

## Zum Zusammenhang zwischen sprachlichen und mathematischen Leistungen in unterschiedlichen Inhaltsbereichen

**Esther Brunner**, Pädagogische Hochschule Thurgau

**Felix Bernet**, Pädagogische Hochschule Weingarten

**Stephan Nänny**, Pädagogische Hochschule Thurgau

*Der Zusammenhang zwischen sprachlicher und mathematischer Kompetenz wurde für Schülerinnen und Schüler des dritten Schuljahres im Hinblick auf zwei Sprachmasse und drei mathematische Inhaltsbereiche untersucht (N = 215). Dabei zeigen sich für beide Sprachmasse erhebliche Zusammenhänge mit den Leistungen bei mathematischen Textaufgaben, aber ebenso bei relativ spracharmen, ikonisch repräsentierten geometrischen Aufgaben. Deutlich wird, dass bekannte Zusammenhänge zwischen sprachlichen und mathematischen Leistungen im Hinblick auf die Aufgabengestaltung, aber auch bezüglich des mathematischen Inhaltsbereichs vertieft analysiert werden sollten, um ein entsprechendes Potenzial für eine sprachbewusste und fach- bzw. inhaltsfokussierte Lernbegleitung und Förderung entfalten zu können.*

### 1. Einleitung

Sprache ist für den Wissenserwerbsprozess in allen Fächern zentral (Becker-Mrotzek et al., 2013), so auch in Mathematik (z. B. Paetsch et al., 2016). Mathematische Inhalte werden sprachlich vermittelt, sei dies mündlich durch Instruktion, gezielte Erklärungen und Hilfestellungen, durch das gemeinsame Gespräch über einen (fachlichen) Lerngegenstand (Ufer et al., 2020) oder schriftlich anhand von Aufgabentexten, Erklärungen oder Anweisungen. Mit der Sprache erwerben die Lernenden aber nicht nur inhaltliches Wissen, sondern auch „ein grundlegendes Instrument der Wissens- und Kulturaneignung, des Austauschs und der Reflexion in allen Fachbereichen“ (Amt für Volksschule des Kantons Thurgau, 2016a, S. 4). Sprache dient somit als Kommunikationsmittel und als Denkwerkzeug (Prediger, 2020; Ufer et al., 2020) und vermittelt zwischen unterschiedlichen Darstellungsformen und der Bedeutung von mathematischen Konzepten und Begriffen (Prediger, 2013, 2020). Das Vorhandensein begrifflicher Konzepte (Beispiele aus der Mathematik siehe Prediger, 2020, S. 26 ff.) ist für mathematisches Denken und Operieren als verinnerlichtes Handeln (Aebli, 1981) essentiell. Beide Funktionen von Sprache, die kommunikative und die kognitiv-epistemische (Kempert et al., 2019), sind unerlässlich für den Erwerb mathematischer Kompetenzen.

Seit einigen Jahren wird in der mathematikdidaktischen Forschung der Einfluss von Sprache auf das Lehren und Lernen von Mathematik aus unterschiedlichen Perspektiven und mit unterschiedlichen Methoden untersucht (zusammenfassend siehe Ufer et al., 2020). Obwohl das Thema grundsätzlich interdisziplinär angelegt ist, erfolgt eine systematische Erforschung aus Sicht der Mathematikdidaktik gemeinsam mit der Sprachwissenschaft noch eher selten (Rezat & Rezat, 2017; Ufer et al., 2020). Erkennbar ist ein inhaltlicher Fokus auf Sachaufgaben und anwendungsorientiertes Wissen, beispielsweise auf das Bearbeiten und Lösen von Text- bzw. Modellierungsaufgaben allgemein (z. B. Plath & Leiss, 2018) oder den Umgang mit spezifischen Konzepten wie Prozenten (z. B. Pöhler & Prediger, 2015) oder Brüchen (z. B. Wessel, 2015), die eine hohe Alltagsrelevanz aufweisen und den Lernenden oft in Form von Textaufgaben angeboten werden. Ein weiteres wichtiges Thema der mathematikdidaktischen Forschung sind Zusammenhänge zwischen sprachlichen und mathematischen Kompetenzen einerseits und den Kompetenzen im Bereich mathematischer Fachsprache andererseits (Bochnik, 2017; Ufer & Bochnik, 2020). Daneben sind ausser zum Einfluss von Lesekompetenzen (z. B. Noll et al., 2020) bislang kaum breiter angelegte Studien vorhanden, die Zusammenhänge zwischen einzelnen sprachlichen Kompetenzfacetten und mathematischen Leistungen in unterschiedlichen Inhaltsbereichen untersuchen. Hier setzt die vorliegende Studie an.

## 2. Theoretischer Hintergrund

### 2.1 Mathematiklernen: Vielfältig handeln in unterschiedlichen Kompetenzbereichen

Mathematisches Lernen spielt sich nicht nur anhand von Kalkül- oder Textaufgaben ab, sondern bewegt sich innerhalb eines differenzierten Fachverständnisses, das im Kompetenzmodell im Lehrplan 21 (D-EDK, 2016) gefasst ist, und betrifft drei unterschiedliche Inhalts- bzw. Kompetenzbereiche: die Kompetenzbereiche „Zahl und Variable“, „Form und Raum“ sowie „Größen, Funktionen, Daten & Zufall“. Der erste Kompetenzbereich entspricht dem Bereich der Arithmetik, der zweite demjenigen der Geometrie und der dritte demjenigen der Anwendungen oder des Sachrechnens. Innerhalb dieser drei Kompetenzbereiche wird mathematisch gehandelt und zwar entlang unterschiedlicher Handlungsaspekte, die jeweils paarweise aufgeführt werden: Es wird operiert und benannt, erforscht und argumentiert sowie mathematisiert und dargestellt (Amt für Volksschule des Kantons Thurgau, 2016b). Bereits die Nennung dieser Handlungsaspekte verdeutlicht, dass auch in Mathematik sprachliche Kompetenzen angesprochen werden.

**Abbildung 1**

*Kompetenzbereiche und Handlungsaspekte (Amt für Volksschule des Kantons Thurgau, 2016b)*

		Kompetenzbereiche		
		Zahl und Variable	Form und Raum	Größen, Funktionen, Daten und Zufall
Handlungsaspekte	Operieren und Benennen			
	Erforschen und Argumentieren			
	Mathematisieren und Darstellen			

### 2.2 Sprachliche Anforderungen im Mathematikunterricht

#### *Lesekompetenz und Textverständnis*

Wie bereits erwähnt, wird insbesondere die Lesekompetenz als bedeutsam für die Bearbeitung von Textaufgaben oder generell von texthaltigen Mathematikaufgaben genannt (Leiss & Plath, 2020; Plath & Leiss, 2018; Verschaffel et al., 2000). Allerdings ist beim Bearbeiten von Textaufgaben auch eine mathematische Modellierung notwendig, die als mehrschrittiger Prozess erfolgt (Leiss et al., 2010), wobei die einzelnen Schritte unterschiedliche sprachliche Anforderungen stellen und somit auch unterschiedlich stark als potentielle Hürden des Verstehens und erfolgreichen Bearbeitens auftreten können (Galbraith & Stillman, 2006; Leiss & Plath, 2020). Als sprachlich besonders anspruchsvoll gilt der erste Schritt, das Verstehen des Aufgabentextes (Leiss & Plath, 2020), was zu entsprechenden Fehlern in der anschliessenden Bearbeitung führen kann. Textaufgaben kommen insbesondere beim Sachrechnen zum Einsatz und betreffen den Handlungsaspekt „mathematisieren und darstellen“ (Amt für Volksschule des Kantons Thurgau, 2016b), vorwiegend im Inhaltsbereich „Größen, Funktionen, Daten & Zufall“ und etwas weniger in den beiden anderen Inhaltsbereichen (Abschnitt 2.1).

#### *Grammatikalische Fähigkeiten*

Im Zusammenhang mit dem Verstehen und Erschliessen von Textaufgaben sind syntaktische Feinstrukturen als mögliche Hürden gut erforscht (z. B. Dyrvold et al., 2015; Haag et al., 2013; Neshet et al., 2003). Nebst strategischen Herausforderungen sind auf sprachlicher Ebene verschiedene syntaktische Strukturen in der Aufgabenformulierung schwierig für die Lernenden, wie beispielsweise die Anzahl der verwendeten und der unbekanntenen Wörter, präpositionale Sätze oder Substantivierungen (Dröse & Prediger, 2020). Anspruchsvoll zu verstehen sind auch adverbiale Strukturen, Passivformulierungen, Relativ- oder Konditionalsätze sowie grundsätzlich Satzkonstruktionen, die eine Beziehung innerhalb oder zwischen einzelnen Sätzen ausdrücken (Dröse & Prediger, 2020; Prediger et al., 2018). Allerdings sind Verstehensschwierigkeiten selbst bei anspruchsvollen

grammatikalischen Strukturen kaum je reine syntaktische Probleme, sondern es hängt vielmehr von personalen Voraussetzungen ab, ob die anspruchsvolle Syntax Verstehensprobleme erzeugt (Dröse & Prediger, 2020; Leiss et al., 2019). Der Zusammenhang zwischen Grammatikkompetenz und Mathematikleistung zeigt sich aber nicht nur bei sprachlich anspruchsvollen, sondern auch bei sprachlich anforderungsniedrigeren Mathematikaufgaben (Paetsch et al., 2015), was darauf hindeutet, dass die in den Aufgaben angesprochenen mathematischen Konzepte und Inhalte bestimmend sind.

#### *Fachwortschatz und Kenntnis von Fachsprache*

Die Kenntnis von Fachsprache ist eine weitere sprachliche Anforderung, die es zu bewältigen gilt und die sämtliche mathematische Inhaltsbereiche umfasst. Bochnik und Ufer (2016) subsumieren unter fachsprachlichen Kompetenzen in ihrer Studie zum einen den (aktiven und passiven) Fachwortschatz (vgl. auch Schindler et al., 2019) und zum anderen das textintegrative Verständnis (siehe oben). Im Hinblick auf die mathematische Fachsprache ist darüber hinaus zu berücksichtigen, dass es nicht nur um den Fachwortschatz geht, sondern dass die mathematische Fachsprache durch mindestens fünf Merkmale gekennzeichnet ist (Hussmann, 2003): Durch Fachausdrücke, durch eine spezielle Grammatik, Syntax und Semantik, durch die Verwendung von Konstanten und von Symbolen sowie durch die Tatsache, dass Definitionen sich häufig auf bereits zuvor definierte Begriffe beziehen. Diese Merkmale treten in den unterschiedlichen Textsorten und in Abhängigkeit der Bildungsstufe unterschiedlich stark auf. Besondere Schwierigkeiten bereiten Deutschen und Schweizer Primarschülerinnen und -schülern Fachwörter, die sowohl in der Alltags- als auch in der Fachsprache vorkommen (z. B. Rechteck) oder die eine unterschiedliche Bedeutung in der Alltags- und der Fachsprache haben (z. B. Differenz) (Schindler et al., 2019). Solche Fachwörter haben definitorischen Charakter und sind besonders für innermathematische Inhalte in den Bereichen „Zahl & Variable“ und „Form & Raum“ zentral. Es greift daher zu kurz, den Zusammenhang zwischen sprachlichen und mathematischen Kompetenzen ausschliesslich am Beispiel von Textaufgaben aus dem Bereich „Grössen, Funktionen, Daten & Zufall“ zu messen.

#### *Sprachliche Register*

Beim Mathematiklernen geht es um die Verwendung „besonderer Redemittel“ (Paetsch, 2016, S. 29) zur Bewältigung von mathematischen Anforderungen. Deshalb wird auch vom „mathematischen Register“ (Pimm, 1987) gesprochen. Bei sprachlichen Registern handelt es sich um funktionspezifische Sprech- und Schreibweisen, „die für bestimmte Kommunikationszwecke optimiert sind“ (Prediger, 2020, S. 13) und sich entsprechend unterscheiden. Meyer und Prediger (2012) zeigen dies für die Alltagssprache, die Bildungssprache und die Fachsprache. Unterschiede zwischen Alltags- und Fachsprache bestehen auf Wort-, Satz- und Diskursebene. Im Schweizer Kontext ist die Alltagssprache der Kinder der lokale Dialekt, der sich bezüglich Syntax und Semantik vom Hochdeutschen unterscheidet, was eine zusätzliche Anforderung bei der Bewältigung von Mathematikaufgaben darstellt.

### 2.3 Empirische Befunde zum Einfluss von Sprache auf die Mathematikleistung

#### *Sprachleistung allgemein, Lesekompetenz und Textverständnis*

Seit den grossen Leistungsmessungsstudien wie TIMSS, PISA oder IGLU ist bekannt, dass Mathematikleistungen der Lernenden in einem engen Zusammenhang mit ihren sprachlichen Leistungen stehen (zusammenfassend Schilcher et al., 2017). Dieser Zusammenhang zeigt sich für die Mathematikleistung allgemein besonders mit der allgemeinen Sprachkompetenz und der Leistung beim Textverstehen über sämtliche Schulstufen hinweg (Duarte et al., 2011; Paetsch et al., 2016; Plath & Leiss, 2018; Pöhler & Prediger, 2015; Prediger & Krägeloh, 2015; Viesel-Nordmeyer et al., 2020). Der enge Zusammenhang zwischen sprachlichen und mathematischen Leistungen zeigt sich unabhängig der Erstsprache der Schülerinnen und Schüler (z. B. Prediger & Wessel, 2018; Ufer et al., 2020). Der Einfluss der sprachlichen Kompetenzen im Hinblick auf mathematische Leistungen ist zudem erheblich grösser als derjenige der kognitiven Grundfähigkeiten (Ufer et al., 2013), die ebenfalls als prädiktiv für die Mathematikleistung gelten.

Die Lesekompetenzen in der vierten Klasse gelten als wichtiger Prädiktor für den Leistungszuwachs in Mathematik von der vierten bis zur sechsten Klasse (Paetsch et al., 2016). Auch zwischen den mündlichen Sprachkompetenzen bei Schuleintritt und den mathematischen Kompetenzen der Kinder am Ende der vierten Klasse besteht ein statistisch signifikanter Zusammenhang (Mücke, 2007). Gut belegt ist auch der Einfluss sprachlicher Kompetenzen allgemein als Prädiktor für die richtige Lösung der Aufgabe bei realitätsbezogenen Textaufgaben (z. B. Heinze et al., 2011; Prediger & Krägeloh, 2015).

### *Grammatikalische Fähigkeiten*

In einer neuen Studie (Viesel-Nordmeyer et al., 2020) zeigte sich bei jungen Kindern im Alter von vier bis acht Jahren, dass den grammatikalischen Fähigkeiten langfristig eine besondere Bedeutung im Hinblick auf die Mathematikleistung zukommt.

### *Fachwortschatz und Kenntnis von Fachsprache*

Fachsprachliche Kompetenzen weisen einen erheblichen Einfluss auf die mathematische Kompetenz auf und hängen ihrerseits mit den allgemeinsprachlichen Kompetenzen zusammen, d. h. fachsprachliche Kompetenzen wirken sich als Mediator zwischen allgemeinsprachlichen und mathematischen Kompetenzen aus (Bochnik, 2017; Ufer & Bochnik, 2020). Im Hinblick auf die mathematische Leistung erweist sich das textintegrative Verständnis, das auf das Verstehen einer beschriebenen Situation abzielt, jedoch als noch bedeutsamer als der Fachwortschatz (Bochnik & Ufer, 2016).

### *Zusammenfassung und Fazit*

Sprachkompetenzen prägen somit die Mathematikleistung mit. Naheliegend und offensichtlich ist ihr Einfluss auf die Leistung beim Lösen von mathematischen Textaufgaben (z. B. Plath & Leiss, 2018). Hier gelten mangelhafte Sprachkompetenzen als potenzielle Hürde beim Verstehen der mathematischen Textaufgabe (Leiss & Plath, 2020). Deutlich geringer fällt der Einfluss auf die Leistung beim technischen Rechnen oder reinem Kalkül aus (Prediger et al., 2018; Ufer et al., 2013), weil diese Aufgaben meist in sogenannten entkleideten Formaten angeboten werden und somit relativ spracharm ausgestaltet vorliegen.

Die Stärke der gefundenen Zusammenhänge zwischen der Sprach- und Mathematikleistung (zusammenfassend Paetsch, 2016) differiert stark und liegt für Deutschland im Bereich zwischen  $r = .21$  (Heinze et al., 2007) und  $r = .63$  (Leutner et al., 2004). Allerdings beziehen sich die Studien bezüglich Mathematikleistung meistens auf den Inhaltsbereich Arithmetik oder das Format der Textaufgaben bzw. das Problemlösen und erfassen sprachliche Kompetenzen oftmals nur als Lesekompetenzen. Fehlend ist eine systematische Erfassung des Zusammenhangs sprachlicher Kompetenzfacetten mit mathematischen Leistungen in den verschiedenen Inhalts- bzw. Kompetenzbereichen.

## 2.4 Forschungsfragen

Im Hinblick auf einen differenzierten Blick auf mathematisches Lernen, stellt sich die Frage, wie und welche sprachlichen Kompetenzen mit den mathematischen Leistungen in unterschiedlichen Inhaltsbereichen zusammenhängen und wie dies im Vergleich mit vorliegenden Befunden zu interpretieren ist. Diesem Thema widmet sich die vorliegende Studie, der folgende Fragestellung zugrunde liegt:

Wie hängen einzelne sprachliche Kompetenzen von Kindern des dritten Schuljahres in der Schweiz mit der mathematischen Leistung in unterschiedlichen Inhalts- bzw. Kompetenzbereichen zusammen?

Vermutet wird, dass auch in einer Schweizer Stichprobe sprachliche und mathematische Leistungen stark korrelieren, insbesondere in den Inhaltsbereichen Sachrechnen und Geometrie, aber auch im Bereich der Arithmetik, da das Verständnis verschiedener Fachbegriffe notwendig ist. Im Bereich des Sachrechnens, in dem oft Textaufgaben zum Einsatz kommen, ist zu erwarten, dass der Zusammenhang am stärksten ist, weil nebst Lesekompetenzen und textintegrativem Verständnis auch vertiefte Kenntnisse grammatikalischer Strukturen notwendig sind.

## 3. Methoden

### 3.1 Stichprobe

Zur Stichprobe gehören 215 Kinder aus insgesamt 13 dritten Klassen aus eher städtischen wie aus ländlichen Regionen, die 2020 am Forschungsprojekt „MathS“ (Mathematikunterricht sprachsensibel gestalten) (Brunner, 2019) teilnahmen. Davon sind 116 (53.70 %) männlich, 99 (46.30 %) sind weiblich. Die Kinder waren zum Messzeitpunkt (drittes Quartal des Schuljahres 2019/2020) durchschnittlich 9.4 Jahre alt ( $SD = .36$  Jahre;  $N = 215$ ). 150 (69.8 %) Kinder geben als Familiensprache Deutsch bzw. Schweizerdeutsch an, 65 (30.2 %) sprechen zu Hause eine andere Sprache als Deutsch.

### 3.2 Instrumente

Zur Erfassung der sprachlichen und der mathematischen Leistungen wurden verschiedene Instrumente eingesetzt, mit denen nicht nur die Voraussetzungen allgemein, sondern auch zentrale Teilkompetenzen eingeschätzt werden konnten. Nicht erfasst werden konnten die kognitiven Grundvoraussetzungen, weil dafür keine Bewältigung vorlag.

#### *Sprache*

Zur Messung der sprachlichen Voraussetzungen wurde ein C-Test (Baur & Spettmann, 2007) eingesetzt, der eigens für die dritte Klasse entwickelt und in einer Klasse pilotiert wurde. Ein C-Test ist ein schriftlicher Test, der aus kurzen, in sich geschlossenen, meist authentischen, das Weltwissen adressierenden Texten besteht, bei dem von jedem zweiten (Zweiertilgung) oder dritten (Dreiertilgung) Wort nur die erste Hälfte erkennbar ist (Baur & Spettmann, 2009). Durch den Einsatz von Lese- und Schreibfähigkeiten ergänzen die Probandinnen und Probanden die Lücken und rekonstruieren den ursprünglichen Text, brauchen also textintegratives Verständnis und Lesekompetenzen. Unterschieden wird dabei, ob eine Lücke sprachformal (orthografisch und grammatikalisch) oder sinngemäss korrekt rekonstruiert wird. Die Anzahl sprachformal korrekt rekonstruierter Wörter ergibt den R/F-Wert (richtig-falsch), die Anzahl sinngemäss korrekt rekonstruierter Wörter wird im WE-Wert (Worterkennung) erfasst. Der Wert für die sinngemäss korrekt rekonstruierten Wörter kann somit nicht tiefer sein als der Wert sprachformal korrekt rekonstruierter Wörter, weil sprachformale Korrektheit sinngemässes Verstehen voraussetzt. Auch wenn C-Tests wegen ihrer Annahme einer eindimensionalen Sprachkompetenz kritisiert werden (z. B. Asano, 2014), stellen sie ein sehr zuverlässiges und ökonomisches Testinstrument dar (Überblick siehe Eckes & Grotjahn, 2006), das auch von Lehrpersonen zur Diagnose von sprachlichen Schwierigkeiten eingesetzt werden kann (Baur et al., 2017) und das als valides Instrument gilt (Wockenfuss & Raatz, 2014), das eine Einschätzung der allgemeinen Sprachfähigkeit in den Bereichen Lesekompetenz, Textverständnis, Fachwortschatz und grammatikalische Fähigkeiten in Morphologie und Syntax zulässt (Baur et al., 2006).

Der im Projekt verwendete C-Test umfasst fünf kurze Texte mit je 20 Lücken, die dem Prinzip der Dreiertilgung folgen. Der Maximalwert liegt somit bei 100 Punkten, was 100 % entspricht. Der C-Test weist eine sehr gute Reliabilität auf und zwar sowohl für den R/F-Wert (Cronbachs  $\alpha = .92$ ), sowie auch für den WE-Wert (Cronbachs  $\alpha = .88$ ). Die beiden Werte korrelieren erwartungsgemäss sehr hoch miteinander ( $r = .97$ ), was darauf hindeutet, dass die beiden Konstrukte empirisch nicht klar voneinander trennbar sind.

#### *Mathematik*

Zur Erfassung der Mathematikleistung wurde der DEMAT3+ (Deutscher Mathematiktest für dritte Klassen) (Roick et al., 2018) eingesetzt. Der schriftliche Test erfasst in den drei Bereichen Arithmetik, Geometrie und Sachrechnen mit insgesamt 31 Testitems die Mathematikleistung hoch reliabel (Cronbachs  $\alpha = .83$ ) und mit hoher prognostischer Validität von .68 nach ca. 10 Monaten den Zusammenhang mit der späteren Mathematikleistung. Es handelt sich um ein ökonomisches Testverfahren, das geeignet ist für den Einsatz in grossen Stichproben im Forschungskontext. Die Durchführung des Tests wird im Manual geregelt und erfolgt vollständig standardisiert. Mögliche maximale Rohwerte, die erzielt werden können, sind je 8 Punkte für die Teile Sachrechnen und Geometrie und 15 für den Bereich Arithmetik. Der Test ermittelt Rohwerte und Prozenträge. In der folgenden Auswertung werden die Rohwerte berücksichtigt.

Auch wenn der Test angibt, sich an den aktuellen Bildungsstandards für das Fach Mathematik zu orientieren, so stimmt die Benennung der drei Kompetenz- bzw. Inhaltsbereiche nicht mit der aktuellen überein. Im Bereich Arithmetik bzw. „Zahl & Variable“ erfassen vier Aufgabentypen die Inhalte Zahlenstrahlen, Additionen, Subtraktionen und Multiplikationen. Der Inhaltsbereich Geometrie bzw. „Form & Raum“ wird erfasst mit den drei Aufgabentypen zu Spiegelzeichnungen, Formen legen sowie Längen schätzen und messen. Letzteres würde gemäss Bildungsstandards eher in den Kompetenzbereich „Grössen, Funktionen, Daten & Zufall“ (D-EDK, 2016b) gehören. Im Bereich Sachrechnen bzw. „Grössen, Funktionen, Daten & Zufall“ werden einerseits Sachrechnungen bzw. Textaufgaben angeboten und andererseits Aufgaben zum Umrechnen von Längen. Diese fachdidaktisch begründete Zuordnung ergibt eine mögliche Summe von 6 Punkten für den Subtest Geometrie und ein Maximum von 10 Punkten für den Subtest Sachrechnen.

Vorgesehen ist der Test für den Einsatz in den letzten sechs Wochen des dritten Schuljahres sowie den ersten sechs Wochen des vierten Schuljahres. Im Projekt kam der Test bereits im dritten Quartal des dritten Schuljahres zum Einsatz, d. h. etwas früher als vorgesehen. Da der DEMAT3+ als standardisiertes, ökonomisches Verfahren aber nicht genutzt wird, um eine prognostische Leistungsaussage für die einzelnen Kinder zu treffen, sondern die Ergebnisse als standardisiertes Mass für die mathematischen Vorkenntnisse in drei Inhaltsbereichen in die

Untersuchung einfließen, ist es vertretbar, dass er dennoch eingesetzt wird. Die Ergebnisse zu den Leistungen nach Inhaltsbereichen (Tabelle 2) legen zudem keine Bodeneffekte nahe.

### 3.3 Datenerhebung und Datenerfassung

Die Datenerhebung erfolgte gegen Ende des dritten Quartals des Schuljahrs im März 2020 an zwei unterschiedlichen Tagen. Um den Schulalltag möglichst nicht zu stören, wurde die Testung in den Klassen durch die Lehrpersonen durchgeführt. Diese wurden mündlich instruiert und erhielten für die beiden Tests je ein schriftlich festgelegtes Vorgehen zur Durchführung, dem sie folgen sollten, was sie nach der Durchführung bestätigen mussten.

Die Auswertung des C-Tests wurde von zwei Ratern übernommen. Nach einer kurzen Instruktion waren sie in der Lage, von allen Tests selbstständig den R/F- und den WE-Wert zu bestimmen. Es fand zudem eine punktuelle Überprüfung der Auswertung der Tests durch den Deutschexperten im Team statt. Die Interraterreliabilität beträgt für den R/F-Wert  $\kappa = .78$ , für den WE-Wert  $\kappa = .79$ , d. h. für beide Werte liegt eine gute Interraterübereinstimmung vor (Landis & Koch, 1997).

Die Auswertung des DEMAT-3+-Tests erfolgte gemäss dem standardisierten Manual durch Kodierende nach einer entsprechenden Einführung.

### 3.4 Datenanalysen

Die Daten wurden vom Forschungsteam erfasst und bereinigt. Die Leistungsdaten liegen in Form von Summenwerten und Prozentangaben vor und werden metrisch interpretiert. Die Auswertung erfolgte in SPSS. Eingesetzt wurden Häufigkeitsanalysen, t-Tests zur Prüfung von Gruppenunterschieden, Effektstärken nach Cohens  $d$  (Cohen, 1988) sowie solche für gepoolte Stichproben im Falle von unterschiedlich grossen Teilstichproben (Erstsprache). Zur Berechnung von Zusammenhängen zwischen metrischen Variablen wurden Korrelationen nach Pearson, zweiseitig berechnet, weil nicht von einer Wirkungsrichtung ausgegangen werden kann. Um mögliche Alphafehlerkumulierungen zu vermeiden, wurden Bonferroni-Korrekturen vorgenommen.

## 4. Ergebnisse

Um die dem Beitrag zugrunde liegende Fragestellung klären zu können, werden zunächst die sprachlichen und die mathematischen Leistungen vorgestellt, bevor im dritten Abschnitt nach Zusammenhängen gefragt wird.

### 4.1 Sprachliche Leistungen

#### *Leistungen Gesamtstichprobe*

Betrachtet man die sprachlichen Leistungen für die Gesamtstichprobe, zeigen sich relativ hohe Mittelwerte für beide Sprachmasse, dem Wert Worterkennung und dem Wert richtig-falsch. Derjenige im Bereich Worterkennung (WE-Wert) liegt zudem – erwartungsgemäss – höher ( $M = 78.46$ ;  $SD = 20.07$ ;  $N = 215$ ) als der R/F-Wert ( $M = 63.76$ ;  $SD = 21.76$ ;  $N = 215$ ), der sich auf grammatikalisch und orthografische Korrektheit bezieht.

#### *Leistungen nach Erstsprache der Kinder*

Statistisch hoch signifikante Unterschiede zeigen sich für beide Sprachmasse zwischen den Kindern, deren Erstsprache Deutsch ist und denjenigen, die eine andere Erstsprache haben (Tabelle 1). Die Kinder mit deutscher Erstsprache erzielen sowohl einen höheren R/F- sowie einen höheren WE-Wert.

**Tabelle 1**

*Leistungen nach Erstsprache für die beiden Sprachmasse (Prozentränge: Werte 0-100)*

Kompetenzbereich	Leistungen mit Erstsprache Deutsch ( $N = 150$ )	Leistungen mit Erstsprache nicht Deutsch ( $N = 65$ )	Gruppenunterschiede
Worterkennungs-Wert	$M = 82.23$ ; $SD = 18.53$ ;	$M = 69.74$ ; $SD = 20.90$ ;	$t = 4.36^{***}$ ; $df = 213$ ; $ES_d = .65$
Richtig-falsch-Wert	$M = 68.19$ ; $SD = 20.34$ ;	$M = 53.54$ ; $SD = 21.66$ ;	$t = 4.76^{***}$ ; $df = 213$ ; $ES_d = .71$

Anmerkung: \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; \*\*\*  $p < .001$

**Tabelle 2**

*Leistungen nach Inhaltsbereich und Aufgabeninhalt (Gesamtstichprobe: N = 215; Teilstichprobe Erstsprache Deutsch N<sub>d</sub> = 150; Teilstichprobe Erstsprache nicht Deutsch N<sub>nd</sub> = 65)*

Inhaltsbereich	Aufgabeninhalt	Möglicher Wertebereich (Rohwerte)	Gesamtstichprobe (N = 215)	Teilstichprobe Erstsprache Deutsch (N <sub>d</sub> = 150)	Teilstichprobe Erstsprache nicht Deutsch (N <sub>nd</sub> = 65)	Unterschiede nach Erstsprache
Gesamtestleistung		0-31	M = 15,38; SD = 5,28	M = 16,21; SD = 5,17	M = 13,46; SD = 5,05	t = -3,60***; df = 213; ESd = ,54
Subtest Arithmetik		0-15	M = 5,64; SD = 2,97	M = 5,87; SD = 3,04	M = 5,12; SD = 2,75	t = -1,69; df = 213; n.s
Arithmetik Einzelaufgaben	Zahlenstrahlen	0-3	M = 1,82; SD = ,75			
	Additionen	0-4	M = 1,25; SD = 1,29			
	Subtraktionen	0-4	M = ,75; SD = 1,09			
	Multiplikationen	0-4	M = 1,82; SD = 1,07			
Subtest Geometrie		0-6	M = 4,82; SD = 1,65	M = 5,06; SD = 1,56	M = 4,28; SD = 1,72	t = -3,28**; df = 213; ESd = ,49
Geometrie Einzelaufgaben	Spiegelzeichnungen	0-3	M = 1,91; SD = ,92			
	Formen legen	0-3	M = 1,93; SD = ,94			
Subtest Sachrechnen		0-10	M = 4,90; SD = 2,10	M = 5,28; SD = 1,92	M = 4,03; SD = 2,24	t = -4,16***; df = 213; ESd = ,62
Sachrechnen Einzelaufgaben	Längen schätzen (im DEMAT dem Bereich Geometrie zugeordnet)	0-2	M = 0,98; SD = ,76			
	Längen umrechnen	0-4	M = 2,63; SD = 1,34			
	Sachrechnungen/ Textaufgaben	0-4	M = 2,28; SD = 1,28			

Anmerkung: \* p < .05; \*\* p < .01; \*\*\* p < .001

## 4.2 Mathematische Leistungen

### *Leistungen Gesamtstichprobe*

Die Testleistung der Kinder in Mathematik insgesamt fällt eher tief aus und liegt im Mittel unter Prozentrang 50 ( $M = 15.38$ ;  $SD = 5.28$ ;  $N = 215$ ), was auch dem Umstand geschuldet ist, dass der Test deutlich früher im Schuljahr als empfohlen eingesetzt wurde. Die Testleistung zeigt sich in den drei Kompetenzbereichen unterschiedlich (Tabelle 2). Im Bereich Arithmetik (Zahl & Variable) fallen die Ergebnisse am schlechtesten aus. Bei den Aufgaben aus dem Bereich Geometrie (Form & Raum) sowie dem Bereich Sachrechnen (Größen, Funktionen, Daten & Zufall) erzielen die Kinder im Mittel höhere Werte. In Arithmetik erreichen lediglich 23.7 % der Kinder die Hälfte oder mehr der möglichen Punkte, in Geometrie sind es 77.7 % und bei Sachrechnen 72.5 %. Auch die Leistungen bei den einzelnen Items pro Inhaltsbereich fallen unterschiedlich aus (Tabelle 2):

### *Leistungen nach Erstsprache der Kinder*

Die beiden Teilstichproben unterscheiden sich bezüglich ihrer Leistung in den Subtests Sachrechnen und Geometrie jeweils mit einem mittleren Effekt statistisch hoch signifikant voneinander zugunsten der Kinder mit Deutsch als Erstsprache gegenüber den Kindern, deren Erstsprache nicht Deutsch ist (Tabelle 2). Auch bezüglich der Testgesamtleistung über alle drei Subtests hinweg zeigt sich ein hoch signifikanter Mittelwertsunterschied für die beiden Teilstichproben, ebenfalls mit einem mittleren Effekt und zugunsten der Kinder mit Deutsch als Erstsprache. Nur beim Subtest Arithmetik kann zwischen den beiden Teilstichproben kein Mittelwertsunterschied nachgewiesen werden.

## 4.3 Zusammenhang zwischen mathematischen und sprachlichen Leistungen

Wie hängen nun einzelne sprachliche Kompetenzen mit der mathematischen Leistung in unterschiedlichen Inhalts- bzw. Kompetenzbereichen zusammen? Die Ergebnisse (Tabelle 3) zeigen statistisch hoch signifikante Zusammenhänge zwischen der Mathematikleistung als Gesamtestleistung sowie für sämtliche Subtests bzw. die Kompetenzbereiche einerseits und die beiden Sprachmasse andererseits.

**Tabelle 3**

*Zusammenhänge zwischen Mathematik- und Sprachleistung für die Kompetenzbereiche (N = 215)*

<b>Mathematikleistung</b>	<b>Worterkennung WE-Wert</b>	<b>Richtig-falsch RF-Wert</b>
Gesamtestleistung	$r = .453^{***}$	$r = .502^{***}$
Subtest Arithmetik	$r = .277^{***}$	$r = .314^{***}$
Subtest Geometrie	$r = .361^{***}$	$r = .407^{***}$
Subtest Sachrechnen	$r = .465^{***}$	$r = .500^{***}$

Anmerkung: \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; \*\*\*  $p < .001$

Der Zusammenhang zwischen der Leistung im Subtest Arithmetik und der sprachlichen Leistung fällt sowohl für den WE- ( $z = -2.95$ ;  $p < .01$ ) wie den RF-Wert ( $z = -2.99$ ;  $p < .01$ ) statistisch signifikant schwächer aus als derjenige beim Subtest Sachrechnen. Die Zusammenhänge zwischen sprachlicher und mathematischer Leistung in den Subtests Arithmetik und Geometrie oder Geometrie und Sachrechnen hingegen erweisen sich als ähnlich stark. Die Zusammenhänge zwischen mathematischer Gesamtleistung und den beiden Sprachmassen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

Zwischen den beiden sprachlichen Massen und den einzelnen Aufgabeninhalten zeigen sich bis auf denjenigen zwischen Zahlenstrahlen und den beiden Sprachmassen statistisch sehr bzw. hoch signifikante Zusammenhänge (Tabelle 4):



**Tabelle 4**

*Zusammenhänge zwischen Mathematik- und Sprachleistungen für die einzelnen Aufgabeninhalte (N = 215)*

Inhaltsbereich	Aufgabeninhalt	Worterkennung WE-Wert	Richtig-falsch RF-Wert
Arithmetik	Zahlenstrahlen	$r = .108$ , n. s.	$r = .150^*$
	Additionen	$r = .202^{**}$	$r = .203^{**}$
	Subtraktionen	$r = .188^{**}$	$r = .207^{**}$
	Multiplikationen	$r = .257^{***}$	$r = .310^{***}$
Geometrie	Spiegelzeichnungen	$r = .310^{***}$	$r = .324^{***}$
	Formen legen	$r = .181^{**}$	$r = .221^{**}$
Sachrechnen	Längen schätzen (im DEMAT dem Bereich Geometrie zugeordnet)	$r = .186^{**}$	$r = .218^{**}$
	Längen umrechnen	$r = .336^{***}$	$r = .332^{***}$
	Sachrechnungen/Textaufgaben	$r = .407^{***}$	$r = .471^{***}$

Anmerkung: \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; \*\*\*  $p < .001$

Die stärksten Zusammenhänge zeigen sich für beide Sprachmasse mit den Multiplikationen, Spiegelzeichnungen, dem Umrechnen von Längen sowie dem Bearbeiten von Textaufgaben. In der Regel sind die Zusammenhänge zwischen den mathematischen Aufgabeninhalten und dem Richtig-falsch-Wert (leicht) stärker als diejenigen zwischen mathematischem Inhalt und dem Worterkennungswert.

## 5. Diskussion

### 5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse und Interpretation

Die vorliegende Studie bestätigt, dass die sprachlichen Leistungen der untersuchten Kinder aus dem dritten Schuljahr in der Schweiz eng mit den mathematischen zusammenhängen und dies in verschiedenen Inhaltsbereichen der Mathematik und nicht nur im Bereich der Arithmetik und der Textaufgaben (Abschnitt 2.3). Der Bereich „Zahl & Variable“ (Arithmetik) erweist sich vergleichsweise sprachneutral, während die sprachlichen Leistungen sowohl für die Inhaltsbereiche „Form & Raum“ sowie „Größen, Funktionen, Daten & Zufall“ eine erhebliche Rolle spielen. Für den Bereich des Sachrechnens und den verwendeten Textaufgaben ist dieser Zusammenhang plausibel. Für den Bereich Geometrie hingegen erstaunt dies auf den ersten Blick, weil diese Testaufgaben textarm und ikonisch dargestellt angeboten werden. Auf den zweiten Blick wird allerdings deutlich, dass die knappen Formulierungen und Anweisungen das Verständnis von geometrischen Konzepten und entsprechendem begrifflichen Wissen sowie die (minimale) Kenntnis von Fachbegriffen voraussetzen.

Eine sprachfreie Aufgabenstellung wie das Einzeichnen bestimmter Zahlen auf dem Zahlenstrahl zeigt mit ihrem fehlenden Zusammenhang mit den Sprachmassen, dass nicht nur die Aufgabenformulierung oder das zugrundeliegende mathematische Konzept, sondern auch die vorliegende Repräsentationsform eine erhebliche Rolle spielt. Die Tatsache, dass die Zusammenhänge zwischen der Mathematikleistung und den Sprachmassen hoch signifikant ausfallen, bestätigt die Bedeutung grammatikalischer Fähigkeiten, wie dies von Viesel-Nordmeyer et al. (2020) für junge Kinder im Alter von vier bis acht Jahren gezeigt werden konnte.

Die relative Sprachneutralität von Aufgaben aus dem Bereich „Zahl und Variable“ deutet darauf hin, dass es zu kurz greift, den Zusammenhang zwischen sprachlichen und mathematischen Kompetenzen ausschliesslich auf der Basis von Arithmetikaufgaben zu messen. Dass Sprachkompetenzen beim Bearbeiten von Arithmetikaufgaben weniger stark ins Gewicht fallen als in anderen Inhaltsbereichen, könnte damit zusammenhängen, dass die Testaufgaben in diesem Bereich zum einen stark auf Kalkül abstützen und stärker prozedurales als konzeptuelles Wissen verlangen und zum anderen, dass die verlangten arithmetischen Konzepte und Fachbegriffe den Lernenden besser vertraut sind als dies beispielsweise bei geometrischen der Fall ist. Diesbezüglich wäre auf Aufgabenebene zu untersuchen, welche mathematischen Konzepte im Einzelnen angesprochen werden und inwiefern die Komplexität eines mathematischen Konzeptes auch die Stärke des Zusammenhangs mit den sprachlichen Voraussetzungen beeinflusst.

Insgesamt zeigen sich leicht schwächere Zusammenhänge, als sie aus dem deutschen Schulkontext bekannt sind (Abschnitt 2.3). Dies könnte damit zusammenhängen, dass viele der vorliegenden Studien die sprachlichen

Kompetenzen über die Lesekompetenz erfassen und somit den Zusammenhang zwischen Lesekompetenz und Mathematikkompetenz messen, während mit dem C-Test sprachliche Kompetenzen zur Textrekonstruktion erfasst werden. Inwiefern der Dialekt als Alltagssprache im Schweizer Kontext diesbezüglich moderierend wirken könnte, kann aufgrund der Datenlage nicht beantwortet werden und wäre vertieft zu untersuchen.

Nicht erstaunlich sind die deutlich unterschiedlichen sprachlichen und mathematischen Leistungen nach Erstsprache, jeweils zugunsten der Kinder, deren Erstsprache Deutsch ist. Da aufgrund von forschungspraktischen Gründen keine kognitiven Grundfähigkeiten erhoben werden durften, fehlt hier aber eine entsprechende statistische Kontrolle durch die Intelligenzleistung. Dies wird etwas gemildert durch die Tatsache, dass der Einfluss der sprachlichen Kompetenzen im Hinblick auf mathematische Leistungen erheblich grösser als derjenige der kognitiven Grundfähigkeiten ist (Ufer et al., 2013).

### 5.2 Einschränkungen der Studie

Die Studie unterliegt verschiedenen Limitationen. Der fehlende Einbezug der kognitiven Grundfähigkeiten der Kinder stellt eine solche dar. Eine weitere besteht in der multiplen Testung innerhalb desselben Datensatzes, auch wenn mittels Post-Hoc-Verfahren die Gefahr der Alphafehlerkumulierung gemildert werden konnte. Ebenfalls limitierend sind die beiden gewählten Sprachmasse, die hoch miteinander korrelieren, aber dennoch unterschiedlich starke Zusammenhänge mit den Mathematikleistungen aufweisen.

### 5.3 Konsequenzen für die Praxis

Insgesamt zeigt die Studie, dass auch bei Primarschulkindern in der Schweiz deutliche Zusammenhänge zwischen ihrer sprachlichen und mathematischen Leistung bestehen und dass diese je nach Inhaltsgebiet der Mathematik unterschiedlich stark ausfallen. Essentiell für eine sprachbewusste und fachfokussierte Lernbegleitung und Förderung sind daher auch Fragen des mathematischen Inhaltsbereichs und der Aufgabengestaltung (Repräsentation, Fachsprache) die dabei stärker in den Blick genommen werden müssen.

Für den Mathematikunterricht in der Praxis bedeuten die Ergebnisse, dass bereits bei der Unterrichtsplanung die zu bearbeitenden Inhalte aus einer sprachbewussten und fachbewussten Perspektive heraus beleuchtet werden sollten. Insbesondere für Lernende mit sprachlichen schwachen Leistungen sollte darauf geachtet werden, dass für die zu bearbeitenden Mathematikthemen und -aufgaben die entsprechenden (fach-)sprachlichen Mittel verfügbar sind.

### Dank an

The cogito foundation und das Amt für Volksschule des Kantons Thurgau für die grosszügige Förderung der vorliegenden Studie.

### Literatur

- Aebli, H. (1981). *Denken. Das Ordnen des Tuns* (Bd. 2). Klett-Cotta.
- Amt für Volksschule des Kantons Thurgau. (2016a). *Lehrplan Volksschule Thurgau. Grundlagen*. Amt für Volksschule des Kantons Thurgau.
- Amt für Volksschule des Kantons Thurgau. (2016b). *Lehrplan Volksschule Thurgau. Mathematik*. Amt für Volksschule des Kantons Thurgau.
- Asano, Y. (2014). C-Test und „allgemeine Sprachkompetenz“: Theoretische Überlegungen und empirische Analysen. In R. Grotjahn (Hrsg.), *Der C-Test: Aktuelle Tendenzen. The C-Test: Current trends* (S. 39–52). Peter Lang.
- Baur, R., Chlosta, C., & Goggin, M. (2017). Cornelsen C-Test. In T. Andreas, H. Baake, R. Baur, C. Chlosta, M. Goggin, T. Heinemann, H. Hoppe, N. Niebuhr-Siebert & D. Yelegen (Hrsg.), *Fördermaterialien für Deutsch als Zweitsprache*. Cornelsen.
- Baur, R., Grotjahn, R., & Spettmann, M. (2006). Der C-Test als Instrument der Sprachstandserhebung und Sprachförderung. In J. Timm (Hrsg.), *Fremdsprachenlernen und Fremdsprachenforschung. Kompetenzen, Standards, Lernformen, Evaluation. Festschrift für Helmut Johannes Vollmer* (S. 389–406). Narr.
- Baur, R. S., & Spettmann, M. (2007). Screening – Diagnose – Förderung: Der C-Test im Bereich DaZ. In B. Ahrenholz (Hrsg.), *Deutsch als Zweitsprache – Voraussetzungen und Konzepte für die Förderung von Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund* (S. 95–110). Fillibach.
- Baur, R., & Spettmann, M. (2009). Der C-Test als Instrument der Sprachdiagnose und Sprachförderung. In D. Lengyel & H. H. Reich (Hrsg.), *Von der Sprachdiagnose zur Sprachförderung* (Bd. 5, S. 115–127). Waxmann.
- Becker-Mrotzek, M., Schramm, K., Thürmann, E., & Vollmer, H. (2013). *Sprache im Fach: Sprachlichkeit und fachliches Lernen*. Waxmann.
- Bochnik, K. (2017). Sprachbezogene Merkmale als Erklärung für Disparitäten mathematischer Leistung: Differenzierte Analysen im Rahmen einer Längsschnittstudie in der dritten Jahrgangsstufe. Waxmann.
- Bochnik, K., & Ufer, S. (2016). Die Rolle (fach-)sprachlicher Kompetenzen zur Erklärung mathematischer Kompetenzunterschiede zwischen Kindern mit deutscher und nicht-deutscher Familiensprache. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 2016(9), 135–147.

- Brunner, E. (2019). *MathS—Mathematikunterricht sprachsensibel gestalten. Projektbeschreibung*. <https://www.phtg.ch/de/forschung/organisation/professur-mathematikdidaktik/aktuelle-projekte/mathS-mathematikunterricht-sprachsensibel-gestalten/>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. Aufl.). Erlbaum.
- D-EDK. (Hrsg.). (2016). *Lehrplan 21. Mathematik*. [www.lehrplan21.ch](http://www.lehrplan21.ch)
- Dröse, J., & Prediger, S. (2020). Enhancing fifth graders' awareness of syntactic features in mathematical word problems: A design research study on the variation principle. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 41(3), 391–422. <https://doi.org/10.1007/s13138-019-00153-z>
- Duarte, J., Gogolin, I., & Kaiser, G. (2011). Sprachlich bedingte Schwierigkeiten von mehrsprachigen Schülerinnen und Schülern bei Textaufgaben. In S. Prediger & E. Özdil (Hrsg.), *Mathematik unter Bedingungen der Mehrsprachigkeit* (S. 3–53). Waxmann.
- Dyrvold, A., Bergqvist, E., & Österholm, M. (2015). Uncommon vocabulary in mathematical tasks in relation to demand of reading ability and solution frequency. *NOMAD – Nordisk Matematikdidaktikk*, 20(1), 5–31.
- Eckes, T., & Grotjahn, R. (2006). A closer look at the construct validity of C-tests. *Language Testing*, 26(3), 290–325. <https://doi.org/10.1191/0265532206lt330oa>
- Galbraith, P., & Stillman, G. (2006). A framework for identifying student blockages during transitions in the modelling process. *ZDM Mathematics Education*, 38(2), 143–162. <https://doi.org/10.1007/BF02655886>
- Haag, N., Heppt, B., Stanat, P., Kuhl, P., & Pant, H. A. (2013). Second language learners' performance in mathematics: Disentangling the effects of academic language features. *Learning and Instruction*, 28, 24–34. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.04.001>
- Heinze, A., Herwartz-Emden, L., Braun, C., & Reiss, K. (2011). Die Rolle von Kenntnissen der Unterrichtssprache beim Mathematiklernen: Ergebnisse einer quantitativen Längsschnittstudie in der Grundschule. In S. Prediger & E. Özdil (Hrsg.), *Mathematiklernen unter Bedingungen der Mehrsprachigkeit. Stand und Perspektiven der Forschung und Entwicklung in Deutschland. Mehrsprachigkeit*, (Bd. 32, S. 11–33). 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. <https://doi.org/10.25656/01:4412>
- Hussmann, S. (2003). Umgangssprache – Fachsprache. In T. Leuders (Hrsg.), *Mathematikdidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (S. 60–75). Cornelsen.
- Kempert, S., Schalk, L., & Saalbach, H. (2019). Übersichtsartikel: Sprache als Werkzeug des Lernens: Ein Überblick zu den kommunikativen und kognitiven Funktionen der Sprache und deren Bedeutung für den fachlichen Wissenserwerb. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 2013(3), 176–195. <https://doi.org/10.2378/PEU2018.art19d>
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1997). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 1, 159–174.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s13138-020-00159-y>
- Leiss, D., Plath, J., & Schwippert, K. (2019). Language and Mathematics—Key Factors influencing the Comprehension Process in reality-based Tasks. *Mathematical Thinking and Learning*, 21(2), 131–153. <https://doi.org/10.1080/10986065.2019.1570835>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s13138-010-0006-y>
- 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). Waxmann.
- Meyer, M., & Prediger, S. (2012). Sprachenvielfalt im Mathematikunterricht—Herausforderungen, Chancen und Förderansätze. *Praxis der Mathematik in der Schule*, 54(45), 2–9.
- Mücke, S. (2007). Einfluss personeller Eingangsvoraussetzungen auf Schülerleistungen im Verlauf der Grundschulzeit. In K. Möller, P. Hanke, C. Beinbrech, R. Hein, A. K. Kleickmann & T. Schlages (Hrsg.), *Qualität von Grundschulunterricht: Entwickeln, erfassen und bewerten* (S. 277–280). VS.
- Nesher, P., Hershkovitz, S., & Novotna, J. (2003). Situation model, text base and what else? Factors affecting problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, 52(2), 151–176. <http://www.jstor.org/stable/3483174>
- Noll, A., Roth, J., & Scholz, M. (2020). Lesebarrieren im inklusiven Mathematikunterricht überwinden – visuelle und sprachliche Unterstützungsmaßnahmen im empirischen Vergleich. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 41(1), 157–190. <https://doi.org/10.1007/s13138-020-00158-z>
- Paetsch, J. (2016). Der Zusammenhang zwischen sprachlichen und mathematischen Kompetenzen bei Kindern deutscher und bei Kindern nicht-deutscher Familiensprache. 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. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000142>
- 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. <https://doi.org/10.1026/0049-8637/a000142>
- Pimm, D. (1987). *Speaking mathematically—Communication in mathematics classrooms*. Routledge.
- Plath, J., & Leiss, D. (2018). The impact of linguistic complexity on the solution of mathematical modelling tasks. *ZDM*, 50(1), 159–171. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0897-x>
- Pöhler, B., & Prediger, S. (2015). Intertwining lexical and conceptual learning trajectories—A design research study on dual macro-scaffolding towards percentages. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(6), 1697–1722. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1497a>

- 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). Waxmann.
- Prediger, S. (2020). *Sprachbildender Mathematikunterricht in der Sekundarstufe – ein forschungsbasiertes Praxisbuch*. Cornelsen.
- Prediger, S., & Krägeloh, N. (2015). Low achievers learning to crack algebraic word problems – A design research project for aligning a strategic scaffolding tool to students' mental processes. *ZDM Mathematics Education*, 47(6), 947–962. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0702-7>
- Prediger, S., & Pöhler, B. (2015). The interplay of micro- and macro-scaffolding: An empirical reconstruction for the case of an intervention on percentages. *ZDM Mathematics Education*, 47(7), 1179–1194. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0723-2>
- Prediger, S., & Wessel, L. (2018). Brauchen mehrsprachige Jugendliche eine andere fach- und sprachintegrierte Förderung als einsprachige? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 21(2), 361–382. <https://doi.org/10.1007/s11618-017-0785-8>
- Prediger, S., Wilhelm, N., Büchter, A., Gürsoy, E., & Benholz, C. (2018). Language Proficiency and Mathematics Achievement. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 39(1), 1–26. <https://doi.org/10.1007/s13138-018-0126-3>
- Reusser, K. (1997). Erwerb mathematischer Kompetenzen: Literaturüberblick. In F. E. Weinert & A. Helmke (Hrsg.), *Entwicklung im Grundschulalter* (S. 141–155). Beltz.
- Rezat, S., & Rezat, S. (2017). Subject-specific genres and genre awareness in integrated mathematics and language teaching. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7b), 4189–4210. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00805a>
- Roick, T., Göllitz, D., & Hasselhorn, M. (2018). *DEMAT 3+ . Deutscher Mathematiktest für dritte Klassen*. Hogrefe.
- Schilcher, A., Röhl, 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). 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. <https://doi.org/10.1007/s13138-018-0135-2>
- Ufer, S., & Bochnik, K. (2020). The role of general and subject-specific language skills when learning mathematics in elementary school. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 41(1), 81–117. <https://doi.org/10.1007/s13138-020-00160-5>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s13138-020-00164-1>
- 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* (S. 185–202). Waxmann.
- Verschaffel, L., Greer, B., & De Corte, E. (2000). *Making sense of word problems. Contexts of learning*. Swets & Zeitlinger.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s13138-020-00165-0>
- Wessel, L. (2015). Fach- und sprachintegrierte Förderung durch Darstellungsvernetzung und Scaffolding: Ein Entwicklungsforschungsprojekt zum Anteilbegriff. Springer Spektrum.
- Wockenfuß, V., & Raatz, U. (2014). Zur Validität von muttersprachlichen C-Tests: Bedeutung von verbaler Intelligenz und Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit unter Berücksichtigung des Lebensalters. In R. Grotjahn (Hrsg.), *Der C-Test: Aktuelle Tendenzen. The C-test: Current trends* (S. 189–222). Peter Lang.

**Schlagworte:** Sprachsensibler Mathematikunterricht; Mathematische Kompetenzen; Sprachliche Voraussetzungen; Inhaltsbereiche; Primarschule

## Le lien entre les performances linguistiques et mathématiques dans différents domaines de contenu

### Résumé

La relation entre les performances linguistiques et mathématiques a été examinée pour les élèves de troisième année par rapport à deux masses linguistiques et trois domaines de contenu mathématique ( $N = 215$ ). Pour les deux masses linguistiques, des corrélations considérables ont été trouvées avec les performances dans les tâches de textes mathématiques, mais aussi avec les tâches géométriques iconiques relativement pauvres en langue. Il est clair que les corrélations connues entre les performances linguistiques et mathématiques devraient être analysées de manière plus approfondie en ce qui concerne la conception des tâches, mais aussi en ce qui concerne le domaine du contenu mathématique, afin de pouvoir développer un potentiel correspondant de soutien et d'encouragement à l'apprentissage conscient des langues et axé sur les matières ou le contenu.

**Mots-clés :** Enseignement des mathématiques sensible à la langue ; compétence mathématique ; exigences linguistiques ; domaines de contenu ; école primaire

## Il collegamento tra le prestazioni linguistiche e matematiche

### Riassunto

Il rapporto tra prestazioni linguistiche e matematiche è stato esaminato per gli alunni del terzo anno in relazione a due abilità linguistiche e tre aree di contenuto matematico ( $N = 215$ ). Per entrambe le abilità linguistiche, sono state trovate considerevoli correlazioni con le prestazioni in compiti di testo matematico, ma anche con compiti geometrici iconici e relativamente poveri di lingua. È chiaro che le correlazioni note tra prestazioni linguistiche e matematiche dovrebbero essere analizzate in modo più approfondito per quanto riguarda la progettazione dei compiti, ma anche per quanto riguarda l'area dei contenuti matematici, al fine di poter sviluppare un corrispondente potenziale di supporto e incoraggiamento all'apprendimento focalizzato sul linguaggio e sul contenuto.

**Parole chiave:** Insegnamento della matematica sensibile alle lingue; competenza matematica; requisiti linguistici; contenuto; scuola primaria

## The connection between linguistic and mathematical performance in different content areas

### Summary

The relationship between linguistic and mathematical performance was examined for third-year pupils with regard to two language measures and three mathematical content areas ( $N = 215$ ). For both language measures, considerable correlations were found with the performance in mathematical text tasks, but also with relatively language-poor, iconic geometric tasks. It becomes clear that known correlations between linguistic and mathematical performance should be analyzed in greater depth with regard to the task design, but also with regard to the mathematical content area, in order to be able to develop a corresponding potential for language-conscious and subject- or content-focused learning support and encouragement.

**Keywords:** Language-sensitive mathematics teaching; mathematical competence; language requirements; content areas; primary school

**Esther Brunner**, Prof. Dr., Leiterin Professur Mathematikdidaktik und Dozentin für Mathematikdidaktik, Pädagogik und Sonderpädagogik an der PHTG. Schwerpunkte Forschungsgebiete: Beweisen, mathematisches Argumentieren; Qualität des Mathematikunterrichts; Mathematikunterricht in unterschiedlichen Kontexten, frühe mathematische Bildung, sprachsensibler Mathematikunterricht.

Pädagogische Hochschule Thurgau, Unterer Schulweg 3, CH-8280 Kreuzlingen  
E-Mail: esther.brunner@phtg.ch

**Felix Bernet**, BA Primary Education; Ausbildung zum Primarlehrer, Studium MA Schulentwicklung, akademischer Mitarbeiter Erziehungswissenschaft an der PH Weingarten. Schwerpunkte: Sprachsensibler Mathematikunterricht, Digitalisierung.

Pädagogische Hochschule Weingarten, Kirchplatz 2, D-88250 Weingarten  
E-Mail: felix.bernet@ph-weingarten.de

**Stephan Nännny**, MAS Deutschdidaktik; Ausbildung zum Primarlehrer, langjährige Unterrichtstätigkeit auf der Primar- und Sekundarstufe, Nachdiplomstudium Deutschdidaktik. Dozent Deutschdidaktik in der Aus- und Weiterbildung an der PHTG. Schwerpunkte: Grammatik- und Rechtschreibdidaktik, Schreibdidaktik, Lehrplan 21, Sprachstandsanalyse bei Schülerinnen und Schülern mit Deutsch als Zweitsprache.

Pädagogische Hochschule Thurgau, Unterer Schulweg 3, CH-8280 Kreuzlingen  
E-Mail: stephan.naenny@phtg.ch