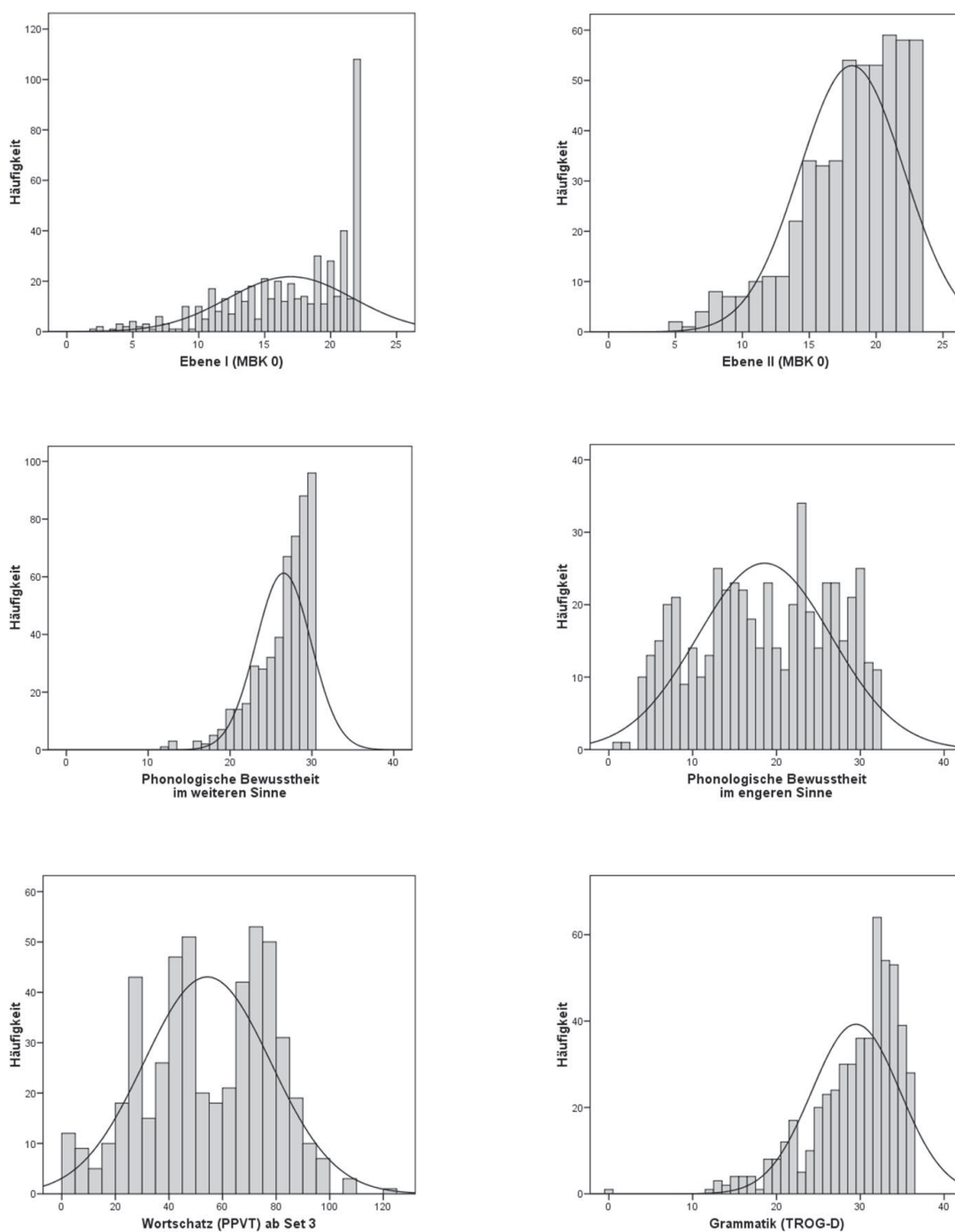
**Abbildung 13.** Verteilungen der Summenwerte in den mathematischen und sprachlichen Variablen zum 1. MZP für die ausgelesene Gesamtstichprobe.



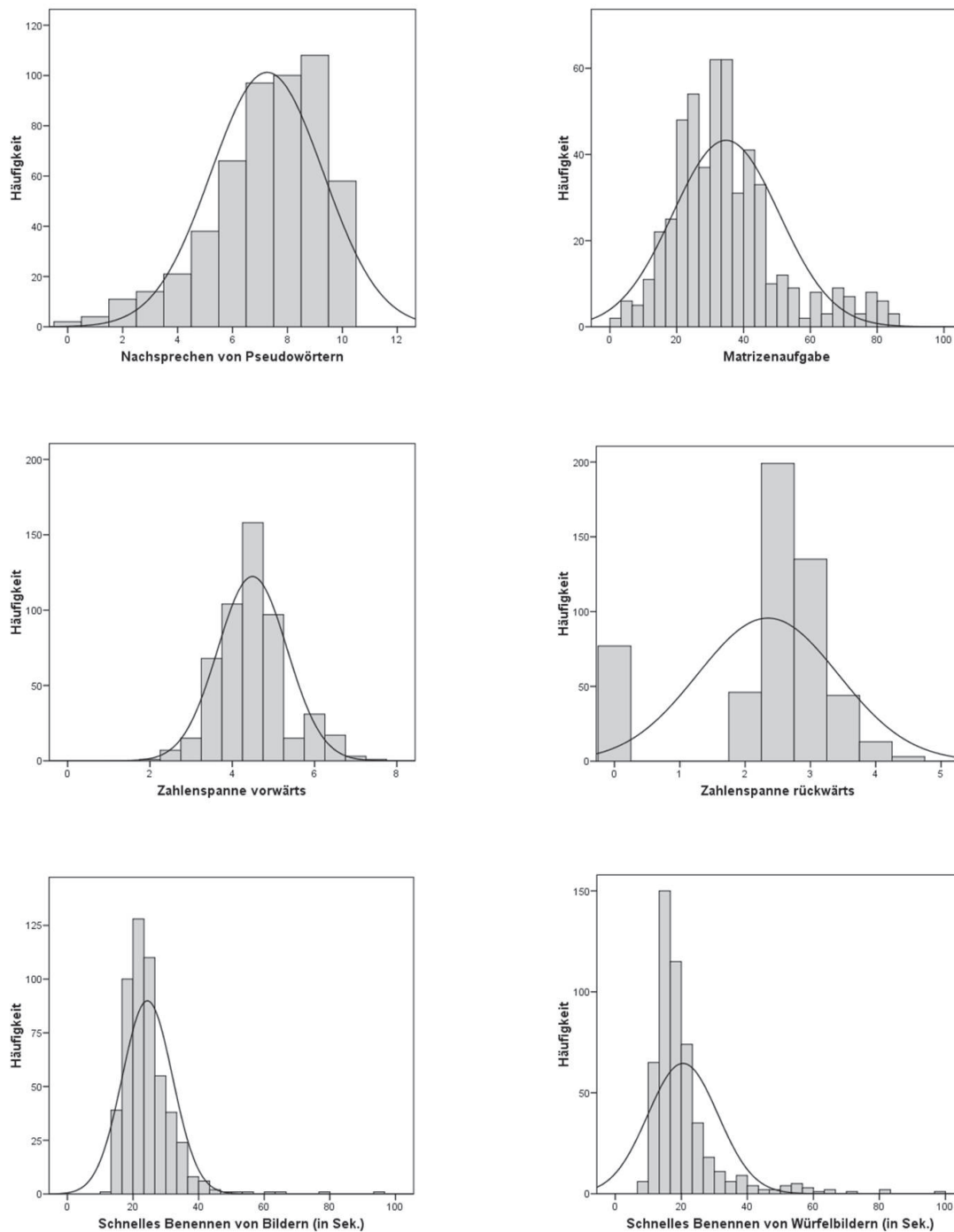
**Abbildung 14.** Verteilungen der Summenwerte in den gedächtnisbezogenen Variablen zum 1. MZP für die ausgelesene Gesamtstichprobe.



**Abbildung 15.** Verteilungen der Summenwerte in den individuellen und familiären Variablen für die ausgewählte Gesamtstichprobe.

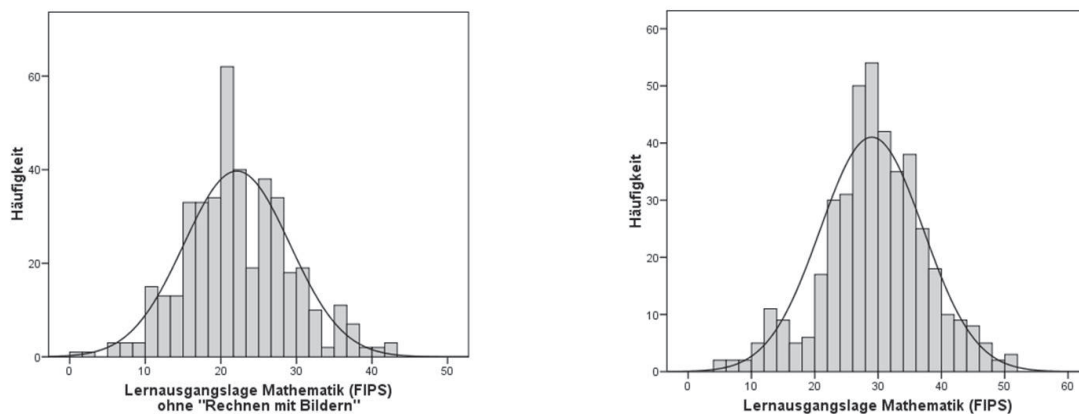


**Abbildung 16.** Verteilungen der Summenwerte in den mathematischen und sprachlichen Variablen zum 2. MZP für die ausgewählte Gesamtstichprobe.

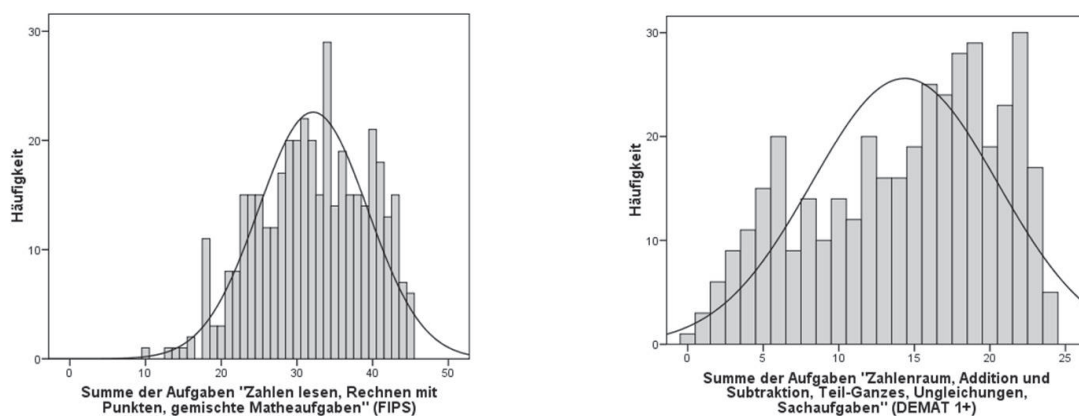


**Abbildung 17.** Verteilungen der Summenwerte in den gedächtnisbezogenen Variablen zum 2. MZP für die ausgelesene Gesamtstichprobe.





**Abbildung 18.** Verteilungen der Summenwerte in den mathematischen Aufgaben des FIPS zum 3. MZP für die ausgewählte Gesamtstichprobe.



**Abbildung 19.** Verteilungen der Summenwerte in den mathematischen Aufgaben des FIPS und DEMAT 1+ zum 4. MZP für die ausgewählte Gesamtstichprobe.

## Anhang B: Ergänzende Ergebnisse zu Regressionsanalysen

**Tabelle 31.** Interkorrelationen der vorschulischen Leistungsmaße für die Teilstichprobe ohne Migrationshintergrund.

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Ebene I (MBK 0)	-								
2 Ebene II (MBK 0)	.74**	-							
3 Phonolog. Bew. i.w.S.	.53**	.66**	-						
4 Phonolog. Bew. i.e.S.	.51**	.55**	.44**	-					
5 Zahlenspanne vorw.	.42**	.38**	.30**	.38**	-				
6 Zahlenspanne rückw.	.47**	.57**	.47**	.41**	.35**	-			
7 Matrizenaufgabe	.36**	.32**	.19	.15	.29**	.17	-		
8 Benennen v. Bildern	-.32**	-.34**	-.26*	-.24*	-.12	-.27*	-.21	-	
9 Wortschatz	.38**	.50**	.51**	.43**	.32**	.32**	.23*	-.29**	-
10 Grammatik	.37**	.44**	.37**	.29**	.26*	.27*	.23*	-.09	.65**

Anmerkungen. \*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ ,  $N = 85$ .

**Tabelle 32.** Interkorrelationen der vorschulischen Leistungsmaße für die Teilstichprobe mit Migrationshintergrund.

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Ebene I (MBK 0)	-								
2 Ebene II (MBK 0)	.65**	-							
3 Phonolog. Bew. i.w.S.	.70**	.51**	-						
4 Phonolog. Bew. i.e.S.	.55**	.39**	.62**	-					
5 Zahlenspanne vorw.	.41**	.29*	.46**	.48**	-				
6 Zahlenspanne rückw.	.49**	.34*	.39**	.45**	.54**	-			
7 Matrizenaufgabe	.38**	.44**	.31*	.20	.20	.20	-		
8 Benennen v. Bildern	-.55**	-.36*	-.53**	-.41**	.04	-.21	-.24	-	
9 Wortschatz	.55**	.41**	.59**	.53**	.42**	.44**	.36*	-.30*	-
10 Grammatik	.43**	.45**	.42**	.39**	.34*	.41**	.17	-.26	.65**

Anmerkungen. \*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ ,  $N = 48$ .

**Tabelle 33.** Interkorrelationen der Hintergrundmerkmale sowie Korrelationen mit den vorschulischen Leistungsmaßen für die Teilstichprobe ohne Migrationshintergrund.

	Variable	1	2	3	4
1	HISEI	-			
2	KiGa-Besuchsdauer	.15	-		
3	Alter	-.12	.07	-	
4	Geschlecht <sup>a</sup>	.08	-.30**	-.12	-
5	Ebene I (MBK 0)	.09	.14	.17	-.16
6	Ebene II (MBK 0)	.07	.11	.33**	-.02
7	Phonolog. Bew. i.w.S.	.11	.14	.19	-.02
8	Phonolog. Bew. i.e.S.	.23*	.00	.09	.04
9	Zahlenspanne vorw.	.05	-.07	.19	.03
10	Zahlenspanne rückw.	.26*	.03	.07	.08
11	Matrizenaufgabe	-.10	.19	.30**	-.14
12	Benennen v. Bildern	.24*	.09	-.01	.06
13	Wortschatz	.11	.02	.32**	.01
14	Grammatik	.26*	.07	.31**	.03

Anmerkungen. <sup>a</sup>: 0 = männlich, 1 = weiblich; \*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ ,  $N = 85$ .

**Tabelle 34.** Interkorrelationen der Hintergrundmerkmale sowie Korrelationen mit den vorschulischen Leistungsmaßen für die Teilstichprobe mit Migrationshintergrund.

	Variable	1	2	3	4
1	HISEI	-			
2	KiGa-Besuchsdauer	.14	-		
3	Alter	-.35*	-.23	-	
4	Geschlecht <sup>a</sup>	-.17	.15	-.11	-
5	Ebene I (MBK 0)	-.04	.02	.29*	-.30*
6	Ebene II (MBK 0)	-.06	.08	.17	-.18
7	Phonolog. Bew. i.w.S.	-.06	.10	.33*	-.01
8	Phonolog. Bew. i.e.S.	.16	.02	.09	.04
9	Zahlenspanne vorw.	.05	-.21	.14	.11
10	Zahlenspanne rückw.	.12	-.11	.07	-.07
11	Matrizenaufgabe	-.04	-.25	-.03	-.07
12	Benennen v. Bildern	.20	-.18	-.01	.10
13	Wortschatz	.11	-.10	.25	-.05
14	Grammatik	.16	.04	.15	.05

Anmerkungen. <sup>a</sup>: 0 = männlich, 1 = weiblich; \*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ ,  $N = 48$ .

**Tabelle 35.** Korrelationen zwischen Prädiktoren und Kriterien für die Teilstichprobe ohne Migrationshintergrund.

Variable	Ebene I (2. MZP)	Ebene II (2. MZP)	FIPS gesamt (3. MZP)	FIPS (4. MZP)	DEMAT 1+ (4. MZP)
Ebene I (MBK 0)	.77**	.61**	.61**	.59**	.59**
Ebene II (MBK 0)	.51**	.65**	.55**	.51**	.71**
Phonolog. Bew. i.w.S.	.35**	.53**	.34**	.37**	.40**
Phonolog. Bew. i.e.S.	.44**	.49**	.42**	.43**	.51**
Zahlenspanne vorw.	.25*	.18	.36**	.28*	.30*
Zahlenspanne rückw.	.49**	.53**	.30*	.33**	.41**
Matrizenaufgabe	.19	.06	.32**	.18	.27*
Benennen v. Bildern	-.05	-.02	-.32**	-.31*	-.24
Wortschatz	.24	.36**	.45**	.49**	.57**
Grammatik	.22	.41**	.28*	.36**	.56**
HISEI	.20	.35**	.16	.18	.28*
KiGa-Besuchsdauer	.04	.21	.08	.09	.01
Alter	.12	.14	.21	.06	.29*
Geschlecht <sup>a</sup>	-.25*	-.19	-.27*	-.36**	-.10

Anmerkungen. <sup>a</sup>: 0 = männlich, 1 = weiblich; \*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ ,  $N = 67$ .

**Tabelle 36.** Korrelationen zwischen Prädiktoren und Kriterien für die Teilstichprobe mit Migrationshintergrund.

Variable	Ebene I (2. MZP)	Ebene II (2. MZP)	FIPS gesamt (3. MZP)	FIPS (4. MZP)	DEMAT 1+ (4. MZP)
Ebene I (MBK 0)	.84**	.60**	.73**	.66**	.66**
Ebene II (MBK 0)	.57**	.69**	.69**	.66**	.71**
Phonolog. Bew. i.w.S.	.48**	.56**	.38*	.41*	.42*
Phonolog. Bew. i.e.S.	.38*	.49**	.34*	.22	.40*
Zahlenspanne vorw.	.43*	.60**	.40*	.42*	.53**
Zahlenspanne rückw.	.45**	.64**	.48**	.34*	.56**
Matrizenaufgabe	.42*	.26	.37*	.38*	.47**
Benennen v. Bildern	-.41*	-.14	-.34*	-.33	-.33
Wortschatz	.47**	.61**	.41*	.29	.32
Grammatik	.29	.44**	.34*	.33	.28
HISEI	-.25	.04	-.27	-.05	.02
KiGa-Besuchsdauer	-.36	-.18	-.28	-.21	-.37*
Alter	.45**	.26	.15	.10	.03
Geschlecht <sup>a</sup>	-.33	-.23	-.25	-.35*	-.24

Anmerkungen. <sup>a</sup>: 0 = männlich, 1 = weiblich; \*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ ,  $N = 35$ .

**Tabelle 37.** Ergebnisse der Regressionen der vorschulischen, mathematischen Kompetenzen für die Teilstichprobe ohne Migrationshintergrund.

Variable	Ebene I (2. MZP)			Ebene II (2. MZP)		
	<i>b</i>	<i>SE</i>	$\beta$	<i>b</i>	<i>SE</i>	$\beta$
Ebene I (MBK 0)	.50	.08	.65**	.19	.07	.29**
Ebene II (MBK 0)	.00	.11	.00	.08	.10	.11
Phonolog. Bew. i.w.S.	.00	.07	-.01	.17	.06	.24*
Phonolog. Bew. i.e.S.	.02	.06	.03	.03	.05	.06
Wortschatz	-.01	.02	-.06	-.03	.02	-.16
Grammatik	-.03	.08	-.03	.14	.07	.19
Zahlenspanne vorw.	.34	.40	.06	.26	.35	.06
Zahlenspanne rückw.	.65	.27	.21**	.45	.24	.17
Matrizenaufgabe	.02	.02	.05	.01	.02	.03
Benennen v. Bildern	-.05	.05	-.08	-.06	.04	-.11
Geschlecht <sup>a</sup>	.09	.59	.01	.18	.52	.02
Alter	.05	.08	.05	-.01	.07	-.01
HISEI	.01	.02	.03	.03	.02	.14

Anmerkungen. <sup>a</sup>: 0 = männlich, 1 = weiblich; \*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ .

**Tabelle 38.** Ergebnisse der Regressionen der vorschulischen, mathematischen Kompetenzen für die Teilstichprobe mit Migrationshintergrund.

Variable	Ebene I (2. MZP)			Ebene II (2. MZP)		
	<i>b</i>	<i>SE</i>	$\beta$	<i>b</i>	<i>SE</i>	$\beta$
Ebene I (MBK 0)	.62	.12	.70**	.00	.11	-.01
Ebene II (MBK 0)	.12	.12	.11	.49	.11	.55**
Phonolog. Bew. i.w.S.	-.17	.15	-.15	.14	.13	.16
Phonolog. Bew. i.e.S.	-.12	.09	-.15	-.05	.08	-.08
Wortschatz	.10	.03	.34**	.12	.03	.51**
Grammatik	-.06	.08	-.09	-.12	.07	-.22
Zahlenspanne vorw.	-.54	.81	-.07	.24	.75	.04
Zahlenspanne rückw.	.10	.37	.03	.24	.34	.08
Matrizenaufgabe	-.02	.03	-.06	-.05	.03	-.19
Benennen v. Bildern	-.08	.04	-.21	-.03	.04	-.09
Geschlecht <sup>a</sup>	-.80	.88	-.08	-.92	.81	-.12
Alter	.13	.13	.10	-.11	.12	-.10
HISEI	.01	.02	.05	.02	.02	.09

Anmerkungen. <sup>a</sup>: 0 = männlich, 1 = weiblich; \*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ .

**Tabelle 39.** Ergebnisse der Regressionen der schulischen, mathematischen Kompetenzen für die Teilstichprobe ohne Migrationshintergrund.

Variable	FIPS gesamt (3. MZP)			FIPS (4. MZP)			DEMAT 1+ (4. MZP)		
	<i>b</i>	<i>SE</i>	$\beta$	<i>b</i>	<i>SE</i>	$\beta$	<i>b</i>	<i>SE</i>	$\beta$
Ebene I (MBK 0)	.46	.18	.33*	.37	.16	.30*	.14	.14	.12
Ebene II (MBK 0)	.00	.11	.00	.16	.23	.12	.73	.20	.55**
Phonolog. Bew. i.w.S.	.00	.07	-.01	-.08	.16	-.07	-.26	.14	-.22
Phonolog. Bew. i.e.S.	.02	.06	.03	.04	.11	.05	.04	.09	.05
Wortschatz	-.01	.02	-.06	.08	.04	.28	.06	.03	.21
Grammatik	-.03	.08	-.03	.02	.20	.02	.11	.18	.08
Zahlenspanne vorw.	.34	.40	.06	.58	.88	.07	.59	.72	.07
Zahlenspanne rückw.	.65	.27	.21	-.02	.55	.00	-.20	.45	-.04
Matrizenaufgabe	.02	.02	.05	.01	.05	.02	.03	.04	.07
Benennen v. Bildern	-.05	.05	-.08	-.13	.12	-.11	-.15	.10	-.13
Geschlecht <sup>a</sup>	.09	.59	.01	-3.19	1.29	-.25*	.12	1.06	.01
Alter	.05	.08	.05	-.20	.17	-.13	-.02	.14	-.01
HISEI	.01	.02	.03	.04	.04	.11	.08	.03	.22*

Anmerkungen. <sup>a</sup>: 0 = männlich, 1 = weiblich; \*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ .

**Tabelle 40.** Ergebnisse der Regressionen der schulischen, mathematischen Kompetenzen für die Teilstichprobe mit Migrationshintergrund.

Variable	FIPS gesamt (3. MZP)			FIPS (4. MZP)			DEMAT 1+ (4. MZP)		
	<i>b</i>	<i>SE</i>	$\beta$	<i>b</i>	<i>SE</i>	$\beta$	<i>b</i>	<i>SE</i>	$\beta$
Ebene I (MBK 0)	.80	.36	.52*	.63	.35	.46	.20	.28	.18
Ebene II (MBK 0)	.12	.12	.11	.57	.36	.34	.67	.27	.49*
Phonolog. Bew. i.w.S.	-.17	.15	-.15	.10	.44	.05	.05	.34	.03
Phonolog. Bew. i.e.S.	-.12	.09	-.15	-.51	.26	-.39	-.07	.20	-.07
Wortschatz	.10	.03	.34	.07	.10	.15	.01	.08	.01
Grammatik	-.06	.08	-.09	.08	.20	.08	-.09	.15	-.10
Zahlenspanne vorw.	-.54	.81	-.07	2.39	2.22	.23	1.57	1.70	.19
Zahlenspanne rückw.	.10	.37	.03	-.74	1.04	-.13	.44	.81	.09
Matrizenaufgabe	-.02	.03	-.06	-.05	.09	-.10	.05	.07	.12
Benennen v. Bildern	-.08	.04	-.21	-.18	.16	-.20	-.12	.13	-.17
Geschlecht <sup>a</sup>	-.80	.88	-.08	-2.39	2.46	-.16	.39	1.87	.03
Alter	.13	.13	.10*	-.54	.43	-.24	-.38	.33	-.22
HISEI	.01	.02	.05	.04	.07	.12	.04	.05	.13

Anmerkungen. <sup>a</sup>: 0 = männlich, 1 = weiblich; \*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ .

## Anhang C: Deskriptiva und ergänzende Ergebnisse zu Fördereffekten

**Tabelle 41.** Deskriptiva der nicht mathematischen Variablen getrennt nach mathematischer Fördergruppe sowie univariate Ergebnisse des Gruppenvergleichs.

Variable	Förderung	deskriptive Statistik			$F(3, 178)$	ANOVA	
		$N$	$M$	$SD$		$p$	$\eta_p^2$
Nachsprechen v. Pseudowörtern	keine	43	6.81	2.03	< 1	n.s.	-
	MZZ	56	6.80	1.89			
	ZL <sub>P</sub>	29	7.00	1.67			
	ZL <sub>F</sub>	58	7.16	2.06			
Zahlenspanne vorw.	keine	43	3.90	1.11	5.91	< .001	0.09
	MZZ	56	4.36	0.76			
	ZL <sub>P</sub>	29	4.69	0.81			
	ZL <sub>F</sub>	58	4.66	0.94			
Zahlenspanne rückw.	keine	43	1.63	1.33	3.59	.01	0.06
	MZZ	56	2.23	1.13			
	ZL <sub>P</sub>	29	2.57	0.64			
	ZL <sub>F</sub>	58	2.27	0.97			
Matrizenaufgabe	keine	43	28.42	14.85	< 1	n.s.	-
	MZZ	56	30.35	14.27			
	ZL <sub>P</sub>	29	29.02	12.58			
	ZL <sub>F</sub>	58	28.53	14.40			
Benennen v. Bildern	keine	43	32.72	17.12	4.92	< .01	0.08
	MZZ	56	25.65	5.91			
	ZL <sub>P</sub>	29	24.62	6.16			
	ZL <sub>F</sub>	58	25.88	7.26			
Benennen v. Würfelbildern	keine	43	41.35	35.52	10.90	< .001	0.16
	MZZ	56	22.67	8.04			
	ZL <sub>P</sub>	29	18.80	4.88			
	ZL <sub>F</sub>	58	21.71	8.24			
Phonolog. Bew. i.w.S.	keine	43	22.53	5.10	1.24	n.s.	-
	MZZ	56	25.00	4.41			
	ZL <sub>P</sub>	29	25.41	3.71			
	ZL <sub>F</sub>	58	24.19	4.73			
Phonolog. Bew. i.e.S.	keine	43	11.02	6.58	1.56	n.s.	-
	MZZ	56	14.29	7.28			
	ZL <sub>P</sub>	29	14.76	6.99			
	ZL <sub>F</sub>	58	13.81	6.87			
Wortschatz	keine	43	35.09	23.01	3.25	.02	0.05
	MZZ	56	57.30	19.49			
	ZL <sub>P</sub>	29	52.83	23.07			
	ZL <sub>F</sub>	58	52.50	24.23			
Grammatik	keine	43	25.00	6.30	7.43	< .001	0.11
	MZZ	56	30.36	4.03			
	ZL <sub>P</sub>	29	30.90	3.71			
	ZL <sub>F</sub>	58	29.52	4.65			
HISEI	keine	43	41.91	14.90	2.35	n.s.	-
	MZZ	56	51.29	18.28			
	ZL <sub>P</sub>	29	60.93	11.08			
	ZL <sub>F</sub>	58	50.12	16.81			
KiGa-Besuchsdauer	keine	43	2.07	0.74	3.14	.03	0.05
	MZZ	56	2.63	0.52			
	ZL <sub>P</sub>	29	2.31	0.76			
	ZL <sub>F</sub>	58	2.40	0.65			
Alter	keine	43	66.00	4.08	1.15	n.s.	-
	MZZ	56	67.89	4.02			
	ZL <sub>P</sub>	29	67.17	3.91			
	ZL <sub>F</sub>	58	67.14	4.36			

Anmerkungen. ZL<sub>P</sub> = Zahlenland nach Preiß (2004, 2005); ZL<sub>F</sub> = Zahlenland nach Friedrich & de Galgóczy (2004);  
<sup>a</sup>: Zeit in Sekunden; <sup>b</sup>: PPVT, Summe ab Set 3.

**Tabelle 42.** Univariate Ergebnisse des Einflusses der Kovariaten (1. MZP) auf die vorschulischen, mathematischen Kompetenzen (MBK 0) zum 2. MZP.

Kovariate	abhängige Variable	$F(1, 177)$	$p$	$\eta_p^2$
Ebene I (MBK 0)	Ebene I	116.51	.00	0.40
	Ebene II	6.02	.02	0.03
Ebene II (MBK 0)	Ebene I	< 1	n.s.	-
	Ebene II	6.37	.01	0.03
Benennen v. Bildern	Ebene I	6.05	.01	0.03
	Ebene II	< 1	n.s.	-
Zahlenspanne vorwärts	Ebene I	< 1	n.s.	-
	Ebene II	< 1	n.s.	-
Zahlenspanne rückwärts	Ebene I	3.43	n.s.	-
	Ebene II	4.61	.03	0.03
Wortschatz	Ebene I	1.51	n.s.	-
	Ebene II	< 1	n.s.	-
Grammatik	Ebene I	3.11	n.s.	-
	Ebene II	9.62	.00	0.05
KiGa-Besuchsdauer	Ebene I	< 1	n.s.	-
	Ebene II	< 1	n.s.	-



**Tabelle 43.** Deskriptiva der nicht mathematischen Variablen getrennt nach Fördergruppe sowie univariate Ergebnisse des Gruppenvergleichs.

Variable	Förderung	deskriptive Statistik			ANOVA																																																																																																																																														
		<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>F</i> (1, 219)	<i>p</i>	$\eta_p^2$																																																																																																																																												
Nachsprechen v. Pseudowörtern	keine	64	6.97	1.97	< 1	n.s.	-																																																																																																																																												
	HLL	157	7.19	1.96				Zahlenspanne vorwärts	keine	64	4.08	1.02	2.09	n.s.	-	HLL	157	4.26	0.80	Zahlenspanne rückwärts	keine	64	1.76	1.29	< 1	n.s.	-	HLL	157	1.79	1.34	Matrizenaufgabe	keine	64	28.84	13.21	1.18	n.s.	-	HLL	157	26.59	14.30	Benennen v. Bildern <sup>a</sup>	keine	64	30.42	15.05	3.35	n.s.	-	HLL	157	27.34	9.47	Benennen v. Würfelbildern <sup>a</sup>	keine	64	35.64	31.27	3.47	n.s.	-	HLL	157	28.47	23.48	Phonolog. Bew. i.w.S.	keine	64	35.02	22.18	1.27	n.s.	-	HLL	157	38.69	21.89	Phonolog. Bew. i.e.S.	keine	64	25.27	5.83	2.14	n.s.	-	HLL	157	26.64	6.51	Wortschatz <sup>b</sup>	keine	64	23.00	4.90	< 1	n.s.	-	HLL	157	23.61	4.84	Grammatik	keine	64	11.06	6.51	< 1	n.s.	-	HLL	157	11.50	6.39	HISEI	keine	64	43.84	15.21	5.42	.02	0.02	HLL	157	50.20	19.55	KiGa-Besuchsdauer	keine	64	2.20	0.72	3.37	n.s.	-	HLL	157	2.40	0.73	Alter	keine	64	66.44	4.28	< 1	n.s.	-
Zahlenspanne vorwärts	keine	64	4.08	1.02	2.09	n.s.	-																																																																																																																																												
	HLL	157	4.26	0.80				Zahlenspanne rückwärts	keine	64	1.76	1.29	< 1	n.s.	-	HLL	157	1.79	1.34	Matrizenaufgabe	keine	64	28.84	13.21	1.18	n.s.	-	HLL	157	26.59	14.30	Benennen v. Bildern <sup>a</sup>	keine	64	30.42	15.05	3.35	n.s.	-	HLL	157	27.34	9.47	Benennen v. Würfelbildern <sup>a</sup>	keine	64	35.64	31.27	3.47	n.s.	-	HLL	157	28.47	23.48	Phonolog. Bew. i.w.S.	keine	64	35.02	22.18	1.27	n.s.	-	HLL	157	38.69	21.89	Phonolog. Bew. i.e.S.	keine	64	25.27	5.83	2.14	n.s.	-	HLL	157	26.64	6.51	Wortschatz <sup>b</sup>	keine	64	23.00	4.90	< 1	n.s.	-	HLL	157	23.61	4.84	Grammatik	keine	64	11.06	6.51	< 1	n.s.	-	HLL	157	11.50	6.39	HISEI	keine	64	43.84	15.21	5.42	.02	0.02	HLL	157	50.20	19.55	KiGa-Besuchsdauer	keine	64	2.20	0.72	3.37	n.s.	-	HLL	157	2.40	0.73	Alter	keine	64	66.44	4.28	< 1	n.s.	-	HLL	157	66.58	4.13								
Zahlenspanne rückwärts	keine	64	1.76	1.29	< 1	n.s.	-																																																																																																																																												
	HLL	157	1.79	1.34				Matrizenaufgabe	keine	64	28.84	13.21	1.18	n.s.	-	HLL	157	26.59	14.30	Benennen v. Bildern <sup>a</sup>	keine	64	30.42	15.05	3.35	n.s.	-	HLL	157	27.34	9.47	Benennen v. Würfelbildern <sup>a</sup>	keine	64	35.64	31.27	3.47	n.s.	-	HLL	157	28.47	23.48	Phonolog. Bew. i.w.S.	keine	64	35.02	22.18	1.27	n.s.	-	HLL	157	38.69	21.89	Phonolog. Bew. i.e.S.	keine	64	25.27	5.83	2.14	n.s.	-	HLL	157	26.64	6.51	Wortschatz <sup>b</sup>	keine	64	23.00	4.90	< 1	n.s.	-	HLL	157	23.61	4.84	Grammatik	keine	64	11.06	6.51	< 1	n.s.	-	HLL	157	11.50	6.39	HISEI	keine	64	43.84	15.21	5.42	.02	0.02	HLL	157	50.20	19.55	KiGa-Besuchsdauer	keine	64	2.20	0.72	3.37	n.s.	-	HLL	157	2.40	0.73	Alter	keine	64	66.44	4.28	< 1	n.s.	-	HLL	157	66.58	4.13																				
Matrizenaufgabe	keine	64	28.84	13.21	1.18	n.s.	-																																																																																																																																												
	HLL	157	26.59	14.30				Benennen v. Bildern <sup>a</sup>	keine	64	30.42	15.05	3.35	n.s.	-	HLL	157	27.34	9.47	Benennen v. Würfelbildern <sup>a</sup>	keine	64	35.64	31.27	3.47	n.s.	-	HLL	157	28.47	23.48	Phonolog. Bew. i.w.S.	keine	64	35.02	22.18	1.27	n.s.	-	HLL	157	38.69	21.89	Phonolog. Bew. i.e.S.	keine	64	25.27	5.83	2.14	n.s.	-	HLL	157	26.64	6.51	Wortschatz <sup>b</sup>	keine	64	23.00	4.90	< 1	n.s.	-	HLL	157	23.61	4.84	Grammatik	keine	64	11.06	6.51	< 1	n.s.	-	HLL	157	11.50	6.39	HISEI	keine	64	43.84	15.21	5.42	.02	0.02	HLL	157	50.20	19.55	KiGa-Besuchsdauer	keine	64	2.20	0.72	3.37	n.s.	-	HLL	157	2.40	0.73	Alter	keine	64	66.44	4.28	< 1	n.s.	-	HLL	157	66.58	4.13																																
Benennen v. Bildern <sup>a</sup>	keine	64	30.42	15.05	3.35	n.s.	-																																																																																																																																												
	HLL	157	27.34	9.47				Benennen v. Würfelbildern <sup>a</sup>	keine	64	35.64	31.27	3.47	n.s.	-	HLL	157	28.47	23.48	Phonolog. Bew. i.w.S.	keine	64	35.02	22.18	1.27	n.s.	-	HLL	157	38.69	21.89	Phonolog. Bew. i.e.S.	keine	64	25.27	5.83	2.14	n.s.	-	HLL	157	26.64	6.51	Wortschatz <sup>b</sup>	keine	64	23.00	4.90	< 1	n.s.	-	HLL	157	23.61	4.84	Grammatik	keine	64	11.06	6.51	< 1	n.s.	-	HLL	157	11.50	6.39	HISEI	keine	64	43.84	15.21	5.42	.02	0.02	HLL	157	50.20	19.55	KiGa-Besuchsdauer	keine	64	2.20	0.72	3.37	n.s.	-	HLL	157	2.40	0.73	Alter	keine	64	66.44	4.28	< 1	n.s.	-	HLL	157	66.58	4.13																																												
Benennen v. Würfelbildern <sup>a</sup>	keine	64	35.64	31.27	3.47	n.s.	-																																																																																																																																												
	HLL	157	28.47	23.48				Phonolog. Bew. i.w.S.	keine	64	35.02	22.18	1.27	n.s.	-	HLL	157	38.69	21.89	Phonolog. Bew. i.e.S.	keine	64	25.27	5.83	2.14	n.s.	-	HLL	157	26.64	6.51	Wortschatz <sup>b</sup>	keine	64	23.00	4.90	< 1	n.s.	-	HLL	157	23.61	4.84	Grammatik	keine	64	11.06	6.51	< 1	n.s.	-	HLL	157	11.50	6.39	HISEI	keine	64	43.84	15.21	5.42	.02	0.02	HLL	157	50.20	19.55	KiGa-Besuchsdauer	keine	64	2.20	0.72	3.37	n.s.	-	HLL	157	2.40	0.73	Alter	keine	64	66.44	4.28	< 1	n.s.	-	HLL	157	66.58	4.13																																																								
Phonolog. Bew. i.w.S.	keine	64	35.02	22.18	1.27	n.s.	-																																																																																																																																												
	HLL	157	38.69	21.89				Phonolog. Bew. i.e.S.	keine	64	25.27	5.83	2.14	n.s.	-	HLL	157	26.64	6.51	Wortschatz <sup>b</sup>	keine	64	23.00	4.90	< 1	n.s.	-	HLL	157	23.61	4.84	Grammatik	keine	64	11.06	6.51	< 1	n.s.	-	HLL	157	11.50	6.39	HISEI	keine	64	43.84	15.21	5.42	.02	0.02	HLL	157	50.20	19.55	KiGa-Besuchsdauer	keine	64	2.20	0.72	3.37	n.s.	-	HLL	157	2.40	0.73	Alter	keine	64	66.44	4.28	< 1	n.s.	-	HLL	157	66.58	4.13																																																																				
Phonolog. Bew. i.e.S.	keine	64	25.27	5.83	2.14	n.s.	-																																																																																																																																												
	HLL	157	26.64	6.51				Wortschatz <sup>b</sup>	keine	64	23.00	4.90	< 1	n.s.	-	HLL	157	23.61	4.84	Grammatik	keine	64	11.06	6.51	< 1	n.s.	-	HLL	157	11.50	6.39	HISEI	keine	64	43.84	15.21	5.42	.02	0.02	HLL	157	50.20	19.55	KiGa-Besuchsdauer	keine	64	2.20	0.72	3.37	n.s.	-	HLL	157	2.40	0.73	Alter	keine	64	66.44	4.28	< 1	n.s.	-	HLL	157	66.58	4.13																																																																																
Wortschatz <sup>b</sup>	keine	64	23.00	4.90	< 1	n.s.	-																																																																																																																																												
	HLL	157	23.61	4.84				Grammatik	keine	64	11.06	6.51	< 1	n.s.	-	HLL	157	11.50	6.39	HISEI	keine	64	43.84	15.21	5.42	.02	0.02	HLL	157	50.20	19.55	KiGa-Besuchsdauer	keine	64	2.20	0.72	3.37	n.s.	-	HLL	157	2.40	0.73	Alter	keine	64	66.44	4.28	< 1	n.s.	-	HLL	157	66.58	4.13																																																																																												
Grammatik	keine	64	11.06	6.51	< 1	n.s.	-																																																																																																																																												
	HLL	157	11.50	6.39				HISEI	keine	64	43.84	15.21	5.42	.02	0.02	HLL	157	50.20	19.55	KiGa-Besuchsdauer	keine	64	2.20	0.72	3.37	n.s.	-	HLL	157	2.40	0.73	Alter	keine	64	66.44	4.28	< 1	n.s.	-	HLL	157	66.58	4.13																																																																																																								
HISEI	keine	64	43.84	15.21	5.42	.02	0.02																																																																																																																																												
	HLL	157	50.20	19.55				KiGa-Besuchsdauer	keine	64	2.20	0.72	3.37	n.s.	-	HLL	157	2.40	0.73	Alter	keine	64	66.44	4.28	< 1	n.s.	-	HLL	157	66.58	4.13																																																																																																																				
KiGa-Besuchsdauer	keine	64	2.20	0.72	3.37	n.s.	-																																																																																																																																												
	HLL	157	2.40	0.73				Alter	keine	64	66.44	4.28	< 1	n.s.	-	HLL	157	66.58	4.13																																																																																																																																
Alter	keine	64	66.44	4.28	< 1	n.s.	-																																																																																																																																												
	HLL	157	66.58	4.13																																																																																																																																															

Anmerkungen. <sup>a</sup>: Zeit in Sekunden; <sup>b</sup>: PPVT, Summe ab Set 3.



