



# Sprachentwicklungsstörungen und arithmetische Verarbeitungsleistungen\*

## Developmental Language and Arithmetical Processing

Andreas Mayer, Maximilian Hamann

### Zusammenfassung

**Hintergrund:** In der angloamerikanischen Forschungsliteratur finden sich zahlreiche Hinweise darauf, dass sich sprachentwicklungsgestörte Kinder im Fach Mathematik nicht nur durch Schwierigkeiten beim Erwerb des Fachwortschatzes und dem Lösen von Textaufgaben, sondern auch im Bereich der arithmetischen Verarbeitung charakterisieren lassen.

**Fragestellung:** (1) Welche spezifischen Zusammenhänge zwischen verschiedenen sprachlichen Teilkompetenzen und der arithmetischen Verarbeitung lassen sich bei deutschsprachigen Kindern nachweisen?

(2) In welchen Bereichen der arithmetischen Verarbeitung haben sprachentwicklungsgestörte Kinder die größten Schwierigkeiten?

**Methodik:** Eine Stichprobe aus  $n=76$  sprachentwicklungsgestörten Kindern und 26 sprachlich unauffälligen Kindern wurde sowohl hinsichtlich sprachlicher Fähigkeiten (Sprachverständnis, Wortschatz, Grammatik) als auch bezüglich der arithmetischen Verarbeitung (Zahlverarbeitung und Rechnen) überprüft. Die Daten wurden mit Hilfe von Korrelations- und Regressionsanalysen sowie t-Tests für unabhängige Stichproben analysiert.

**Ergebnisse:** Die stärksten Zusammenhänge lassen sich zwischen lexikalischen Fähigkeiten und dem Sprachverständnis sowie dem Rechnen nachweisen. Sprachentwicklungsgestörte Kinder haben besondere Schwierigkeiten mit dem Erwerb mathematischen Faktenwissens.

**Schlussfolgerungen:** Sprachentwicklungsgestörte Kinder benötigen einen spezifisch akzentuierten Mathematikunterricht, der insbesondere auf ihre Schwierigkeiten im Bereich des mathematischen Faktenwissens Rücksicht nimmt.

### Schlüsselwörter

Sprachentwicklungsstörungen, Mathematik, arithmetische Verarbeitung, Zahlverarbeitung, Rechnen

### Abstract

**Background:** Anglo-American research points to the fact that children with developmental language disorders also show reduced mathematical skills. Their difficulties not only refer to language-based demands such as acquisition of specific terminology or solving mathematical word problems but also relate to specific arithmetical processing.

**Aims:** (1) Which specific relationships can be established between different verbal skills and arithmetical processing in German children?

(2) Which components in arithmetical processing raise the most serious difficulties for children with developmental language disorders?

**Methods:** A sample of  $n=76$  children with developmental language disorders and a control-group of  $n=26$  children were assessed regarding specific language skills (i.e. comprehension, vocabulary, grammar) as well as arithmetical processing skills (i.e. number processing, calculation). Data analysis included correlational and regression analysis and t-tests on independent samples.

**Results:** The strongest correlations were found between lexical skills and listening comprehension and calculational skills. Children with developmental language disorders show distinct difficulties acquiring automatic mathematical fact knowledge.

**Conclusion:** Children with developmental language disorders require specific adjustments in their mathematical education. Notably, their difficulties acquiring mathematical fact knowledge have to be considered.

### Keywords

Developmental language disorders, Mathematics, arithmetical processing, number processing, calculation

\* Dieser Beitrag hat das Double-Blind-Peer-Review-Verfahren durchlaufen.

## 1 Einleitung

Die schulische Sprachheilpädagogik im deutschsprachigen Raum fokussiert die Schwierigkeiten sprachentwicklungsgestörter Kinder und Jugendlicher beim Erwerb und der spontansprachlichen Anwendung produktiven und rezeptiven linguistischen Wissens sowie potenzielle schulische Lernschwierigkeiten im Zusammenhang mit lexikalischen und allgemein rezeptiven sprachlichen Einschränkungen, da diese Probleme die Aneignung und Wiedergabe schulischer Lern- und Bildungsinhalte in besonderem Maße erschweren. Im Vordergrund steht üblicherweise der Fachbereich Deutsch, in der Primarstufe insbesondere die Notwendigkeit einer spezifischen Akzentuierung des Schriftspracherwerbs. Während das Fach Mathematik insbesondere von Lehrkräften in der schulischen Praxis lange Zeit eher als sprachfreies Fach wahrgenommen wurde, das sprachentwicklungsgestörte Schüler:innen nicht vor wesentlich mehr Problemen stellen sollte als andere Kinder, wird der Mathematikunterricht aktuell als „vollumfänglicher Sprachunterricht mit hohen fachwissenschaftlichen, fachsprachlichen und umgangssprachlichen Anteilen“ (Berg, Sallat, Ullrich & Werner, 2016, S. 255) interpretiert. Mögliche Schwierigkeiten in diesem Lernbereich sowie Unterstützungsangebote für sprachlich beeinträchtigte Kinder und Jugendliche werden von der Sprachheilpädagogik primär aus der Perspektive der Aneignung fach- und bildungssprachlicher Register sowie dem Lösen von Textaufgaben diskutiert, wobei diese Probleme eher das Resultat lexikalischer Schwierigkeiten sowie eines beeinträchtigten Textverständnisses sprachentwicklungsgestörter Schüler:innen darstellen und nicht zwingend im Zusammenhang mit arithmetischen Schwierigkeiten stehen müssen.

Auch die Sprachheilpädagogen Lüdtke und Stitzinger (2017) betonen im Zusammenhang mit Barrieren beim Erwerb mathematischer Einsichten die Schwierigkeiten bei der Aneignung und dem Verstehen des Fachvokabulars und der spezifischen Syntax der Mathematik sowie lexikalische und grammatische Probleme im Kontext von Textaufgaben. Aus einer sprachheilpädagogischen Per-

spektive ist dies nachvollziehbar, da die Weiterentwicklung sprachlicher Fähigkeiten und das Verstehen der Fachsprache in der Mathematik, wie in jedem anderen Fach auch, eine zentrale Funktion bei der Aneignung schulischer Lern- und Bildungsinhalte einnimmt. Kinder und Jugendliche müssen im Fach Mathematik eine erstaunlich große Anzahl an neuen Wörtern verstehen und anwenden lernen, wobei es sich entweder um völlig neue Wörter (z. B. Multiplikation, Summe, Quotient) handelt, um Wörter, die in der Alltagssprache selten vorkommen (z. B. vermindern, hinzufügen, vermehren) oder um Wörter, die im Kontext der Mathematik eine im Vergleich zur Alltagssprache andere Bedeutung erhalten (z. B. der Schenkel des Winkels, spitz und stumpf im Zusammenhang mit Winkeln). „Die Fachsprache der Mathematik ist mit einer Fremdsprache zu vergleichen, die neu erlernt werden muss“ (Lüdtke & Stitzinger, 2017, S. 78). Da die Probleme mit der Speicherung und dem Abruf von Einträgen aus dem mentalen Lexikon zu den Kernsymptomen sprachentwicklungsgestörter Kinder gehören, ist zu erwarten, dass sie auch Schwierigkeiten mit dem Auf- und Ausbau des mathematischen Fachvokabulars haben.

Insbesondere im angloamerikanischen Raum werden aber seit etwa 20 Jahren zahlreiche Forschungsergebnisse publiziert, die nahelegen, dass sprachentwicklungsgestörte Kinder im Vergleich zu sprachlich unauffälligen Kindern auch im Bereich der arithmetischen Verarbeitung, insbesondere beim Erwerb der Rechenfertigkeit benachteiligt sind. Was die spezifischen Zusammenhänge zwischen dem Entwicklungsstand auf den verschiedenen Sprachebenen und den Teilbereichen der arithmetischen Verarbeitung (Zahlverarbeitung und Rechnen, s. Kap. 2.2) sowie die Frage angeht welche Komponenten der arithmetischen Verarbeitung bei sprachentwicklungsgestörten Kindern besonders beeinträchtigt sind, liegen unseres Wissens im deutschsprachigen Raum bislang keine gesicherten Erkenntnisse vor. Diese Forschungslücke zu schließen, verfolgte das Projekt „Arithmetische Verarbeitungsschwierigkeiten sprachentwicklungsgestörter Kinder“ (Hamann, 2022), über dessen Ergebnisse im Folgenden berichtet wird.

## 2 Theoretische Positionierung

### 2.1 Zum Begriff der arithmetischen Verarbeitung

Was den Mathematikunterricht in der Primarstufe angeht, werden den Empfehlungen der Kultusministerkonferenz (KMK, 2022) zu Folge prozessbezogene (Modellieren, Kommunizieren, Argumentieren, Problemlösen) und inhaltsbezogene Kompetenzen („Zahlen und Operationen“, „Raum und Form“, „Größen und Messen“ sowie „Daten und Zufall“) unterschieden. Der in diesem Beitrag fokussierte Kompetenzbereich „Zahlen und Operationen“ umfasst den „Aufbau von und den verständnisorientierten Umgang mit Vorstellungen zu Zahlen und Operationen sowie deren Beziehungen zueinander ebenso wie das sichere Addieren, Subtrahieren, Multiplizieren und Dividieren unter sinntragender und flexibler Nutzung von Rechenstrategien, Rechengesetzen und Kontrollverfahren“ (KMK 2022, S. 13). Dabei ist zu betonen, dass die häufige Gleichsetzung der Arithmetik mit dem Begriff des Rechnens zu kurz greift, da sich die Arithmetik zum einen allgemein mit Zahlen sowie den Verknüpfungen von Zahlen nach bestimmten Regeln (Grube, 2006), zum anderen aber auch mit den unterschiedlichen Grundrechenarten, Rechenstrategien und Rechengesetzen befasst. Entsprechend definieren Landerl, Vogel, und Kaufmann (2022, S. 11) den Begriff der arithmetischen Verarbeitung (z.T. auch als numerische Kognition bezeichnet) als „all jene Denkprozesse, die mit dem Verstehen und Verarbeiten von Zahlen (gesprochene Zahlwörter, geschriebene arabische Zahlen) sowie mit dem Ausführen von Rechenoperationen (mental im Sinne von Kopfrechnungen oder beim schriftlichen Rechnen) zu tun haben.“ Die Autorinnen differenzieren damit zwischen der Zahlverarbeitung (= basisnumerische Verarbeitung) und dem Rechnen. Da die Zahlverarbeitung für zahlreiche Aspekte des Rechnens eine Voraussetzung darstellt, sprechen Landerl et al. (2022, S. 16) in diesem Zusammenhang auch von „grundlegenden numerischen Fertigkeiten“.

### 2.2 Komponenten der arithmetischen Verarbeitung

In der Definition der arithmetischen Verarbeitung von Landerl et al. (2022) ist bereits angeklungen, dass sich die

Zahlverarbeitung aus unterschiedlichen Teilkompetenzen zusammensetzt. Vergleichbar werden für das Rechnen verschiedene Wissensaspekte unterschieden (Delazer et al., 2013).

### 2.2.1 Zahlverarbeitung

Der Zahlverarbeitung werden folgende Komponenten zugeordnet:

- Erlernen von Zählfertigkeiten und das Verstehen der Zählprinzipien (Erwerb der Zahlwörter, Nicht-Veränderbarkeit der Reihenfolge der Zahlen beim Zählen, Zuordnung eines Zahlwortes zu genau einem Objekt [= 1:1 Prinzip], das zuletzt genannte Zahlwort entspricht der Mächtigkeit der Menge [= Kardinalprinzip]) (Gelman & Gallistel, 1978; Krauthausen, 2018).
- Verständnis für das dekadische Zahlensystem (jeweils 10 Elemente einer bestimmten Größe werden zur nächstgrößeren Einheit gebündelt).
- Wissen dass mehrstellige Zahlen sowohl durch eine multiplikative als auch eine additive Regel verknüpft werden ( $547 = 5 \times 100 + 4 \times 10 + 7 \times 1$ ).
- Kenntnis des Inversionsprinzips: die Reihenfolge der geschriebenen arabischen Zahl (z. B. 24) stimmt nicht mit der Reihenfolge im gesprochenen Zahlwort (**vierundzwanzig**) überein.
- Fähigkeit zum Transkodieren: Umwandlung eines Zahlworts (z. B. „siebzehn“) in eine visuell-arabische Form (z. B. „17“) und umgekehrt.
- Entwicklung einer ungefähren Vorstellung zur Zahlsemantik
- Einschätzung der ungefähren Mächtigkeit von Mengen

### 2.2.2 Rechnen

- *konzeptuelles* Wissen: Entwicklung einer Vorstellung für das einer Rechenoperation zugrunde liegende mathematische Konzept (Sokol, Scott, McCloskey, Cohen & Alimnosa, 1991). Das Lösen von Sachaufgaben mit entsprechenden Angaben und die korrekte Interpretation der Ergebnisse gelingen bspw. erst, wenn das hinter diesen Begriffen stehende Konzept verstanden wurde. Wenn Schüler:innen das Konzept der Multiplikation nicht verstanden haben, dann werden sie zwar möglicherweise Einmaleinsaufgaben mechanisch lösen können, eine Sachsituation, wie „Maximilian kauft sich sieben Big Mac zu je 3 €“, wird aber

nicht in eine mathematische Situation mit der entsprechenden Multiplikationsaufgabe umgewandelt werden können.

- *prozedurales* Wissen: Kenntnis der Lösungswege, der Vorgehensweise bei einer Rechenoperation, wie der Addition und Subtraktion mit Zehnerübergang, dem schriftlichen Multiplizieren oder Dividieren (das „Wie des Rechnens“, Anderson & Krathwohl, 2001)
- *deklaratives* Wissen bzw. arithmetisches Faktenwissen: Aufgaben und deren Lösungen, die im Langzeitgedächtnis vermutlich in sprachlicher Form abgespeichert und automatisiert, d. h. ohne bewusste kognitive Anstrengung abrufbar sind (Delazer et al., 2003; Grube, 2006).

### 2.3 Forschungsstand

Mit wenigen Ausnahmen wurden die Zusammenhänge zwischen Sprache und der arithmetischen Verarbeitung sowie die spezifischen Schwierigkeiten sprachentwicklungsgestörter Kinder beim Erwerb und der Anwendung arithmetischen Wissens im angloamerikanischen Raum untersucht (Durkin, Mok & Conti-Ramsden, 2013; Donlan, Cowan, Newton & Lloyd, 2007; Fazio, 1994; 1996; 1999; Harrison, McLeod, Berthelsen & Walker, 2009; Koponen, Mononen, Räsänen & Ahonen, 2006; Nys, Content & Leybaert, 2013). Im deutschsprachigen Raum fokussieren Beiträge zu mathematischen Lernschwierigkeiten sprachentwicklungsgestörter Kinder allgemein die Bedeutung des Mediums Sprache im Kontext der Vermittlung mathematischer Kompetenzen, mögliche Barrieren beim Erwerb und der Anwendung bildungs- und fachsprachlicher Register (Schröder & Ritterfeld, 2014; Hamann & Mayer, 2019; Lüdtke & Stitzinger, 2017) sowie die Rolle des Arbeitsgedächtnisses im Zusammenhang mit sprachlichem und mathematischem Lernen (Röhm, Viesel-Nordmeyer, Starke, Lüke & Ritterfeld, 2022).

#### *Arithmetische Schwierigkeiten sprachentwicklungsgestörter Kinder*

Durkin et al. (2013) dagegen untersuchten im Rahmen der Manchester Längsschnittstudie die rezeptiven und expressiven sprachlichen Fähigkeiten sowie die arithmetischen Verarbeitungsleistungen 229 sprachentwicklungsgestörter Kinder sowohl zum Zeitpunkt der Feststel-

lung der sprachlichen Beeinträchtigung im Alter von sieben Jahren als auch ein Jahr später. Die teilnehmenden Kinder schnitten bei normierten Überprüfungen arithmetischer Fähigkeiten trotz höchstsignifikanter individueller Fortschritte, was die Anzahl korrekt gelöster Aufgaben angeht, zu beiden Messzeitpunkten etwas mehr als eine Standardabweichung unter dem Mittelwert der Normierungsstichprobe ab. Bei mehr als zwei Drittel sprachentwicklungsgestörter Kinder konnte im Alter von sieben und acht Jahren eine unterdurchschnittliche Leistung nachgewiesen werden. Trotz individueller Leistungsfortschritte muss für die Gesamtgruppe von einer Verschlechterung mathematischer Fähigkeiten ausgegangen werden, da im Alter von acht Jahren im Vergleich zum ersten Messzeitpunkt mehr als doppelt so viele Kinder Leistungen von mehr als zwei SD unter dem Mittelwert erreichten.

Selbst nach Kontrolle der kognitiven Fähigkeiten erklärten die sprachlichen Fähigkeiten knapp 20 % der Unterschiede im Bereich der Zahlverarbeitung und des Rechnens. Ein Vergleich der standardisierten Regressionskoeffizienten legt nahe, dass der Einfluss sprachlicher Kompetenzen größer ist als derjenige der nonverbalen kognitiven Fähigkeiten ( $\beta = .18$  vs.  $\beta = .50$ ). Der besondere Einfluss sprachlicher Fähigkeiten auf mathematische Fähigkeiten kann auch aus einer Entwicklungsperspektive belegt werden. Die Autor:innen konnten zeigen, dass die Fortschritte im sprachlichen Bereich zwischen den beiden Messzeitpunkten in engem Zusammenhang mit der Entwicklung arithmetischer Verarbeitungskompetenzen stehen. Je größer die sprachlichen Fortschritte ausfallen, desto weniger wahrscheinlich ist ein Absinken der normierten Vergleichswerte im Bereich der Zahlverarbeitung.

#### *Entwicklung arithmetischer Fähigkeiten sprachentwicklungsgestörter Kinder*

Die Schwierigkeiten sprachentwicklungsgestörter Kinder im Fach Mathematik wurden von Fazio (1994, 1996, 1999) im Rahmen einer Längsschnittstudie über fünf Jahre untersucht. Die Autorin verglich eine Gruppe sprachentwicklungsgestörter Kinder zwischen dem letzten Vorschuljahr und der fünften Klasse u. a. mit einer sprachlich unauffälligen Kontrollgruppe gleichen Alters hinsichtlich einiger mathematischer Kompetenzen. Während sprach-

entwicklungsgestörte Vorschulkinder im Vergleich zur Kontrollgruppe spezifische Schwierigkeiten mit dem Erwerb der Phonologie der Zahlwörter und der Automatisierung der Zahlenfolge hatten, schienen sie gleichzeitig die Zählprinzipien (z. B. Kardinalprinzip, 1:1 Prinzip, s. 2.2.1) verstanden zu haben. Dafür, dass dieser Problematik tatsächlich ein sprachliches und kein konzeptuelles Problem zugrunde liegt, spricht das Ergebnis einer eigens für die Studie entwickelten gestischen Zählaufgabe. Diese war so konstruiert, dass die Anzahl einer Menge bestimmt werden sollte, indem in einer festgelegten Reihenfolge auf Körperteile gezeigt werden musste (z. B. Kopf, Auge, Nase, Mund, Schulter ...) und das zuletzt gezeigte Körperteil der Mächtigkeit der Menge entsprach (= Kardinalprinzip). Im Vergleich zum mündlichen Zählen waren die Schwierigkeiten sprachentwicklungsgestörter Kinder bei dieser Aufgabe deutlich weniger ausgeprägt (Fazio 1994).

Die frühen Schwierigkeiten mit der Automatisierung der Zahlenfolge spiegeln sich zwei Jahre später bei Überprüfungen der Rechenfähigkeiten in der zweiten Klasse wider (Fazio, 1996). Alle teilnehmenden Schüler:innen wurden zu diesem Zeitpunkt in allgemeinbildenden Schulen unterrichtet. Obwohl es auch sprachentwicklungsgestörten Kindern nun problemlos gelang, die Zahlenfolge bis 20 zu automatisieren, hatten sie besondere Probleme bei der Speicherung und/oder dem automatisierten Zugriff auf einfache Additionsaufgaben im Zahlenraum bis 20. Zum Zeitpunkt des letzten Teils der Studie, als die Probanden die fünfte Klasse besuchten (Fazio, 1999), konnten vergleichbare Ergebnisse ermittelt werden. Sprachentwicklungsgestörte Kinder begingen sowohl beim Lösen von Additions- und Subtraktionsaufgaben im Zahlenraum bis 100 mit Zehnerübergang unter Zeitdruck als auch beim Abruf mathematischen Faktenwissens deutlich mehr Fehler als die Kontrollgruppe. Zum anderen wandten sie deutlich häufiger ineffiziente Zählstrategien beim Lösen der Aufgaben an. Die Leistungen der Gruppe sprachentwicklungsgestörter Kinder verbesserten sich deutlich, wenn ihnen ausreichend Zeit für die Lösung der Aufgaben zur Verfügung gestellt wurde. Da dieser Effekt für die Kontrollgruppe nicht nachgewiesen werden konnte und die Experimentalgruppe offensichtlich auch die Zähl-

prinzipien verstanden haben, kann davon ausgegangen werden, dass diese zwar über konzeptuelles arithmetisches Wissen verfügen, sich aber gleichzeitig durch spezifische Schwierigkeiten mit der Speicherung und/oder dem automatisierten Zugriff auf die im mentalen Lexikon sprachlich gespeicherten mathematischen Fakten (= deklaratives Wissen) charakterisieren lassen.

#### *Spezifische Schwierigkeiten sprachentwicklungsgestörter Kinder im Bereich des deklarativen Wissens*

Donlan et al. (2007) verglichen 48 sprachentwicklungsgestörte Kinder im Alter von acht Jahren u. a. sowohl mit einer Gruppe gleichaltriger sprachlich unauffälliger Kinder (n=55) als auch mit einer Gruppe jüngerer in Bezug auf den Sprachentwicklungsstand parallelierter Kinder (n=55) hinsichtlich konzeptuellen und deklarativen arithmetischen Wissens sowie der Zahlverarbeitung. Sprachentwicklungsgestörte Kinder schnitten im Vergleich zur altersparallelierten Kontrollgruppe bei allen Aufgabenstellungen (Zählen, Lösen von Additions- und Subtraktionsaufgaben im Zahlenraum bis 20, Verständnis des Stellenwertsystems) signifikant schlechter ab. Beispielsweise waren 40 % der sprachentwicklungsgestörten Schüler:innen, aber nur 4 % der sprachlich unauffälligen Kinder desselben Alters, nicht in der Lage fehlerlos bis 20 zu zählen. Die Bedeutung des automatisierten Beherrschens der Zahlfolge konnte durch weitere Analysen unterstrichen werden, da Unterschiede im Bereich der Rechenfähigkeit und des Verständnisses des Stellenwertsystems vollständig durch die Zählfertigkeit erklärt werden konnten. Im Gegensatz dazu erzielte die Gruppe sprachentwicklungsgestörter Schüler:innen bei Überprüfungen des konzeptuellen Wissens vergleichbare Leistungen wie die sprachlich unauffällige Kontrollgruppe gleichen Alters. Den Autor:innen zufolge erschweren Defizite in der Verarbeitung sprachlicher Informationen insbesondere den Erwerb und die Automatisierung der Zahlenfolge, was sich negativ auf prozedurale und deklarative basisnumerische Fähigkeiten und die Zahlverarbeitung, aber nicht zwingend auf das konzeptuelle Wissen auswirken kann. Offensichtlich entwickelt sich das konzeptuelle Wissen weitgehend unabhängig von der Zahlverarbeitung und dem deklarativen Wissen, was vergleichbar zu

den Ergebnissen von Fazio (1999) dafür spricht, dass das konzeptuelle Wissen bei sprachentwicklungsgestörten Kindern im Vergleich zum deklarativen Wissen in deutlich geringerem Ausmaß beeinträchtigt zu sein scheint. In ähnlicher Weise lassen sich die Ergebnisse von Nys et al. (2013) interpretieren, die zum einen die spezifischen Schwierigkeiten im Bereich des deklarativen Wissens belegen konnten, während das der Zahlverarbeitung zugeordnete Wissen zur Zahlsemantik (Schätzen von Mengen und des Ergebnisses von Rechenaufgaben) im Vergleich mit einer altersparallelierten Kontrollgruppe zwar geringer ausfiel, wobei diese Unterschiede aber durch die kognitiven Fähigkeiten erklärt werden konnten.

Die Schwierigkeiten von Schüler:innen mit lexikalischen Beeinträchtigungen im Bereich basisnumerischer Fähigkeiten wurden für den deutschsprachigen Raum ein erstes Mal von Steffens (2015) untersucht. Dabei wurden die teilnehmenden Schüler:innen der zweiten Klasse auf der Basis einer normierten Überprüfung des expressiven Wortschatzes (Glück, 2011) in eine Gruppe lexikalisch gestörter Kinder (n=28) und eine Kontrollgruppe mit durchschnittlichen lexikalischen Fähigkeiten (n=22) eingeteilt. Die nonverbale Intelligenz (Melchers & Preuß, 2009), die Kapazität der phonologischen Schleife (Melchers & Preuß, 2009) sowie die basisnumerischen Kompetenzen (Kaufmann et al., 2009) wurden mit normierten Testverfahren überprüft. Sowohl im Bereich der Zahlverarbeitung als auch im Bereich des Rechnens schnitt die Gruppe lexikalisch gestörter Kinder signifikant schlechter ab als die Kontrollgruppe. Im Vergleich mit der Kontrollgruppe lagen die Werte für die Gruppe lexikalisch gestörter Kinder im Bereich der Zahlverarbeitung um etwa 0,7 Standardabweichungen, im Bereich des Rechnens um 1,2 Standardabweichungen unter den Ergebnissen der Kontrollgruppe.

Die Bedeutung lexikalischer Fähigkeiten für den Erwerb mathematischer Kompetenzen konnte durch hierarchische Regressionsanalysen bestätigt werden. Der expressive Wortschatz konnte selbst nach Berücksichtigung der nonverbalen Intelligenz und der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses 24 % der Unterschiede in der Rechenfertigkeit und 12 % der Unterschiede in der Zahlverarbeitung erklären.

In den letzten fünf Jahren wurden von einer Arbeitsgruppe der TU Dortmund Forschungsergebnisse zu den Zusammenhängen zwischen sprachlichen Kompetenzen, der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses und dem mathematischen Entwicklungsstand publiziert (Röhm, 2020; Röhm et al., 2022; Röhm, Starke, & Ritterfeld, 2017). Zusammengefasst konnten die Autor:innen u. a. deutlich machen, dass sprachentwicklungsgestörte Kinder in der ersten Klasse deutlich schlechtere Rechenleistungen erzielten als sprachlich unauffällige Kinder und dass lexikalische Fähigkeiten sowie die Kapazität der phonologischen Schleife v. a. die Entwicklung des Zahlwortwissens und des Zahlverständnisses beeinflussen, während grammatische Fähigkeiten in einem besonders engen Zusammenhang mit mathematischen Basiskompetenzen wie der Zahlzerlegung und Textaufgaben standen. Was das deklarative mathematische Faktenwissen angeht, konnte ein – wenn auch geringer – Einfluss lexikalischer Fähigkeiten belegt werden.

### 3 Fragestellungen

In der internationalen Forschungsliteratur lassen sich bereits zahlreiche Belege für die arithmetischen Schwierigkeiten sprachentwicklungsgestörter Kinder finden. In der vorliegenden Studie sollte nun die weiterführende Fragestellung beantwortet werden, welche sprachstrukturellen Komponenten (Grammatik, Wortschatz, Sprachverständnis) einen besonders starken Einfluss auf die basisnumerische Verarbeitung haben. Darüber hinaus sollen die unseres Wissens ausschließlich im angloamerikanischen Raum untersuchten Schwierigkeiten sprachentwicklungsgestörter Kinder beim Erwerb arithmetischer Kompetenzen für den deutschsprachigen Raum spezifiziert werden.

- (1) Welche Zusammenhänge lassen sich zwischen sprachlichen Fähigkeiten auf unterschiedlichen Ebenen und arithmetischen Verarbeitungskompetenzen nachweisen?
- (2) Welche Unterschiede lassen sich in den arithmetischen Verarbeitungsleistungen zwischen sprachlich normal entwickelten Kindern (SNK) und Kindern mit Sprachentwicklungsstörungen (KSES) nachweisen? In welchen Teilbereichen der arithmetischen Verarbeitung haben sprachent-

wicklungsgestörte Kinder die größten Schwierigkeiten?

## 4 Darstellung der Methode

### 4.1 Untersuchungsdesign und Stichprobe

Zur Beantwortung der Forschungsfragen konnten insgesamt N=102 Schüler:innen zwischen 7;8 und 10;11 Jahren (MW = 8;8 Jahre, SD= 0,73, 57 % männlich) aus zwei Grundschulen (n=48) und vier Sonderpädagogischen Förderzentren (n=54) gewonnen werden. Aufgrund unterdurchschnittlicher nonverbaler kognitiver Fähigkeiten wurden zehn Kinder aus der Untersuchung ausgeschlossen, sodass sich die im vorliegenden Beitrag dokumentierten Ergebnisse der Inferenzstatistik auf die Daten von n=92 Kinder stützen.

Die Datenerhebung wurde von Studierenden der Sprachheilpädagogik durchgeführt, die im Rahmen eines Forschungsseminars im Detail mit der Durchführung und Auswertung der Verfahren vertraut gemacht wurden. Die Überprüfungen nahmen pro Kind etwa 90 Minuten in Anspruch. Sie wurden auf zwei Tage aufgeteilt und wurden während des Unterrichtsvormittags in einem ruhigen Nebenraum der Schule in der Einzelsituation durchgeführt. An der Studie nahmen ausschließlich Schüler:innen teil, von denen eine Einverständniserklärung der Erziehungsberechtigten vorlag, in der über die Freiwilligkeit der Teilnahme, die Berücksichtigung der DSGVO sowie die Anonymität der Auswertung informiert wurde.

Um die Zusammenhänge zwischen den arithmetischen Verarbeitungskompetenzen und den sprachlichen Fähigkeiten ermitteln zu können, wurden alle Kinder mittels normierter Testverfahren hinsichtlich ihrer lexikalischen und morphologischen Fähigkeiten sowie des Sprachverständnisses überprüft. Darüber hinaus wurde eine differenzierte Erfassung der Zahlverarbeitung und des Rechnens vorgenommen. Um weitere mögliche Einflussfaktoren auf die arithmetischen Verarbeitungskompetenzen kontrollieren zu können, wurden die Kapazität des phonologischen Kurzzeitgedächtnisses, die Benennungsgeschwindigkeit (RAN) und die nonverbalen kognitiven Fähigkeiten erfasst. Auf der Grundlage des Abschneidens bei den sprachlichen Überprüfungen wurde die Gesamt-

gruppe für die inferenzstatistischen Analysen in eine Teilgruppe sprachlich normal entwickelter Kinder (SNK, n=26) und eine Teilgruppe sprachentwicklungsgestörter Kinder (KSES, n=66) aufgeteilt. Ein Kind wurde der KSES-Gruppe zugeordnet, wenn es in mindestens einer sprachlichen Überprüfung (Wortschatz, Grammatik, Sprachverständnis) einen Wert von mehr als einer Standardabweichung unter dem Mittelwert erzielte.

### 4.2 Eingesetzte Testverfahren

#### 4.2.1 Überprüfung sprachlicher Kompetenzen

Der Wortschatzumfang wurde mittels des Wortschatz- und Wortfindungstests für 6- bis 10-Jährige (WWT 6-10, Glück, 2011), einem normierten Test zur Erfassung lexikalischer Fähigkeiten von Kindern im Alter von 5;6 bis 10;11 Jahren erhoben.

Für die vorliegende Studie wurden der produktive und rezeptive Wortschatz mit Hilfe der PC-gestützten altersspezifischen Kurzformen der Subtests „WWT expressiv“ und „WWT rezeptiv“ erfasst. Die Überprüfung des produktiven Wortschatzes umfasst ein Set von 40 graphisch dargestellten Testitems, die von den Kindern benannt werden müssen. Beim „WWT rezeptiv“ handelt es sich um eine Aufgabenstellung, die dieselben 40 Items verwendet, aber bei der Durchführung lediglich die Items berücksichtigt, die im „WWT expressiv“ nicht korrekt benannt wurden. Dem Kind werden die Zielitems mündlich präsentiert und es hat die Aufgabe, aus vier Alternativen auf das Bild zu zeigen, das mit dem vorgegebenen Wort korrespondiert. Die Reliabilität des Verfahrens liegt für die Kurzformen des WWT mit Cronbachs  $\alpha = .84 - .89$  in einem zufriedenstellenden Rahmen, die aber zum oberen Altersende hin deutlich abnimmt ( $\alpha = .45 - .58$ ).

Zur Überprüfung des Sprachverständnisses wurde der TROG-D (Fox-Boyer, 2020) eingesetzt, der bei Kindern im Alter von 3;0 bis 10;11 überprüft, welche lexikalischen und grammatischen Strukturen des Deutschen dekodiert werden können. Das Aufgabenformat besteht aus einer Bildauswahlaufgabe, bei der das Kind zu einem vorgeschprochenen Satz aus vier Bildalternativen das am besten passende auswählen muss. Die drei Ablenkerbilder unterscheiden sich vom Zielsatz in grammatischer oder semantischer Hinsicht nur minimal, sodass es für die korrekte Lösung eines Items notwen-

dig ist, den Satz in grammatischer und lexikalischer Hinsicht exakt verstehen zu können. Die interne Konsistenz des Verfahrens liegt mit Cronbachs  $\alpha = .90$  in einem sehr guten Bereich. Dasselbe gilt für die Überprüfung der Reliabilität mit der split-half Methode ( $r = .91$ ).

Die grammatischen Fähigkeiten wurden mit Hilfe der für Kinder zwischen 4;0 und 8;11 normierten ESGRAF 4-8 (Motsch & Rietz, 2019) überprüft. Im Rahmen der hier dokumentierten Studie wurde ausschließlich der Subtest durchgeführt, der eine Aussage über den Entwicklungsstand im Bereich der Kasusmorphologie (Dativ und Akkusativ in der Präpositional- und Nominalphrase) ermöglicht. Die Reliabilität, ermittelt über die split-half-Methode und eine Homogenitätsanalyse liegt für den Bereich Kasus mit Werten zwischen  $r = .79$  (Akkusativ) und  $.93$  (Dativ) in einem guten bis sehr guten Bereich. In einem nicht zufriedenstellenden Bereich liegt lediglich der mittels der Retestmethode ermittelte Reliabilitätskoeffizient für den Akkusativ ( $r = .25$ ).

#### 4.2.2 Überprüfung der arithmetischen Verarbeitung

Zur differenzierten Erfassung arithmetischer Verarbeitungsfähigkeiten diente der von Kaufmann et al. (2009) entwickelte TEDI-MATH, der in seiner theoretischen Grundlegung zwischen der Zahlverarbeitung und der Rechenfähigkeit differenziert.

Die Überprüfungen im Bereich der Zahlverarbeitung erfassen z.B. die Fähigkeit, Zahlwörter (z.B. einundachtzig vs. achtzehn) bzw. Zahlen in arabischer Notation (z.B. 81 vs. 18) hinsichtlich ihrer Größe zu unterscheiden. Das Verständnis für das dekadische Stellenwertsystem wird überprüft, in dem zwei- und dreistellige Zahlen mit Plättchen unterschiedlicher Größe, die unterschiedliche Wertigkeiten (1, 10, 100) symbolisieren, gelegt werden müssen. Die Fähigkeit zum Transkodieren wird erfasst, indem Zahlen nach Diktat geschrieben und Zahlen in arabischer Notation vorgelesen werden.

Die Rechenkompetenz der Kinder wird durch schriftlich präsentierte Subtraktions- und Multiplikationsaufgaben sowie durch Textaufgaben und einer Aufgabe zur additiven Zerlegung ( $6 = 4 + \underline{\quad}$ ) überprüft, die jeweils ohne zusätzliche Hilfsmittel im Kopf gelöst werden müssen. Es handelt sich also über-

wiegend um Aufgaben, die dem deklarativen Wissen zugeordnet werden können. Dagegen soll die Aufgabe „Kenntnis arithmetischer Konzepte“ eine Aussage über das konzeptuelle Wissen ermöglichen. Dem Kind wird jeweils eine unvollständige Rechenoperation vorgelegt (z. B.  $23+23+23 = \underline{\quad}$ ) und es soll entscheiden und begründen, ob eine zweite vollständige Aufgabe mit Lösung (z. B.  $3 \times 23 = 69$ ) hilft die Aufgabe zu lösen (z. B. durch Verweis auf Tauschaufgabe, Umkehraufgabe, etc.).

Die interne Konsistenz der Kernbatterie des Gesamttests wird von den Autor:innen mit  $\alpha = .84$  angegeben, der Korrelationskoeffizient für die split-half-Reliabilität liegt mit  $r = .89$  in einem guten Bereich. Etwas niedriger ( $\alpha = .71$ ) und damit noch zufriedenstellend fällt das Ergebnis der Homogenitätsanalyse für den in dieser Studie fokussierten Subtest der Multiplikation aus.

#### 4.2.3 Kontrollvariablen

Aufgrund der Annahme, dass insbesondere die Kapazität des phonologischen Arbeitsgedächtnisses (Röhm et al., 2022) sowie die nonverbalen kognitiven Fähigkeiten einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Entwicklung arithmetischer Fähigkeiten ausüben, wurden diese beiden Parameter als Kontrollvariablen berücksichtigt.

Zur Erfassung der Kapazität des phonologischen Kurzzeitgedächtnisses wurden die Mottier-Silben aus dem Zürcher Lesetest (Linder & Grisseemann, 2000) eingesetzt. Dabei werden 30 zwei- bis sechssilbige Pseudowörter vorgesprochen, die das Kind unmittelbar wiederholen muss. Für die vorliegende Studie wurden die Normwerte von Wild & Fleck (2013) für 5- bis 13-jährige Kinder berücksichtigt. Den Autorinnen zu Folge liegt die Reliabilität des Verfahrens, ermittelt über eine Homogenitätsanalyse bei  $\alpha = .88$ .

Als Parameter für die nonverbalen kognitiven Fähigkeiten wurde der Subtest „Dreiecke“ aus der K-ABC Intelligenzdiagnostik (Melchers & Preuß, 2009) gewählt, da er Laschkowski, Bauernschmidt, Drechsel, Prade und Schuster (1999) zufolge den größten Beitrag zur Varianzaufklärung der Skala intellektueller Fähigkeiten liefert (38,5 %). Die Korrelation mit der in der K-ABC bestimmten Gesamtskala intellektueller Fähigkeiten beträgt  $r = .70$ . Bei dieser Aufgabe müssen zwei bis neun identische

Dreiecke so zusammengelegt werden, dass die auf einer Vorlage dargestellte abstrakte Figur nachgebildet wird. In Abhängigkeit vom Alter des Kindes kommen maximal 18 Aufgaben zum Einsatz. Die Reliabilität, ermittelt über die Retestmethode und die split-half-Reliabilität liegt mit Werten zwischen  $r = .63$  und  $r = .93$  in einem akzeptablen bis sehr guten Bereich.

Um die potentiellen Einflüsse der Benennungsgeschwindigkeit auf die arithmetischen Verarbeitungs Kompetenzen von Kindern bestimmen zu können, wurden die Leistungen im schnellen Benennen von Zahlen mit Hilfe des Tests zur Erfassung der phonologischen Bewusstheit und der Benennungsgeschwindigkeit TEPHOBE (Mayer, 2020) überprüft. Dabei müssen die Kinder fünf unterschiedliche Zahlen (2, 4, 5, 6, 8), die jeweils zehnmal wiederholt werden, so schnell wie möglich benennen. Ausschlaggebend für die Interpretation des Ergebnisses ist ausschließlich die Zeit, die das Kind für die einzelnen Subtests benötigt. Die Reliabilität für die Überprüfungen der Benennungsgeschwindigkeit im TEPHOBE liegen mit (Cronbachs  $\alpha = .78$  bzw.  $.86$ ) in einem zufriedenstellenden bis guten Bereich.

#### 4.3 Statistische Analysen

Die statistischen Analysen wurden mittels SPSS Statistics (Versionen 24-26, IBM Corp, 2020) durchgeführt.

Um die Zusammenhänge zwischen den in der Studie erfassten Prädiktoren (Sprachverständnis, Wortschatz, Grammatik, nonverbale Kognition, sprachliches Kurzzeitgedächtnis, Benennungsgeschwindigkeit [=RAN]) und den arithmetischen Verarbeitungs Kompetenzen (Zahlverarbeitung und Rechnen) zu ermitteln, wurden zunächst Korrelationsanalysen durchgeführt. Da dafür ausschließlich die intervallskalierten Rohwerte herangezogen wurden, wurde die Stärke des Zusammenhangs mit Hilfe der Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson bestimmt.

Die spezifischen Einflüsse der Prädiktoren auf die arithmetischen Verarbeitungs Kompetenzen wurden mittels multipler linearer Regressionsanalysen ermittelt. Dabei stellen die sprachlichen (Sprachverständnis, Wortschatz, Grammatik) und nonverbalen kognitiven Fähigkeiten, die Kapazität des sprachlichen Kurzzeitgedächtnisses sowie die Schnellbenennung (RAN) die erklärenden (un-

abhängigen) Variablen und die Zahlverarbeitung sowie das Rechnen die abhängigen Variablen dar. In einem ersten Schritt wurden die Prädiktoren gemeinsam betrachtet, um mittels des multiplen Determinationskoeffizienten  $R^2$  eine Aussage darüber treffen zu können, wie gut individuelle Unterschiede in der abhängigen Variable durch die erklärenden (unabhängigen) Variablen gemeinsam erklärt werden können (Döring & Bortz, 2016). Für eine detaillierte Bestimmung des Einflusses der verschiedenen erklärenden Variablen auf die arithmetische Verarbeitungsleistung wurde darüber hinaus das „Backward Elimination-Verfahren“ durchgeführt. Zusätzlich zu den Determinationskoeffizienten  $R^2$  wurden bei den multiplen Regressionsanalysen die Regressionskoeffizienten bestimmt. Der Regressionskoeffizient  $b$  gibt an, um wie viele Einheiten sich die abhängige Variable im Mittel verändert, wenn sich die unabhängige Variable um eine Einheit verändert. Mit Hilfe des standardisierten Regressionskoeffizienten  $\beta$  lässt sich die Größe des Einflusses der unabhängigen Variablen untereinander vergleichen.

Um potenzielle Unterschiede in den arithmetischen Verarbeitungsleistungen zwischen sprachlich normal entwickelten und sprachlich auffälligen Kindern belegen zu können, wurden die zentralen Tendenzen der beiden Untersuchungsgruppen mittels  $t$ -Tests für unabhängige Stichproben verglichen.

## 5 Darstellung der Ergebnisse

### 5.1 Deskriptive Statistik

Die Gruppe sprachlich normal entwickelter Kinder (SNK) (Alter: MW 8,1, SD: 0,64, 53 % männlich) erzielte in allen durchgeführten Testverfahren Werte, die im durchschnittlichen Bereich angesiedelt sind. Im Speziellen sind die Leistungen im produktiven Wortschatz (MW 54,7) zu erwähnen, die im Vergleich zur Gesamtstichprobe (MW 26,1) und insbesondere im Vergleich zur Gruppe KSES (MW 16,4) um bis zu vier Standardabweichungen besser ausfallen (Tabelle 1).

Die Gruppe sprachlich beeinträchtigter Kinder (KSES) (Alter: MW 9,1, SD: 0,64, 53 % männlich) fällt bei der Überprüfung der Wortschatz- und Sprachverständnistestungen erwartungsgemäß durch unterdurchschnittliche Leistungen auf, während sich die Werte für die mor-

**Tab. 1: Sprachliche Leistungen und arithmetische Verarbeitungsleistungen der Gesamtstichprobe sowie getrennt nach den Gruppen SNK und KSES:**

	Gesamt (N=102)		SNK (n=26)		KSES (n=76)	
	MW	(SD)	MW	(SD)	MW	(SD)
<b>Wortschatz: Expressiv (WWT 6-10)</b>						
T-Wert	26,13	(24,12)	54,65	(6,97)	16,37	(19,72)
<b>Wortschatz: Rezeptiv (WWT 6-10)</b>						
Prozentrang	29,63	(35,36)	71,85	(28,50)	15,18	(24,16)
<b>Grammatik: Akkusativ (ESGRAF 4-8)</b>						
Prozentrang	32,48	(34,40)	68,65	(29,34)	20,11	(26,42)
<b>Grammatik: Dativ (ESGRAF 4-8)</b>						
Prozentrang	32,25	(34,40)	77,58	(28,74)	16,75	(24,53)
<b>Sprachverständnis: (TROG-D)</b>						
T-Wert	43,38	(13,41)	58,81	(7,41)	38,07	(10,73)
<b>Gesamtwert basisnumerische Kompetenzen (TEDI-MATH)</b>						
T-Wert	43,38	(11,54)	53,96	(9,69)	39,83	(9,89)
<b>Zahlverarbeitung (TEDI-MATH)</b>						
T-Wert	46,48	(10,79)	54,00	(8,22)	43,92	(10,47)
<b>Rechnen (TEDI-MATH)</b>						
T-Wert	40,58	(12,58)	53,12	(12,33)	36,39	(9,58)

phologischen Fähigkeiten gerade noch im durchschnittlichen Bereich mit einer deutlichen Tendenz zu einer unterdurchschnittlichen Leistung befinden (PR 16,8 – 20,11). Obwohl es ausreichend war, in nur einer der sprachlichen Überprüfungen einen Wert von mindestens einer SD unter dem MW der Normierungsstichprobe zu erzielen, um der KSES-Gruppe zugeordnet zu werden, sei darauf hingewiesen, dass knapp 80 % der Kinder dieser Gruppe mindestens bei zwei Tests (58 % bei allen drei Überprüfungen) ein unterdurchschnittliches Ergebnis erzielte, sodass davon auszugehen ist, dass sich die KSES-Gruppe überwiegend aus Kindern mit einer umfassenden Spracherwerbsproblematik zusammensetzte.

Was die arithmetische Verarbeitungs-kompetenz im Allgemeinen sowie die basisnumerischen Teilbereiche der Zahlverarbeitung und des Rechnens angeht, liegen die Werte für die Gesamtgruppe im durchschnittlichen Bereich. Die gemittelten Standardwerte der arithmetischen Verarbeitungsleistungen sprachlich normal entwickelter Kinder entsprechen mit T-Werten im Bereich von 50 durchschnittlichen Leistungen.

(Tendenziell) unterdurchschnittliche Leistungen lassen sich ausschließlich für die Gruppe mit sprachlichen Beeinträchtigungen (KSES) nachweisen. Wenngleich der Mittelwert (MW 39,83,

SD 9,89) für den Gesamtwert basisnumerischer Kompetenzen nur geringfügig im unterdurchschnittlichen Bereich liegt, machen vor allem die Vergleiche mit der Gesamtstichprobe und der Gruppe sprachlich normal entwickelter Kinder deutlich, dass die Leistungen der KSES-Gruppe bis zu einer Standardabweichung niedriger liegen. So liegt der T-Wert für den Teilbereich der Zahlverarbeitung in der KSES-Gruppe zwar noch im durchschnittlichen Bereich (MW 43,9, SD; 10), aber auch ziemlich genau eine Standardabweichung unterhalb der Leistungen der SNK-Gruppe (MW 54,0, SD 8,2). Den mit Abstand geringsten Wert erreicht die KSES-Gruppe mit einem mittleren T-Wert von 36,4 (SD 9,58) im Teilbereich des Rechnens. Darüber hinaus lässt sich im Vergleich zur SNK-Gruppe (MW 53,1, SD 12,3) ein Unterschied in der Größenordnung von mehr als 1,5 Standardabweichungen nachweisen.

### 5.2 Inferenzstatistische Analysen

Durch den Ausschluss von Kindern mit kognitiven Beeinträchtigungen (T-Wert < 40 im Subtest Dreiecke der K-ABC) reduzierte sich die für die Inferenzstatistik betrachtete Stichprobe auf  $n=92$ . Da sich zwischen der Gesamtgruppe (N=102, s. Tabelle 1) und der nach Ausschluss der 10 Kinder mit kognitiven Beeinträchtigungen gebildeten Teilgruppe ( $n=92$ ) für die Überprüfungen der sprachlichen und

arithmetischen Fähigkeiten deskriptiv betrachtet keine statistisch signifikanten Unterschiede feststellen ließen, wird auf eine gesonderte Darstellung der Ergebnisse der Teilstichprobe mit  $n=92$  verzichtet.

### 5.2.1 Korrelationsanalysen

Was die Korrelationen zwischen den sprachlichen Fähigkeiten und den arithmetischen Verarbeitungskompetenzen angeht (Tabelle 2), kann zunächst festgehalten werden, dass die Werte aller sprachlichen Überprüfungen statistisch höchstsignifikant ( $p=.001$ ) mit den basisnumerischen Kompetenzen korrelieren ( $r=.31-.64$ ), also von mittleren bis starken Zusammenhängen ausgegangen werden kann. Besonders hervorzuheben sind die Korrelationen zwischen dem expressiven Wortschatz sowie dem Sprachverständnis und den arithmetischen Verarbeitungskompetenzen. Während die Korrelationen mit der Zahlverarbeitung vergleichsweise geringer ausfallen, sind es vor allem der Gesamtwert basisnumerischer Leistungen und die rechnerischen Fähigkeiten, für die bedeutende Zusammenhänge mit dem expressiven Wortschatz und dem Sprachverständnis belegt werden konnten ( $r=.62 - r=.64$ ). Etwas geringer fallen die Zusammenhänge zwischen dem rezeptiven Wortschatz und den arithmetischen Verarbeitungsleistungen aus. Dennoch liegen die Korrelationen mit dem Gesamtwert basisnumerischer Leistungen und dem Rechnen mit  $r=.51$  und  $r=.56$  über dem von Cohen (1988, 1992) festgelegten Wert für große Effekte ( $r=.50$ ). Die geringsten Zusammenhänge mit arithmetischen Verarbeitungskompetenzen konnten für die morphologischen Fähigkeiten nachgewiesen werden. Während für die Dativüberprüfungen zumindest mit dem Gesamtwert basisnumerischer Leistungen und den Rechenleistungen mittlere Zusammenhänge ( $r>.40$ ) belegt werden konnten, fallen die Korrelationen zwischen den Akkusativüberprüfungen und den arithmetischen Verarbeitungskompetenzen – immer noch signifikant – geringer aus.

Die mittels  $z$ -Transformation nach Fisher (1951) gemittelten Koeffizienten ( $r$ Fisher  $Z$ ) liegen für die Zusammenhänge zwischen allen Überprüfungen sprachlicher Fähigkeiten und dem Gesamtwert basisnumerischer Fähigkeiten bei  $r$ Fisher  $Z=.52$ . Für den Teilbereich der Zahlverarbeitung und das Rech-

Tab. 2: Bivariate Korrelationen

	Arithmetik (Gesamt) <sup>i</sup>	Zahlverarbeitung <sup>j</sup>	Rechnen <sup>k</sup>
Grammatik-Dativ <sup>a</sup>	,404**	,344**	,412**
Grammatik-Akkusativ <sup>b</sup>	,381**	,307**	,388**
Wortschatz (expressiv) <sup>c</sup>	,619**	,489**	,638**
Wortschatz (rezeptiv) <sup>d</sup>	,506**	,369**	,556**
Sprachverständnis <sup>e</sup>	,637**	,508**	,643**
Kurzzeitgedächtnis <sup>f</sup>	,155	,155	,138
RAN <sup>g</sup>	-,264*	-,261*	-,262*
Kognition <sup>h</sup>	,269**	,205	,230*

<sup>a</sup>ESGRAF 4-8 Dativ Rohwert, <sup>b</sup>ESGRAF 4-8 Akkusativ Rohwert, <sup>c</sup>WWT expressiv Rohwert, <sup>d</sup>WWT rezeptiv Rohwert, <sup>e</sup>TROG-D Rohwert, <sup>f</sup>Mottiersilben Rohwert, <sup>g</sup>RAN-Zahlen Gesamtzeit, <sup>h</sup>Subtest Dreiecke (K-ABC) Rohwert, <sup>i</sup>TEDI Math-Gesamtwert, <sup>j</sup>TEDI-Math Zahlverarbeitung Rohwert, <sup>k</sup>TEDI-Math Rechnen Rohwert

\*  $P < .01$ , \*\*  $p < .001$

nen liegen die entsprechenden Werte bei  $r$ Fisher  $Z=.41$  bzw.  $r$ Fisher  $Z=.54$ . Ein Vergleich der gemittelten Korrelationskoeffizienten macht deutlich, dass die Zusammenhänge zwischen den sprachlichen Fähigkeiten und dem Gesamtwert basisnumerischer Kompetenzen sowie dem Rechnen signifikant höher ausfallen als die Korrelation mit der Zahlverarbeitung ( $z=2.85$ ,  $p=.002$  bzw.  $z=1.92$ ,  $p=.028$ ).

Deutlich geringer fallen die Korrelationen zwischen den Kontrollvariablen und den arithmetischen Verarbeitungskompetenzen aus. Für die Kapazität des sprachlichen Kurzzeitgedächtnisses lassen sich bspw. keine statistisch signifikanten Zusammenhänge mit den Überprüfungen basisnumerischer Fähigkeiten belegen. Für die Benennungsgeschwindigkeit lassen sich zwar signifikante Zusammenhänge nachweisen, diese sind jedoch von geringer Größe. Ein vergleichbar geringer Zusammenhang lässt sich für die nonverbalen, kognitiven Fähigkeiten annehmen ( $r=.21$  bis  $r=.27$ ), der ausschließlich für den Gesamtwert basisnumerischer Kompetenzen ( $p=.001$ ) und das Rechnen ( $p<.05$ ) gegen den Zufall abgesichert werden kann.

Die Zusammenhänge zwischen sprachlichen Fähigkeiten mit den arithmetischen Verarbeitungskompetenzen blieben auch dann statistisch hochsignifikant, wenn der Einfluss der Kontrollvariablen berücksichtigt wird. Die Unterschiede zwischen den bivariaten und partiellen Korrelationskoeffizienten fallen vernachlässigbar gering aus ( $r=.003 - .026$ ).

### 5.2.2 Regressionsanalysen

Im Folgenden soll der Einfluss der sprachlichen Variablen auf die arithmetischen Verarbeitungskompetenzen mit Hilfe mehrerer Regressionsanalysen differenzierter abgebildet werden. Zunächst wurden alle erfassten Prädiktoren gemeinsam berücksichtigt, um mittels des multiplen Determinationskoeffizienten  $R^2$  bestimmen zu können, wie gut individuelle Unterschiede im basisnumerischen Kompetenzbereich durch alle berücksichtigten Variablen gemeinsam erklärt werden können. Anschließend wurde das Backward-Elimination-Verfahren für multiple lineare Regressionen durchgeführt, für das zunächst alle erklärenden Variablen im Regressionsmodell enthalten bleiben und dann sukzessive diejenigen entfernt werden, die die kleinste partielle Korrelation mit der abhängigen Variable aufweist und deren Einfluss statistisch nicht signifikant ist.

#### Multiple Regressionsanalyse (Methode Einschluss)

Werden die sprachlichen Variablen sowie die Kontrollvariablen gemeinsam als erklärende Variablen berücksichtigt, können diese 47,7 % der Unterschiede im Gesamtwert basisnumerischer Kompetenzen, 27,4 % der Varianz in der Zahlverarbeitung und 49,2 % der Varianz im Rechnen erklären (Tabelle 3). Den Konventionen für Effektstärkenmaße von Cohen (1988) folgend entspricht dies großen Effekten und einer starken Varianzaufklärung. Eine statistisch signifikante Varianzaufklärung für alle drei basisnumerischen Teilbereiche (Gesamtwert, Zahlverarbeitung und Rechnen) liefert ausschließlich das Sprachver-



Tab. 3: Multiple Regressionsanalysen (Methode: Einschluss)

	Gesamtwert basisnumerischer Kompetenzen				Zahlverarbeitung				Rechnen			
	korr. R <sup>2</sup>	SE	F	Sig.	korr. R <sup>2</sup>	SE	F	Sig.	korr. R <sup>2</sup>	SE	F	Sig.
Zusammenfassung	.48	11.24	11.37	.001	.27	13.88	5.30	.001	.49	7.99	12.04	.001
<b>Prädiktoren bei Einschluss aller Variablen</b>												
	<b>b</b>	<b>SE</b>	<b>β</b>	<b>Sig.</b>	<b>b</b>	<b>SE</b>	<b>β</b>	<b>Sig.</b>	<b>b</b>	<b>SE</b>	<b>β</b>	<b>Sig.</b>
Grammatik (Dativ)	-.14	.24	-.06	.57	-.02	.30	-.01	.96	-.12	.17	-.08	.49
Grammatik (Akkusativ)	-.69	.43	-.19	.11	-.63	.53	-.16	.24	-.48	.31	-.18	.12
Wortschatz (expressiv)	.64	.24	.37	.01	.56	.30	.31	.07	.44	.17	.36	.01
Wortschatz (rezeptiv)	.12	.34	.04	.72	-.18	.42	-.06	.67	.31	.24	.15	.20
Sprachverständnis	<b>1.96</b>	.53	.45	<b>.01</b>	<b>1.68</b>	.65	.37	<b>.01</b>	<b>1.32</b>	.38	.42	<b>.01</b>
Arbeitsgedächtnis	-.16	.25	-.06	.52	.01	.30	.00	1.0	-.19	.18	-.09	.28
RAN	-.31	.18	-.14	.09	-.38	.22	-.16	.09	-.22	.13	-.14	.09
Kognition	<b>1.78</b>	.73	.19	<b>.02</b>	1.4	.90	.15	.12	.95	.52	.14	.07

b=Regressionskoeffizient, SE: Standardfehler, β= standardisierter Regressionskoeffizient

ständnis (p=.001). Ein signifikantes Niveau für den Gesamtwert arithmetischer Verarbeitungsleistungen und das Rechnen erreicht zudem der expressive Wortschatz (p=.01). Die nonverbale Kognition hat einen Einfluss auf den Gesamtwert arithmetischer Verarbeitung auf einem Niveau von p=.02.

Die nicht-standardisierten Regressionskoeffizienten verdeutlichen den Einfluss des Sprachverständnisses auf den Gesamtwert basisnumerischer Kompetenzen (b=1.96), die Zahlverarbeitung (b=1.68) und das Rechnen (b=1.32). Diesen Werten entsprechend steigt mit jedem zusätzlichen Rohwertpunkt im Sprachverständnis die Anzahl der Rohwerte im Gesamtwert basisnumerischer Kompetenzen um fast zwei Rohwertpunkte (1,96), in der Zahlverarbeitung um 1,68 Rohwertpunkte und im Rechnen um 1,32 Rohwertpunkte. Analog können die nicht-standardisierten Regressionskoeffizienten der nonverbalen kognitiven Verarbeitungsleistung (b=1.78, b=1.41, b=.95) und des expressiven Wortschatzes (b=.64, b=.56, b=.44) interpretiert werden (Tabelle 3).

Ein Vergleich der standardisierten Regressionskoeffizienten (β) macht deutlich, dass der Einfluss des Sprachverständnisses auf die arithmetischen Verarbeitungsleistungen am stärksten ist (β =.37 bis β =.45), gefolgt von den Leistungen

im expressiven Wortschatz (β =.30 bis β =.37) und den nonverbalen, kognitiven Verarbeitungsleistungen (β =.14 bis β =.19). Werden die standardisierten Regressionskoeffizienten der Prädiktoren untereinander verglichen, wird deutlich, dass der Gesamtwert basisnumerischer Kompetenzen sowie die Zahlverarbeitung und das Rechnen am stärksten durch das Sprachverständnis und die produktiven lexikalischen Fähigkeiten und in geringerem Maße durch die nonverbale Kognition beeinflusst wird.

**Multiple Regressionsanalyse (Backward Elimination)**

Die Bedeutung des Sprachverständnisses, des expressiven Wortschatzes und der nonverbalen kognitiven Verarbeitungsleistung als Prädiktoren basisnumerischer Leistungen wird durch die Ergebnisse der Regressionsanalysen nach der „Backward Elimination-Methode“ bestätigt. Der Tabelle 4 ist der Einfluss der unabhängigen Variablen auf den Gesamtwert basisnumerischer Kompetenzen zu entnehmen. Insgesamt wurden mehrere Modelle gerechnet, aus denen nach und nach diejenigen Variablen entfernt wurden, für die kein signifikanter Zusammenhang dem Gesamtwert basisnumerischer Kompetenzen nachgewiesen werden konnte. Dabei entspricht Modell 1 der Regressionsanalyse mittels der Einschlussmethode, die 48 % der

Varianz im Gesamtwert basisnumerischer Kompetenzen erklären konnte (Tabelle 3). Auch nach dem sukzessiven Ausschluss des rezeptiven Wortschatzes, der Grammatik und des phonologischen Arbeitsgedächtnisses kann das abschließende Modell (Tabelle 4) immer noch 48 % der Varianz im Gesamtwert basisnumerischer Kompetenzen erklären. Erwartungsgemäß sind dies der expressive Wortschatz (p=.003), das Sprachverständnis (p <.01) und die nonverbalen kognitiven Fähigkeiten (p=.009). Der mit Hilfe der standardisierten Regressionskoeffizienten durchgeführte Vergleich der erklärenden Variablen zeigt, dass das Sprachverständnis (β=.46) und der expressive Wortschatz (β=.37) einen stärkeren Einfluss auf den Gesamtwert basisnumerischer Kompetenzen haben als die nonverbale kognitive Verarbeitungsleistung (β=.21).

Die Ergebnisse der „Backward Elimination-Methode“ für die Zahlverarbeitung sind den Resultaten für den Gesamtwert basisnumerischer Kompetenzen so ähnlich, dass sie aus Platzgründen hier nicht gesondert dargestellt werden. Den größten Einfluss auf die Zahlverarbeitung hat auch hier das Sprachverständnis (b=1.39, β=.31) gefolgt vom expressiven Wortschatz (β=.41, b=.23). Anstatt der nonverbalen kognitiven Fähigkeiten bleibt im abschließenden Modell für die

**Tab. 4: Backward Elimination Methode – Einflüsse auf den Gesamtwert basisnumerischer Kompetenzen**

	Gesamtwert basisnumerischer Kompetenzen (TEDI-MATH)				
	entfernte Variablen	korr. R <sup>2</sup>	SE	F	Sig.
<b>Modell</b>	Wortschatz (WWT-rezeptiv) Grammatik phonologisches Arbeitsgedächtnis	<b>.48</b>	<b>11.20</b>	<b>22.02</b>	<b>&lt;.01</b>
	<b>b</b>	<b>SE</b>	<b>β</b>	<b>T</b>	<b>Sig.</b>
Wortschatz (WWT-expressiv)	<b>.641</b>	.209	<b>.372</b>	3.068	<b>.003</b>
Sprachverständnis (TROG-D)	<b>1.971</b>	.517	<b>.455</b>	3.810	<b>&lt;.01</b>
Nonverbale Kognition (K-ABC)	<b>1.926</b>	.716	<b>.208</b>	2.689	<b>.009</b>

**Tab. 5: Backward Elimination bei multipler linearer Regression – Einflüsse auf das Rechnen**

	Rechnen (TEDI-MATH)				
	entfernte Variable	korr. R <sup>2</sup>	SE	F	Sig.
<b>Modell</b>	Wortschatz (WWT-rezeptiv) Grammatik phonologisches Arbeitsgedächtnis	<b>.48</b>	<b>8.05</b>	<b>22.36</b>	<b>&lt;.01</b>
	<b>b</b>	<b>SE</b>	<b>β</b>	<b>T</b>	<b>Sig.</b>
Sprachverständnis (TROG-D)	<b>1.367</b>	.372	<b>.438</b>	3.678	<b>&lt;.01</b>
Wortschatz (WWT-expressiv)	<b>.506</b>	.150	<b>.408</b>	3.370	<b>.001</b>
Nonverbale Kognition (K-ABC)	<b>1.106</b>	.515	<b>.166</b>	2.148	<b>.035</b>

**Tab. 6: Unterschiede zwischen den Gruppen SNK und KSES in den arithmetischen Verarbeitungsleistungen**

	t-Test für unabhängige Stichproben						
	MW	(SD)	t	df	Sign.	Cohen's d	Konfidenzintervall (95 %)
<b>Gesamtwert basisnumerische Kompetenzen (TEDI-MATH)</b>							
SNK (n=26)	53,96	(9,69)	5,69	90	.001	<b>1.32</b>	<b>.83 - 1.81</b>
KSES (n=66)	40,89	(10,01)					
<b>Zahlverarbeitung (TEDI-MATH)</b>							
SNK (n=26)	54,00	(8,22)	3,94	90	.001	<b>.91</b>	<b>.44 - 1.39</b>
KSES (n=66)	44,89	(10,58)					
<b>Rechnen (TEDI-MATH)</b>							
SNK (n=26)	53,12	(12,33)	6,42	90	.001	<b>1.49</b>	<b>.98 - 1.99</b>
KSES (n=66)	37,58	(9,65)					

Zahlverarbeitung die Benennungsgeschwindigkeit ( $\beta = -.37$ ,  $b = -.16$ ) als dritter beeinflussender Faktor übrig. Jedoch erreichen die Einflüsse des Wortschatzes und von RAN mit  $p = .09$  kein statistisch signifikantes Niveau. Gegen den Zufall konnte mit  $p = .025$  ausschließlich der Einfluss des Sprachverständnisses abgesichert werden.

Tabelle 5 fasst die Ergebnisse der rückwärtsgerichteten Regressionsanalyse für das Rechnen als unabhängige Variable zusammen. Auch hier führt der Ausschluss einiger Variablen zu einer lediglich marginal geringeren Varianzaufklärung von 48 %. Vergleichbar mit dem Gesamtwert basisnumerischer Kompetenzen sind es das Sprachverständnis, der expressive Wortschatz und die nonverbale Kognition, für die ein signifikanter Einfluss auf das Rechnen bestätigt werden kann. Die ermittelten Regressionskoeffizienten deuten auf große Einflüsse des Sprachverständnisses ( $b = 1.37$ ), des expressiven Wortschatzes ( $b = .51$ ) und der nonverbalen Kognition ( $b = 1.11$ ) hin. Der Vergleich der standardisierten Regressionskoeffizienten zeigt, dass das Sprachverständnis ( $\beta = .44$ ) und der expressive Wortschatz ( $\beta = .41$ ) einen stärkeren Einfluss auf Rechnen haben als die nonverbale Kognition ( $\beta = .17$ ).

Zusammenfassend betrachtet haben das Sprachverständnis und der expressive Wortschatz den größten Einfluss auf die arithmetischen Verarbeitungskompetenzen. Insbesondere die Varianzen im Gesamtwert basisnumerischer Kompetenzen und im Rechnen können zu einem bedeutsamen Teil durch diese beiden sprachlichen Einflussfaktoren erklärt werden. Für die Zahlverarbeitung lässt sich lediglich ein statistisch signifikanter Einfluss des Sprachverständnisses nachweisen. Den Konventionen für Effektgrößenmaße von Cohen (1988) folgend entsprechen die berechneten Determinationskoeffizienten ( $R^2$ ) für alle basisnumerischen Kompetenzbereiche großen Effekten.

**5.2.3 Unterschiedsanalysen**

Während die Gruppe sprachlich auffälliger Kinder in allen drei erfassten Teilbereichen der arithmetischen Verarbeitung (TEDI Math Gesamtwert, Zahlverarbeitung, Rechnen) durchschnittliche Ergebnisse erzielte, liegen die Werte für die Gruppe sprachentwick-

lungsgestörter Kinder insbesondere im Rechnen mit einem mittleren T-Wert von 37,58 (SD: 9,65) eindeutig im unterdurchschnittlichen Bereich. Aber auch die Ergebnisse für den Gesamtwert und die Zahlverarbeitung weisen insbesondere im Vergleich zur Gruppe sprachlich unauffälliger Kinder auf deutliche Schwierigkeiten hin. Die t-Tests für unabhängige Stichproben belegen für alle drei Werte des TEDI-Math, dass sich die Gruppe sprachlich beeinträchtigter Kinder in den überprüften basisnumerischen Bereichen statistisch hoch signifikant von der Gruppe sprachlich normal entwickelter Kinder unterscheidet (Gesamtwert:  $t(90) = 5,69$ ; Zahlverarbeitung:  $t(90) = 3,94$ ; Rechnen:  $t(90) = 6,42$ ; alle  $ps < .001$ ; Tabelle 6). Ebenso machen die Effektstärkenmaße *cohen's d* deutlich, dass zwischen den beiden Gruppen von großen Unterschieden auszugehen ist (Gesamtwert: 1.32; Rechnen:  $d=1.49$ , Zahlverarbeitung:  $d=.91$ ) (Tabelle 6).

## 6 Diskussion und praktische Implikationen

Während in zahlreichen bislang publizierten Studien zum Zusammenhang sprachlicher und mathematischer Fähigkeiten allgemeine Sprachtests eingesetzt wurden, um potenzielle Schwierigkeiten sprachentwicklungsgestörter Kinder beim Erwerb und der Anwendung basisnumerischer Fähigkeiten belegen zu können, liefert die vorliegende Arbeit Hinweise darauf, dass es insbesondere der produktive Wortschatz und das Sprachverständnis sind, die in einem engen Zusammenhang mit der arithmetischen Verarbeitung stehen und die größten Beiträge zur Erklärung individueller Unterschiede liefern. Ein vergleichsweise geringerer, aber zumindest in den Korrelationsanalysen signifikanter Zusammenhang konnte zwischen den morphologischen Fähigkeiten im Bereich der Kasusrektion und der arithmetischen Verarbeitungsleistung nachgewiesen werden.

Über die sprachliche Kompetenz hinaus stellt die nonverbale Kognition einen Prädiktor für den Erwerb basisnumerischer Fähigkeiten dar, der in den Regressionsanalysen aber ausschließlich für den Gesamtwert arithmetischer Verarbeitungskompetenz ein statistisch signifikantes Niveau erreicht. Insbesondere der Vergleich der standardisierenden

Regressionskoeffizienten ( $\beta$ ) legt nahe, dass das Sprachverständnis und der expressive Wortschatz sowohl für den Gesamtwert der arithmetischen Verarbeitung als auch für das Rechnen im Vergleich zu den anderen Prädiktoren eine besonders bedeutsame Rolle spielen. Erwartungswidrig fällt der nicht nachweisbare Einfluss des phonologischen Arbeitsgedächtnisses auf die arithmetische Verarbeitungsleistung aus, da in zahlreichen anderen Studien ein enger Zusammenhang insbesondere mit dem phonologischen Arbeitsgedächtnis belegt werden konnte (Hecht, Torgesen, Wagner, & Rashotte, 2001; Nys et al., 2013; Röhm et al., 2022). Ein möglicher Grund für den nicht nachweisbaren Zusammenhang ist in der geringen Validität und Differenziertheit der Überprüfung des Arbeitsgedächtnisses mit Hilfe der Mottier-Silben zu suchen, die ausschließlich die Speicher-, nicht aber die Verarbeitungskapazität des Arbeitsgedächtnisses erfasst. Auch für die Benennungsgeschwindigkeit fallen die Korrelationen im Vergleich zu den Ergebnissen von Klemans, Segers und Verhoeven (2011) eher gering aus.

Von besonderer schulpraktischer Relevanz sind die im Vergleich zu sprachlich unauffälligen Kindern signifikant schlechteren Leistungen sprachentwicklungsgestörter Kinder im Bereich der arithmetischen Verarbeitung. Das Effektstärkenmaß *cohen's d* macht deutlich, dass sowohl für den Gesamtwert des TEDI-Math als auch für das Rechnen und die Zahlverarbeitung von großen Effekten ausgegangen werden muss. Da der TEDI-Math im Bereich des Rechnens insbesondere die Fähigkeit überprüft, mathematisches Faktenwissen zu speichern und abzurufen ist bei sprachentwicklungsgestörten Kindern von besonderen Schwierigkeiten im Bereich des deklarativen Wissens (Kap. 2.3.2) auszugehen.

Zusammenfassend konnte die vorliegende Arbeit die Ergebnisse aus dem angloamerikanischen Raum (Donlan et al., 2007; Durkin et al., 2013; Fazio, 1994, 1996, 1999; Koponen et al., 2006; Nys et al., 2013) damit bestätigen und dahingehend spezifizieren, dass insbesondere die lexikalischen und die rezeptiven Fähigkeiten für den Erwerb der arithmetischen Kompetenzen eine besonders wichtige Rolle spielen.

Eine mögliche Erklärung für den Einfluss sprachlicher Fähigkeiten auf den

Erwerb und die Anwendung arithmetischer Kompetenzen sowie die daraus resultierenden Schwierigkeiten sprachentwicklungsgestörter Kinder lässt sich aus den Parallelen zwischen der Speicherung und dem Abruf lexikalischen Wissens sowie der Aneignung syntaktisch-morphologischen Regularitäten und der Arithmetik ableiten. Eine grundlegende Voraussetzung für die Zahlverarbeitung und das Rechnen ist der Erwerb von Zahlwörtern und der Regeln, mit denen die begrenzte Anzahl an Zahlen kombiniert werden können. Dies kann als Leistung interpretiert werden, die mit dem Erwerb lexikalischen und morphologischen Regelwissens zu vergleichen ist. So wie beim Auf- und Ausbau des Wortschatzes Wortformen voneinander differenziert und die präzise phonologische Struktur im mentalen Lexikon abgespeichert werden, muss auch die Phonologie der Zahlwörter gespeichert werden. Dies kann sprachentwicklungsgestörte Kinder insbesondere aufgrund ihrer häufigen Schwierigkeiten im Bereich der Phonemdiskrimination und der z. T. sehr ähnlichen Phonologie der Zahlwörter (neunzehn vs. neunzig; zwei, drei, elf, zwölf) vor besondere Probleme stellen.

Der Zusammenhang zwischen der arithmetischen Verarbeitung und dem morphologischen Regelwissen könnte auf die im Deutschen charakteristische Zahlwortsyntax zurückzuführen sein, in der additive und multiplikative Zusammenhänge kombiniert werden und bei deren Umwandlung von der arabischen Notation in Lautsprache auch die sprachliche Inversion der Zehner- und Einerstelle berücksichtigt werden muss. Bei der besonderen Problematik mit der Speicherung und dem Abruf mathematischen Faktenwissens könnte es sich um Schwierigkeiten handeln, die Parallelen zu den im Schulalter besonders imponierenden lexikalischen Defiziten aufweisen, da davon auszugehen ist, dass mathematische Fakten vermutlich nicht in visueller oder arabischer Notation, sondern als verbale Repräsentationen, als „Sprachketten“ (Lorenz, 2010, S. 47), im Langzeitgedächtnis abgespeichert werden (z. B. „acht plus sieben gleich fünfzehn“).

Das Forschungsprojekt konnte zeigen, dass sich die Schwierigkeiten sprachentwicklungsgestörter Kinder nicht auf den Erwerb der sprachlichen Register und mathematischer Fachbegriffe (z. B. Addition, Zehnerübergang, Ebene, Teiler

etc.) sowie potenzielle Probleme mit dem Textverständnis im Kontext von Sachaufgaben reduzieren, sondern auch beim Erwerb arithmetischer Verarbeitungskompetenzen, insbesondere dem Erwerb mathematischen Faktenwissens, offensichtlich werden. Von daher dürfen sich sprachheilpädagogische Unterstützungsmaßnahmen im Fach Mathematik nicht auf den Erwerb bildungssprachlicher Register und das Lösen von Textaufgaben reduzieren, sondern müssen auch die Zahlverarbeitung und das Rechnen, insbesondere den Erwerb deklarativen Wissens in den Blick nehmen. Am Lehrstuhl für Sprachheilpädagogik der LMU München wurde zu diesem Zweck ein Förderkonzept entwickelt (Hamann, 2022), mit dem Strategien vermittelt werden, die Schüler:innen beim Lösen und nachhaltigen Speichern von Aufgaben unterstützen, die noch nicht automatisiert abrufbar sind. Aufgrund der angenommenen Parallelen zwischen arithmetischem und lexikalischem Lernen wurden in dieses Konzept Elemente einer lexikalischen Strategitherapie (Motsch, Gaigulo & Ulrich, 2022) integriert.

### Grenzen der Studie

Eine zentrale Schwierigkeit in der Erforschung mathematischer Lernschwierigkeiten stellen die vielen unterschiedlichen Einflussfaktoren dar (Landerl et al., 2022). Obwohl in der vorliegenden Studie versucht wurde, möglichst viele Prädiktoren zu berücksichtigen, ist davon auszugehen, dass nie alle Variablen berücksichtigt werden können, die mit dem Erwerb arithmetischer Fähigkeiten in Zusammenhang stehen. Die Auswahl der Variablen erfolgte auf der Grundlage des skizzierten Forschungsstandes zu den arithmetischen Verarbeitungsstörungen sprachentwicklungsgestörter Kinder. Was die berücksichtigten Prädiktoren angeht, ist anzumerken, dass es sinnvoll gewesen wäre, die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses (z. B. visuell-räumlicher Skizzenblock, Zentrale Exekutive) sowie die kognitiven Fähigkeiten differenzierter zu erfassen. Was die Überprüfung der Kapazität der phonologischen Schleife angeht, muss auch die mangelnde Standardisierung des Mottiertests kritisch betrachtet werden.

Darüber hinaus blieben auch Faktoren unberücksichtigt, die das schulische Lernen im Allgemeinen beeinflussen

könnten (sozioemotionale Faktoren, sozioökonomischer Status, Ängste, Motivation, Konzentrationsfähigkeit, Anstrengungsbereitschaft).

Schließlich muss auch die Überprüfung des Einflusses grammatischer Fähigkeiten ausschließlich über die Kasusmorphologie kritisch reflektiert werden. Gegebenenfalls hätte ein stärkerer Zusammenhang mit der arithmetischen Verarbeitung belegt werden können, wenn auch der Erwerb und die Anwendung syntaktischer Regeln überprüft worden wäre.

### Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei allen Lehrkräften und Schulleitungen der teilnehmenden Klassen für die Möglichkeit der Datenerhebung sowie den Schüler:innen für die Bereitschaft an den Tests mitzuwirken. Ein besonderer Dank geht an die Studierenden des Lehramts Sprachheilpädagogik für ihr Engagement bei der Durchführung und der Auswertung der Testverfahren.

Das Forschungsprojekt wurde von der Regierung von Oberbayern genehmigt. Ein positives Votum der Ethikkommission der Fakultät 11 der LMU München liegt vor.

### Literatur

Anderson, L. & Krathwohl, D.R. (Hrsg.). (2001). *A Taxonomy for learning, teaching and assessing. A revision of Bloom's Taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.

Berg, M., Sallat, S., Ullrich, S. & Werner, B. (2016). Inklusiver Mathematikunterricht als sprach- und inklusiver Mathematikunterricht als sprach- kommunikationssensibler Fachunterricht. Empirische Befunde und konzeptionelle Überlegungen. In S. Sallat, M. Spreer, & C. W. Glück (Hrsg.), *Sprache und Inklusion als Chance?! Expertise und Innovation für Kita, Schule und Praxis. Tagungsband zum 32. Bundeskongress der Deutschen Gesellschaft für Sprachheilpädagogik* (S. 255–267). Idstein: Schulz-Kirchner.

Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers

Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112 (1), 155–159.

Delazer, M., Dohmas, F. Bartha, L., Brenneis, C. Lochy, A. Trieb, T. & Benke, T. (2003). Learning complex arithmetic – an fmri study. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, 18 (1), 76–88.

Donlan, C., Cowan, R., Newton, E. J. & Lloyd, D. (2007). The role of language in mathemati-

cal development: Evidence from children with specific language impairments. *Cognition*, 103 (1), 23–33.

Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer.

Durkin, K., Mok, P. L. H. & Conti-Ramsden, G. (2013). Severity of specific language impairment predicts delayed development in number skills. *Frontiers in Psychology*, 4 (581), 1–10.

Fazio, B. (1994). The counting abilities of children with specific language impairment: A comparison of oral and gestural tasks. *Journal of Speech and Hearing Research*, 37 (2), 358–368.

Fazio, B. (1996). Mathematical abilities of children with specific language impairment: A 2-year follow-up. *Journal of Speech and Hearing Research*, 39 (4), 839–849.

Fazio, B. (1999). Arithmetic Calculation, Short-Term-Memory, and Language Performance in Children with Specific Language Impairment: A 5-Year Follow-Up. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 42 (2), 420–431.

Fisher, R. A. (1951). *The design of experiments*. Edinburgh: Oliver and Boyd.

Fox-Boyer, A. (2020). *TROG-D: Test zur Überprüfung des Grammatikverständnisses*. Idstein: Schulz-Kirchner.

Gelman, R. & Gallistel, C. (1978). *The Child's Understanding of Number*. Cambridge: Harvard University Press.

Glück, C. W. (2011). *Wortschatz- und Wortfindungstest für 6- bis 10-Jährige: WWT 6 – 10* (2. Aufl.). München: Elsevier, Urban & Fischer.

Grube, D. (2006). *Entwicklung des Rechnens im Grundschulalter: Basale Fertigkeiten, Wissensabruf und Arbeitsgedächtniseinflüsse*. Münster: Waxmann.

Hamann, M. (2022). *Arithmetische Verarbeitungsschwierigkeiten spracherwerbsgestörter Kinder: Entwicklung und Evaluation einer strategieorientierten Förderung. Eine randomisierte und kontrollierte Interventionsstudie*. (Dissertation). LMU, München.

Hamann, M. & Mayer, A. (2019). Sprache und Mathematik. *Praxis Sprache*, 64 (4), 226–233.

Harrison, L. J., McLeod, S., Berthelsen, D. & Walker, S. (2009). Literacy, numeracy, and learning in school-aged children identified as having speech and language impairment in early childhood. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 11 (5), 392–403.

Hecht, S. A., Torgesen, J. K., Wagner, R. K. & Rashotte, C. A. (2001). The relations between phonological processing abilities and emerging individual differences in mathematical computation skills: A longitudinal study from second to fifth grades. *Journal of Experimental Child Psychology*, 79 (2), 192–227.

IBM Corp (2020). IBM SPSS Statistics for Windows (Version 27) [Computer software]. Armonk: IBM Corp: IBM Corp.

Kaufmann, L., Nürk, H.-C., Graf, M., Krinzinger, H., Delazer, M. & Willmes, K. (2009). *TEDI-MATH: Test zur Erfassung numerisch-rechnerischer Fertigkeiten vom Kindergarten bis zur 3. Klasse*. Bern: Huber.

Kleemans, T., Segers, E. & Verhoeven, L. (2011). Precursors to numeracy in kindergartners

with specific language impairment. *Research in Developmental Disabilities*, 32 (6), 2901–2908.

Koponen, T., Mononen, R., Räsänen, P. & Aho-nen, T. (2006). Basic Numeracy in Children With Specific Language Impairment: Heterogeneity and Connections to Language. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 49 (1), 58–73.

Krauthausen, G. (2018). *Einführung in die Mathematikdidaktik – Grundschule* (4. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

Kultusministerkonferenz, KMK (2022). *Bil-dungsstandards für das Fach Mathematik Pri-marbereich: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 15.10.2004, i.d.F. vom 23.06.2022*. Abgerufen von <https://www.kmk.org/themen/qualitaets-sicherung-in-schulen/bildungsstandards.html#c5036> [02.03.2023]

Landerl, K., Vogel, S. & Kaufmann, L. (2022). *Dyskalkulie: Modelle, Diagnostik, Intervention* (4. Aufl.). Stuttgart: UTB.

Laschkowski, W., Bauernschmidt, U., Drechsel, H.-M., Prade, B. & Schuster, D. (1999). *Arbeitsmaterialien zur Kaufman Assessment Battery for Children (K-ABC)*. Abgerufen von <https://www.testseminare.de/Arbeitsgruppe.pdf> [02.03.2023]

Linder, M. & Grisseman, H. (2000). *ZLT – Zürcher Lesetest: Förderdiagnostik bei gestörtem Schriftspracherwerb* (6. Aufl.). Bern: Huber.

Lorenz, J. H. (2010). Kognitive Faktoren, deren Störung den Erwerb mathematischer Inhalte erschwert. In F. Lenart, N. Holzer & H. Schaupp (Hrsg.), *Rechenschwäche, Rechenstörung, Dyskalkulie: Erkennung, Prävention, Förderung* (S. 39–47). Graz: Leykam.

Lüdtke, U. & Stitzinger, U. (2017). *Kinder mit sprachlichen Beeinträchtigungen unterrichten: Fundierte Praxis in der inklusiven Grundschule. Inklusiv Grundschule konkret*. München, Basel: Ernst Reinhardt Verlag.

Mayer, A. (2020). *TEPHOBE. Test zur Erfassung der phonologischen Bewusstheit und der Benennungsgeschwindigkeit* (4. Aufl.). München, Basel: Reinhardt.

Melchers, P. & Preuß, U. (2009). *Kaufman-Assessment Battery for children: K-ABC* (8. Aufl.). Leiden: PITS Psychologische Instrumenten Tests en Services.

Motsch, H.-J., Gaigulo, D.-K. & Ulrich, T. (2022). *Wortschatzsammler: Evidenzbasierte Strategie-therapie lexikalischer Störungen im Kindesalter* (4. Aufl.). München: Ernst Reinhardt Verlag.

Motsch, H.-J. & Rietz, C. (2019). *ESGRAF 4-8: Grammatiktest für 4- bis 8-jährige Kinder – Manual* (2. Aufl.). München: Ernst Reinhardt Verlag.

Nys, J., Content, A. & Leybaert, J. (2013). Impact of Language Abilities on Exact and Approximate Number Skills Development: Evidence From Children With Specific Language Impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 56 (3), 956–970.

Röhm, A. (2020). *Sprache, Arbeitsgedächtnis und mathematische Kompetenz von Schulkindern mit SES. Lernen Und Lernstörungen*, 9 (2), 85–96.

Röhm, A., Starke, A. & Ritterfeld, U. (2017). Die Rolle von Arbeitsgedächtnis und Sprachkompetenz für den Erwerb mathematischer Basis-kompetenzen im Vorschulalter. *Psychologie in Erziehung Und Unterricht*, 64 (2), 81–93.

Röhm, A., Viesel-Nordmeyer, N., Starke, A., Lüke, C. & Ritterfeld, U. (2022). Arbeitsgedächtnis, Sprache und Mathematik bei Kindern mit und ohne SES. *Sprache, Stimme und Gehör*, 46 (2), 71–75.

Schröder, A. & Ritterfeld, U. (2014). Zur Bedeutung sprachlicher Barrieren im Mathematikunterricht der Primarstufe. *Wissenschaftlicher Erkenntnisstand und Reflexion in der (Förder-)Schulpraxis. Forschung Sprache*, 2 (1), 49–69.

Sokol, M., Scott, M., McCloskey, M., Cohen, J. & Aliminos, D. (1991). Cognitive representations and processes in arithmetic: inferences from the performance of brain damaged subjects. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory and Cognition* 17 (3), 355–376.

Steffens, L. (2015). *Zum Einfluss expressiver lexikalischer Fähigkeiten auf mathematische Leistungen* (Examensarbeit). Universität zu Köln, Köln.

Wild, N. & Fleck, C. (2013). Neunormierung des Mottier-Tests für 5- bis 17-jährige Kinder mit Deutsch als Erst- oder als Zweitsprache. *Praxis Sprache*, 58 (3), 152–157.

## Zu den Autoren

Prof. Dr. Andreas Mayer ist Inhaber des Lehrstuhls für Sprachheilpädagogik (Sprachtherapie und Förderschwerpunkt Sprache) an der LMU München. Arbeits- und Forschungsschwerpunkte sind die Diagnostik von Sprach- und Sprechstörungen, die spezifische Akzentuierung des Unterrichts im Förderschwerpunkt Sprache sowie die Theorie und Praxis gestörter Schriftspracherwerbsprozesse.

Dr. Maximilian Hamann ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Sprachheilpädagogik (Sprachtherapie und Förderschwerpunkt Sprache) an der LMU München. Mit dem vorliegenden Forschungsprojekt erlangte er im Februar 2022 die Doktorwürde an der Ludwig-Maximilians-Universität München (Thema der Dissertation: Arithmetischen Verarbeitungsschwierigkeiten sprachlerwerbsgestörter Kinder – Entwicklung und Evaluation einer strategio-rientierten Förderung).

## Korrespondenzadressen

Prof. Dr. Andreas Mayer  
 Andreas.Mayer@edu.lmu.de

Dr. Maximilian Hamann  
 Max.Hamann@edu.lmu.de

DOI dieses Beitrags:  
<https://doi.org/10.2443/skv-s-2023-56020230201>



**15%**  
 MIT DEM CODE\*  
**SPRACHE15**



6 cm+  
 Tiefenwirkung



3 Frequenzen  
 15 Intensitätsstufen



Sanfte  
 Behandlung



**Logopädin  
 Diana B.**

„Das NOVAFON ist eine tolle Ergänzung zu mundmotorischen Übungen. Durch die leichte Anwendung und die verschiedenen intraoralen Aufsätze ist das NOVAFON vielseitig einsetzbar. Die Kinder haben das NOVAFON in der Therapie so gut angenommen, dass ich die Nutzung ohne weiteres in meinen Praxisalltag aufnehmen konnte.“



Erfahren Sie  
 jetzt mehr!  
 Nur ein Scan  
 entfernt.

[www.novafon.de](http://www.novafon.de)

\*Rabatt ist gültig bis 15.05.23.  
 Rabatte & Aktionen sind nicht kombinierbar.