

Mathematik sprachbewusst und fachlich fokussiert unterrichten: Eine Standortbestimmung

Esther Brunner

Zusammenfassung Die Befunde zu Zusammenhängen zwischen sprachlicher und mathematischer Leistung haben in der Mathematikdidaktik zu detaillierten Analysen bezüglich einzelner mathematischer Anforderungen in verschiedenen Inhaltsbereichen sowie zur Entwicklung verschiedener sprachbewusster, fachlich fokussierter Förderkonzepte geführt. Im Beitrag werden zunächst zentrale Forschungsbefunde aus dem deutschsprachigen Raum zusammengefasst. Darauf folgt adaptiert für die deutschsprachige Schweiz eine Darstellung der sprachlichen Anforderungen beim Mathematiklernen und der Charakteristika mathematischer Sprache sowie zentraler Förderansätze für den sprachbewussten, fachlich fokussierten Mathematikunterricht. Abschliessend werden zusätzliche Anforderungen diskutiert, die sich daraus für Lehrpersonen und Dozierende an Pädagogischen Hochschulen ergeben.

Schlagwörter sprachbewusster Mathematikunterricht – Mathematiklernen – Mathematikunterricht

Teaching mathematics in a language-aware and subject-focused way: An overview

Abstract Research findings concerning connections between linguistic and mathematical achievement have initiated detailed analyses in subject-specific pedagogy regarding mathematical requirements and content areas and promoted the development of various language-aware and subject-focused support concepts. The article first summarizes central research findings that relate to the German-speaking context. This review is followed by a description of the mathematical language with its specific demands on learners and an overview of central support approaches for language-aware and subject-focused mathematics instruction, both of which are tailored to the situation in German-speaking Switzerland. In the final section, additional requirements for schoolteachers and lecturers at universities of teacher education are discussed.

Keywords language-aware mathematics instruction – learning of mathematics – mathematics teaching

1 Ausgangslage

Sprachbewusster Mathematikunterricht¹ ist in der deutschsprachigen Mathematikdidaktik seit mehr als einem Jahrzehnt konzeptuell etabliert und wird insbesondere in Deutschland von verschiedenen Forschungsgruppen (z.B. Leiss, Hagen, Neumann & Schwippert, 2017; Prediger, 2017; Ufer, Reiss & Mehringer, 2013) intensiv beforscht. Bearbeitet werden Fragen zur Domänenspezifität sprachlicher Merkmale für die Mathematik und den Mathematikunterricht, zu empirischen Zusammenhängen zwischen sprachlichen und mathematischen Kompetenzen oder zu Merkmalen eines gelingenden sprachbewussten Mathematikunterrichts sowie die Frage, welche sprachbezogenen Kompetenzen von den Lernenden beim Mathematiklernen benötigt werden und welche im Mathematikunterricht gefördert werden sollen (vgl. Schilcher, Röhl & Krauss, 2017). Auf der Grundlage zahlreicher Forschungs- und Entwicklungsprojekte ist eine Vielzahl von Materialien für die Förderung eines sprachbewussten Mathematikunterrichts in der Praxis (z.B. Abshagen, 2015; Götze, 2017; Prediger, 2020; Weis, 2016) sowie für die Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen (DZLM, 2023) entwickelt worden.

In der Deutschschweiz stellt sich die Situation derzeit noch etwas anders dar. Auch hier ist die Bedeutung eines sprachbewussten Fachunterrichts in der Mathematikdidaktik sowie in der Bildungspolitik unbestritten, was nicht zuletzt durch die explizite Nennung des Postulats im Lehrplan des Fachbereichs «Mathematik» (D-EDK, 2016) zum Ausdruck kommt. An den Pädagogischen Hochschulen wird das Thema punktuell in der Lehre aufgegriffen und in der Weiterbildung von Lehrpersonen vertieft, aber es findet noch kaum eine eigene mathematikdidaktische Forschungstätigkeit statt. Im Vergleich mit Deutschland zeigen sich für die Schweiz einige Besonderheiten, die eine eigene mathematikdidaktische Forschungstätigkeit zu diesem Thema als sinnvoll erscheinen lassen: Erstens hat die konsequente Verbindung von Sprache und Mathematik in der deutschsprachigen Schweiz dank Urs Ruf und Peter Gallin und des von ihnen entwickelten Konzepts des dialogischen Lernens eine lange Tradition (Gallin & Ruf, 1990). Zweitens stellen der hohe Stellenwert des Schweizer Dialekts mit all seinen Varietäten, die Tatsache, dass die Hochsprache auch von einheimischen Kindern als erste Zweitsprache erlernt werden muss, sowie die konstitutive Mehrsprachigkeit der Schweiz eine besondere sprachliche Ausgangslage dar.² Drittens unterscheiden sich

¹ In der Schweiz wird oft zwischen sprachbewusstem und sprachsensiblen Fachunterricht unterschieden (Schmellentin & Lindauer, 2020). Sprachbewusster Mathematikunterricht fokussiert durch den bewussten Einsatz von Sprache das *fachliche* Lernen, während sprachsensibler Mathematikunterricht den Fokus auf *sprachliches* Lernen im Fach legt. Im vorliegenden Beitrag liegt der Fokus auf sprachbewusstem Mathematikunterricht. In Deutschland und Österreich werden die beiden Begriffe oft synonym verwendet.

² Obwohl es auch in Deutschland und in Österreich Dialekte gibt und diese sowohl die Bildungs- als auch die Fachsprache betreffen, wird die Rolle des Dialekts in der Forschung zum sprachbewussten Mathematikunterricht derzeit noch kaum berücksichtigt. Entsprechend fehlen auch empirische Studien. Im englischsprachigen Raum wiederum fokussiert der Diskurs zum sprachbewussten Mathematikunterricht stärker auf ethnische und sprachliche Minderheiten und deren sprachliche Voraussetzungen für das Mathematiklernen (z.B. Chronaki & Planas, 2018; Phakeng, 2016).

die Ausbildungen von Lehrpersonen und die Schulstrukturen in der Deutschschweiz deutlich von jenen in Deutschland. In der Schweiz sind Sekundarlehrpersonen Fachlehrpersonen mit einem entsprechend hohen Anteil an Fachausbildung. Primarlehrpersonen hingegen werden als Generalistinnen und Generalisten für ein Sieben- bzw. Achtfächerprofil ausgebildet, was dazu führt, dass für ein einzelnes Fach nur relativ wenig Ausbildungszeit zur Verfügung steht im Vergleich zur deutschen Ausbildung von Grundschullehrpersonen, die zumeist auf Mathematik, Deutsch und ein drittes Fach fokussiert und somit eine Ausbildung in Mathematikdidaktik in einem weit grösseren Umfang leisten kann. Fragen hinsichtlich der Konzentration in der Ausbildung auf wenige wesentliche Aspekte eines sprachbewussten, fachlich fokussierten Mathematikunterrichts rücken daher in den Mittelpunkt. Und viertens ist der Kindergarten in der Schweiz integraler Bestandteil von Zyklus 1 mit entsprechenden Bildungszielen (D-EDK, 2016) und gehört zum Schulsystem. Daher findet die Ausbildung dieser Lehrpersonen an Pädagogischen Hochschulen statt, unter anderem auch im Fach «Mathematikdidaktik». Weil der Kindergarten integraler Bestandteil von Zyklus 1 mit verbindlichen Anforderungen ist, ist ein früher Beginn von sprachbewusstem, fachlich fokussiertem Mathematiklernen möglich. In Deutschland hingegen erfolgt (noch) keine verbindliche mathematikdidaktische Ausbildung der frühpädagogischen Fachkräfte auf Hochschulebene (Klemm, 2011).

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, inwiefern die Förderkonzepte aus deutschen Arbeitsgruppen auf die Schweiz übertragbar sind und ob sie ohne Adaption übernommen werden können. Im Folgenden werden zunächst zentrale Forschungsbefunde und Förderansätze gebündelt. Danach wird aufgezeigt, welche Sprachmittel für das Mathematiklernen notwendig sind und welche Förderansätze verfügbar sind. Abschliessend wird diskutiert, welche Expertise Lehrpersonen und Dozierende in diesem Bereich benötigen und inwiefern Spezifika des Schweizer Kontexts künftig möglicherweise stärker berücksichtigt werden sollten.

2 Zusammenhang zwischen sprachlichen und mathematischen Leistungen

Der Zusammenhang zwischen allgemeinsprachlicher und mathematischer Leistung beträgt – je nach fokussiertem mathematischem Bereich (Brunner, Bernet & Nänny, 2022) – zwischen $r = .21$ (Heinze, Herwartz-Emden & Reiss, 2007) und $r = .63$ (Leutner, Klieme, Meyer & Wirth, 2004). Dies vermochten verschiedene Studien in unterschiedlichen Schulstufen in Deutschland und in der Schweiz nachzuweisen (z.B. Bos, Lankes, Prenzel, Schwippert, Walther & Valentin, 2003; Moser, Buff, Angelone & Hollenweger, 2011; OECD, 2016; Paetsch, Radmann, Felbrich, Lehmann & Stanat, 2016; Viesel-Nordmeyer, Ritterfeld & Bos, 2020), und zwar sowohl für Kinder, die in der Zweitsprache Mathematik lernen (Paetsch, Felbrich & Stanat, 2015; Prediger &

Wessel, 2018), als auch für Kinder, deren Erstsprache mit der Unterrichtssprache übereinstimmt (Paetsch, 2016; Paetsch et al., 2016).

Ergebnisse zur Lesekompetenz von Schweizer Schülerinnen und Schülern belegen, dass mehr als zwanzig Prozent der Fünfzehnjährigen schwache Leistungen zeigen (OECD, 2016; Weis et al., 2019). Im Mittel schneiden die fünfzehnjährigen Lernenden der Schweiz bezüglich Lesekompetenz schlechter ab als diejenigen in Deutschland und liegen unter dem OECD-Durchschnitt (OECD, 2016; Weis et al., 2019). Die Gruppe der Lernenden mit ungenügenden allgemeinsprachlichen Kompetenzen, die infolgedessen auch über eher schlechte Voraussetzungen für das Mathematiklernen verfügen (z.B. Leiss et al., 2017; Ufer, Leiss, Stanat & Gasteiger, 2020), ist somit auch in der Schweiz vergleichsweise gross. Welche Rolle diesbezüglich der Dialekt oder die konstitutive Mehrsprachigkeit spielen, ist derzeit noch unklar.

Betrachtet man die mathematische Leistungsentwicklung vom ersten bis zum dritten Schuljahr getrennt für Lernende mit sprachlich schwachen bzw. sprachlich starken Voraussetzungen, zeigt sich eine Zunahme der Mathematikleistung in beiden Gruppen. Allerdings beginnen die Lernenden mit sprachlich schwachen Voraussetzungen auf einem deutlich niedrigeren mathematischen Leistungsniveau als die Kinder mit sprachlich starken Voraussetzungen, auch bei Kontrolle der intellektuellen Leistungsfähigkeit. Dieser Leistungsunterschied zeigt sich auch im dritten Schuljahr noch (Heinze et al., 2007). Die sprachlichen Lücken der Lernenden werden im Verlauf der Zeit nicht im erforderlichen Mass geschlossen und die daraus folgenden Nachteile beim Mathematiklernen werden somit auch nicht verringert. Da sich nicht nur allgemeinsprachliche Kompetenzen auf das Mathematiklernen auswirken, sondern auch der aktiv und der passiv verfügbare Fachwortschatz (das heisst rezeptive und produktive sprachliche Fähigkeiten) von grundlegender Bedeutung sind und schwache allgemeinsprachliche Kompetenzen den Aufbau von fachsprachlichen Kompetenzen zusätzlich erschweren, wirken sich sprachliche Defizite direkt und indirekt und damit doppelt negativ aus (Bochnik & Ufer, 2017). Entsprechend manifestieren sich Schwierigkeiten von Lernenden mit schwachen allgemeinsprachlichen Voraussetzungen beim Mathematiklernen in mehreren der vielfältigen fachlichen Anforderungen und nicht nur beim Lesen, Verstehen und Bearbeiten von Textaufgaben oder Anweisungen.

3 Sprache in Mathematik und Sprachmittel für das Mathematiklernen

Die Zusammenhänge zwischen sprachlicher und mathematischer Leistung lassen sich dadurch erklären, dass Sprache beim Lernen und Lehren von Mathematik nicht nur in Bezug auf Textaufgaben, sondern auch in kognitiver sowie in kommunikativer Hinsicht (Maier & Schweiger, 1999) essenziell ist: Sprache dient als Medium des Denkens und mathematische Konzepte oder Vorgehensweisen werden sprachlich vermittelt, erklärt, benannt und ausgetauscht (Prediger, 2017; Ufer et al., 2020).

Die grundlegende Funktion, die der Sprache beim Mathematiklernen zukommt, manifestiert sich auch in der Bezeichnung der mathematischen Handlungsaspekte «Operieren und Benennen», «Erforschen und Argumentieren» sowie «Mathematisieren und Darstellen», die im Schweizer Lehrplan für das Fach «Mathematik» (D-EDK, 2016) ausgeführt werden und das mathematische Handeln beschreiben. Diese Handlungsaspekte sind inhaltlich vergleichbar mit den Kompetenzen der deutschen Bildungsstandards (KMK, 2005). Sie erfordern den Einbezug bestimmter sprachlicher Formate und Prozeduren, die für Texthandlungen wie das Beschreiben, Vergleichen, Erklären oder Analysieren verfügbar sein müssen (Feilke, 2012).

Der Aspekt «Operieren und Benennen» zielt auf das Verwenden von präzisen Begrifflichkeiten und damit auf Begriffsbildung (Aebli, 2003) sowie auf das Kommunizieren von Strategien, das Erläutern von Überlegungen beim Lösen von mathematischen Aufgaben oder das Beschreiben von mathematischen Mustern ab. Beim Aspekt «Erforschen und Argumentieren» werden zusätzlich spezifische sprachliche Strukturen benötigt, mit deren Hilfe logische Zusammenhänge aufgezeigt (Toulmin, 1996) und Schlussfolgerungen und Behauptungen argumentativ abgestützt begründet werden können (Brunner, 2014). Beim Aspekt «Mathematisieren und Darstellen» wiederum müssen mathematische Texte, authentische Daten und grafische Darstellungen verstanden und interpretiert werden können, damit eine Lösung für eine mathematische Problemstellung entwickelt werden kann. Dies erfordert neben mathematischen Modellierungskompetenzen (z.B. Leiss, Schukajlow, Blum, Messner & Pekrun, 2010) und einem situationsbezogenen Verständnis der Aufgabentexte bzw. Textaufgaben (Reusser, 1989) die Rezeption einer sprachlich dargestellten Sachsituation und damit auch elaborierte Lesestrategien (Philipp, 2015, 2021).

Für die Umsetzung der im Lehrplan aufgeführten Handlungsaspekte ist das Beherrschen der formal-symbolischen mathematischen Sprache erforderlich, mittels derer die «Ausdrucksmöglichkeiten in logischer, struktureller und visueller Hinsicht beträchtlich erweitert werden» können (D-EDK, 2016, S. 2). Diesbezüglich gilt es zu beachten, dass sich Mathematik nicht mit realen Gegenständen beschäftigt, sondern bereits im elementaren Bereich auf Konzepte und Begriffe im Sinne von Denkjobjekten (z.B. «Zahl») zurückgreift (Freudenthal, 1977). Begriffe sind nach Aebli (2003, S. 246) «Einheiten, mit denen wir denken, indem wir sie kombinieren, zusammensetzen und umformen». Mathematische Begriffe repräsentieren aber nicht nur einzelne Denkjobjekte, sondern beziehen sich auch auf mathematische Relationen (Steinbring, 1997). So fasst beispielsweise der Begriff «Bruch» im Fall von « $\frac{2}{3}$ » eine Teil-Ganzes-Beziehung im Sinne von «zwei von drei Teilen». Begriffsbildung zielt daher auf Verknüpfung und Verdichtung ab und umfasst die zentralen fachlichen Wissensbestandteile und inhaltlich-mathematischen Verstehenselemente (Drollinger-Vetter, 2011) eines bestimmten fachlichen Lerngegenstands. Die mathematische Sprache weist somit einige Besonderheiten auf, die erhebliche Anforderungen an alle Lernenden, insbesondere aber an diejenigen mit sprachlich geringen Voraussetzungen, stellen (Hußmann, 2003):

1. Sie enthält bestimmte Fachbegriffe, die in der Alltagssprache kaum auftreten (z.B. «Mittelsenkrechte») oder anders verwendet werden (z.B. «rational») als Spezifikation eines Zahlbereichs und nicht als Bezeichnung für «vernünftig».
2. Sie basiert – insbesondere in den oberen Klassen und weiterführenden Schulen – auf einer bestimmten Syntax und konventionalisierten Formulierungen (z.B. «Sei α gleich 90° , so ...»).
3. Genutzt werden Konstanten und Variablen, die zur Substitution von Ausdrücken und Relationen verwendet werden (z.B. π).
4. Die Verwendung von Symbolen verdichtet den Informationstransport (z.B. die Formel $a^2 + b^2 = c^2$ zum Satz des Pythagoras).
5. Mathematische Definitionen beziehen sich häufig auf bereits zuvor definierte Begriffe (z.B. «Die Quersumme einer Zahl ist die Summe ihrer Ziffern»).

Mathematiklernen zielt auf kompetentes mathematisches Handeln innerhalb von inhaltlichen Kompetenzbereichen wie «Zahl und Variable», «Form und Raum» und «Größen, Funktionen, Daten und Zufall» ab (D-EDK, 2016; KMK, 2005). Deshalb sind neben dem Aufbau spezifischer Sprachmittel für die Prozesse «Operieren und Benennen», «Erforschen und Argumentieren» und «Mathematisieren und Darstellen» auch Sprachmittel notwendig, die sich auf die Inhalte und die Kontexte beziehen. Prediger (2013) unterscheidet diesbezüglich zwischen bedeutungs-, formal- und kontextbezogenen Sprachmitteln, zu denen nicht ausschliesslich einzelne Fachbegriffe gehören, sondern auch Satzbausteine, Umschreibungen, Wendungen, grafische Darstellungen usw.:

- Zu den *bedeutungsbezogenen Sprachmitteln* gehören solche, die sich auf das mathematische Konzept und damit auf den Inhalt bestimmter Begriffe beziehen, das heisst beispielsweise auf die Idee einer Teil-Ganzes-Beziehung einer Bruchzahl und damit auf Sprachmittel wie «ein Teil von ...» oder «Das Ganze hat x Teile».
- Zu den *formalbezogenen Sprachmitteln* gehören sämtliche Fachbegriffe wie beispielsweise «Bruchzahl», «Bruchstrich», «Zähler» und «Nenner», aber auch symbolische Ausdrücke wie « $1/4$ » usw. Diese Sprachmittel sind weitgehend kontextfrei verständlich, sofern das zugrunde liegende Konzept verstanden wurde.
- Die *kontextbezogenen Sprachmittel* richten sich nach der inhaltlichen Einbettung, die in der Aufgabenstellung angelegt ist. Sie betreffen das Weltwissen und die spezifischen Sachzusammenhänge, die in Abhängigkeit von der in der Aufgabe vorgegebenen Ausgangslage flexibel genutzt werden müssen. Werden beispielsweise Bruchzahlen in Verbindung mit Grössenangaben (z.B. $1/2$ l, $3/4$ kg usw.) benötigt, sind kontextbezogene Sprachmittel erforderlich, die sich auf den betreffenden Grössenbereich (z.B. Fassungsvermögen oder Inhalt eines Gefässes) und seine Bestimmung (z.B. Litermass, abfüllen usw.) beziehen.

Insbesondere bei mathematischen Textaufgaben sind spezifische kontextbezogene Sprachmittel unabdingbar, weil mit ihnen für die Aufgabenbearbeitung notwendiges Weltwissen verbalisiert werden kann. Diesbezüglich zeigen Schülerinnen und Schüler

allerdings häufig bereits beim Verstehen von scheinbar einfachen Alltagsbegriffen wie beispielsweise «gering» Schwierigkeiten (Razic & Brunner, 2017), was in der Folge das Lösen der Aufgabe erheblich erschwert. Spezifische Sprachmittel verfügbar zu machen, bedeutet daher, sicherzustellen, dass Lernende die fachlichen Grundvorstellungen und Verstehenselemente sprachlich fassen und damit kompetent handeln und fachlich kommunizieren können.

4 Förderansätze

In der Mathematikdidaktik haben sich für die Förderung eines sprachbewussten, fachlich fokussierten Mathematikunterrichts insbesondere drei Ansätze etabliert. Bei allen drei Ansätzen ist es essenziell, dass unterschiedliche Sprachmittel für das Mathematiklernen einbezogen werden. Es sind dies Konzepte und Massnahmen 1) mit Fokus auf Darstellungswechsel, 2) mit Fokus auf den Aufbau eines Fachwortschatzes und damit auf Begriffsbildung und 3) mit Fokus auf ein textintegratives Verständnis.

4.1 Fokus auf Darstellungswechsel

Beim ersten Ansatz geht es insbesondere darum, dass die sprachbewusste, fachbezogene Unterstützung beim Aufbau eines bestimmten mathematischen Konzepts mit verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten (Bruner, 1974) verbunden und Wert darauf gelegt wird, dass die Lernenden nicht nur verbalsprachliche Ausdrucksmöglichkeiten verfügbar haben, sondern auch lernen, sich mit grafischen Darstellungen wie Diagrammen oder Graphen oder mit symbolischen, beispielsweise algebraischen Formulierungen auszudrücken. Die unterschiedlichen Darstellungsweisen werden bei diesem Förderansatz gezielt miteinander verbunden, um zur Unterstützung einer konstruktiven Problembearbeitung einen flexiblen Wechsel zwischen den verschiedenen Optionen zu ermöglichen (Prediger, 2013; Wessel, 2015). Dabei wird davon ausgegangen, dass jede Darstellungsweise neue Einsichten in den fachlichen Gegenstand unter Einbezug der Sprache ermöglicht. Die Sprachmittel werden somit nicht eingeschränkt oder vereinfacht (z.B. durch einen ausschliesslichen Fokus auf Hauptsätze oder durch einfaches Vokabular), wie dies bei den sogenannten «defensiven Ansätzen» erfolgt (Leiss & Plath, 2020), sondern umfassend erweitert, damit verschiedene Zugänge und Darstellungsformen zum mathematischen Verstehen und zum Kommunizieren genutzt werden können. Dieser Ansatz hat in der Mathematikdidaktik Tradition (Zech, 2002) und findet sich nicht nur in den aktuellen Lehrmitteln wieder, sondern gilt auch als didaktisch sinnvolles Vorgehen beim mathematischen Kompetenzaufbau mit dem Ziel, eine fortschreitende Schematisierung und Verinnerlichung von mathematischen Operationen anzuregen (Krauthausen & Scherer, 2014).

Die Entwicklungsforschung (Prediger & Link, 2012) hat dazu verschiedene thematische Lernumgebungen erprobt und evaluiert, beispielsweise zum Bearbeiten von Brüchen (Wessel, 2015), zum Beweisen von Winkelsätzen (Hein, 2021) oder zum Pro-

zentrechnen mithilfe eines sprachbewussten, fachlich fokussierten Scaffoldings (Pöhler & Prediger, 2016). Diese Erprobungen stammen aus der oberen Primarstufe und der Sekundarstufe. Sie zeigen, dass bei diesem Ansatz alle Lernenden profitieren (Prediger & Wessel, 2018; Rutishauser, Brunner & Bernet, 2021). Prediger (2021) plädiert daher dafür, anstelle von Unterstützungsansätzen für Einzelne im Unterricht grundsätzlich auf eine sprachbewusste, fachlich fokussierte Förderung für alle zu fokussieren.

4.2 Fokus auf den Aufbau des Fachwortschatzes

Beim zweiten Ansatz mit Fokus auf den Fachwortschatz (z.B. Bochnik & Ufer, 2017) legt die Lehrperson im Voraus die für den mathematischen Lerngegenstand benötigten Fachbegriffe fest, wie sie beispielsweise in verschiedenen Mathematiklehrmitteln mit einem Glossar angeboten werden (z.B. Keller, Keller & Diener, 2015), und fördert den Aufbau dieser Begriffe konsequent, zum Beispiel in Form von themenbezogenen Wörterlisten oder exemplarischen Satzkonstruktionen. Dieser Ansatz wird dann als kritisch erachtet, wenn der Fokus einseitig auf dem blossen Erwerb von Fachbegriffen, das heisst ausschliesslich auf den formalbezogenen Sprachmitteln, liegt und nicht auf dem Verstehen fachlicher Konzepte, die mit den eingeführten Fachbegriffen bezeichnet werden. Daher sind auch hierfür der Einbezug von bedeutungsbezogenen Sprachmitteln und deren Verbindung mit den formalbezogenen Sprachmitteln zentral.

Auch dieser Ansatz ist erprobt. Eine Schweizer Studie (Schindler, Moser Opitz, Cadonau-Bieler & Ritterfeld, 2019) konnte beispielsweise die Wirksamkeit des gezielten Aufbaus eines Fachwortschatzes im Hinblick auf eine Steigerung der Mathematikleistung von Schülerinnen und Schülern nachweisen.

4.3 Fokus auf textintegratives Verständnis

Der dritte Ansatz mit Fokus auf das textintegrative Verständnis setzt auf weitere gezielte sprachliche, fachlich fokussierte Aktivitäten. Dazu gehören beispielsweise das Anfertigen von Notizen beim Lösen von texthaltigen Mathematikaufgaben (Plath, 2017; Plath & Leiss, 2018), die Unterstützung beim Bearbeiten von Textaufgaben durch die Förderung von Lesestrategien (Schmitz & Karstens, 2022) oder eine mehrstufige sprachliche Unterstützung beim Bearbeiten von Textaufgaben (Bescherer & Papadopoulou, 2017), bei der zunächst die sprachlichen Schwierigkeiten im Aufgabentext analysiert werden, bevor gezielte Massnahmen zum Lesen und Verstehen des Aufgabentextes eingesetzt werden. Zu diesen Ansätzen liegen empirische Erprobungen mit nachweisbar positiven Ergebnissen hinsichtlich der Bearbeitung von mathematischen Textaufgaben vor. Aber auch Aktivitäten wie das Führen von mathematischen Gesprächen, für die entsprechende Sprachmittel zur Verfügung gestellt und erarbeitet werden, sind Beispiele dieses Ansatzes. Das von Gallin und Ruf (1990) entwickelte, in Abschnitt 1 bereits erwähnte didaktische Konzept des dialogischen Lernens, das Mathematiklernen vollständig in einen (schriftlichen oder mündlichen) Dialog einbettet und auf dem Verfassen von Texten zu mathematischen Fragen und Aufgabenstellungen beruht, ist ebenfalls diesem Ansatz zuzuordnen.

4.4 Kombination und Einsatz der Ansätze

Die drei Ansätze können kombiniert werden und lassen sich auch nicht trennscharf voneinander abgrenzen. Gemeinsam ist ihnen, dass sie stets inhaltspezifisch umgesetzt werden und sich auf zentrale mathematische Grundvorstellungen beziehen. Sie sind alle auch ohne weitere Adaption für die Schweizer Schulsituation umsetzbar. Des Weiteren sind sie thematisch breit einsetzbar, weshalb sie auch für die in der Schweiz übliche generalistische Ausbildung von Primarlehrpersonen mit sehr beschränkter Ausbildungszeit in Mathematikdidaktik geeignet sind. Noch ausstehend hingegen ist eine stufenspezifische Weiterentwicklung für den frühen Bildungsbereich. Hier fehlen bislang entsprechend ausgearbeitete und erprobte Lernumgebungen für alle drei Ansätze. Besonders geeignet für die Schuleingangsstufe dürften die ersten beiden Ansätze sein, da die Bearbeitung von Textaufgaben aufgrund der noch nicht genügend weit entwickelten Lesekompetenzen junger Kinder nicht im Hauptfokus des mathematischen Handelns steht (D-EDK, 2016). Für die Entwicklung spezifischer Konzepte für die frühe mathematische Bildung besteht in der Schweiz eine gute Ausgangslage, da es die strukturelle Beschaffenheit des Bildungssystems mit dem Kindergarten als Teil der Schule der Forschung ermöglicht, vermehrt auch in der ersten Phase schulischer Bildung sprachbewusstes, fachlich fokussiertes mathematisches Lernen in den Blick zu nehmen und im Speziellen geeignete Materialien mit Fokus auf Mündlichkeit und Spielerorientierung (z.B. Hauser, Rathgeb-Schnierer, Stebler & Vogt, 2015) zu entwickeln und diese anschlussfähig an die auf der Primarschulstufe etablierten Förderansätze zu gestalten.

Die ersten beiden Ansätze sind für unterschiedliche mathematische Inhalte geeignet. Der dritte Ansatz hingegen entfaltet seine Stärke insbesondere in Anwendungssituationen von Mathematik im Kompetenzbereich «Grössen, Funktionen, Daten und Zufall», wenn es um den Handlungsaspekt «Mathematisieren und Darstellen» und das Lösen von meist sprachlich repräsentierten Aufgaben und Problemen geht. Bei diesen Aufgaben kann es – zu Beginn des Lernprozesses – im Einzelfall sinnvoll sein, sprachliche Hürden in Aufgabentexten abzubauen oder diese gar konsequent zu vermeiden, in Lehrmitteln angebotene Textaufgaben gegebenenfalls umzuformulieren, komplizierte grammatikalische Strukturen zu vereinfachen, Sätze zu kürzen und unnötige (und irreführende) Informationen zu streichen (Prediger, 2015). Im Besonderen gilt dies bei Prüfungsaufgaben, bei denen sprachlich bedingte Hürden oftmals die Lösungsfindung behindern und den Lehrpersonen die Erfassung der Mathematikkompetenz erschweren, was sich als benachteiligend für Lernende mit sprachlich schwachen Voraussetzungen erweisen kann (Gürsoy, Benholz, Renk, Prediger & Büchter, 2013; Prediger, Wilhelm, Büchter, Gürsoy & Benholz, 2015). Allerdings zeigen aktuelle Studien zugleich, dass Mathematikaufgaben durch sprachliche Vereinfachungen allein nicht zwingend besser gelöst werden (z.B. Plath & Leiss, 2018). Dies kann dadurch erklärt werden, dass auch bei sprachlich vereinfachten Aufgabenstellungen mathematische Problemlösungen erarbeitet und mathematische Strategien eingesetzt werden müssen, die ein begrifflich-konzeptuelles, mathematisches Verständnis voraussetzen. Gerade sprachlich komplexe

Textaufgaben mit höherer Textkohärenz führen zu einem besseren Aufbau eines angemessenen Situationsmodells, und dies auch bei Lernenden mit Deutsch als Zweitsprache (Stephany, 2017).

4.5 Andere Ansätze

Inwiefern der in der Deutschdidaktik verbreitete Ansatz eines Sprachvergleichs (Ahrenholz & Oomen-Welke, 2008; Oomen-Welke, 2017; Rothstein, 2018) zwischen Erst- und Zweitsprache auch für einen sprachbewussten, fachlich fokussierten Mathematikunterricht produktiv genutzt werden könnte, wird zurzeit noch wenig diskutiert. Diesbezüglich könnte es vielversprechend sein, syntaktische Strukturen der deutschen Sprache mit denjenigen der mathematischen Sprache zu vergleichen oder die Erstsprachen beim Mathematiklernen stärker zu nutzen, wie dies bereits vereinzelt erprobt wurde (Meyer & Prediger, 2011; Prediger & Şahin-Gür, 2020; Schüler-Meyer, Prediger, Wagner & Weinert, 2019) oder im Hinblick auf das Zählen in der frühen Bildung thematisiert wird (Moser Opitz, 2010; Moser Opitz, Ruggiero & Wüest, 2010). Die konstitutive Mehrsprachigkeit der Schweiz könnte hierfür eine gute Ausgangslage bieten und das Konzept durch den Einbezug mehrerer Erstsprachen erweitern. Ebenfalls sinnvoll wäre ein konsequenter Vergleich von Alltags-, Bildungs- und Fachsprache, und zwar gerade auch deshalb, weil es mathematische Fachbegriffe gibt (z.B. «Wurzel»), die sowohl in der Alltagssprache als auch in der Bildungssprache eine völlig andere Bedeutung aufweisen als in der mathematischen Sprache, was zu entsprechenden Verständnisproblemen führen kann (Kniffka & Roelcke, 2016).

5 Anforderungen an Lehrpersonen und Dozierende

Der zusätzliche Fokus auf einen sprachbewussten, fachlich fokussierten Unterricht verändert auch die Anforderungen an Lehrpersonen und damit einhergehend diejenigen an Dozierende von Pädagogischen Hochschulen als deren Auszubildende. Die professionellen Kompetenzen beider Berufsgruppen erfahren diesbezüglich in mehrfacher Hinsicht eine Erweiterung.

5.1 Anforderungen an Lehrpersonen

Für Lehrpersonen geht es zum einen darum, spezifische Kompetenzen zur Durchführung eines sprachbewussten, fachlich fokussierten Mathematikunterrichts aufzubauen und verfügbar zu haben, wofür sie sowohl entsprechende diagnostische Kompetenzen als auch Kompetenzen zur unterrichtlichen Umsetzung benötigen (Baumert & Kunter, 2011). Diesbezüglich sind die knappen Stundendotationen der Mathematikdidaktikausbildung von Primarstudierenden³ an Pädagogischen Hochschulen der Deutschschweiz klar limitierend. Eine Konzentration auf wenige wesentliche Konzepte ist daher not-

³ Gemäss einer aktuellen Umfrage der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik Schweiz liegt die Dotation für Mathematik/Mathematikdidaktik in den Primarstudiengängen an den verschiedenen Deutschschweizer Pädagogischen Hochschulen zwischen 5 und 13 ECTS-Punkten.

wendig. Dabei können spezifische didaktische Anforderungssituationen bzw. «Jobs» (Prediger, 2019, S. 370) (z.B. Erkennen der sprachlichen und mathematischen Anforderungen einer Aufgabenstellung), «Praktiken» im Sinne von spezifischen Handlungsmustern zur Bewältigung dieser Anforderungssituationen (z.B. Bereitstellen geeigneter Sprachmittel und mathematischer Modellierungshilfen) und geeignete «Tools» (z.B. Impulsfragen, Aufgabenformate, Anschauungsmittel usw.) Orientierung bieten. Solche «Jobs» sollten daher in der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen auf der Hochschulebene entsprechende Beachtung erhalten (Schacht & Guckelsberger, 2022). Zum anderen rücken Überzeugungen von Lehrpersonen zu Sprache im Fachunterricht (Fischer, Hammer & Ehmke, 2018) in den Mittelpunkt. Dazu gehören auch Überzeugungen zur (eigenen) Zuständigkeit für die Sprachförderung im Fach. Diesbezüglich zeigen Studien aus Deutschland (Fischer et al., 2018) und aus der Schweiz (Bernet, Brunner & Rutishauser, 2021), dass sich die überwiegende Mehrheit von (angehenden) Lehrpersonen gemäss Selbstbericht für die Sprachförderung im Fach als zuständig erachtet, wobei dieses Gefühl bei Schulischen Heilpädagoginnen und Heilpädagogen noch stärker ausgeprägt ist als bei Klassenlehrpersonen (Bernet et al., 2021).

Sprachbewusster, fachlich fokussierter (Fach-)Unterricht wird idealerweise als gemeinsame Aufgabe eines multiprofessionellen Teams verstanden, bei der Lehrpersonen mit weiteren Fachlehrpersonen (z.B. Schulische Heilpädagoginnen und Heilpädagogen, Lehrpersonen für Deutsch als Zweitsprache usw.) zusammenarbeiten. Für die Vermittlung dieser Kompetenzen sind auch die Berufseinführung, die Weiterbildung sowie Angebote der Schul- und der Unterrichtsentwicklung in den Blick zu nehmen, weil sich multiprofessionelle Teams auch in gemeinsam absolvierten professionellen Angeboten weiterentwickeln und weil der Blick auf lebenslanges professionelles Lernen die verglichen mit der deutschen Grundschullehrpersonenausbildung geringe Zeit für Mathematikdidaktik etwas verlängert. Eine positive Haltung gegenüber Anforderungen eines sprachbewussten, fachlich fokussierten Mathematikunterrichts sollte von Anfang an aufgebaut werden, weil dies eine wichtige Voraussetzung für dessen Umsetzung sowohl aufseiten der Lehrpersonen als auch aufseiten der Lernenden darstellt (Leiss & Plath, 2020).

5.2 Anforderungen an Dozierende

Auch Mathematikdidaktikdozierende an Pädagogischen Hochschulen benötigen neben der Überzeugung, dass ein sprachbewusster, fachlich fokussierter Fachunterricht wichtig ist und auch in ihren Ausbildungsgefässen thematisiert werden sollte, solide Kenntnisse zu Querschnittsthemen wie der Sprachförderung im Fach. Diese sollten sie mit den Kernanliegen des eigenen Fachs und der eigenen Fachdidaktik verbinden, um Strategien und Ansätze eines sprachbewussten, fachlich fokussierten Mathematikunterrichts in Aus- und Weiterbildung vermitteln zu können. Im Fokus sollte ein sprachbewusster, fachlich fokussierter Mathematikunterricht stehen und weniger die allgemeine Sprachförderung im Fach, weil es im Fachunterricht um die spezifischen fachlichen Inhalte und Verstehenselemente geht, die Lehrpersonen sprachbewusst un-

terrichten können sollen, und die Förderung allgemeinsprachlicher Kompetenzen daher nicht ausreichend für fachliches Verstehen und Handeln ist.

Besonders gewinnbringend für die Vermittlung eines sprachbewussten, fachlich fokussierten Mathematikunterrichts ist eine enge Zusammenarbeit mit Kolleginnen und Kollegen aus der Sprachdidaktik. Dabei gilt es, die jeweilige Expertise der verschiedenen Disziplinen in einer themenspezifischen interdisziplinären Zusammenarbeit zusammenzuführen, beispielsweise zur Vermittlung von Massnahmen zur Förderung von elaborierten Lesestrategien (Philipp, 2015, 2021) am Beispiel von mathematischen Modellierungsaufgaben und unter Berücksichtigung des mathematischen Modellbildungsprozesses (Schukajlow, 2011). Solche interdisziplinär konzipierten Weiterbildungsmodule werden derzeit im Rahmen des QUIMS-Schwerpunkts C (Sturm et al., 2022) für den Kanton Zürich entwickelt. Diese Angebote können von allen Beteiligten als gewinnbringende Erweiterung der eigenen Fachperspektive erlebt und wahrgenommen werden und führen zu einer stärkeren Fokussierung und Zielbezogenheit des Anspruchs an Interdisziplinarität, die verschiedene Disziplinen zugunsten einer bestimmten Problemstellung auf Augenhöhe zusammenbringt. Eine solche interdisziplinäre bzw. mehrperspektivische Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Disziplinen sollte künftig auch vermehrt für Forschung zu Mathematik und Sprache gewählt werden (Ufer et al., 2020). Dabei kann auf den empirischen Grundlagen aus deutschen Forschungsstudien aufgebaut werden.

Literatur

Abshagen, M. (2015). *Praxishandbuch Sprachbildung Mathematik: Sprachsensibel unterrichten – Sprache fördern*. Stuttgart: Klett Sprachen.

Aebli, H. (2003). *Zwölf Grundformen des Lehrens. Eine Allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage. Medien und Inhalte didaktischer Kommunikation, der Lernzyklus* (12. Auflage). Stuttgart: Klett-Cotta.

Ahrenholz, B. & Oomen-Welke, I. (Hrsg.). (2008). *Deutsch als Zweitsprache*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Baumert, J. & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert & W. Blum (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 29–53). Münster: Waxmann.

Bernet, F., Brunner, E. & Rutishauser, M. (2021). Überzeugungen von Lehrpersonen zum sprachsensiblen Unterrichten – Eine Grundlage für Schulentwicklungsmaßnahmen. *Journal für Schulentwicklung*, 21 (4), 1–7.

Bescherer, C. & Papadopoulou, P. (2017). (Sprach-)Förderung beim Bearbeiten von Text- und Sachaufgaben im Mathematikunterricht der Sekundarstufe I. In D. Leiss, M. Hagen, A. Neumann & K. Schwippert (Hrsg.), *Mathematik und Sprache. Empirischer Forschungsstand und unterrichtliche Herausforderungen* (S. 127–146). Münster: Waxmann.

Bochnik, K. & Ufer, S. (2017). Fachsprachliche Kompetenzen im sprachsensiblen Mathematikunterricht der Grundschule. Implikationen einer Studie zur sprachbezogenen Analyse mathematischer Leistungsunterschiede zwischen Lernenden deutscher und nicht-deutscher Familiensprache. In D. Leiss, M. Hagen, A. Neumann & K. Schwippert (Hrsg.), *Mathematik und Sprache. Empirischer Forschungsstand und unterrichtliche Herausforderungen* (S. 81–98). Münster: Waxmann.

- Bos, W., Lankes, E.-M., Prenzel, M., Schwippert, K., Walther, G. & Valentin, R.** (2003). *Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Bruner, J.** (1974). *Entwurf einer Unterrichtstheorie*. Berlin: Cornelsen.
- Brunner, E.** (2014). *Mathematisches Argumentieren, Begründen und Beweisen: Grundlagen, Befunde und Konzepte*. Heidelberg: Springer.
- Brunner, E., Bernet, F. & Nänny, S.** (2022). Zum Zusammenhang zwischen verschiedenen sprachlichen und mathematischen Kompetenzen in unterschiedlichen Inhaltsbereichen. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 44 (2), 167–179.
- Chronaki, A. & Planas, N.** (2018). Language diversity in mathematics education research: A move from language as representation to politics of representation. *ZDM*, 50 (6), 1101–1111.
- D-EDK.** (Hrsg.). (2016). *Lehrplan 21: Mathematik*. Luzern: D-EDK.
- Drollinger-Vetter, B.** (2011). *Verstehenselemente und strukturelle Klarheit: Fachdidaktische Qualität der Anleitung von mathematischen Verstehensprozessen im Unterricht*. Münster: Waxmann.
- DZLM.** (2023). *Fachspezifische Sprachbildung. Angebote des DZLM*. Kiel: Deutsches Zentrum für Lehrkräftebildung Mathematik. Verfügbar unter: https://dzlm.de/angebote/angebotssuche/field_fokusthema/fachspezifische-sprachbildung-243 (23.08.2023).
- Feilke, H.** (2012). Bildungssprachliche Kompetenzen – Fördern und entwickeln. *Praxis Deutsch*, 39 (233), 4–13.
- Fischer, N., Hammer, S. & Ehmke, T.** (2018). Überzeugungen zu Sprache im Fachunterricht: Erhebungsinstrument und Skaldokumentation. In T. Ehmke, S. Hammer, A. Köker, U. Ohm & B. Koch-Priewe (Hrsg.), *Professionelle Kompetenzen angehender Lehrkräfte im Bereich Deutsch als Zweitsprache* (S. 149–184). Münster: Waxmann.
- Freudenthal, H.** (1977). *Mathematik als pädagogische Aufgabe (Band 1 & 2)*. Stuttgart: Klett.
- Gallin, P. & Ruf, U.** (1990). *Sprache und Mathematik in der Schule. Auf eigenen Wegen zur Fachkompetenz*. Zürich: Verlag LCH.
- Götze, D.** (2017). *Sprachförderung im Mathematikunterricht (2. Auflage)*. Berlin: Cornelsen.
- Gürsoy, E., Benholz, C., Renk, N., Prediger, S. & Büchter, A.** (2013). Erlös = Erlösung? – Sprachliche und konzeptuelle Hürden in Prüfungsaufgaben. *Deutsch als Zweitsprache*, 13 (1), 14–24.
- Hauser, B., Rathgeb-Schnierer, E., Stebler, R. & Vogt, F.** (Hrsg.). (2015). *Mehr ist mehr: Mathematische Frühförderung mit Regelspielen*. Seelze: Klett-Kallmeyer.
- Hein, K.** (2021). *Logische Strukturen beim Beweisen und ihre Verbalisierung: Eine sprachintegrative Entwicklungsforschungsstudie zum fachlichen Lernen*. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- 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.
- Hußmann, S.** (2003). Umgangssprache – Fachsprache. In T. Leuders (Hrsg.), *Mathematikdidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (S. 60–75). Berlin: Cornelsen.
- Keller, R., Keller, B. & Diener, M.** (2015). *Mathematik Primarstufe 5*. Zürich: Lehrmittelverlag des Kantons Zürich.
- Klemm, K.** (2011). Das Bildungssystem Deutschlands: Strukturen und Strukturformen. In H. Reinders, H. Dittin, C. Gräsel & B. Gniewosz (Hrsg.), *Empirische Bildungsforschung* (S. 153–164). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- KMK.** (2005). *Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz. Erläuterungen zur Konzeption und Entwicklung*. München: Luchterhand.
- Kniffka, G. & Roelcke, T.** (2016). *Fachsprachenvermittlung im Unterricht*. Stuttgart: utb.
- Krauthausen, G. & Scherer, P.** (2014). *Einführung in die Mathematikdidaktik. Mathematik Primarstufe und Sekundarstufe I + II* (3. Auflage). Berlin: Springer Spektrum.
- Leiss, D., Hagen, M., Neumann, A. & Schwippert, K.** (2017). Mathematik und Sprache – Sprache und Mathematik? Befunde und Herausforderungen empirisch fachdidaktischer Forschung. In D. Leiss, M. Hagen, A. Neumann & K. Schwippert (Hrsg.), *Mathematik und Sprache. Empirischer Forschungsstand und unterrichtliche Herausforderungen* (S. 7–9). Münster: Waxmann.

- Leiss, D. & Plath, J.** (2020). «Im Mathematikunterricht muss man auch mit Sprache rechnen!» – Sprachbezogene Fachleistung und Unterrichtswahrnehmung im Rahmen mathematischer Sprachförderung. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 41 (1), 191–236.
- Leiss, D., Schukajlow, S., Blum, W., Messner, R. & Pekrun, R.** (2010). The role of the situation model in mathematical modelling – Task analyses, student competencies, and teacher interventions. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 31 (1), 119–141.
- Leutner, D., Klieme, E., Meyer, K. & Wirth, J.** (2004). Problemlösen. In PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.), *PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs* (S. 147–175). Münster: Waxmann.
- Maier, H. & Schweiger, F.** (1999). *Mathematik und Sprache. Zum Verstehen und Verwenden von Fachsprache im Mathematikunterricht*. Wien: obv & hpt.
- Meyer, M. & Prediger, S.** (2011). Vom Nutzen der Erstsprache beim Mathematiklernen. Fallstudien zu Chancen und Grenzen erstsprachlich gestützter mathematischer Arbeitsprozess bei Lernenden mit Erstsprache Türkisch. In S. Prediger & E. Özdil (Hrsg.), *Mathematiklernen unter Bedingungen der Mehrsprachigkeit. Stand und Perspektiven der Forschung und Entwicklung in Deutschland* (S. 185–204). Münster: Waxmann.
- Moser, U., Buff, A., Angelone, D. & Hollenweger, J.** (2011). *Nach sechs Jahren Primarschule. Deutsch, Mathematik und motivational-emotionales Empfinden am Ende der 6. Klasse*. Zürich: Bildungsdirektion Kanton Zürich.
- Moser Opitz, E.** (2010). Bir, iki, üç: Verbale Zählkompetenzen von bilingualen und türkischsprachigen Kindern. In C. Böttinger, K. Bräuning, M. Nührenböcker, R. Schwarzkopf & E. Söbbeke (Hrsg.), *Mathematik im Denken der Kinder. Anregungen zur mathematikdidaktischen Reflexion* (S. 88–94). Seelze: Kallmeyer.
- Moser Opitz, E., Ruggiero, D. & Wüest, P.** (2010). Verbale Zählkompetenzen und Mehrsprachigkeit: Eine Studie mit Kindergartenkindern. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 57 (3), 161–174.
- OECD.** (Hrsg.). (2016). *PISA 2015 results: Excellence and equity in education*. Paris: OECD.
- Oomen-Welke, I.** (2017). Über mich – über dich. Biografisch-produktiver Umgang mit Mehrsprachigkeit – gegen Ende der Sekundarstufe I. *Praxis Deutsch*, 44 (263), 52–59.
- Paetsch, J.** (2016). *Der Zusammenhang zwischen sprachlichen und mathematischen Kompetenzen bei Kindern deutscher und bei Kindern nicht-deutscher Familiensprache*. Berlin: Freie Universität Berlin.
- Paetsch, J., Felbrich, A. & Stanat, P.** (2015). Der Zusammenhang von sprachlichen und mathematischen Kompetenzen bei Kindern mit Deutsch als Zweitsprache. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 29 (1), 19–29.
- Paetsch, J., Radmann, S., Felbrich, A., Lehmann, R. & Stanat, P.** (2016). Sprachkompetenz als Prädiktor mathematischer Kompetenzentwicklung von Kindern deutscher und nicht-deutscher Familiensprache. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 48 (1), 27–41.
- Phakeng, M.S.** (2016). Mathematics education and language diversity. In A. Halai & P. Clarkson (Hrsg.), *Teaching and learning mathematics in multilingual classrooms* (S. 11–23). Rotterdam: Sense.
- Philipp, M.** (2015). *Lesestrategien: Bedeutung, Formen und Vermittlung*. Weinheim: Beltz Juventa.
- Philipp, M.** (2021). *Lesen – Schreiben – Lernen: Prozesse, Strategien und Prinzipien des generativen Lernens*. Weinheim: Beltz.
- Plath, J.** (2017). Das Anfertigen von Notizen bei der Bearbeitung von realitätsbezogenen Mathematikaufgaben. In D. Leiss, M. Hagena, A. Neumann & K. Schwippert (Hrsg.), *Mathematik und Sprache. Empirischer Forschungsstand und unterrichtliche Herausforderungen* (S. 147–164). Münster: Waxmann.
- Plath, J. & Leiss, D.** (2018). The impact of linguistic complexity on the solution of mathematical modelling tasks. *ZDM*, 50 (1), 159–171.
- Pöhler, B. & Prediger, S.** (2016). Realizing macro-scaffolding for percentages in mathematics classrooms – A field experiment. In C. Csíkos, A. Rausch & J. Sztányi (Hrsg.), *Proceedings of the 40th conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Volume 1* (S. 221). Szeged: PME.
- Prediger, S.** (2013). Darstellungen, Register und mentale Konstruktion von Bedeutung und Beziehungen – Mathematikspezifische sprachliche Herausforderungen identifizieren und bearbeiten. In M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann & H. J. Vollmer (Hrsg.), *Sprache im Fach – Sprachlichkeit und fachliches Lernen* (S. 167–183). Münster: Waxmann.

- Prediger, S.** (2015). Wortfelder und Formulierungsvariation – Intelligente Spracharbeit ohne Erziehung zur Oberflächlichkeit. *Lernchancen*, 18 (104), 10–14.
- Prediger, S.** (2017). Auf sprachliche Heterogenität im Mathematikunterricht vorbereiten – Fokussierte Problemdiagnose und Förderansätze. In J. Leuders, M. Lehn, T. Leuders, S. Ruwisch & S. Prediger (Hrsg.), *Mit Heterogenität im Mathematikunterricht umgehen lernen – Konzepte und Perspektiven für eine zentrale Anforderung an die Lehrerbildung* (S. 29–40). Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Prediger, S.** (2019). Investigating and promoting teachers' expertise for language-responsive mathematics teaching. *Mathematics Education Research Journal*, 31 (4), 367–392.
- Prediger, S.** (Hrsg.). (2020). *Sprachbildender Mathematikunterricht in der Sekundarstufe. Ein forschungsbasiertes Praxisbuch*. Berlin: Cornelsen.
- Prediger, S.** (2021). Expertise für Fachunterricht an Schulen in besonderen Lagen. Fachdidaktische Perspektiven. *Journal für LehrerInnenbildung*, 21 (4), 40–51.
- Prediger, S. & Link, M.** (2012). Fachdidaktische Entwicklungsforschung – Ein lernprozessfokussierendes Forschungsprogramm mit Verschränkung fachdidaktischer Arbeitsbereiche. In H. Bayrhuber, U. Harms, B. Muszynski, B. Ralle, M. Rothgangel, L.-H. Schön, H. J. Vollmer & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Formate fachdidaktischer Forschung* (S. 29–45). Münster: Waxmann.
- Prediger, S. & Şahin-Gür, D.** (2020). Eleventh graders' increasingly elaborate language use for disentangling amount and change: A case study on the epistemic role of syntactic language complexity. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 41 (1), 43–79.
- Prediger, S. & Wessel, L.** (2018). Brauchen mehrsprachige Jugendliche eine andere fach- und sprachintegrierte Förderung als einsprachige? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 21 (2), 361–382.
- Prediger, S., Wilhelm, N., Büchter, A., Gürsoy, E. & Benholz, C.** (2015). Sprachkompetenz und Mathematikleistung – Empirische Untersuchung sprachlich bedingter Hürden in den Zentralen Prüfungen 10. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 36 (1), 77–104.
- Razic, D. & Brunner, E.** (2017). Wenn die Sprachkompetenz die Mathematikleistung beeinträchtigt. *Schweizerische Zeitschrift für Heilpädagogik*, 23 (10), 48–54.
- Reusser, K.** (1989). *Vom Text zur Situation zur Gleichung. Kognitive Simulation von Sprachverständnis und Mathematisierung beim Lösen von Textaufgaben*. Habilitationsschrift (Neudruck 1995). Bern: Universität Bern.
- Rothstein, B.** (Hrsg.). (2018). *Sprachvergleich in der Schule* (3., aktualisierte Auflage). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Rutishauser, M., Brunner, E. & Bernet, F.** (2021). Sprachsensibler Mathematikunterricht. Ein Gewinn für Lernende mit sprachlich schwachen Voraussetzungen. *Schweizerische Zeitschrift für Heilpädagogik*, 27 (12), 55–61.
- Schacht, F. & Guckelsberger, S.** (2022). Grundlagen zur Sprachbildung in der Lehramtsausbildung Mathematik. In F. Schacht & S. Guckelsberger (Hrsg.), *Sprachbildung in der Lehramtsausbildung Mathematik* (S. 1–52). Berlin: Springer.
- Schilcher, A., Röhrli, S. & Krauss, S.** (2017). Sprache im Mathematikunterricht – Eine Bestandsaufnahme des aktuellen didaktischen Diskurses. In D. Leiss, M. Hagen, A. Neumann & K. Schwippert (Hrsg.), *Mathematik und Sprache. Empirischer Forschungsstand und unterrichtliche Herausforderungen* (S. 11–42). Münster: Waxmann.
- Schindler, V., Moser Opitz, E., Cadonau-Bieler, M. & Ritterfeld, U.** (2019). Überprüfung und Förderung des mathematischen Fachwortschatzes der Grundschulmathematik – eine empirische Studie. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 40 (1), 1–35.
- Schmellentin, C. & Lindauer, T.** (2020). Sprachbewusster Fachunterricht – Entwicklungsperspektiven für eine interdisziplinäre Fachdidaktik. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 42 (3), 669–677.
- Schmitz, A. & Karstens, F.** (2022). Lesestrategien zur Unterstützung des Verstehens von Textaufgaben. Vermittlung und Routinen im Mathematikunterricht aus Sicht von Lehrkräften und Lernenden. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 43 (2), 255–279.
- Schukajlow, S.** (2011). *Mathematisches Modellieren: Schwierigkeiten und Strategien von Lernenden als Bausteine einer lernprozessorientierten Didaktik der neuen Aufgabenkultur*. Münster: Waxmann.

- Schüler-Meyer, A., Prediger, S., Wagner, J. & Weinert, H.** (2019). Bedingungen für zweisprachige Lernangebote. Videobasierte Analysen zu Nutzung und Wirksamkeit einer Förderung zu Brüchen. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 66 (3), 161–175.
- Steinbring, H.** (1997). Voraussetzungen und Perspektiven der Erforschung mathematischer Kommunikationsprozesse. In G. N. Müller, H. Steinbring & E. C. Wittmann (Hrsg.), *10 Jahre «mathe 2000». Bilanz und Perspektiven. Festschrift zum 10jährigen Bestehen des Projekts «mathe 2000» an der Universität Dortmund* (S. 66–75). Stuttgart: Klett.
- Stephany, S.** (2017). Textkohärenz als Einflussfaktor beim Lösen mathematischer Textaufgaben. In D. Leiss, M. Hagena, A. Neumann & K. Schwippert (Hrsg.), *Mathematik und Sprache. Empirischer Forschungsstand und unterrichtliche Herausforderungen* (S. 43–61). Münster: Waxmann.
- Sturm, A., Sonderegger, R., Züger, C., Neugebauer, C., Senn, W., Neuenschwander, M., Baumgartner, D., Girsberger, F. & Strittmatter, J.** (2022). *Beurteilen und Fördern mit Fokus auf Sprache. Fachbrochure für QUIMS-Schulen zum Schwerpunkt C 2022–2026* (2., aktualisierte Auflage). Zürich: Bildungsdirektion Kanton Zürich.
- Toulmin, S. E.** (1996). *Der Gebrauch von Argumenten* (2. Auflage). Weinheim: Beltz.
- Ufer, S., Leiss, D., Stanat, P. & Gasteiger, H.** (2020). Sprache und Mathematik – theoretische Analysen und empirische Ergebnisse zum Einfluss sprachlicher Fähigkeiten in mathematischen Lern- und Leistungssituationen. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 41 (1), 1–9.
- 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.
- Viesel-Nordmeyer, N., Ritterfeld, U. & Bos, W.** (2020). Welche Entwicklungszusammenhänge zwischen Sprache, Mathematik und Arbeitsgedächtnis modulieren den Einfluss sprachlicher Kompetenzen auf mathematisches Lernen im (Vor-)Schulalter? *Journal für Mathematik-Didaktik*, 41 (1), 125–155.
- Weis, I.** (2016). *Sprachförderung PLUS Mathematik: Förderbausteine für den Soforteinsatz im Mathematikunterricht der Grundschule*. Stuttgart: Klett.
- Weis, M., Doroganova, A., Hahnel, C., Becker-Mrotzek, M., Lindauer, T., Artelt, C. & Reiss, K.** (2019). Lesekompetenz in PISA 2018 – Ergebnisse in einer digitalen Welt. In K. Reiss, M. Weis, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2018: Grundbildung im internationalen Vergleich* (S. 47–80). Münster: Waxmann.
- Wessel, L.** (2015). *Fach- und sprachintegrierte Förderung durch Darstellungsvernetzung und Scaffolding: Ein Entwicklungsforschungsprojekt zum Anteilbegriff*. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Zech, F.** (2002). *Grundkurs Mathematikdidaktik: Theoretische und praktische Anleitungen für das Lehren und Lernen von Mathematik*. Weinheim: Beltz.

Autorin

Esther Brunner, Prof. Dr. habil., Pädagogische Hochschule Thurgau, esther.brunner@phtg.ch