



Humanwissenschaftliche Fakultät

Jan Lonnemann | Marcus Hasselhorn

# Frühe mathematische Bildung

Aktuelle Forschungstrends und Perspektiven

Suggested citation referring to the original publication:

Frühe Bildung 7 (2018) 129–134

DOI <https://doi.org/10.1026/2191-9186/a000379>

ISSN (print) 2191-9186

ISSN (online) 2191-9194

Postprint archived at the Institutional Repository of the Potsdam University in:

Postprints der Universität Potsdam

Humanwissenschaftliche Reihe ; 636

ISSN 1866-8364

<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:kobv:517-opus4-441484>

DOI <https://doi.org/10.25932/publishup-44148>



# Frühe mathematische Bildung

## Aktuelle Forschungstrends und Perspektiven

Jan Lonnemann und Marcus Hasselhorn

**Zusammenfassung:** Im vorliegenden Beitrag werden aktuelle Forschungstrends im Bereich der frühen mathematischen Bildung im Kontext jüngst formulierter Zieldimensionen für die frühe mathematische Bildung (siehe Benz et al., 2017) dargestellt. Es wird auf spielbasierte Fördermaßnahmen, Kompetenzen im Bereich „Raum und Form“, den Einfluss sprachlicher Parameter auf die Entwicklung mathematischer Kompetenzen sowie auf mathematikbezogene Kompetenzen frühpädagogischer Fachkräfte eingegangen. Darüber hinaus werden die Ergebnisse einer aktuellen Feldstudie zur Förderung früher mathematischer Kompetenzen (siehe Dillon, Kannan, Dean, Spelke & Duflo, 2017) vorgestellt. Abschließend wird die Entwicklung und Implementierung anschlussfähiger Bildungskonzepte als eine der zentralen Herausforderungen zukünftiger Forschungs- und Bildungsbemühungen diskutiert.

**Schlüsselwörter:** frühe mathematische Bildung, Zieldimensionen, Gelingensbedingungen, Anschlussfähigkeit

### Early Mathematics Education: Current Research Trends and Perspectives

**Abstract:** Current research trends in the field of early mathematical education are presented in the context of recently formulated target dimensions of early mathematical education (see Benz et al., 2017). Game-based approaches, competencies in the field of “space and form”, the influence of language skills on the development of mathematical competencies, as well as mathematics-related competencies of early childhood educators are discussed. In addition, the results of a recent field study on a preschool intervention intended to enhance children's early mathematical skills (see Dillon, Kannan, Dean, Spelke, & Duflo, 2017) are presented. Finally, we discuss the development and implementation of aligned educational concepts as one of the central challenges of future research and educational activities.

**Keywords:** early mathematical education, target dimensions, conditions of success, alignment

Der Erwerb mathematischer Fertigkeiten ist von zunehmend großer Bedeutung für eine aktive und erfolgreiche Teilnahme am modernen gesellschaftlichen Leben. So lässt sich beispielsweise über die im Alter von sieben Jahren erfassten mathematischen Kenntnisse der sozioökonomische Status im mittleren Erwachsenenalter selbst dann vergleichsweise gut vorhersagen, wenn der sozioökonomische Status im Kindesalter kontrolliert wird (Ritchie & Bates, 2013). Zudem zeigt sich, dass Schwierigkeiten beim Erwerb mathematischer Fertigkeiten mit Einbußen in der Lebensqualität und mit einem erhöhten Risiko für psychische Auffälligkeiten einhergehen können (z. B. Kohn, Wyschkon & Esser, 2013). Daher erscheint es notwendig, mathematische Lern- und Denkprozesse von Kindern möglichst frühzeitig anzuregen und zu unterstützen, um der Entwicklung von Defiziten im mathematischen Bereich vorbeugen zu können. In diesem Zusammenhang kommt der frühen mathematischen Bildung eine große Bedeutung zu. Uneinigkeit herrscht allerdings darüber, welche Inhaltsbereiche die institutionelle mathematische Bildung jüngerer Kinder vor ihrem Eintritt in die Schule umfassen sollte und welche Methoden zur Vermittlung geeignet sind. In einer unlängst erschienenen Expertise wurden auf der Basis des aktuellen Forschungsstands

sogenannte Zieldimensionen für die frühe mathematische Bildung formuliert, anhand derer wesentliche Handlungsfelder für das Lehren und Lernen von Mathematik in Kindertagesstätten, Horten und Primarschulen benannt wurden (siehe Benz et al., 2017). Im Rahmen dieser Zieldimensionen werden im Folgenden aktuelle Forschungstrends im Bereich der frühen mathematischen Bildung dargestellt und potenzielle Forschungsperspektiven diskutiert.

## Zieldimensionen früher mathematischer Bildung

Benz und Kollegen (2017) benennen inhaltsbezogene und prozessbezogene mathematische Kompetenzen, wie sie prinzipiell auch in den Bildungsstandards für die Grundschule beschrieben werden (siehe Kultusministerkonferenz, 2005). So wird neben der Vermittlung inhaltsbezogenen Wissens der Anwendungsbezug dieses Wissens als zentrales Ziel der Vermittlung angesehen. Diese Betrachtungsweise wird über den Begriff der Kompetenz konkretisiert. Kompetent zu sein, bedeutet, über Fähigkeiten und

Fertigkeiten zum Lösen bestimmter Probleme zu verfügen und diese einsetzen zu können. Zudem muss man seine Fähigkeiten und Fertigkeiten einsetzen wollen und daher beinhaltet Kompetenz auch motivationale, volitionale und soziale Bereitschaften und Fähigkeiten zur Lösung eines Problems (siehe z.B. Weinert, 2001). Entsprechend empfehlen Benz und Kollegen (2017), Kindern Motivation, Interesse und Selbstwirksamkeit in Bezug auf Mathematik sowie inhaltsbezogene und prozessbezogene mathematische Kompetenzen zu vermitteln.

## Kindbezogene Zieldimensionen

Benz und Kollegen (2017) lehnen eine unterrichtsähnliche Vorgehensweise im Elementarbereich ab und schlagen Spiele als Weg zur Förderung von Motivation und Interesse an Mathematik vor. In diesem Zusammenhang muss darauf hingewiesen werden, dass derzeit ungeklärt ist, welche Konsequenzen der im Unterschied zu vielen anderen Ländern im deutschen Sprachraum verbreitete vollständige Verzicht auf ein eher schulähnlich organisiertes Lernen im Elementarbereich nach sich zieht. Zur Frage der Wirksamkeit spielbasierter Fördermaßnahmen liegen in der Tat vielversprechende empirische Befunde vor (siehe z.B. Ramani & Siegler, 2008), wobei auch hier noch Forschungsbedarf besteht. Zwei Beiträge des vorliegenden Schwerpunkthefts hatten zum Ziel, die Wirksamkeit spielbasierter Fördermaßnahmen zu prüfen (siehe Seeger, Holodyski & Roth, 2018; Skillen, Berner, Ricken & Seitz-Stein, 2018).

In Anlehnung an die nationalen Bildungsstandards für die Primarstufe (Kultusministerkonferenz, 2005) unterscheiden Benz und Kollegen (2017) die folgenden inhaltsbezogenen mathematischen Kompetenzbereiche: Zahlen und Operationen, Raum und Form, Muster und Strukturen, Größen und Messen, Daten, Häufigkeit und Wahrscheinlichkeit. Eine besondere Gewichtung wird für die drei erstgenannten Bereiche empfohlen. Während für den Bereich „Zahlen und Operationen“ umfangreiche empirische Befunde sowie theoretische Modellvorstellungen vorliegen (für einen Überblick siehe z.B. Benz, Peter-Koop & Grüßing, 2015), besteht in den anderen Bereichen noch verstärkter Forschungsbedarf. Der Entwicklung von Kompetenzen im Bereich „Raum und Form“ wird eine besondere Bedeutung beigemessen, weil diese auch als grundlegend für die Repräsentation von mathematischen Konzepten anderer Inhaltsbereiche und für das mentale Operieren betrachtet werden. Beispielsweise wird davon ausgegangen, dass Zahlen auf einem mentalen Zahlenstrahl repräsentiert werden, wodurch Größenverhältnisse von Zahlen räumlich lokalisierbar werden (siehe z.B. Dehaene, 1992; Lorenz, 1998). Hierauf basierend wird zudem vermutet, dass

Rechenoperationen „Bewegungen“ bzw. Aufmerksamkeitsverschiebungen entlang des mentalen Zahlenstrahls entsprechen könnten (siehe z.B. Hubbard, Piazza, Pinel & Dehaene, 2005; Lorenz, 1998). Das zentrale Ziel im Bereich „Raum“ sehen Benz und Kollegen (2017) daher in der Entwicklung eines räumlichen Vorstellungsvermögens. Auch die Vermittlung von Kenntnissen in Bezug auf geometrische Figuren spielt den Autoren zufolge eine wichtige Rolle. So sollen Kinder erlernen, sowohl Körper als auch ebene Figuren in der Umwelt zu erkennen, sie nach Eigenschaften zu sortieren und Fachbegriffen (z.B. Dreieck, Quadrat, Würfel, Seite, Ecke, Kante) zuzuordnen. Zur Kompetenzentwicklung in diesen Inhaltsbereichen liegen bislang jedoch vergleichsweise wenige empirische Erkenntnisse vor. Hier setzt einer der Beiträge des vorliegenden Schwerpunkthefts an, in dem das Verständnis des Begriffs Viereck bei Kindern zwischen vier und sechs Jahren umfassend untersucht wurde (siehe Unterhauser & Gasteiger, 2018).

Neben den inhaltsbezogenen mathematischen Kompetenzbereichen unterscheiden Benz und Kollegen (2017) folgende prozessbezogene mathematische Kompetenzbereiche: Problemlösen, Kommunizieren, Argumentieren, Modellieren, Darstellen. Den Autoren zufolge kommt den prozessbezogenen mathematischen Kompetenzen eine besondere Bedeutung zu, da Mathematik nicht als etwas fest Gegebenes zu betrachten ist, sondern als Tätigkeit, bei der das Entdecken, Beschreiben und Begründen im Vordergrund steht. Insbesondere die Einsicht in Muster, also die Erkenntnis von Zusammenhängen, wird als zentral erachtet. Die einzelnen prozessbezogenen Kompetenzbereiche sind nach Auffassung der Autoren kaum voneinander zu trennen. Sie hängen in verschiedener Weise miteinander zusammen und sollten stets in Verknüpfung mit einem oder mehreren Inhaltsbereichen erarbeitet und angewandt werden.

Abgesehen von den genannten mathematikbezogenen Kompetenzbereichen werden in der Expertise von Benz und Kollegen (2017) sog. fachübergreifende Basiskompetenzen beschrieben. Diese umfassen kognitive, (schrift) sprachliche und soziale Kompetenzen, von denen man annimmt, dass sie einen Einfluss auf die Entwicklung mathematischer Kompetenzen haben. Eine Sonderrolle nimmt den Autoren zufolge die Entwicklung sprachlicher Kompetenzen ein, da der Erwerb mathematischer Kompetenzen mit dem Erwerb und dem zunehmenden Nutzen einer mathematischen „Fachsprache“ einhergeht. Während das Beherrschen der Instruktionssprache als ein zentraler Bedingungsfaktor für Lern- bzw. Schulerfolg gilt (siehe z.B. Kempert et al., 2016), wird zusätzlich vom Einfluss verschiedener sprachlicher Strukturen auf die Entwicklung mathematischer Kompetenzen ausgegangen (siehe z.B. Dowker & Nuerk, 2016). Beispielsweise scheint die Trans-

parenz der Struktur von Zahlwörtern oder die Markierung des Numerus eine Rolle zu spielen. So wird z. B. davon ausgegangen, dass der konsistente Aufbau asiatischer Zahlwortsysteme asiatische Kinder in die Lage versetzt, die Zahlwortreihe im Vergleich zu europäischen Kindern schneller erlernen zu können (z. B. Aunio et al., 2006). Des Weiteren scheint Kindern, die eine Sprache erlernen, in der Singular und Plural markiert werden (z. B. Englisch), der Erwerb des kardinalen Zahlenverständnisses leichter zu fallen als Kindern, die eine Sprache erlernen, in der Singular-/Pluralmarkierungen eher selten vorkommen (z. B. Japanisch; siehe Sarnecka, 2014 für einen Überblick).

## Zieldimensionen auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte

Auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte empfehlen Benz und Kollegen (2017) neben inhaltsbezogenen und prozessbezogenen mathematischen Kompetenzen mathematikdidaktische Kompetenzen (einschließlich diagnostischer Kompetenzen) und darüber hinaus Motivation, Interesse und Selbstwirksamkeit sowie Einstellungen und Überzeugungen in Bezug auf die Gestaltung mathematischer Bildung als Zieldimensionen. Mathematikbezogene Kompetenzen pädagogischer Fach- und Lehrkräfte, die es ihnen ermöglichen, adäquate fachliche Angebote zu machen oder Anwendungsmöglichkeiten aufzuzeigen, reichen den Autoren zu Folge nicht aus. Zusätzlich sollten pädagogische Fach- und Lehrkräfte in der Lage sein, das Interesse von Kindern zu wecken sowie ihre Motivation auf- und eventuelle Ängste abzubauen. Um dies erreichen zu können, sollten pädagogische Fach- und Lehrkräfte selbst motiviert bzw. daran interessiert sein, mathematisch gehaltvolle Lernumgebungen zu gestalten. Die Frage des Zusammenspiels verschiedener mathematikbezogener Kompetenzfacetten frühpädagogischer Fachkräfte und der Entwicklung mathematischer Kompetenzen von Kindern ist hochkomplex. Zur mathematikdidaktischen Kompetenz frühpädagogischer Fachkräfte liegen erste Modelle vor (z. B. Fröhlich-Gildhoff, Weltzien, Kirstein, Pietsch & Rauh, 2014; Gasteiger & Benz, 2016).

## Gelingensbedingungen für die frühe mathematische Bildung

Eine gelingende frühe mathematische Bildung setzt nach Benz und Kollegen (2017) auf Seiten der pädagogischen

Fachkräfte eine positive Einstellung zum Fach Mathematik, die Planung und Gestaltung effektiver Lerneinheiten wie auch die Nutzung von Lerngelegenheiten, die Einschätzung individueller Entwicklungsstände sowie die daran orientierte Auswahl mathematischer Angebote voraus. Ein Großteil der Kinder – insbesondere jene, die in anregungsreichen häuslichen Lernumgebungen aufwachsen – bringen die für einen erfolgreichen Schuleintritt erforderlichen Voraussetzungen mit. Einige Kinder weisen hingegen vergleichsweise schlechte Ausgangsbedingungen auf. Um die Schulbereitschaft dieser Kinder und damit ihre Chancen auf eine erfolgreiche Teilnahme am Grundschulunterricht zu erhöhen, hat sich eine gezielte kompensatorische Zusatzförderung vor der Einschulung als erfolgversprechend erwiesen (vgl. Ehm & Hasselhorn, 2017). Um eine solche Zusatzförderung an die individuellen Bedürfnisse der Kinder anpassen zu können, ist eine möglichst präzise Feststellung individueller Entwicklungsstände erforderlich. Zur quantitativen und qualitativen Beschreibung individueller Entwicklungsstände bezüglich früher mathematischer Kompetenzen liegen verschiedene Verfahren (siehe z. B. MARKO-D, Ricken, Fritz & Balzer, 2013; MBK-O und MBK-1, Krajewski & Ennemoser, 2013) und daran anknüpfende Förderprogramme vor (MARKO-T, Gerlach, Fritz & Leutner, 2013; MZZ, Krajewski, Nieding & Schneider, 2007). Die Beurteilung der Wirksamkeit solcher Maßnahmen erfordert eine wiederholte Feststellung der Entwicklungsstände der teilnehmenden Kinder, um Veränderungen auf individueller Ebene aufdecken zu können. Derartige diagnostische Aktivitäten sollten vor allem handlungsleitend sein, dienen somit nicht primär der Feststellung von individuellen Defiziten, sondern liefern vor allem förderrelevante Informationen, die für eine Planung und Gestaltung effektiver Lerneinheiten hilfreich sind (vgl. Gasteiger, 2017). Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass individuelle Defizite über kompensatorische Fördermaßnahmen vollständig ausgeglichen werden können. Ein realistisches Ziel wird vielmehr darin gesehen, die Wahrscheinlichkeit für einen gelingenden Übergang von der Kita in die Grundschule zu erhöhen (Ehm & Hasselhorn, 2017).

Neben einer kontinuierlichen Professionalisierung der pädagogischen Fachkräfte im mathematischen Bereich, adäquaten Organisationsbedingungen in den pädagogischen Einrichtungen und einer Kooperation zwischen Bildungseinrichtungen und Familien betonen Benz und Kollegen (2017) die Bedeutung der Zusammenarbeit von Fach- und Lehrkräften aus Elementar- und Primarbereich als wichtige Gelingensbedingung für die frühe mathematische Bildung. In der Tat sollte eine abgestimmte Verbindung zwischen Vor- und Grundschule die Wahrscheinlichkeit für einen gelingenden Übergang von der Kita in die Grundschule erhöhen. Hierbei ist entscheidend, dass frühe mathematische Bildungsbemühungen anschlussfä-

hig sind und für alle Kinder in einer neuen Bildungseinrichtung Anknüpfungspunkte vorhanden sind, die ein individuell anschließendes und erfolgreiches fachliches Lernen ermöglichen (siehe z.B. Schuler, Streit & Wittmann, 2017).

So haben etwa Dillon, Kannan, Dean, Spelke und Duflo (2017) ein spielbasiertes Programm zur Förderung numerischer und geometrischer Fertigkeiten entwickelt, das mit 1540 Kindern in 214 vorschulischen Einrichtungen in Indien durchgeführt wurde. An dem Förderprogramm nahmen ausschließlich Kinder teil, von denen zu erwarten war, dass sie im Anschluss eine Schule besuchen werden. Der Altersdurchschnitt der Kinder lag zu Beginn der Studie bei knapp 5 Jahren. Die Förderung erstreckte sich über einen Zeitraum von vier Monaten. Pro Woche wurden drei einstündige Sitzungen durchgeführt. Die einzelnen Einrichtungen wurden zufällig einer von drei verschiedenen Versuchsbedingungen zugeordnet. In der sog. „math“-Bedingung spielten die Kinder fünf verschiedene Spiele, in denen mathematische Fertigkeiten thematisiert wurden, die als grundlegend für die spätere Entwicklung mathematischer Kompetenzen angesehen werden. Die Spiele umfassten die sog. approximative Mengenverarbeitung (Vergleich sowie Addition von Punktmengen, siehe z.B. Lonnemann, Linkersdörfer & Lindberg, 2013 für einen Überblick), die Assoziation zwischen der Anzahl verschiedener Formen (max. 4) und der Anzahl von Schritten auf einem linearen Spielbrett (siehe z.B. Ramani & Siegler, 2008) sowie geometrische Fertigkeiten (Identifizierung geometrischer Eigenschaften, die eine geometrische Form von jeweils fünf anderen unterscheidet, und Platzierung eines Objekts an Orten, die durch geometrische Karten vorgegeben wurden, siehe z.B. Spelke, Lee & Izard, 2010 für einen Überblick). In der „no-treatment“-Kontrollbedingung nahmen die Kinder an einem Vorschulprogramm teil, das in allen teilnehmenden Einrichtungen zur Förderung der Sprachentwicklung sowie der physischen, sozialen, kreativen und kognitiven Entwicklung eingesetzt wurde. Zur Förderung mathematischer Kompetenzen wurden z.B. Gedächtnisspiele durchgeführt und Ziffernkenntnisse sowie räumliche Konzepte (z.B. nah vs. fern oder klein vs. groß) vermittelt. Außerhalb der Trainingszeiten nahmen die der „math“-Bedingung zugeordneten Kinder auch an diesem Vorschulprogramm teil. In der aktiven Kontrollgruppe, der sog. „social“-Bedingung, spielten die Kinder verschiedene Spiele, die vergleichbare Regeln und Prozeduren beinhalteten wie die mathematischen Spiele. Die Spiele erforderten die Identifikation von Emotionen (z.B. Vergleich von Gesichtsausdrücken in Bezug auf das Ausmaß an Zufriedenheit) und Blickrichtungen (z.B. Platzierung eines Objekts an Orten, die durch die Blickrichtung einer Figur vorgegeben wurden). Es wird vermutet, dass

diese Fertigkeiten grundlegend für die Erkennung von Intentionen anderer sind und eine Rolle bei der Sprachentwicklung von Kindern spielen (z.B. Gliga, Elsabbagh, Hudry, Charman & Johnson, 2012).

Um potenzielle Effekte des entwickelten Förderprogramms zu erfassen, wurden die Kinder zu vier verschiedenen Zeitpunkten untersucht: Im Monat vor der Intervention („baseline“), 0 bis 3 Monate nach der Intervention („endline 1“), 6 bis 9 Monate nach der Intervention („endline 2“) und 12 bis 15 Monate nach der Evaluation („endline 3“). Die erfassten mathematischen Kompetenzen beinhalteten sog. nicht-symbolische Maße (approximativer Mengenvergleich und Identifizierung abweichender geometrischer Formen) und sog. schulrelevante symbolische Maße (Zuordnung von verbal präsentierten Zahlwörtern und visuell präsentierten arabischen Ziffern, Vergleich und Addition von visuell präsentierten arabischen Ziffern bzw. verbal präsentierten Zahlwörtern zu *endline 1* und Identifikation geometrischer Figuren sowie geometrischer Eigenschaften ab *endline 2*). Während zur *baseline* keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt wurden, wiesen die Kinder in der „math“-Bedingung zu *endline 1* signifikant bessere mathematische Kompetenzen auf (sowohl in den nicht-symbolischen als auch in den symbolischen Maßen) als die Kinder der beiden Kontrollgruppen. Zu *endline 2* und *endline 3* zeigten die Kinder in der „math“-Bedingung weiterhin die besten Leistungen in den nicht-symbolischen Maßen, wohingegen in Bezug auf die schulrelevanten symbolischen Maße keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt werden konnten. Die Intervention führte also zu einer langanhaltenden Verbesserung nicht-symbolischer mathematischer Kompetenzen, aber nur zu einer relativ kurzfristigen Verbesserung symbolischer mathematischer Kompetenzen, die in etwa zur Mitte des ersten Schuljahres (*endline 2*) der Kinder nicht mehr festzustellen war. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine intensive Förderung früher und als grundlegend betrachteter mathematischer Fertigkeiten eher keine langanhaltende Auswirkung auf schulrelevante mathematische Kompetenzen hat. Ob diese Befunde uneingeschränkt übertragbar sind und somit davon auszugehen ist, dass dies auch für in Deutschland aufwachsende Kinder gilt, ist eine offene Frage. Der in einer Vielzahl von Untersuchungen, unter anderem auch mit Kindern in Deutschland (siehe z.B. Lonnemann, Linkersdörfer, Hasselhorn & Lindberg, 2013), berichtete Zusammenhang zwischen nicht-symbolischen und schulrelevanten symbolischen mathematischen Fertigkeiten (siehe z.B. Chen & Li, 2014 für einen Überblick) wurde jedoch auch in der Gruppe der untersuchten indischen Kinder gefunden. In dieser Hinsicht unterscheiden sich die von Dillon und Kollegen (2017) untersuchten Kinder also nicht von Kindern, die in

anderen Erziehungs- und Bildungskontexten aufwachsen. Dies lässt vermuten, dass sich vergleichbare Ergebnisse auch im Rahmen einer Untersuchung von in Deutschland aufwachsenden Kindern zeigen würden. Der zentrale Punkt ist, dass in der Studie von Dillon und Kollegen (2017) kurzfristige Fördereffekte sowohl in Bezug auf nicht-symbolische als auch in Bezug auf symbolische mathematische Fertigkeiten gefunden wurden, sich jedoch langfristig keine Fördereffekte auf Ebene der schulrelevanten symbolischen mathematischen Fertigkeiten zeigten. Hätte es keine Follow-up-Untersuchungen nach dem Schuleintritt der Kinder gegeben, so hätte man den verwendeten Fördermaßnahmen längerfristige Fördereffekte in Bezug auf symbolische mathematische Fertigkeiten unterstellen können und es wäre fälschlicherweise angenommen worden, dass die umfassenden Fördermaßnahmen anschlussfähig sind und einen langanhaltenden Einfluss auf die nach dem Schuleintritt der Kinder erfassten mathematischen Fertigkeiten haben.

Die Ergebnisse der Studie von Dillon und Kollegen (2017) verdeutlichen also, dass die Überprüfung langfristiger Effekte vorschulischer Fördermaßnahmen durch Follow-up-Untersuchungen nach dem Schuleintritt der geförderten Kinder von zentraler Bedeutung ist. Nur auf diese Weise kann festgestellt werden, ob sich vorschulische Fördermaßnahmen als anschlussfähig erweisen. In diesem Zusammenhang empfehlen Dillon und Kollegen (2017), frühe mathematische Bildungsbemühungen durch eine Verknüpfung von nicht-symbolischen und symbolischen mathematischen Inhalten anschlussfähiger zu machen. Ob dies eine erfolversprechende Vorgehensweise ist, sollte idealerweise durch weitere breit angelegte Feldstudien überprüft werden.

Generell sollten inhaltliche Konzeptionen anschlussfähiger früher Bildung individuelle Vorerfahrungen und Interessen der Kinder sowie altersgemäße Formen des Lernens berücksichtigen (vgl. Schuler et al., 2017). Dies setzt ein hohes Maß an pädagogischer und fachdidaktischer Handlungskompetenz der Fachkräfte voraus, da eine kontinuierliche Beobachtung und Dokumentation individueller Lernprozesse und eine darauf basierende fachlich fundierte Begleitung durch pädagogische Fachkräfte notwendig ist. Anschlussfähige frühe Bildung sollte also in ein Konzept eingebettet sein, das die individuellen Lernprozesse der Kinder in den Blick nimmt und pädagogische Fachkräfte als maßgeblich gestaltende und begleitende Akteure miteinbezieht (vgl. Gasteiger, 2017). Darüber hinaus ist eine abgestimmte Verbindung zwischen Kindertagesstätten und Grundschulen notwendig. Die Entwicklung und Implementierung anschlussfähiger Bildungskonzepte im oben beschriebenen Sinne kann als eine der zentralen Herausforderungen zukünftiger Forschungs- und Bildungsbemühungen betrachtet werden.

## Literatur

- Aunio, P., Niemivirta, M., Hautamäki, J., Van Luit, J. E., Shi, J. & Zhang, M. (2006). Young children's number sense in China and Finland. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 50, 483 – 502.
- Benz, C., Grüßing, M., Lorenz, J. H., Reiss, K., Selter, C. & Wollring, B. (2017). *Frühe mathematische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ 8). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich.
- Benz, C., Peter-Koop, A. & Grüßing, M. (2015). *Frühe mathematische Bildung*. Heidelberg: Springer Spektrum.
- Chen, Q. & Li, J. (2014). Association between individual differences in non-symbolic number acuity and math performance: A meta-analysis. *Acta Psychologica*, 148, 163 – 172.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44, 1 – 42.
- Dillon, M. R., Kannan, H., Dean, J. T., Spelke, E. S. & Duflo, E. (2017). Cognitive science in the field: A preschool intervention durably enhances intuitive but not formal mathematics. *Science*, 357, 47 – 55.
- Dowker, A. & Nuerk, H.-C. (2016). Editorial: Linguistic influences on mathematics. *Frontiers in Psychology*, 7, 1035.
- Ehm, J.-H. & Hasselhorn, M. (2017). Kompensatorische Zusatzförderung zur Erhöhung der Schulbereitschaft. In U. Hartmann, M. Hasselhorn & A. Gold (Hrsg.), *Entwicklungsverläufe verstehen – Kinder mit Bildungsrisiken wirksam fördern. Forschungsergebnisse des Frankfurter IDEA-Zentrums* (S.227 – 239). Stuttgart: Kohlhammer.
- Fröhlich-Gildhoff, K., Weltzien, D., Kirstein, N., Pietsch, S. & Rauh, K. (2014). *Kompetenzen früh-/kindheitspädagogischer Fachkräfte im Spannungsfeld von normativen Vorgaben und Praxis*. Freiburg: Zentrum für Kinder- und Jugendforschung.
- Gasteiger, H. (2017). Frühe mathematische Bildung – sachgerecht, kindgemäß, anschlussfähig. In S. Schuler, C. Streit & G. Wittmann (Hrsg.), *Perspektiven mathematischer Bildung im Übergang vom Kindergarten zur Grundschule* (S.9 – 26). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Gasteiger, H. & Benz, C. (2016). Mathematikdidaktische Kompetenz von Fachkräften im Elementarbereich – ein theoriebasiertes Kompetenzmodell. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 37, 263 – 287.
- Gerlach, M., Fritz, A. & Leutner, D. (2013). *Mathematik- und Rechenkonzepte im Vor- und Grundschulalter – Training (MARKO-T)*. Göttingen: Hogrefe.
- Gliga, T., Elsabbagh, M., Hudry, K., Charman, T. & Johnson, M. H. (2012). Gaze following, gaze reading, and word learning in children at risk for autism. *Child Development*, 83, 926 – 938.
- Hubbard, E. M., Piazza, M., Pinel, P. & Dehaene, S. (2005). Interactions between number and space in parietal cortex. *Nature Reviews Neuroscience*, 6, 435 – 448.
- Kempert, S., Edele, A., Rauch, D., Paetsch, J., Darsow, A., Wolf, K. et al. (2016). Die Rolle der Sprache für zuwanderungsbezogene Ungleichheiten im Bildungserfolg. In C. Diehl, C. Hunkler & C. Kristen (Hrsg.), *Ethnische Ungleichheiten im Bildungsverlauf: Mechanismen, Befunde, Debatten* (S.157 – 241). Wiesbaden: Springer VS.
- Kohn, J., Wyschkon, A. & Esser, G. (2013). Psychische Auffälligkeiten bei Umschriebenen Entwicklungsstörungen: Gibt es Unterschiede zwischen Lese-Rechtschreib- und Rechenstörungen? *Lernen und Lernstörungen*, 2, 7 – 20.
- 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 –

- Jahrbuch der pädagogisch-psychologischen Diagnostik, Bd. 11, S. 41 – 65). Göttingen: Hogrefe.
- Krajewski, K., Nieding, G. & Schneider, W. (2007). *Mengen, zählen, Zahlen: Die Welt der Mathematik entdecken (MZZ)*. Berlin: Cornelsen.
- Kultusministerkonferenz (2005). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich. Beschluss vom 15.10.2004*. München: Luchterhand.
- Lonnemann, J., Linkersdörfer, J., Hasselhorn, M. & Lindberg, S. (2013). Developmental changes in the association between approximate number representations and addition skills in elementary school children. *Frontiers in Psychology, 4*, 783.
- 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 – Jahrbuch der pädagogisch-psychologischen Diagnostik, Bd. 11, S. 3 – 12)*. Göttingen: Hogrefe.
- Lorenz, J. H. (1998). *Anschauung und Veranschaulichungsmittel im Mathematikunterricht: Mentales visuelles Operieren und Rechenleistung*. Göttingen: Hogrefe.
- Ramani, G. B. & Siegler, R. S. (2008). Promoting broad and stable improvements in low-income children's numerical knowledge through playing number board games. *Child Development, 79*, 375 – 394.
- Ricken, G., Fritz, A. & Balzer, L. (2013). *Mathematik- und Rechenkonzepte im Vorschulalter – Diagnose (MARKO-D)*. Göttingen: Hogrefe.
- Ritchie, S. J. & Bates, T. C. (2013). Enduring links from childhood mathematics and reading achievement to adult socioeconomic status. *Psychological Science, 24*, 1301 – 1308.
- Sarnecka, B. W. (2014). On the relation between grammatical number and cardinal numbers in development. *Frontiers in Psychology, 5*, 1132.
- Schuler, S., Streit, C. & Wittmann, G. (2017). *Perspektiven mathematischer Bildung im Übergang vom Kindergarten zur Grundschule*. Springer Spektrum.
- Seeger, D., Holodynski, M. & Roth, M. (2018). BIKO-Mathekiste. Spielbasierte Förderung für 4- bis 6-jährige Kinder mit einem Entwicklungsrisiko im Bereich numerischer Basiskompetenz. *Frühe Bildung, 7*, 135 – 143.
- Skills, J., Berner, V.-D., Ricken, G. & Seitz-Stein, K. (2018). Förderung basisnumerischer Kompetenzen mit einem regelbasierten Spiel im Einzel- und Gruppensetting. *Frühe Bildung, 7*, 144 – 151.
- Spelke, E., Lee, S. A. & Izard, V. (2010). Beyond core knowledge: Natural geometry. *Cognitive Science, 34*, 863 – 884.
- Unterhauser, E. & Gasteiger, H. (2018). Verständnis des geometrischen Begriffs Viereck bei Kindern zwischen vier und sechs Jahren. *Frühe Bildung, 7*, 152 – 158.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessung in Schulen (S. 17 – 32)*. Weinheim: Beltz.

#### Jan Lonnemann

Universität Potsdam  
Abteilung Empirische Kindheitsforschung  
Karl-Liebknecht-Str. 24 – 25  
14476 Potsdam

Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung  
Abteilung Bildung und Entwicklung  
Schloßstr. 29  
60486 Frankfurt am Main  
lonnemann@uni-potsdam.de

#### Marcus Hasselhorn

Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung  
Abteilung Bildung und Entwicklung  
Schloßstr. 29  
60486 Frankfurt am Main  
hasselhorn@dipf.de