

## **Projektbericht zur P2-Prüfung**

Projektgruppe 1.4 „Aufmerksamkeitsprozesse in der Zahlverarbeitung“

Projektdach: Inklusive Bildung

Prüfungsarbeit:	Projektbericht für die P2-Prüfung
Lehrveranstaltung:	Seminar 134428 Aufmerksamkeitsprozesse in der Zahlverarbeitung
Semester:	SoSe 2020/2021
Prüfer:	Prof. Dr. Jörg-Tobias Kuhn
Studiengang:	Bachelor Rehabilitationspädagogik
Datum der Abgabe:	09.07.2021
Projektbeteiligte:	Cetin, Esra Nur (211246) Funk, Kathrin (211088) Holthausen, Mirjam (213859) Lompa, Leonie (211080) Mensen, Esther (211915) Schasiepen, Jan (213021) Steckel, Dominic (213604)

## Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	5
2 Forschungsgegenstand.....	7
2.1 Variable exekutive Funktionen .....	7
2.1.1 Theorie – Exekutive Funktionen.....	7
2.1.2 Aktueller Forschungsstand – Exekutive Funktionen.....	9
2.1.3 Forschungslücke – Exekutive Funktionen.....	10
2.2 Variable Spontane Fokussierung auf Numerosität (SFON).....	11
2.2.1 Theorie – SFON .....	12
2.2.2 Aktueller Forschungsstand – SFON .....	13
2.2.3 Forschungslücke – SFON.....	18
2.3 Variable sozioökonomischer Status (SES).....	20
2.3.1 Theorie – SES.....	22
2.3.2 Aktueller Forschungsstand – SES.....	22
2.3.3 Forschungslücke – SES.....	24
2.4 Soziodemographie.....	24
2.4.1 Variable Sprache.....	24
2.4.2 Variable Alter.....	25
2.4.3 Variable Geschlecht .....	26
2.5 Variable Mathe – Basale Zahlenverarbeitung und Rechenfertigkeiten .....	27
2.5.1 Theorie – Mathe .....	27
2.5.2 Aktueller Forschungsstand – Mathe .....	28
3 Erkenntnisinteresse.....	29
3.1 Fragestellung.....	29
3.2 Hypothesen .....	29
3.2.1 Hypothese 1 – Exekutive Funktionen .....	29

3.2.2 Hypothese 2 – SFON.....	30
3.2.3 Hypothese 3 – SES .....	30
4 Projektziele .....	31
5 Forschungsdesign und Methodik .....	32
5.1 Forschungsdesign und Methodik – Exekutive Funktionen .....	32
5.2 Forschungsdesign und Methodik – SFON.....	34
5.3 Forschungsdesign und Methodik – SES .....	37
5.4 Forschungsdesign und Methodik – Mathe.....	40
5.4.1 Aufbau CODY-M 2-4.....	40
5.4.2 Aufbau DIRG .....	42
6 Projektverlauf .....	43
7 Erhebung und Programmierung.....	45
7.1 Erhebung und Programmierung – Exekutive Funktionen.....	46
7.1.1 Erhebung und Programmierung – Vorwärtsstellenspanne.....	46
7.1.2 Erhebung und Programmierung – Rückwärtsstellenspanne .....	47
7.2 Erhebung und Programmierung – SFON .....	47
7.3 Erhebung und Programmierung – SES.....	48
7.4 Erhebung und Programmierung – Mathe .....	49
8 Rekrutierung .....	50
9 Ethik .....	52
10 Auswertung.....	54
10.1 Auswertung – Exekutive Funktionen.....	54
10.2 Auswertung – SFON .....	55
10.3 Auswertung – SES.....	55
10.4 Auswertung – Mathe .....	55
10.5 Auswertung aller Daten in RStudio .....	56

11 Ergebnisdarstellung.....	59
12 Ergebnisinterpretation und -diskussion .....	64
13 Theoriebezug.....	68
13.1 Theoriebezug – Exekutive Funktionen .....	68
13.2 Theoriebezug – SFON .....	69
13.3 Theoriebezug – SES .....	70
14 Limitationen .....	70
14.1 Limitationen – Allgemein .....	70
14.2 Limitationen – Exekutive Funktionen .....	73
14.3 Limitationen – SFON.....	73
14.4 Limitationen – SES .....	74
14.5 Limitationen – Mathe.....	75
15 Ausblick .....	75
15.1 Ausblick – Exekutive Funktionen .....	75
15.2 Ausblick – SFON .....	76
15.3 Ausblick – SES .....	76
15.4 Ausblick – Allgemein .....	77
16 Literatur .....	79
17 Abbildungsverzeichnis.....	87
18 Tabellenverzeichnis.....	87
19 Anhang .....	88
19 Selbstständigkeitserklärung.....	90
20 Liste zur Erarbeitung der einzelnen Teile .....	91

## 1 Einleitung

Für die erfolgreiche Entwicklung eines Kindes ist es sehr wichtig die richtigen Förder-schwerpunkte zu setzen. Diese können sich bei jedem Kind individuell unterschiedlich ergeben. In Anbetracht auf die steigenden Zahlen von Kindern und Jugendlichen mit Rechenschwierigkeiten sind angemessene Lösungen sowie Fördermaßnahmen gesucht (Haselünne, 2004). Dies bildet Grundlage dafür, den Einfluss verschiedener Prädiktoren auf die mathematischen Fähigkeiten von Kindern zu untersuchen. Die mathematischen Kompetenzen eines Menschen sind durch unterschiedliche Faktoren beeinflussbar. Da lediglich ein begrenzter Ausschnitt der Realität betrachtet werden kann, werden durch die Untersuchung der unterschiedlichen Prädiktoren wesentliche Ebenen der Realität eines Kindes abgedeckt. Hierbei stellen die exekutiven Funktionen die kognitive Variable, die Tendenz der spontanen Fokussierung auf Numerosität (SFON) die mathespezifische Variable und der sozioökonomische Status (SES) die systematische Variable dar.

Des Weiteren kann durch die Erfassung der SFON-Tendenz der Kinder eine frühzeitige Vorhersage von Schwierigkeiten im Rechnen und des weiteren Werdegangs, wie z. B. bei der Auswahl der weiteren Schulform, erfolgen. Die Erhebung des sozioökonomischen Status eines Kindes erlaubt es, umweltbezogene Faktoren zu erfassen, dies ist von besonderer Relevanz. Um die kognitiven Fähigkeiten der Kinder besser einschätzen und einordnen zu können, ist die Durchführung der Arbeitsgedächtnis-Aufgaben in diesem Projekt wichtig.

Im Rahmen des Projektstudiums des Bachelorstudiengangs Rehabilitationspädagogik findet im dritten Jahr das Projektstudium statt, in dem die Studierenden in einer Projektgruppe über ein spezifisches Thema mit kompetenzorientierten Lehr- und Lernelementen, auf ein bestimmtes fachlich begründetes Ziel hin forschen. Die Projektgruppen werden von jeweils einer:einem Lehrenden, einer:einem Tutor:in und dem Projektbüro begleitet und unterstützt. Es werden auch projektbegleitende Fundamentumsveranstaltungen und eine E-Learning-Plattform angeboten. Aufgrund der Corona-Pandemie findet das Semester digital statt, weshalb auch das Projektstudium ausschließlich online stattfindet.

In dem Projekt 1.4 wird sich mit den „Aufmerksamkeitsprozessen in der Zahlverarbeitung“ beschäftigt. Das Projekt thematisiert die Vorhersage der mathematischen Kompetenzen anhand verschiedener Prädiktoren bei Erstklässler:innen. Hierbei lauten die konkreten Forschungsfragen: „Wie beeinflussen exekutive Funktionen und spontane Fokussierung auf Numerosität (SFON) die mathematischen Leistungen bei Erstklässler:innen?“ sowie „Welche Rolle spielt der sozioökonomische Status (SES) als Prädiktor dabei?“.

Es werden die quantitativen Forschungsmethoden angewendet und die Erfassung der Daten erfolgt durch normorientierte Tests, die teilweise dem Alter angepasst werden. Aufgrund der Corona-Pandemie wird die Erhebung in einem digitalen Format durchgeführt. Die Erhebung erfolgt als ein Testblock, wobei im ersten Teil Aufgaben zu exekutiven Funktionen, zur SFON-Tendenz und ein Fragebogen zum SES erfolgen. Nach einer kurzen Pause, handelt es sich beim sekundären Teil, um die Erfassung der basisnumerischen Kompetenzen sowie der Rechenfertigkeiten, um die Einflüsse der betrachteten Variablen am Untersuchungsgegenstand zu prüfen. Die Rekrutierung der Proband:innen erfolgt durch die Kooperation mit Schulen, Online-Foren sowie aus dem privaten Umfeld des Projektteams.

Im Folgenden soll ausführlich dargestellt werden, wie das Projekt zum Thema „Aufmerksamkeitsprozesse in der Zahlverarbeitung“ von den Studierenden bisher bearbeitet wurde. Der Projektbericht ist in fünf Kapitel untergliedert. Dazu wird zunächst ein Überblick zum Forschungsgegenstand und den einzelnen Variablen gegeben. Hierbei wird der Bezug zur Theorie, der aktuelle Forschungsgegenstand sowie die Forschungslücke der Variablen exekutive Funktionen, SFON sowie SES dargestellt. Daraufhin folgt die Beschreibung der soziodemographischen Variablen sowie der Variable Mathe. Darauf aufbauend erfolgt die Darlegung des Erkenntnisinteresses, welches die Beschreibung der Fragestellungen sowie Hypothesen beinhaltet. Weiterhin wird das Forschungsdesign und die Methodik des Projekts dargestellt. Danach folgen die Aspekte des Projektverlaufs, der Erhebung und Programmierung, der Rekrutierung, der Ethik, der Auswertung und der Limitationen. Abschließend wird ein Ausblick zum geplanten Werdegang des Projekts gegeben.

## **2 Forschungsgegenstand**

Im Folgenden werden die im Projekt behandelten Variablen beschrieben. Dies umfasst die exekutiven Funktionen, die spontane Fokussierung auf Numerosität, den sozioökonomischen Status und die Soziodemographie, bestehend aus Sprache, Alter und Geschlecht sowie die mathematischen Kompetenzen. Zudem wird der jeweilige Forschungsstand und die vorhandene Forschungslücke erläutert.

### **2.1 Variable exekutive Funktionen**

Als exekutive Funktionen werden alle Komponenten der kognitiven Fähigkeiten des Menschen betitelt. Diese sind zuständig für die Kontrolle und der Selbstregulation des eigenen Verhaltens. Dabei ermöglicht diese Funktion uns gewisse Verhaltensweisen im Alltag zu entwerfen und diese anschließend durchzuführen. Zudem erlaubt diese Fähigkeit uns, die gesetzten Ziele zu kontrollieren und zu verwirklichen. Zusätzlich steuern wir mit ihnen unsere Aufmerksamkeit, sodass wir die Möglichkeit haben, uns auf essentielle Aspekte zu konzentrieren und unwichtige Aspekte zu ignorieren (Quante et al., 2016).

Dabei unterteilt man die exekutiven Funktionen in drei Subkategorien. Ein Bestandteil stellt das Arbeitsgedächtnis dar, das uns ermöglicht, Informationen kurzzeitig zu speichern und mit den gespeicherten Informationen weiterzuarbeiten. Außerdem gibt es die Inhibition, die die Menschen in die Lage versetzt, spontane Impulse zu unterdrücken sowie die Aufmerksamkeit willentlich zu lenken und Störreize auszublenden. Die letzte Unterkategorie ist die kognitive Flexibilität. Sie ist dazu fähig, den Fokus der Aufmerksamkeit zu wechseln sowie sich schnell auf neue Situationen einzustellen und andere Perspektiven einzunehmen (Ehlert, 2007). Diese drei Subkategorien steuern das selbstregulierte Verhalten. Dabei wird sich im Projekt auf die Komponente des Arbeitsgedächtnisses fokussiert.

#### **2.1.1 Theorie – Exekutive Funktionen**

Alan D. Baddeley ist Psychologe und setzte sich mit dem Arbeitsgedächtnis auseinander. 1986 entwickelt er ein Modell zum Arbeitsgedächtnis erstellt, womit er das Arbeitsgedächtnis in vier weitere Subkategorien teilt.

Zum einen stellt die zentrale Exekutive eine Subkategorie dar. Diese entscheidet, was Aufmerksamkeit verdient und welche Handlungsausführungen notwendig sind. Sie dient als Leitzentrale oder übergeordnetes Steuerungssystem. Die zentrale Exekutive ist kein Speicher, sondern dient vor allem der Koordination und Nutzung der Hilfsysteme. Zudem ist sie verantwortlich für die Kontrolle, Überwachung, Anpassung und Steuerung der Gedächtnisprozesse. Eine der wichtigsten Aufgaben der zentralen Exekutiven ist die Bewusstmachung von Inhalten zur weiteren Informationsverarbeitung (Schmied, 2011).

Zum anderen gehört die phonologische Schleife zu den Subkategorien, die es uns erlaubt, gesprochene und geschriebene Informationen im Gedächtnis zu bewahren und zu verwalten. Sie besteht aus zwei Funktionsbereichen: dem subvokalen artikulatorischen Kontrollprozess („Rehearsal“) und dem phonetischen Speicher. Inwieweit die Leistungsfähigkeit der phonetischen Schleife eines Menschen ausgebaut ist, hängt sowohl vom Funktionslevel des phonetischen Speichers als auch vom Rehearsalprozess und deren Zusammenarbeit ab. Im phonetischen Speicher können Informationen für 1,5 bis 2 Sekunden aufrechterhalten werden, bevor die Informationen zerfallen. Aus diesem Grund werden durch den aktiven artikulatorischen Kontrollprozess akustische Informationen kontinuierlich und aktiv wiederholt (Schmied, 2011).

Die dritte Subkategorie nennt sich visuell-räumlicher Notizblock. Dieser erlaubt es, visuelle Informationen zu speichern und zu verwalten. Ähnlich wie bei der phonologischen Schleife werden auch hier zwei Teilfunktionen angenommen. Der passive visuelle Speicher („visual cache“) ist für die Aufnahme und Speicherung visuell-statischer Informationen, wie z. B. Farbe oder Form eines Objekts, zuständig. Im Gegensatz dazu werden räumlich-dynamische Reize, wie Lage und Anordnung im Raum, Bewegungsrichtungen und räumliche Veränderungen, durch den aktiven inneren Schreibprozess („inner scribe“) verarbeitet. Dies ist vergleichbar mit dem Rehearsalprozess der phonologischen Schleife, da durch den inneren Schreibprozess eine Auffrischung generiert bzw. innerlich wiederholt wird und damit eine längere Behaltensdauer der visuellen Informationen stattfindet (Schmied, 2011).

Die letzte Subkategorie ist der episodische Puffer. Er erlaubt es, Informationen aus dem visuell-räumlichen Notizblock, der phonologischen Schleife und dem Langzeitgedächtnis zu integrieren und in Form von kohärenten Episoden zu speichern (Schmied, 2011). Im Laufe des Projekts werden die phonologische Schleife und die zentrale Exekutive getestet. Dafür wurden Testinstrumente ermittelt, auf die später genauer eingegangen wird.

### **2.1.2 Aktueller Forschungsstand – Exekutive Funktionen**

Im weiteren werden Studien aufgezählt, in denen die Komponenten des Arbeitsgedächtnisses in Korrelation mit mathematischen Fähigkeiten gebracht wurden. Hierbei wird die Studie der Universität Göttingen angeführt. In dieser Studie wurden ältere Grundschüler:innen unter anderem auf das Arbeitsgedächtnis und der Schulleistung in Mathematik getestet. Die unterschiedlichen Testungen zu den Komponenten des Arbeitsgedächtnis wurden mit Kindern bis zu 12 Jahren durchgeführt (Schmied, 2011). Hierbei wurde festgestellt, dass unterschiedliche Bedingungen einen entscheidenden Einfluss auf die Korrelation von Arbeitsgedächtnis und mathematischen Fähigkeiten haben können.

Werberschock und Grube (2006) vermerkten, dass zu berücksichtigen sei, dass ein Einfluss von Komponenten des Arbeitsgedächtnisses für jede Art von mathematischer Aufgabe bestehen kann und dieser in der Erhebung und Auswertung berücksichtigt werden muss. Eine Korrelation von phonologischer Schleife und zentraler Exekutive anhand von mathematischen Kompetenzen wurde bei der Aufgabenart von dual-task-Aufgaben beleuchtet. Dieser Zusammenhang wurden bei Proband:innen im Kindesalter sowie im Erwachsenenalter von Hasselhorn und Grube (2003a) und Fürst und Hitch (2000) erkannt. Die phonologische Schleife zeigte sich dabei weniger in den Rechenaufgaben, sondern eher in der Erinnerung von Informationen der Aufgabe und in der Speicherung und Verwaltung der Zwischenergebnisse. Hierbei wurde zudem deutlich, dass die zentrale Exekutive eher für die Organisation zur Bewältigung der Aufgaben zuständig ist. Beide Komponenten sind in basale sowie komplexe Rechenaufgaben involviert. Bei jüngeren Kindern im Grundschulalter wird deutlich, dass hierbei der visuell-räumliche Notizblock mehr im Vordergrund steht als die phonologische Schleife und die zentrale Exekutive. Im jüngeren Alter sind die phonologische

Schleife sowie die zentrale Exekutive noch nicht vollständig ausgebildet. In diesem Alter werden mathematische Aufgaben sowie Zahlen eher Objekten zugeschrieben. Anschließend werden diese einer visuellen Zahlen-Strategie zugeordnet, welche auf dem visuell-räumlichen Notizblock basiert (Schmied, 2011).

Laut der Längsschnittstudie “Die Rolle von Sprache und Arbeitsgedächtnis für die Entwicklung mathematischen Lernen vom Vorschul- bis ins Grundschulalter”, von Ritterfeld und Bos aus dem Jahr 2020, kommt es zu uneinheitlichen Befunden. So konnte man bei Vorschulkindern Zusammenhänge der phonologischen Schleife mit Kompetenzen im Mengenvergleich, sowie im Bereich des frühen Rechnens nachweisen. Bei anderen Kindern hingegen, stellte man einen bedeutsamen Einfluss des visuell-räumlichen Notizblocks auf, im Bereich der frühen Mengen-Zahlen-Kompetenzen. Auch die zentrale Exekutive wurde zum Lösen arithmetischer Aufgaben genutzt. Im Altersbereich zwischen vier bis sechs Jahren, haben die Proband:innen Zählstrategien aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen, sowie durch die Koordination zwischen sprachlichen und numerischen Informationen. Innerhalb dieser Altersstufe zeigten sich eine altersabhängige Änderung der benutzten einzelnen Subkomponenten. Durch diese Änderungen wird von einer hoher Relevanz für mathematische und kognitive Entwicklungsprozesse ausgegangen. Wahrscheinlich lässt sich diese unterschiedliche Beteiligung der Subkomponenten des Arbeitsgedächtnisses, an den einzelnen mathematischen Teilbereichen zurückführen. Sowie die altersabhängige Änderung der Arbeitsgedächtnis-Komponenten (Ritterfeld & Bos, 2020).

### **2.1.3 Forschungslücke – Exekutive Funktionen**

Unterschiedliche Forschungslücken gehen aus den oben genannten Studien hervor. Aus der Studie der Universität Göttingen ging hervor, dass es zu einer Korrelation, bei älteren Grundschüler:innen, zwischen der zentralen Exekutive und mathematischen Fähigkeiten kam. Zudem wurde dabei festgestellt, dass Kinder in einem jüngeren Alter eher den visuell-räumlich Notizblock nutzen, um mathematische Aufgaben zu lösen. Die phonologische Schleife und die zentrale Exekutive sind im jüngeren Alter noch nicht deutlich ausgeprägt, somit nutzen die Kinder eher den visuell-räumlichen Notizblock (Schmied, 2011).

Aus der anderen Studie "Die Rolle von Sprache und Arbeitsgedächtnis für die Entwicklung mathematischen Lernens vom Vorschul- bis ins Grundschulalter" ging hervor, dass Kinder unterschiedliche Subkategorien nutzen je nach Aufgabentyp und Alter. Da es zu einer Veränderung der Arbeitsgedächtnis-Komponenten im Laufe der kindlichen Entwicklung kommt (Ritterfeld & Bos, 2020).

Die Korrelation der Variablen der Exekutiven Funktion (phonologische Schleife, zentrale Exekutive), des sozioökonomischen Status und der SFON-Tendenzen und mathematischen Leistungen bei Erstklässler:innen wurde zu diesem Zeitpunkt in dieser Konstellation von Variablen noch nicht genauer erforscht.

## **2.2 Variable Spontane Fokussierung auf Numerosität (SFON)**

Die spontane Fokussierung auf Numerosität (kurz SFON von engl.: Spontaneous Focusing on Numerosity) ist die Eigenschaft, sich spontan auf numerische Aspekte in der Umgebung zu fokussieren. Diese wird als Aufmerksamkeitsprozess beschrieben, der bei Menschen individuell schwächer oder stärker ausgeprägt sein kann (Batchelor, Inglis & Gilmore, 2015). Dabei achten Individuen mit einer höheren Ausprägung besonders auf die genaue Menge einer Anordnung von Geschehnissen oder Dingen, indem eine gewisse Anzahl erkannt und verarbeitet wird (Hannula & Lehtinen, 2005). Das Ausmaß der spontanen Fokussierung der Numerosität zeigt die Erfahrungen im Alltag mit spontanen Aufmerksamkeiten an (Hannula, Mattinen, & Lehtinen, 2005): Tendieren Kinder also eher dazu, Anzahlen von Dingen oder Ereignissen zu beachten, trainieren sie ihre Zählfertigkeiten vermehrt. Das wiederum bringt ihre numerische Entwicklung in unterschiedlichen Aspekten (erweiterter Zählbereich, gekonnter Umgang in verschiedenen Situationen/ Aufgaben, häufige(re) Fokussierungen auf den Aspekt des Zählens) voran (Hannula-Sormunen, 2015).

Die Spontaneität ist bei diesem Aufmerksamkeitsprozess ein wichtiger Aspekt, der die selbstinitiierte Beachtung von Ziffern beinhaltet. Zu diesem gehört auch, dass keine äußeren Anhaltspunkte, sowohl aus der Umwelt als auch von Personen, auf Zahlen oder Aufzählungsabläufe lenken (Batchelor et al., 2015). Das Ausmaß der spontanen Beachtung von Anzahligkeiten in der natürlichen Umgebung eines Individuums, die

SFON-Tendenz, ist in diesem Projekt von besonderer Relevanz. Demnach gilt: je größer die SFON-Tendenz, desto besser die mathematischen Fähigkeiten (Hannula & Lehtinen, 2005).

### **2.2.1 Theorie – SFON**

Die Frage nach der Ursache der Differenzen in mathematischen Kompetenzen bei Grundschüler:innen führt zu der spontanen Fokussierung (Hannula-Sormunen, 2015). Einige Kindergartenkinder besitzen nämlich die basalen Fähigkeiten in Mathematik nicht, die für spätere Anforderungen in Mathematik notwendig sind (Krajewski & Schneider, 2009). Oft weisen Studien zu frühkindlichen Rechenfertigkeiten (z. B. Jordan et al., 2006; Baroody & Lai, 2008) aber entweder direkt auf das Rechnen hin oder differenzieren numerische Kompetenzen von Aufmerksamkeitsprozessen zum spezifischen Denken nicht. Daher können diese Studien keine kindlichen Aufmerksamkeitsabläufe für mathematische Kompetenzen identifizieren (Hannula-Sormunen, 2015).

Verschiedene Studien konnten jedoch herausfinden, dass SFON mit dem Zählprozess, der Zahlenreihenfolge (Hannula & Lehtinen, 2005) und dem Subitizing (Hannula, Räsänen & Lehtinen, 2007) verknüpft ist. Kinder, die von 3,5 bis 6 Jahren begleitet und im Follow-up-Test geprüft wurden, bestätigten den Zusammenhang zwischen SFON und mathematischen Fähigkeiten (Hannula & Lehtinen, 2005). Festgestellte Korrelationen ( $r=.55$ ) zwischen SFON-Aufgaben und numerischen Beobachtungen im Setting Kindergarten untermauern diese Ergebnisse (Hannula et al., 2005). Diese Erkenntnisse sprechen für eine sinnvolle Verwendung der SFON-Tendenz als verlässlichen Zeiger. Außerdem konnte Potter (2009, zitiert nach Hannula-Sormunen, 2015) bestätigen, dass SFON nicht mit emotionalen Aspekten, wie Interesse oder Motivation, zusammenhängt, sondern vielmehr mit der individuellen Kognition.

Bei der Nutzung von SFON als Prädiktor muss jedoch beachtet werden, dass kleinere Zahlen in den Aufgaben verwendet werden, um die spontanen Fokussierungen der Kinder auch tatsächlich zu messen und nicht die Fähigkeiten im Umgang mit Zahlen (Batchelor et al., 2015). Die Ergebnisse von Hannula und Lehtinen (2005) ergaben, dass die Kinder, die auf die numerische Aufgabe hingewiesen wurden, erfolgreich

Aufgaben bearbeiten konnten, obwohl die gleichen Proband:innen bei SFON-Aufgaben ohne numerischen Hinweise scheiterten. Das lässt darauf schließen, dass diese Kinder wenig Übung im Umgang mit Zahlen vorweisen, aber der numerische Fokus nach Lenkung kein Problem darstellt, sodass die SFON-Tendenz bei größeren Zahlen ebenfalls ausgeprägt sein kann, wenn das Zahlenwissen größerer Ziffern bei den Kindern vorhanden ist (ebd.).

Als Bezug der Erfassung von SFON werden die theoretischen Erkenntnisse und Ergebnisse der Längsschnittstudie von Hannula und Lehtinen (2005) herangezogen, die den Zusammenhang von SFON und Mathekompetenzen bei Kindern im Alter von ca. 4 bis 6 Jahren untersuchte. Über die verschiedenen Altersstufen wurden angepasste SFON-Aufgaben ausgewählt. Dabei wurde sechsjährigen Proband:innen die Aufgabe gegeben, genauso wie der:die Experimentator:in Briefumschläge in einen Postkasten zu werfen. Es ist davon auszugehen, dass die Aufgabe die notwendigen Gütekriterien erfüllt und daher ein sicheres Messinstrument darstellt. Außerdem wurde die Aufgabe bei nachfolgenden Studien (z. B. Batchelor et al., 2015; Savelkoul, Hurst & Cordes, 2020) eingesetzt, was von Validität zeugt.

Des Weiteren kann die Umgebung mit all ihren Reizen Kinder zum numerischen Denken anregen (Anthony & Walshaw, 2009). Die schulische und häusliche Umwelt beeinflusst die numerischen Fähigkeiten bis zur Einschulung in die weiterführende Schule (Melhuish, Phan, Sylva, Sammons, Siraj-Blatchford & Taggart, 2008). Daneben spielen auch die Qualität und Quantität der numerischen Auseinandersetzungen der Eltern gemeinsam mit ihrem Kind (Gunderson & Levine, 2011) sowie der soziokulturelle Einfluss eine Rolle für die mathematische Entwicklung (Hannula & Lehtinen, 2005).

### **2.2.2 Aktueller Forschungsstand – SFON**

Im Folgenden werden Studien chronologisch, anhand des Jahres ihrer Veröffentlichungen vorgestellt, um die jeweiligen Forschungsergebnisse der Forschenden darzulegen.

Aus der im Jahr 2007 erschienenen Studie von Hannula, Lehtinen und Räsänen „Development of Counting Skills: Role of Spontaneous Focusing on Numerosity and Subitizing-Based Enumeration“ haben sich die Forschenden zum Ziel gemacht, herauszufinden, wo der Zusammenhang zwischen der spontanen Tendenz, sich auf Zahlen zu konzentrieren (SFON) und der subitizing-basierten Aufzählung und verbalen und objektzählenden Fähigkeiten liegt. Das Ziel formte sich aus der Behauptung, dass Kinder sich dahingehend unterscheiden, wie viel Aufmerksamkeit sie spontan auf quantitative Aspekte ihrer natürlichen Umgebung richten. Um oben genanntes herauszufinden haben die Forschenden anhand einer explorativen Studie Kinder im Alter von vier bis fünf Jahren auf ihre SFON-Tendenz und individuell auf ihre mathematischen Fähigkeiten getestet. Insgesamt 39 Kinder ohne Entwicklungsverzögerungen aus finnischen Kindertagesstätten bildeten die Stichprobe. Um die Leistungen der Kinder analysieren zu können wurden diese per Videoaufzeichnungen nach spezifischen Kriterien für jede Aufgabe aufgenommen. Des Weiteren wurden die fünfjährigen Kinder auf ihre auf subitizing-basierenden Aufzählungs- und Zählfähigkeiten getestet. Aus den Analysen der Aufzeichnungen ließen sich folgende Erkenntnisse gewinnen: In der Entwicklung der Zahlenfähigkeit von Kindern lassen sich laut Hannula et al. (2007) zwei primäre Zusammenhänge erkennen. Zum einen besteht eine direkte Verbindung mit SFON mit der Leistung in einer Aufgabe zur Produktion von Zahlenfolgen, welche eng mit der ordinalen Zahlenfolge ohne Bezug zur Kardinalität zusammenhängt. Zum anderen wird durch subitizing-basierte Aufzählung, die Assoziation von SFON und der Fähigkeit zum Zählen von Objekten, die einen Bezug zwischen kardinalen und ordinalen Aspekten von Zahlen erfordert, vermittelt. Daraus schließen die Forschenden, dass es während des Entwicklungsprozesses mehrere Wege zur Aufzählungsfähigkeit gibt. Hannula et al. (2007) verweisen jedoch darauf, dass ihre Ergebnisse mit Bedacht genutzt werden müssen. Denn die Messung von spontanem Verhalten erfordert die Verwendung von verschiedenen, neuartigen Kontexten. Des Weiteren können keine Rückschlüsse auf die Entwicklung der SFON-Tendenz als solche, durch die Unterschiede in den SFON-Aufgabenkontexten, gezogen werden. Die hier behandelte Studie ist die erste Studie, die darauf hinweist, dass die drei Fer-

tigkeiten SFON, subitizing-basierte Aufzählung und Zählfähigkeit miteinander verbunden sind. Es sind allerdings auf der Basis der Ergebnisse der Forschenden keine kausalen Zusammenhänge zwischen den drei Fertigkeiten zu interpretieren.

Die folgende Studie „Spontaneous focusing on numerosity and the arithmetic advantage“, durchgeführt von Batchelor, Inglis und Gilmore aus dem Jahr 2015 geht der Frage nach, ob mögliche Faktoren den positiven Zusammenhang zwischen SFON und symbolischer Zahlenentwicklung erklären können. Besonders sollte untersucht werden, ob durch individuelle Unterschiede in dem Umgang mit nicht-symbolischen und symbolischen Repräsentationen von Zahlen die Beziehung zwischen den mathematischen Fähigkeiten und der SFON erklärt werden kann (Batchelor et al., 2015). Hintergrund der Studie sind z. B. die Erkenntnisse, dass Kinder individuelle Unterschiede in ihrer Neigung zeigen, sich auf numerische Aspekte in ihrer Umgebung zu konzentrieren. Diese Feststellung haben bereits Hannula, Lehtinen und Räsänen 2007 in ihrer Studie niedergeschrieben. Ebenso, dass die spontane Fokussierung auf Numerosität und die individuellen Unterschiede darin nachweislich die aktuellen numerischen Fähigkeiten als auch den späteren Erfolg in Mathematik voraussagen (Hannula et al., 2007, zitiert nach Batchelor et al., 2015). Überdies ist die Entwicklung des symbolischen Zahlenwissens laut der Forschenden ein „langer und mühsamer Prozess“ (S. 79) für viele Kinder. Zwar kann das Auswendiglernen der Zahlenfolge schon früh erfolgen, jedoch kann es bis zu Jahren dauern, bis Kinder die Bedeutung der Wörter in der Zählliste erfasst haben. Einige Kinder müssen sich das kardinale Prinzip des Zählens erst noch aneignen (Gelman & Gallistel, 1978, zitiert nach Batchelor et al., 2015). Um ihre Studie durchführen zu können rekrutierten die Studien-Leitenden 130 Kinder, davon waren 64 Mädchen und 66 Jungen in einem Alter zwischen 4,5 und 5,6 Jahren. Nach Ausscheiden von einigen Kindern aus verschiedensten Gründen blieb eine Teilnehmerzahl von 119 Kindern. Die Stichprobe setzte sich aus drei Grundschulen in Nottinghamshire und Leicestershire, Großbritannien zusammen, wobei sie sich in dem sozioökonomischen Status (SES) unterscheiden. Die Durchführung fand an zwei Terminen statt, mit einem Abstand von einer Woche. Die Testungen beinhalten eine Reihe von Aufgaben, die Folgendes testen sollten: SFON, nicht-symbolische Größenvergleiche, symbolische (arabische Ziffern)

Vergleiche, nicht-symbolische-zu-symbolische Zuordnungen und arithmetische Fähigkeiten. Zudem wurde eine Aufgabe zur Ziffernerkennung gestellt, um das Wissen über Zahlensymbole zu ermitteln. In der ersten Testung sollten die Kinder zwei SFON-Aufgaben und eine Aufgabe zum visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnis bearbeiten. Die zweite Testung setzte sich aus einer Reihe von computergestützten Aufgaben zur numerischen Verarbeitung zusammen. Dies gefolgt von einer standardisierten Messung des Rechnens. Die Durchführung fand einzeln, unter Beobachtung einer Versuchsleitung statt. Aus den Ergebnissen der zwei Testungen stellen die Forschenden folgende Erkenntnisse heraus: SFON ist mit den symbolischen Zahlenverarbeitungsfähigkeiten der Kinder und ihrer Leistung in einem standardisierten Rechentest positiv assoziiert. Weiter zeigten hierarchische Regressionsanalysen, „that the relationship between SFON and mathematical skills would be largely explained by individual differences in children's ability to map between nonsymbolic and symbolic representations of number” (Batchelor et al., 2015, S. 81). Des Weiteren gelangen die Forschenden durch ihre Ergebnisse zu einem erweiterten Verständnis darüber, wie die informellen, spontanen Interaktionen von Kindern mit den Zahlen mit ihren frühen mathematischen Fähigkeiten zusammenhängen. Durch diese Erkenntnis erweitern sie zugleich frühere Befunde durch Beweislagen, die offenlegen, dass auch nach einer Kontrolle für individuelle Unterschiede in der arabischen Ziffernerkennung, verbalen Fähigkeiten und dem Arbeitsgedächtnis diese Assoziationen bestehen bleiben. Für Batchelor et al. (2015) ist jedoch die wichtigste Erkenntnis, wie SFON seinen positiven Einfluss auf arithmetische Fähigkeiten ausüben kann. SFON “may lead to increased practice mapping between nonsymbolic and symbolic representations of number which improves symbolic fluency and, in part, leads to better counting and arithmetic skills” (Batchelor et al., 2015, S. 85).

Einen großen Wert auf die Anzahl von verbalen Äußerungen von Kindergartenkindern in Bezug auf die SFON, legten die Forschenden Rathé, Torbeyns, De Smedt, Hannula-Sormunen und Verschaffel in ihrer 2017 erschienenen Studie “Verbal and action-based measures of kindergartners' SFON and their associations with number-related utterances during picture book reading.” Um dieser Frage nachgehen zu können, rekrutierten Rathé et al. (2017) 105 Kindergartenkinder aus zwei Kindergärten in Flandern, Belgien, von denen 64 (31 Jungen) letztendlich teilnahmen. Die Altersspanne

zog sich von 4.3 bis 6.3 Jahren. Zu dem Zeitpunkt hatten die Kinder noch keinen formalen Unterricht in Mathematik und im Lesen. In einem Abstand von 3 Tagen nahmen die Kinder an 2 Testungen einzeln teil. Die erste Testung bestand aus einer handlungsbasierten Imitations-Aufgabe und einer verbalen Bild-Aufgabe. Um eine Trennung der beiden Aufgaben für die Kinder möglich zu machen, wurde eine visuo-motorische "buffer-task" eingefügt (Rathé et al., 2017, S. 553). Die zweite Testung beinhaltete eine standardisierte Bilderbuchlese-Aufgabe, wobei bei jedem Kind zu jeder Testung der/dieselbe Interviewer:in anwesend war. Rathé et al. (2017) sind zu folgenden Erkenntnissen durch ihre Studie gekommen: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der SFON der Kinder, gemessen durch die Bild-Aufgabe, und der Häufigkeit ihrer zahlenbezogenen Äußerungen während der Bilderbuchlese-Aufgabe, jedoch keinen Zusammenhang für die Imitations-Aufgabe. Die Forschenden deuten darauf hin, dass es nur eine begrenzte Konvergenz zwischen den handlungsbasierten und verbalen SFON-Aufgaben gibt. Als Erklärung für die begrenzte Konvergenz geben sie an, dass SFON ein multidimensionales Konstrukt, welches aus einer verbalen und einer handlungsbasierten Komponente besteht, ist und kein einheitliches.

2020 erschien die Studie "Preschoolers' Number Knowledge Relates to Spontaneous Focusing on Number for Small, but Not Large, Sets" unter der Leitung von Savelkouls, Hurst und Cordes. Die Forschenden in dieser Studie stützen sich insofern auf frühere Studien, als dass diese Studie, anders als die vorherigen, untersucht hat, inwiefern die Anzahl und Anforderungen der SFON-Aufgaben von Bedeutung sind. Anders als vorherige Studien, legen die Autor:innen darauf Wert, auch anhand größerer Mengen an Items zu messen, ob und wie dies mit den mathematischen Fähigkeiten der Kinder und ihrer spontanen Fokussierung zusammenhängt. Um dies zu messen, wurden zwei Experimente durchgeführt. Eins für eine kleine Zahlenmenge (1-4 Items, Experiment 1) und eins für eine große Zahlenmenge (10-40 Items, Experiment 2). Anhand dieser soll die spontane Aufmerksamkeit von Vorschulkindern durch vier verschiedene SFON-Aufgaben gemessen werden. Die Stichprobengröße betrug nach Ausscheiden von einigen Kindern aus verschiedenen Gründen für Experiment 1 84 Teilnehmer:innen in einem Alter zwischen 2,5 bis 5,1 Jahren. Durchgeführt wurde die Studie, mit den überwiegend aus Boston stammenden Kindern, entweder in dem

Campus-Labor, in den jeweiligen Vorschulen oder in der Nachmittagsbetreuung. In einem Zeitintervall von sechs Monaten absolvierten die Kinder, sowohl in Experiment 1 als auch in Experiment 2, fünf verschiedene Aufgaben in folgender, gleichbleibender Reihenfolge: Bild-Aufgabe, Flächenwahl-Aufgabe, Imitations-Aufgabe, Proportionswahl-Aufgabe und Give-N-Aufgabe. Lediglich der Stimuli in der Area-Choice-Aufgabe und der Stimuli und die Struktur der Proportion-Choice-Aufgabe haben sich in Experiment 2 verändert. Experiment 2 wurde mit der größeren Aufgaben-Menge durchgeführt (mehr als vier Aufgaben), außerdem sank die Teilnehmerzahl in diesem auf 74 Kinder. Experiment 2 wurde durchgeführt, um herauszufinden, ob die positive Korrelation zwischen Zahlenwissen und SFON über alle Mengengrößen hinweg besteht, oder ausschließlich für kleine Mengen. Heraus kristallisiert hat sich, dass sich verbale Antworten in der Imitations-Aufgabe positiv mit der Leistung in der Bildaufgabe korrelieren. Dies deutet, laut der Forschenden darauf hin, dass beide Aufgaben eine Form von verbalem SFON messen können. Weitere Messungen der SFON korrelierten nicht miteinander. Laut Savelkouls et al. (2020) deutet dies darauf hin, dass kein singuläres Konstrukt von SFON besteht und die vier Aufgaben unterschiedliche Aspekte der kindlichen Kognition messen. Bezüglich der Set-Größen fanden die Forschenden heraus, dass die SFON von Vorschulkindern für kleine Mengen (1-4 Items) signifikant stärker als die für große Mengen (10-40 Items) waren. Analysen zeigten weiter, dass Zahlenwissen nur mit SFON für kleine Mengen und nicht für große Mengen assoziiert war. Die Kombination der Ergebnisse aus Experiment 1 und 2 ergibt die Möglichkeit, dass SFON eine Fähigkeit widerspiegelt, auf Zahlen zu achten, die sie in der Welt um sich herum quantifizieren können (Savelkouls et al., 2020). Konzentrierten sich die Kinder mit größerem Zahlenwissen auf die Zahl, so wurden sie mit kleinen Mengen getestet. Die Erkenntnis aus den zwei Experimenten laut Savelkouls et al. (2020) ist jene, dass SFON zumindest in den Vorschuljahren ein von der Setgröße abhängiges Konstrukt ist und es vom Zahlenwissen eines Kindes abhängt.

### **2.2.3 Forschungslücke – SFON**

Lücken in der Forschung werden im Folgenden aus den oben behandelten Studien herausgeschrieben. Dabei wird die chronologische Reihenfolge der Veröffentlichungsjahre beibehalten.

Interessanterweise stellen Hannula-Sormunen, Lehtinen und Räsänen in ihrer Studie aus dem Jahr 2007 "Development of Counting Skills: Role of Spontaneous Focusing on Numerosity and Subitizing-Based Enumeration", für zukünftige Studien in Aussicht, dass eine höhere Generalisierbarkeit des SFON-Indikators durch mehrere SFON-Aufgaben und Messzeitpunkten gegeben werden sollte. Diesem Punkt sind Savelkoul, Hurst und Cordes (2020) in ihrer Studie "Preschoolers' Number Knowledge Relates to Spontaneous Focusing on Number for Small, but Not Large, Sets" nachgegangen und konnten dadurch Erkenntnisse, welche in dem aktuellen Forschungsstand dargelegt sind, gewinnen. Des Weiteren beziehen sie sich auf die Notwendigkeit eines noch früheren Messzeitpunktes in der Entwicklung von Kindern. Dadurch sollen die verschiedenen Wege von frühen Unterschieden in der Wahrnehmung und Aufmerksamkeit zu späteren mathematischen Fähigkeiten identifiziert werden. Die Forschenden sind zu der Erkenntnis gekommen, dass es mehrere Wege zur Aufzählungsfähigkeit bei Kindern gibt (Hannula-Sormunen et al., 2007). Noch offen geblieben ist dabei die Frage nach dem spezifischen Zusammenhang der nonverbalen und verbalen Aufzählungsfähigkeit mit der SFON-Tendenz. Auch einen weiteren Punkt ergänzt bereits die im Jahr 2020 veröffentlichte Studie von Savelkoul und Kollegi:innen, indem die Autor:innen erforscht haben, dass eine Korrelation von verbalen Antworten in der Imitations-Aufgabe positiv mit der Leistung in der Bild-Aufgabe besteht. Die allgemeinen Fokussierungsfähigkeiten der Kinder und insbesondere ihre Inhibitionsfähigkeit und das Arbeitsgedächtnis sollten jedoch noch weiter untersucht werden (Hannula-Sormunen et al., 2007).

Durch die Erkenntnis, dass SFON einen verstärkten Einfluss der Übung des Mappings zwischen nicht-symbolischen und symbolischen Repräsentationen von Zahlen hat, erforscht durch Batchelor, Inglis und Gilmore (2015) in ihrer Studie „Spontaneous focusing on numerosity and the arithmetic advantage“, führten die Forschenden ihre Gedanken weiter. Hin zu der Überlegung, dass noch weitere Forschungen unternommen werden müssen, um zusätzliche Faktoren zu finden, die ebenfalls eine Rolle bei der Beziehung zwischen SFON und arithmetischen Fähigkeiten spielen, denn die Mapping-Fähigkeit stellt nur einen Teil dar (Batchelor et al., 2015).

Rathé, Torbeyns, De Smedt, Hannula-Sormunen und Verschaffel (2017) haben herausgefunden, dass es nur eine begrenzte Konvergenz zwischen den handlungsba- sierten und verbalen SFON-Aufgaben gibt und dieses womöglich daran liegt, dass SFON ein multidimensionales Konstrukt ist. Diese Multidimensionen müssen noch weiter erforscht werden, um zuverlässige und valide Maße entwickeln zu können (Rathé et al., 2017).

Savelkouls, Hurst und Cordes (2020) haben in ihrer Studie "Preschoolers' Number Knowledge Relates to Spontaneous Focusing on Number for Small, but Not Large, Sets" herausgefunden, dass SFON zumindest in den Vorschuljahren ein von der Setgröße abhängiges Konstrukt ist und es vom Zahlenwissen eines Kindes abhängt. Was in ihrer Studie noch nicht genug Anklang gefunden hat, ist die Frage, "whether the relation between SFON and later math abilities holds when controlling for differences in number knowledge." (Savelkouls et al., 2020, S. 1891). Zukünftig, um das Verständnis der Beziehung zu anderen numerischen und mathematischen Fähigkeiten zu fördern, muss herausgefunden werden, welches Konstrukt die SFON-Aufgaben wirklich misst und wo die Grenzen dabei liegen (Savelkouls et al., 2020).

### **2.3 Variable sozioökonomischer Status (SES)**

Ein weiterer Prädiktor, der soziale Status einer Person, bezeichnet die Position, die diese innerhalb einer Rangordnung der gesellschaftlich vorhandenen Positionen einnimmt. Dabei ist die Einordnung in die gesellschaftliche Hierarchie von der Wertschätzung abhängig, die einer Position in Bezug auf gesellschaftlich relevante Merkmale, wie Einkommen oder Besitz, beigemessen wird.

In der Regel betrachtet man die Merkmale nicht einzeln, sondern in Bündelungen mehrerer Merkmale, um die Platzierung in der gesellschaftlichen Hierarchie zu bestimmen. Für gewöhnlich wird der sozioökonomische Status (SES) dabei über die Bereiche Bildungsniveau, Berufstätigkeit und Einkommen definiert (Ditton & Maaz, 2011).

Es gibt verschiedene Indikatoren, um die soziale Herkunft zu beschreiben:

- (a) den International Socio-Economic Index of Occupational Status (ISEI)

(b) die Erikson-Goldthorpe-Portocarero-Klassen (EPG)

(c) den Index des ökonomischen, sozialen und kulturellen Status (ESCS)

Der ISEI und die EPG beziehen sich hauptsächlich auf Berufsklassifikation der Eltern, während beim ESCS auch kulturelle Ressourcen berücksichtigt werden (Ehmke & Jude, 2010).

Mithilfe des internationalen sozioökonomischen Index (ISEI) kann nicht nur der sozioökonomische Status eines Berufs gemessen werden, auch ein internationaler Vergleich ist so möglich. Der Index erfasst Merkmale von Berufen, welche die Bildungsabschlüsse der Eltern in Einkommen umwandeln. Dadurch können die Berufe einer sozialen Hierarchie beigeordnet werden. Ein niedriger ISEI-Wert ist dabei gleichzusetzen mit einem niedrigen sozioökonomischen Status, höhere Werte mit einem hohen sozioökonomischen Status. Der ISEI kann Werte zwischen 16 Punkten (z. B. ungelernete Hilfskräfte) und 90 Punkten (z. B. Richter) annehmen. Damit der sozioökonomische Status der Familie dargestellt werden kann, werden die Angaben zum Beruf der Mutter und des Vaters verglichen und jeweils der höchste der beiden Werte genutzt, der sogenannte highest ISEI (Ganzeboom, de Graaf & Treiman, 1992).

Die EPG-Klassifikation bildet qualitative Unterschiede zwischen den sozialen Schichten ab. Sie ordnet Berufe nach Art der Tätigkeit, der Stellung im Beruf, der Weisungsbefugnis und den nötigen Qualifikationen. Hierdurch ist es möglich, Unterschiede im sozialen Entwicklungsmilieu von Kindern und Jugendlichen abzubilden, die im Zusammenhang mit dem Zugang zu Einkommen, Macht, Bildung und gesellschaftlicher Anerkennung der Eltern stehen (Erikson, Goldthorpe & Portocarero, 1979; Erikson & Goldthorpe, 2002). Dieser Ansatz ist theoretisch besser fundiert als der ISEI und ermöglicht eine veranschaulichende Beschreibung der Berufsgruppen (Baumert & Maaz, 2006).

Der ESCS bietet die Möglichkeit, gleichzeitig ökonomische, kulturelle und soziale Herkunftsmerkmale in statistische Analysen miteinzubeziehen. Aus den drei Einzelindikatoren "sozioökonomischer Index, höchster Bildungsabschluss der Eltern und Index für häusliche Besitztümer" integriert er Informationen. Dadurch wird das Konstrukt der

sozialen Herkunft durch einen einzigen Kennwert abgedeckt, der eine höhere Vorhersagekraft besitzt als jeder einzelne enthaltene Indiz (OECD, 2007).

### **2.3.1 Theorie – SES**

Es gibt viele verschiedene Modelle zu Klassenzugehörigkeiten und Berufsprestige, beginnend bei Karl Marx im 19. Jahrhundert. Mittlerweile gibt es weitergehende Theorien, die unsere Gesellschaft realitätsnaher beschreiben. So gibt es beispielsweise den 'International Socio-Economic Index of Occupational Status' (ISEI). Dieser Index wurde auf Grundlage umfangreicher Erhebungen von Ganzeboom et al. (1992) entwickelt und wird in vielen internationalen Schulleistungsstudien, wie PISA oder IGLU, verwendet. Dieser basiert auf Angaben zu Beruf, Einkommen und Bildungsniveau. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, dass jede berufliche Tätigkeit einen gewissen Bildungsstand erfordert und bestimmte Chancen eröffnet (Ditton & Maaz, 2011).

### **2.3.2 Aktueller Forschungsstand – SES**

In unserem Bildungssystem gibt es eine große Herausforderung: Chancengleichheit. Alle Mitglieder der Gesellschaft müssen die gleichen Chancen haben, zu lernen und Kompetenzen zu entwickeln. Um das zu überprüfen, muss festgestellt werden, ob alle Mitglieder über ausreichende Basiskompetenzen verfügen. Familiäre Lebensverhältnisse können eine Rolle im Kompetenzerwerb oder bei dem Besuch höherer Bildungseinrichtungen haben. Hohe soziale Disparitäten können zeigen, dass Humanressourcen in der Gesellschaft nicht optimal genutzt werden und durch unterschiedliche Bildungsbeteiligung Ungleichheiten über Generationen hinweg reproduziert werden (Ehmke & Jude, 2010).

Es besteht eine Korrelation zwischen dem sozioökonomischen Status der Eltern und der mathematischen Leistungen ihrer Kinder. Das bedeutet, dass Kinder aus einem Haushalt mit einem niedrigen SES durchschnittlich niedrigere mathematische Leistungen erbringen als Kinder aus Elternhäusern mit hohem SES (Kriegbaum & Spinath, 2016). Dies wird auch in einem Vergleich von Viertklässler:innen aus armutsgefährdeten Elternhäusern mit Schüler:innen, die nicht von Armut gefährdet sind, bestätigt (Bos, Wendt, Köller & Selter, 2012). Vergleichbare Ergebnisse wurden in PISA

2000 und PISA 2003 festgestellt. Die erreichten Kompetenzen von Jugendlichen hängen eng mit ihrer sozialen Herkunft zusammen (Müller & Ehmke, 2013). Durch internationale Vergleichsstudien, wie PISA, kann der aktuelle Stand der Zusammenhänge von sozialer Herkunft und erreichten Kompetenzen der einzelnen Länder untersucht werden sowie die jeweilige Veränderung über die Jahre beobachtet werden. Dabei wurde festgestellt, dass die Kopplung zwischen dem sozioökonomischen Status der Eltern und den gemessenen Kompetenzen ihrer Kinder sehr eng war. In nur sehr wenigen OECD-Staaten waren die Zusammenhänge so eng, wie in Deutschland (Ehmke & Jude, 2010).

Die Leistungsunterschiede können dabei bis zu einem Lernjahr betragen. Die sozialen Disparitäten entwickeln sich allerdings zurück. So konnte in einer Studie von Bos, Wendt, Köller und Selter aus dem Jahr 2012 ein Vergleich zu der gleichen Studie vier Jahre zuvor gezogen werden. Daraus konnte entnommen werden, dass die sozialen Unterschiede nominell geringer ausfallen als in der Studie zuvor. Diese Unterschiede waren allerdings nicht signifikant, sodass noch keine Aussagen über Entwicklungsverläufe getroffen werden können. Im Vergleich von PISA 2000 mit PISA 2006 und PISA 2009 konnte für Deutschland festgestellt werden, dass die Kennwerte für den sozialen Gradienten bedeutsam abgenommen haben. Zwar ist der Zusammenhang zwischen dem SES und den erreichten Leistungen nach wie vor hoch, hat sich über die Zeit aber verringert (Müller & Ehmke, 2013).

Der SES kann auch als indirekter Faktor agieren. So hat dieser beispielsweise Einfluss auf die Kindergartenqualität, welche wiederum Einfluss auf die mathematische Entwicklung haben kann. Die meisten Kinder besuchen in Deutschland mindestens ein Jahr vor der Einschulung einen Kindergarten, dennoch ist bislang nicht klar, ob für alle Kinder Chancengleichheit bei der Qualität des Kindergartens besteht. In einer Studie wurden positive Effekte der Kindergartenqualität für Kinder ohne Migrationshintergrund, mit Eltern mit höherem Bildungsabschluss und mit Eltern eines höheren sozioökonomischen Status auf den Zuwachs der mathematischen Kompetenzen gefunden. Bei Kindern, die diese Merkmale nicht aufweisen, zeigten sich keine Effekte (Lehrl, Kuger & Anders, 2014). Zudem hängt die Qualität der Lernumgebung zuhause mit der Verfügbarkeit von Bildungsressourcen und der akademischen Leistung des

Kindes zusammen. So ist der SES ein Prädiktor für die Beteiligung an rechnerischen Aktivitäten mit den Kindern, sodass Familien mit einem niedrigen SES dazu tendieren, weniger mathematische Aktivitäten und Ressourcen zu bieten. Diese Unterschiede in der Quantität von Matheübungen beeinflussen die mathematische Entwicklung des Kindes (del Río, Strasser, Cvencek, Susperreguy & Meltzoff, 2018).

Außerdem wurde herausgefunden, dass nicht nur der SES der Eltern eine Rolle bei der mathematischen Entwicklung des Kindes spielt, sondern auch der SES der Großeltern Einfluss haben kann, wenn diese ebenfalls im gleichen Haushalt leben oder viel und regelmäßigen Kontakt zu den Kindern haben (del Río et al., 2018).

### **2.3.3 Forschungslücke – SES**

Der SES wurde als Prädiktor der mathematischen Entwicklung von Grundschüler:innen bereits viel erforscht. Dennoch wurde dieser noch nicht in Verbindung mit den SFON-Tendenzen und den exekutiven Funktionen betrachtet. Neben den Einflüssen der einzelnen Variablen auf die mathematischen Leistungen bei Erstklässler:innen sollen zusätzlich die Zusammenhänge zwischen dem SES und den anderen Variablen erforscht werden. So sollen einerseits Korrelationen zwischen dem SES und den SFON-Tendenzen und andererseits zwischen dem SES und den exekutiven Funktionen geprüft werden.

## **2.4 Soziodemographie**

Soziodemographische Aspekte beinhalten z. B. Alter, Geschlecht, Einkommen oder Familienstand. Diese quantitativen Merkmale beschreiben eine Zielgruppe unter sozialen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten (NDR Media, 2021). In der Untersuchung werden neben den Aspekten des sozioökonomischen Status die soziodemografischen Aspekte Sprache, Alter und Geschlecht erhoben.

### **2.4.1 Variable Sprache**

Die Variable Sprache beschreibt zum einen die Sprache, die zu Hause gesprochen wird und mit der das Kind ggf. aufgewachsen ist, und zum anderen die Sprachen, die das Kind generell beherrscht.

Bezogen auf aktuelle Forschungen kann gesagt werden, dass es Zusammenhänge zwischen der Sprachkompetenz und dem mathematischen Verständnis gibt. Die sprachliche Kompetenz kann als Prädiktor mathematischer Kompetenzentwicklung von Kindern fungieren. Durch Sprachförderung lassen sich Leistungsunterschiede zwischen Kindern deutscher und nichtdeutscher Familien in der Mathematik reduzieren. Es ist nicht klar, welche Rolle die Sprachgestaltung im Mathematikunterricht einnimmt und wie diese das Lernen beeinflusst. Wie genau das aussehen könnte, müsste allerdings weiter erforscht und untersucht werden (Paetsch, Radmann, Felbrich, Lehmann & Stanat, 2016).

#### **2.4.2 Variable Alter**

Das Alter zeigt, in welchem Alter die Kinder eingeschult wurden. Zudem lässt sich dadurch auf den Stand der körperlichen bzw. auch kognitiven Entwicklung schließen.

Es können Unterschiede in den Kompetenzen der Kinder bezogen auf das Alter festgestellt werden. Ältere Kinder sind weiter in der Entwicklung und erzielen somit bessere Leistungen. Nach Roselli, Ardila, Matute und Inozemtseva (2009) wurde der Effekt des Alters für alle Messungen als signifikant festgestellt. Dabei nahmen die erzielten Kompetenzen mit dem Alter zu. Auch bezüglich des Mathematiktests wurde deutlich, dass das Alter signifikante Effekte zeigt (Roselli, Ardila, Matute & Inozemtseva, 2009). Ebenso in Bezug auf das Einschulungsalter können sich kleine Effekte zeigen. Ungefähr jedes fünfte Kind, welches früher eingeschult wurde, hatte innerhalb der Grundschule schwerwiegende schulische Misserfolge (Dumnke & Pankus, 1979; Müller, 1992).

Zudem können auch die Exekutivfunktionen von Alterseffekten betroffen sein. Auf die Netzwerke zur Lösung von Arbeitsgedächtnisaufgaben hat das Alter keinen Einfluss. Allerdings zeigten ältere Proband:innen eine zusätzliche Rekrutierung, insbesondere des dorsolateralen präfrontalen Kortex, des supplementärmotorischen Kortex und des inferioren parietalen Kortex (Park & Reuter-Lorenz, 2009; Turner & Spreng, 2012). Insgesamt hat das Alter zwar einen kleinen, aber dennoch feststellbaren Einfluss auf die Nutzung neuronaler Netzwerke (Kukulja & Voss, 2013).

### 2.4.3 Variable Geschlecht

Die Variable des Geschlechts des Kindes gibt an, ob das Kind weiblich, männlich oder divers ist. Dies lässt die körperlichen Unterschiede, die genetisch festgelegt sind, differenzieren.

Aus vorherigen Forschungen geht hervor, dass es geschlechtsbedingte Bildungsunterschiede zwischen Mädchen und Jungen gibt. Bezüglich der Bildungsbeteiligung in der Grundschule fand die Einschulung bei Mädchen im Vergleich zu Jungen häufiger vorzeitig und seltener verspätet statt. So besuchen 64 Prozent der sechsjährigen Mädchen, aber nur 58 Prozent der sechsjährigen Jungen bereits die Schule (Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2006). Das ist damit zu erklären, dass Mädchen in fast allen Einschulungskriterien besser abschneiden. Gegenüber Jungen weisen sie insbesondere im sprachlichen Bereich bereits früh einen Entwicklungsvorsprung auf (Stanat & Bergmann, 2009).

Bezogen auf die Zielgruppe lässt sich festhalten, dass bereits in der Grundschulzeit geschlechtsbezogene Disparitäten in den erzielten Kompetenzen festzustellen sind. Diese Unterschiede fallen im Vergleich zum weiteren Bildungsverlauf relativ gering aus. In den mathematischen Leistungsbereichen bestehen signifikante Geschlechterunterschiede zugunsten der Jungen (Prenzel, Geiser, Langeheine & Lobemeier, 2003). In diesem Zusammenhang wurden in IGLU-E 2001 umfassend auch mathematische Kompetenzen von Viertklässler:innen in der Bundesrepublik Deutschland untersucht. Dabei konnte erstmalig gezeigt werden, dass in der mathematischen Kompetenzdomäne Mädchen auf den unteren Kompetenzstufen überrepräsentiert und auf den oberen Stufen unterrepräsentiert waren (Bos, Lankes, Prenzel, Schwippert & Walther, 2004; Prenzel et al., 2003; Walther et al., 2003). Diese Ergebnisse konnten in TIMSS 2007 für Deutschland in weiten Teilen bestätigt werden. Auch hier wurde deutlich, dass Jungen in Deutschland auf der Gesamtskala sowohl in Mathematik als auch in den Naturwissenschaften signifikant höhere Leistungsmittelwerte erzielten als Mädchen (Bos et al., 2008).

## **2.5 Variable Mathe – Basale Zahlenverarbeitung und Rechenfertigkeiten**

Nach Landerl und Kaufmann (2008) sind basisnumerische Verarbeitungen „Denkprozesse und Mechanismen, die basale numerische Fähigkeiten wie Mengendiskrimination, Zählwissen, rasches Erfassen kleiner Objektmengen und einfaches Rechnen unterstützen“ (S. 214). Diese Prozesse werden als frühe numerische Fähigkeiten verstanden und sind wichtig für die komplexere mathematische Kompetenzentwicklung, wie Zählfähigkeiten und Rechenleistungen (Landerl & Kaufmann, 2013). Diese basisnumerischen Fähigkeiten sind bereits seit dem ersten Lebensjahr vorhanden (von Aster, 2005). Der symbolische und der non-symbolische Mengenvergleich sowie das Schätzen und Zählen sind wichtige basisnumerische Fähigkeiten (Bartelet, Vaessen, Blomert & Ansari, 2013).

Die Fähigkeit zum Mengenvergleich wird als Grundlage für Rechenvorgänge angesehen. Dabei wird zwischen non-symbolischen und symbolischen Mengenvergleichen unterschieden. Aufgaben zum non-symbolischen Mengenvergleich bestehen darin, zwei unterschiedlich große Punktemengen bezüglich ihrer Größe zu unterscheiden und die Punktemenge auszuwählen, die größer ist. Diese Fähigkeit kann bereits im Kleinkindalter beobachtet werden und ist sogar bei anderen Spezies zu erkennen. Beim symbolischen Mengenvergleich hingegen wird zwischen zwei arabischen Zahlen unterschieden (De Smedt, Noël, Gilmore & Ansari, 2013).

Bezüglich der Rechenfertigkeiten liegt der Fokus auf den Bereichen der Addition und Subtraktion, da die schulische Ausbildung der Erstklässler:innen noch nicht so weit fortgeschritten ist.

### **2.5.1 Theorie – Mathe**

Die mathematischen Kompetenzen entwickeln sich im Laufe der Zeit. Besonders am Anfang der Grundschule, wie bei unserer Zielgruppe der Schüler:innen in der ersten Klasse, schreitet die Entwicklung weiter fort. Das Modell von Krajewski (2013) zeigt den Verlauf des Erwerbs des mathematischen Verständnisses.

Kindern ist bereits angeboren, wahrgenommene Mengen grob zu unterscheiden (z. B. anhand der Fläche oder des Volumens). Im Alter von etwa zwei bis drei Jahren

beginnen sie mit dem Aufsagen von Zahlwörtern und können diese in die richtige Reihenfolge bringen, der exakten Zahlwortfolge. Der numerische Sinn hinter den Zahlen oder die Zahl-Größen-Zuordnung wird zu diesem Zeitpunkt häufig noch nicht verstanden. Die Fähigkeit zur Verknüpfung von Zahlwörtern und Ziffern mit Größen, sprich die Größenrepräsentation von Zahlen, wird als nächstes entwickelt. Hier ist bereits der erste Schritt zu einem konzeptuellen Verständnis von Zahlen erreicht. Haben die Kinder das Verständnis für Mengen- und Größenrelationen mit Zahlen verknüpft, so erreichen diese ein tiefes numerisches Verständnis von Zahlen. Zu diesem Entwicklungsstand wird nun auch das Zusammensetzen und Zerlegen einer Zahl sowie die Differenz verinnerlicht und somit die Relationen zwischen den Zahlen. Dazu sei gesagt, dass die Entwicklungsprozesse auch gleichzeitig ablaufen können und sich das Kind auf verschiedenen Ebenen gleichzeitig bewegen kann. Dabei spielen beispielsweise Zahlenräume eine Rolle, sodass die Prozesse zwar bereits erlernt, aber noch nicht genug automatisiert wurden (Krajewski & Ennemoser, 2013).

### **2.5.2 Aktueller Forschungsstand – Mathe**

Neben den Forschungsergebnissen der bereits betrachteten Variablen ist noch hervorzuheben, wie sich die mathematischen Kompetenzen der Erstklässler:innen entwickeln.

Mathematische Vorläuferfähigkeiten sind von großer Bedeutung für die Entwicklung von Zahlbegriffen und ersten Rechenstrategien im mathematischen Anfangsunterricht. Mengen-Zahlen-Kompetenzen stellen einflussreiche Prädiktoren für die Vorhersage von späteren mathematischen Leistungen und Rechenschwierigkeiten dar. Frühförderung von mengen- und zahlenbezogenen Kompetenzen ist daher wichtig für die Prävention von Schwierigkeiten beim Rechnen. Es gibt viele Ursachen und Erklärungsansätze für Probleme beim Rechnenlernen. Die Entwicklung des Kindes wird von risikoerhöhenden und -mildernden Faktoren im personalen, familiären und schulischen Bereich beeinflusst (Lonnemann, Linkersdörfer & Lindberg, 2013; von Waaden, 2017).

### **3 Erkenntnisinteresse**

Durch das Projekt sollen jene Faktoren erfasst werden, die die mathematischen Leistungen einschränken bzw. fördern und eventuelle Korrelationen zwischen diesen analysieren. Des Weiteren wäre es möglich, nach der Erfassung der am stärksten beeinflussenden Variable(n), Förderschwerpunkte zu setzen, um das Entwicklungspotential der Kinder auszuschöpfen. Da im Projekt deduktiv gearbeitet wird, liegt es im Interesse die aufgestellten Hypothesen zu prüfen und die erarbeiteten Forschungsfragen zu beantworten. Auf dieser Grundlage soll die Wissenslücke in diesem Bereich komplementiert werden.

#### **3.1 Fragestellung**

Die konkreten Fragestellungen des Forschungsinhaltes entwickelten sich mit der Festlegung des Themas und der Zielgruppe. Auf dieser Grundlage wurden die zu untersuchenden Prädiktoren und Variablen festgelegt und ein Zusammenhang in Form der beiden Fragestellungen herausgearbeitet. Durch die Forschung sollen daher die Fragen „Wie beeinflussen SFON-Tendenzen und exekutive Funktionen die mathematischen Leistungen bei Erstklässler:innen?“ sowie „Welche Rolle spielt der sozioökonomische Status als Prädiktor dabei?“ beantwortet werden.

#### **3.2 Hypothesen**

Es wird eine kognitive, eine mathematische und eine systematische Variable erhoben. Die exekutiven Funktionen stellen die kognitive, die SFON-Tendenzen die mathematische und der SES die systematische bzw. umweltbezogene Variable dar. Auf diesem Weg soll ein möglichst großer Ausschnitt der Realität betrachtet werden.

##### **3.2.1 Hypothese 1 – Exekutive Funktionen**

„Eine gute Ausprägung der phonologische Schleife sowie der zentralen Exekutive, des Arbeitsgedächtnis, beeinflussen die mathematische Leistung bei Kindern positiv“.

Die Hypothese orientiert sich an einer Studie der Universität Göttingen. Hierbei wurde das Arbeitsgedächtnis und Schulleistungen in Mathematik und Schriftsprache bei älteren Grundschulern untersucht. Die Ergebnisse der Testung zeigten unter anderem

eine Korrelation in dem Bereich der zentralen Exekutive. Jedoch wurden kleinere Unterschiede bei der Korrelation mit der phonologischen Schleife festgestellt (Schmied, 2011).

Auf Grundlage der Ergebnisse der Testung von der Universität Göttingen wurde anschließend die Hypothese abgeleitet. Im weiteren Verlauf des Projekts, soll auf die Korrelation von der phonologischen Schleife, sowie der zentralen Exekutive und die mathematischen Leistungen eingegangen werden. Hierbei werden die Erstklässler:innen unter den genannten Aspekten untersucht.

### **3.2.2 Hypothese 2 – SFON**

In Bezug auf eigenständige Fokussierungen auf Zahlen von Kindern lautet die Hypothese: “Je größer die SFON-Tendenz bei Kindern ist, desto besser sind die mathematischen Fähigkeiten.” Auf diese bauen die zu erwartenden Ergebnisse einer gewissen Korrelation zwischen SFON und Mathe auf.

Wird eine erhöhte SFON-Tendenz im Kindergartenalter festgestellt, ist eine generelle mathematische Beachtung in weiteren Bereichen bei Kindern möglich. So sind auch Trainingsmöglichkeiten für andere mathematische Bereiche im Alltag denkbar, die die allgemeine Entwicklung in Mathematik positiv beeinflussen. Das exakte Zählen im Alltag sind Übungen für Kontexte, die nicht offensichtlich numerischer Natur sind. Dies fördert die Fähigkeiten im Aufzählen, die zur erfolgreichen Entwicklung in Mathe beitragen können (Hannula-Sormunen, 2015).

Die Annahme von Hannula, Lehtinen und Räsänen (2007), “the child’s strong tendency to focus on numerosity would be associated with better counting skills” (S. 53), stützt die Hypothese. Um diese zu prüfen wird anhand einer Aufgabe, adaptiert von Hannula und Lehtinen (2005), der Aufmerksamkeitsprozess in Bezug auf Zahlen gemessen.

### **3.2.3 Hypothese 3 – SES**

Um den sozioökonomischen Status zu erheben, wurde folgende Hypothese aufgestellt: “Je höher der SES der Eltern ist, desto besser sind die mathematischen Kom-

petenzen der Kinder.“ Dies ist eine literaturbasierte Hypothese, welche auf den Arbeiten von Kriegbaum und Spinath (2016), Del Río et al. (2018) und Bos, Wendt, Köller und Selter (2012) aufbaut.

Die Hypothese baut auf der Forschungsfrage auf. Es werden die Einflüsse verschiedener Variablen auf die mathematischen Kompetenzen bei Erstklässler:innen betrachtet. Dabei stellt sich die Frage, ob sich der SES negativ auf die Mathematikkompetenz auswirken wird. Dieser hat nachgewiesener Weise Einfluss auf die mathematische Entwicklung des Kindes. Vermutungen nach wird der Einfluss allerdings nicht vergleichbar groß sein wie bei den Variablen SFON und exekutive Funktionen. Aufgrund des nachgewiesenen Einflusses kann der SES als Störvariable fungieren. Durch die Erhebung wird der Störfaktor, der die SFON-Tendenzen oder exekutiven Funktionen beeinflussen könnte, beseitigt. Dies kann folglich die Validität erhöhen und die Aussagekraft der Ergebnisse steigern.

#### **4 Projektziele**

Das Projektstudium verfolgt das Ziel, die rehabilitationspädagogischen und akademischen Handlungskompetenzen der Studierenden zu erweitern und sie auf ihre berufliche Praxis vorzubereiten. Ebenfalls zielt es darauf ab, den Studierenden den Erwerb von Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenzen näher zu bringen.

„Handlungskompetenz bedeutet in der Lage zu sein, Aufgaben selbstständig und eigenverantwortlich unter Berücksichtigung des Kontextes und der in diesen handelnden Personen gestalten zu können“ (Lorig, Schreiber, Brings, Padur & Walther, 2011, S.3).

Die Kompetenzbereiche der akademischen Kompetenzen lassen sich nicht voneinander trennen und können sich ebenfalls wechselseitig beeinflussen. Diese Kompetenzbereiche sind wie folgt eingeteilt: die Fachkompetenz, die Sozialkompetenz, die Methodenkompetenz und die Personalkompetenz (Konnertz & Mühleisen, 2016).

Akademische Kompetenzen stellen relevante Bausteine während des Studiums dar und werden während der Aufarbeitung von wissenschaftlichen Inhalten benötigt. Das Entwickeln dieser Kompetenzen ist ein relevantes Ziel der Projektgruppe.

Die globale Zielsetzung der Projektbeteiligten stellt die Beantwortung der Forschungsfragen und die Prüfung der Hypothesen, anhand des Experiments dar. Das Generieren von Ergebnissen, trotz der erschwerten Situation, aufgrund der Corona-Pandemie, ist der Projektgruppe ebenfalls sehr wichtig. Außerdem stellt das Bestehen der Projektprüfungen ebenfalls ein relevantes Ziel dar.

Des Weiteren werden folgende Unterziele nach (chronologischer Reihenfolge) verfolgt: zunächst das Konzept einer wissensbasierten Projektstruktur und die detaillierte Planung dieser sowie die Programmierung und Anpassung der Testungen, um das Experiment optimal an das digitale Format anzupassen. Ein weiteres Ziel ist die erfolgreiche Rekrutierung von genügend Proband:innen durch Schulen, Online-Foren oder das private Umfeld.

Die erfolgreiche Durchführung und Auswertung sind ebenfalls wichtige Ziele, um mögliche Zusammenhänge und Korrelationen der Variablen und den/die einflussreichste(n) Prädiktoren bei der Vorhersage der mathematischen Fähigkeiten der Erstklässler:innen festzustellen. Letztendlich verfolgt das Projekt das Ziel, nach Feststellung des einflussreichsten Prädiktors bzw. die einflussreichsten Prädiktoren, präventive Förderschwerpunkte zu erkennen.

## **5 Forschungsdesign und Methodik**

Das Projekt zur Vorhersage der mathematischen Fähigkeiten bei Erstklässler:innen wird als quantitative Untersuchung geplant, da sich die ausgewählten Variablen mit einer strukturierten Untersuchung erfassen lassen. Weil hier keine Einzelfälle gefragt sind, eignet sich die qualitative Forschung weniger. Anhand der Literatur wurden Hypothesen aufgestellt, welche es nun zu überprüfen gilt. Daher kann man das Projekt einer deduktiven Vorgehensweise zuordnen. Mit normierten Tests, die digital und altersgerecht angepasst werden müssen, sollen Daten einer größeren Stichprobe erhoben werden. Im Weiteren sollen die Digitalisierungen sowie Anpassungen der Test genauer erläutert werden.

### **5.1 Forschungsdesign und Methodik – Exekutive Funktionen**

Um die exekutiven Funktionen zu erheben, ergeben sich aus unterschiedlichen Studien gemeinsame Herangehensweisen. Die oben genannten Studien, zu dem Thema

exekutive Funktionen, dienen hierbei als fundamentales Wissen. Die Studie aus der Universität Göttingen sowie die Studie "Die Rolle von Sprache und Arbeitsgedächtnis für die Entwicklung mathematisches Lernens von Vorschul- bis ins Grundschulalter" weisen identische Herangehensweisen auf. In den Studien wurden Kinder in unterschiedlichen Altersklassen geprüft. In diesem Fall sind nur die Ergebnisse und Testungen von jüngeren Grundschüler:innen von Relevanz. Derweil werden durch unterschiedliche Testungen deutlich, dass es viele unterschiedliche Herangehensweisen und Erhebungsweisen des Arbeitsgedächtnisses gibt (Schmied, 2011). Die Erhebung der zentralen Exekutiven erfolgt durch unterschiedliche Spannen-Aufgaben in beiden Studien, worauf wir später noch genauer eingehen werden. Jedoch kann die zentrale Exekutive durch unterschiedliche Messungen ermittelt werden. Bei der Aufgabe der "Ziffernspanne rückwärts" werden den Proband:innen eine Ziffernfolge vorgelegt. Nach kurzer Präsentation (1,5 Sekunden) sollen die Proband:innen diese Zahlenfolge rückwärts wiedergeben (Schmied, 2011). Eine weitere Aufgabenmöglichkeit, um den Test der zentralen Exekutive durchzuführen, ist die "Farbspanne rückwärts". Diese Aufgabe ähnelt der zuvor beschriebenen "Ziffernspanne rückwärts", jedoch werden hier anstelle von Zahlen farbliche Kreise gezeigt. Diese Kreise sollen anschließend in umgekehrter Weise repräsentiert werden (Schmied, 2011). Des Weiteren ermöglicht die Zählspanne die Erhebung der zentralen Exekutive. Hierbei werden Bilder mit Kreisen und Quadraten gezeigt. Anschließend sollen die Proband:innen die Kreise zählen und laut aussprechen. Zum Ende sollen die Proband:innen die gezählten Kreise in der richtigen Reihenfolge aufsagen. Als nächste Möglichkeit, die zentrale Exekutive zu erheben, kann die Objektspanne verwendet werden. Hierbei werden den Proband:innen unterschiedliche Bilder mit essbaren und nicht essbaren Objekten gezeigt. Nach der gezeigten Serie von Bildern, sollen die Proband:innen die nicht essbaren Objekte benennen können (Schmied, 2011).

Als letzte anwendbare Testmöglichkeit der zentralen Exekutive gibt es den "Go/NoGo". Dabei werden den Proband:innen zwei oder drei Kriterien gezeigt, die sich die Proband:innen einprägen sollen. Anschließend folgen zwölf Bilder von Kinderfiguren, wobei alle Kriterien entweder erfüllt oder nicht erfüllt werden. Die Kinder sollen nur auf erfüllte Kriterien reagieren (Schmied, 2011).

Zur Erhebung der phonologischen Schleife wurden in beiden Studien Spannenaufgaben verwendet. Allerdings gibt es auch andere Möglichkeiten, um die phonologische Schleife zu erheben. Zum Beispiel könnte anstelle der Ziffernspanne auch die Wortspanne "einsilbig" oder "dreisilbig" eingesetzt werden. Vom Aufbau der Testung und des Prinzips, ist es identisch. Allerdings werden statt Ziffern, Wörter benutzt (Schmied, 2011). Wir haben uns explizit für die Vorwärts- und Rückwärtsstellen-spanne entschieden, da wir die mathematischen Fähigkeiten erheben möchten. Auf die Erhebung und Umsetzung der Komponenten wird im weiteren Verlauf eingegangen.

## **5.2 Forschungsdesign und Methodik – SFON**

Zur Erfassung der SFON-Tendenzen der Erstklässler:innen, wurden verschiedene Studien aus den Jahren 2005 bis 2020, die bereits die spontane Fokussierung von Anzahligkeiten ermittelt haben, zur Orientierung herangezogen. In diesen wurde die spontane Fokussierung der Numerosität von Kindern unterschiedlichen Alters entweder zum Teil oder vollständig getestet. Diese Aufgaben sind bereits für Tests konstruiert und ausgewählt worden und somit valide. Punktuell wird im Weiteren vertieft auf Ansätze im Theoriebezug eingegangen.

Es gibt mittlerweile über 20 verschiedene Aufgaben, die die Proband:innen auf unterschiedliche Weise, z. B. handlungsbasiert oder verbal, fordern (Hannula-Sormunen, 2015). In zahlreichen Studien (z. B. Batchelor et al., 2015; Savelkouls et al., 2020) beschreiben die Autor:innen unterschiedliche Aufgabentypen zur Messung des SFON-Ausmaßes. Savelkouls und Kolleg:innen (2020) unterscheiden dabei in Bild-, Auswahl- und Imitations-Aufgaben. Bei der Bildaufgabe haben die teilnehmenden Kinder die Aufgabe dem:der Experimentator:in ein Cartoonbild zu beschreiben. Dabei werden vor allem numerische Ausdrücke der Formen, Farben und Figuren berücksichtigt (Batchelor et al., 2015). Die Auswahlaufgabe sieht vor, den Kindern zunächst ein Bild mit einer bestimmten Anzahl von Elementen zu zeigen. Hierbei kann es sich beispielsweise um Sterne in zwei verschiedenen Farben handeln, welche mit zwei weiteren Bildern mit etwas abgeänderten Elementen, wie z. B. Punkten in den gleichen Farben, verglichen werden sollen. Das Bild von den beiden zuletzt gezeigten Bildern, das dem ersten Bild ähnlicher sieht, soll ausgewählt werden (Savelkouls et

al., 2020). Bei der Imitations-Aufgabe werden die Kinder gebeten ein von dem/der Experimentator:in vorgemachtes Verhalten ohne Hinweis auf Anzahligkeiten nachzumachen. Hierbei kann es sich um das Füttern eines Stofftieres oder einer Puppe (Ben-Shachar & Berger, 2018) oder dem Bewegen von Gegenständen zu einem bestimmten Ort handeln (Hannula & Lehtinen, 2005). Relevant sind hier wiederum numerische Verhaltensweisen (Savelkous et al., 2020). In keiner dieser Aufgabenstellungen werden die Kinder auf eine numerische Fokussierung hingewiesen (Batchelor et al., 2015).

Alle oben genannten Aufgaben erfassen das Ausmaß der SFON, indem die Fokussierung kleiner Mengen (bis fünf Items) geprüft wird. Mit dieser Beschränkung soll gewährleistet werden, dass alle teilnehmenden Kinder die Aufgabe bewältigen können und nicht aufgrund mangelnder Fähigkeiten im Zählen ausscheiden (Batchelor et al., 2015). Liegt eine erhöhte SFON-Tendenz vor, sollte diese nach Savelkous und Kolleg:innen. (2020) auch auf höhere Ziffern übertragbar sein.

Die verschiedenen Aufgabentypen messen die spontane Fokussierung von Numerosität und werden gleichwertig angesehen. Je nach Aufgabentyp erfordert die Bearbeitung jedoch unterschiedliche Voraussetzungen, wie verbale Ausdrucksfähigkeit für die Bildaufgabe oder physische Voraussetzungen für die Auswahl- oder Imitations-Aufgabe. Diese Aufgaben sprechen also, zusätzlich zu SFON, unterschiedliche Aspekte (verbale Kompetenzen, Umgang mit Zahlenwörtern) an. Bei der beschreibenden Bildaufgabe kommt es auch auf verbale Fähigkeiten an, welche bei verhaltensbasierten Aufgaben, wie die Auswahl- und Imitations-Aufgabe, nicht bzw. weniger ausschlaggebend sind. Ein begrenztes Vermögen in der Kommunikation oder in der Nutzung von Zahlenwörtern können die Ergebnisse verfälschen, weil sich ein Kind dann beispielsweise bevorzugt auf andere Anforderungen, wie die verbalen Ausdrücke, konzentriert. Besonders die verbalen Anforderungen können die spontane Fokussierung der Kinder behindern, da es sich möglicherweise um eine später ausbildende Fähigkeit handelt (Savelkous et al., 2020). Um einen Ausschluss von Kindern durch verbale Schwächen zu vermeiden, wurde eine beschreibende Aufgabe ausgeschlossen. Die Auswahl-Aufgabe erschien ohne **direkte:n** Ansprechpartner:in weniger ansprechend als eine Imitations-Aufgabe, obwohl erstere bereits computerbasiert

durchgeführt wurde. Daraus wurde jedoch nicht ersichtlich, ob das Kind die Aufgabe alleine bearbeitet hat oder es durch eine:n Experimentator:in geleitet wurde (Savelkouls et al., 2020). Daher wurde sich mit einer Imitations-Aufgabe, der ‚Postkasten-Aufgabe‘, als mögliches nonverbales Instrument näher befasst.

Die Aufgabe wird in bisherigen Studien in einem ruhigen Setting persönlich mit einem Kind, separiert von anderen Kindern, und einem/einer Experimentator:in durchgeführt (Hannula & Lehtinen, 2005). Aufgrund der Pandemie-Situation kann kein persönlicher Test stattfinden, sodass die ausgewählte Aufgabe als Online-Test programmiert wird. Die Aufgabenstellung stützt sich auf Studien von Hannula und Lehtinen (2005) sowie Savelkouls und Kolleg:innen (2020), die diese Aufgabe angewendet haben. Teilweise wird für die Forschung der Projektgruppe die deutsche Übersetzung von den zuvor genannten Autor:innen genutzt und/oder aufgrund der digitalisierten Online-Version der Aufgabe angepasst. Wie auch bei Hannula und Lehtinen (2005), werden in dieser Aufgabe ebenfalls keine numerischen Hinweise, die den Hintergrund der Aufgabe und die eigenständige Beachtung der Ziffern verraten, verwendet. Da die Projektgruppe annimmt, dass die Mengenverhältnisse auf große Zahlen übertragbar sind, werden in der Imitations-Aufgabe ebenfalls nur kleine Ziffern verwendet. Dies soll sicherstellen, dass alle Kinder die Aufgabe mit ihren bisherigen Zahlenkenntnissen bearbeiten können. So soll die Störvariable der Aufzählungsfähigkeiten vermieden werden (Batchelor et al., 2015).

Die SFON-Aufgabe wird in Anlehnung an die Imitations-Aufgabe von Hannula und Lehtinen (2005) und Batchelor et al. (2015) modifiziert. Beide Bezugsstudien verwenden die Postkasten-Aufgabe, bei der Experimentor:innen zeigen, wie sie Briefumschläge zweier verschiedener Farben in einen Postkasten werfen. Die teilnehmenden Kinder haben dann die Aufgabe, genau das gleiche zu tun und ebenfalls Briefumschläge in einen Postkasten zu werfen. Dabei kommt es vor allem auf die Anzahl der eingeworfenen Briefumschläge an, welche der:die Experimentator:in bestimmt und bei ihren zu imitierenden Handlungen vormacht. Die Postkasten-Aufgabe wird drei Durchgänge beinhalten und daher maximal 15 Minuten dauern. Diese Aufgabe ist ein Auftrag, der von sechsjährigen Kindern gut durchzuführen ist (Hannula & Lehtinen, 2005). Daher eignet sich diese Aufgabe sehr gut für die Forschung der Studierenden

und die ausgewählte Zielgruppe der Erstklässler:innen, die ungefähr im Alter von sechs Jahren ist. Verbale Äußerungen, wie die bei Hannula und Lehtinen (2005) aufgeführten Beispiele, können aufgrund der digitalisierten Aufgabendurchführung nicht beachtet werden. Um dies digital einzurichten, z. B. mit Aufzeichnungen der kindlichen Äußerungen während der Durchführung, fehlen die notwendigen Ressourcen. Daher wird ausschließlich nach den Handlungen auf dem Bildschirm bewertet. Die Postkasten-Aufgabe heißt es nun im nächsten Schritt zu digitalisieren, um sie in der Pandemie durchführen zu können.

### **5.3 Forschungsdesign und Methodik – SES**

Im Allgemeinen kann der sozioökonomische Status mithilfe eines Index erfasst werden, bei dem Punkte für die Bereiche schulische und berufliche Qualifikation, Berufsstatus des Haushaltsvorstandes und Netto-Äquivalenzeinkommen vergeben werden. Die Personen bekommen zu den drei Bereichen Fragen in Form eines Fragebogens gestellt, die sie beantworten sollen. Danach werden die Antworten in Zahlen kodiert und zu einem Summenscore addiert. Anhand dieser Punktzahl wird dann der sozioökonomische Status dieser Person ermittelt.

In der geplanten Studie soll die Erhebung des sozioökonomischen Status an den Aufbau der GEDA-Studie 2009 angelehnt sein. Bevor auf den Erhebungsplan der Studie genauer eingegangen wird, soll die Erfassung des SES innerhalb der GEDA-Studie im Folgenden erläutert werden.

Die GEDA-Studie fand erstmals im Zeitraum von Juli 2008 bis Juni 2009 statt und ist eine bundesweit repräsentative telefonische Befragung der volljährigen Bevölkerung (RKI, 2011). Die Studie von 2009 beinhaltete die Messung des sozioökonomischen Status und dessen Einfluss auf die Gesundheit und Lebenserwartung.

Der Index für den sozioökonomischen Status (SES-Index) basiert dabei auf drei Statusdimensionen: Bildung, Beruf und Einkommen. Diese Dimensionen fließen später bedeutungsgleich in den Punktscore ein. Die Operationalisierung des SES erfolgt durch Fragen, die die drei verschiedenen Bereiche abdecken. Beispielsweise sollen Angaben zum Alter und Geschlecht der Befragten, zur schulischen und beruf-

lichen Bildung, zur beruflichen Stellung und Tätigkeit, zum Haushaltsnettoeinkommen, zur Haushaltsstruktur und zum Wohnort gemacht werden (Lampert, Kroll, Müters & Stolzenberg, 2013).

Als Individualmerkmal wird die Dimension Bildung auf Grundlage der schulischen und beruflichen Qualifikation der Befragten operationalisiert (Winkler & Stolzenberg, 1999). Die Dimensionen Beruf und Einkommen werden hingegen als Haushaltsmerkmale berücksichtigt. Für jede der drei Dimensionen können ein bis maximal sieben Punkte vergeben werden, wobei die Ebene der ersten Dezimalzahl variieren kann. Beispielsweise würde die Antwort, dass man weder einen schulischen noch einen beruflichen Abschluss besitzt 1.0 Punkte geben, während ein Hauptschulabschluss und kein beruflicher Abschluss 1.7 Punkte bedeuten würden.

Mithilfe der internationalen Klassifikation „Comparative Analyses Social Mobility in Industrial Nations“ (CASMIN) wurden Gruppen zur Klassifikation der Bildungsabschlüsse gebildet. Unterschieden werden bei der Klassifikation neun Bildungsgruppen, die durch Kombinationen aus schulischen und berufsqualifizierenden Abschlüssen entstehen. Die Verwertbarkeit der Zertifikate auf dem Arbeitsmarkt wurde hierbei als externes Kriterium ausgewählt, um die neun Bildungsgruppen in eine klare intervallskalierte Reihenfolge zu bringen. Das Bruttoerwerbseinkommen, das Personen mit entsprechenden Abschlüssen 2008 am deutschen Arbeitsmarkt durchschnittlich erzielten, wurde als Indikator für die Verwertbarkeit gewählt. Das Einkommen war also entscheidend für den Punktwert der Bildungsgruppe (Lampert et al., 2013). Für die Berechnung der Punktwerte wurden die Daten des sozioökonomischen Panels (SOEP) aus dem Jahr 2008 verwendet (Wagner, Frick & Schupp, 2007). Anhand eines linearen Regressionsmodells wurde die mittlere Differenz im Bruttoerwerbseinkommen erfasst und für das Alter und das Geschlecht der Befragten überprüft. Abschließend konnten die mittleren Einkommen der Bildungsgruppen auf den Variationsbereich 1.0 bis 7.0 standardisiert werden.

Die Dimension Beruf wurde als Haushaltsmerkmal berücksichtigt, somit ist nur der Berufsstatus des Hauptverdieners im Haushalt relevant. Falls aktuell nur eine Person erwerbstätig war, wurde deren Berufsstatus zugrunde gelegt. Für den Fall, dass zum Zeitpunkt der Erhebung keine Person erwerbstätig war, wurde der Status des zuletzt

ausgeübten Berufes verwendet (Lampert et al., 2013). Für die Zuweisung von Punktwerten diente der International Socio-Economic-Index of Occupational Status ( Ganzeboom et al., 1992). Der Index bezieht sich auf berufliche Beschäftigungen, die nach der Berufsklassifikation ISCO-88 kodiert sind. Als Kriterien für die Zuweisung des Berufsstatus dienen die Löhne und notwendige Qualifikationen zum Ausführen der Tätigkeiten. Die Mittelwerte des ISEI-Scores, welche nach beruflicher Stellung gebildet wurden, dienten zur Zuordnung der Punktwerte. Anschließend wurden die Mittelwerte auf den Variationsbereich 1.0-7.0 standardisiert (Lampert et al., 2013).

Für das Einkommen als weiteres Haushaltsmerkmal, wird das bedarfsgewichtete Haushaltsnettoeinkommen (Netto-Äquivalenzeinkommen) als Indikator angewandt (BMAS, 2008). Das Netto-Äquivalenzeinkommen wird auf Grundlage des verfügbaren Haushaltsnettoeinkommen ermittelt. Um Einsparungen durch gemeinsames Wirtschaften in Mehr-Personen-Haushalten und den altersspezifisch variierenden Einkommensbedarf zu berücksichtigen, wird eine Bedarfsgewichtung durchgeführt. Die Gewichtung erfolgt auf Basis der OECD-Äquivalenzskala. Diese Skala weist dem Haushaltsvorstand ein Gewicht von 1.0 zu. Jede weitere Person im Alter von mindestens 14 Jahren bekommt ein Gewicht von 0.5 und weitere Personen, die unter 14 Jahre sind, entsprechen einem Gewicht von 0.3 (BMAS, 2008). Aufgrund dessen wurden im Bereich Einkommen unter anderem die Fragen gestellt, wie viele Personen dauerhaft in diesem Haushalt leben und wie viele davon jünger als 14 Jahre sind. Für die Ermittlung der Punktwerte wurde, in Abhängigkeit vom Netto-Äquivalenzeinkommen, eine Unterteilung in 13 gleich große und abgrenzende Gruppen vorgenommen, sodass ein gleichmäßiger Abstand zwischen den Einkommensgruppen mit einem Punktwert von jeweils 0.5 vorliegt (Lampert et al., 2013).

Es ist nicht unüblich, dass ein Teil der befragten Personen eine Auskunft zur Einkommenssituation verweigert (Riphahn & Serfling, 2005). Um diesem Problem entgegenzuwirken, wurden mithilfe eines Regressionsmodells fehlende Werte beim Haushaltsnettoeinkommen imputiert. Dabei wurden die Informationen der Befragten zu ihrem Alter, ihrer Bildung und ihrem Berufsstatus sowie regionalstatistische Angaben des Statistischen Bundesamtes zum mittleren Haushaltsnettoeinkommen der Wohnregion der Teilnehmenden verwendet.

Auf Grundlage der Punktwerte der drei Einzeldimensionen Bildung, Berufsstatus und Einkommen wird dann der SES-Index als Punktsummenscore berechnet. Wie bereits erwähnt, gehen die Subskalen gleich gewichtet in die Berechnung mit ein, somit kann der SES-Index Werte zwischen 3.0 und 21.0 annehmen. Der SES wird anhand der erreichten Punktwerte in drei Kategorien eingeteilt: niedrig, mittel und hoch. Diese Bereiche werden in Quintile unterteilt. Quintile sind eine Form von Quantilen. Sie zerlegen eine Verteilung in fünf gleich große Teile (ChemgaPedia, n. D.). So liegt ein Quintil im niedrigen Bereich, drei im mittleren und eins im hohen Bereich. Dadurch kann eine noch feinere Differenzierung zwischen den Personen erfolgen, die einen mittleren Punktwert erreicht haben (Lampert et al., 2013).

#### **5.4 Forschungsdesign und Methodik – Mathe**

Die Erhebung der mathematischen Kompetenzen erfolgt innerhalb der Studie in Form eines computerbasierten Tests an die Erstklässler:innen. Dabei sollen zum einen die basisnumerischen Kompetenzen und zum anderen die Rechenfertigkeiten erfasst werden.

Bei der zuvor durchgeführten Recherche wurde kein bereits existierendes Vorgehen gefunden, welches aufgrund der Anforderungen an den Test (Einsatzbereich, Bearbeitungsdauer und Durchführungsart) so übernommen werden kann. Deshalb wird auf Grundlage des CODY-M 2-4 ein Instrument zur Erfassung der basisnumerischen Kompetenzen entwickelt. Die Erhebung der Rechenfertigkeiten erfolgt angelehnt an das diagnostische Inventar zu Rechenfertigkeiten im Grundschulalter (DIRG).

Bevor genauer auf das Forschungsdesign der Erhebung eingegangen wird, sollen der Mathetest CODY-M 2-4 und das diagnostische Inventar zu Rechenfertigkeiten vorgestellt werden.

##### **5.4.1 Aufbau CODY-M 2-4**

Der CODY-Mathetest CODY-M 2-4 ist ein Diagnostikverfahren, welches zur Entdeckung von Rechenschwäche oder Dyskalkulie bei Grundschulkindern der zweiten bis vierten Klasse verwendet wird. Die Abkürzung CODY steht dabei für computerge-

stütztes Dyskalkulie-Testverfahren und -training (Meister Cody, n. D.). Er kann zu jedem Zeitpunkt im Schuljahr durchgeführt werden, da unterschiedliche Normen für das erste und zweite Schulhalbjahr existieren (Kuhn, Schwenk, Raddatz, Dobel & Holling, 2017).

Der CODY-Mathetest wurde 2013 im Zuge des CODY-Projektes von Prof. Dr. Jörg-Tobias Kuhn, Dr. Christin Schwenk, Julia Raddatz, Univ. Prof. Dr. Christian Dobel und Prof. Dr. Heinz Holling erstellt. Er ist seit 2018 Gegenstand der S3-Leitlinie zur Diagnose und Behandlung von Dyskalkulie (Meister Cody, n. D.). Der Test erfasst grundlegende mathematische und arithmetische Kompetenzen. Außerdem gibt er Auskunft über das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis (Kuhn et al., 2017).

Die Durchführung des CODY-M 2-4 kann sowohl im Einzel- als auch im Gruppensetting erfolgen. Jedem Kind sollte für die Ausführung ein PC, Notebook oder Tablet-Gerät sowie Bügelkopfhörer zur Verfügung stehen. Das Aufgabenmaterial ist so aufgebaut, dass es keine hohen Anforderungen an die Lesefertigkeiten stellt. Zudem werden die einzelnen Instruktionen über die Kopfhörer vorgelesen. Dadurch ist der Test auch für Kinder mit Deutsch als Zweitsprache oder Leseschwierigkeiten geeignet. Auf Grundlage der individuellen Testprofile können effektive Fördermaßnahmen identifiziert werden.

Der CODY-Mathetest kann zusätzlich verwendet werden, um die Wirksamkeit von Fördermaßnahmen zu überprüfen. Dies geschieht in Form von Wiederholungsmessungen.

Der Test dauert zwischen 30 und 45 Minuten und erfasst vier unterschiedliche Fähigkeitsbereiche mit dazugehörigen Untertests und Skalenwerten:

- (1) Basale Zahlenverarbeitung (drei Untertests): Abzählen, Mengenvergleich symbolisch und Mengenvergleich gemischt
- (2) Komplexe Zahlenverarbeitung (vier Untertests): Zahlendiktat, Zahlensteine, Zahlenstrahl und fehlende Zahlen
- (3) Rechenfertigkeiten (vier Untertests): Addition, Subtraktionen, Multiplikation und Platzhalteraufgaben

#### (4) Visuell-räumliches Arbeitsgedächtnis (ein Untertest): Matrixspanne

Die Auswertung der Testergebnisse erfolgt automatisch und computerbasiert. Zum einen wird dabei auf die Anzahl richtig und falsch gelöster Aufgaben (beispielsweise bei den Untertests Zahlendiktat, Zahlensteine oder fehlende Zahl) geachtet. Auf der anderen Seite spielen bei der Auswertung die reaktionszeitbasierten Effizienzmaße (Abzählen, Mengenvergleich symbolisch, Mengenvergleich gemischt) und die mittlere Abweichung vom Zielwert (Zahlenstrahl) eine Rolle. Für die drei Skalen (basale Zahlenverarbeitung, komplexe Zahlenverarbeitung und Rechenfertigkeiten) als auch für den Untertest visuell-räumliches Arbeitsgedächtnis werden Normwerte berechnet und im Ergebnisbericht dargelegt (Kuhn et al., 2017).

Es liegen Prozentrang und T-Wert Normen für alle Untertests vor. Für die Eichstichprobe wurden 1.064 Grundschul Kinder aus vier Bundesländern rekrutiert. Weitere 111 Grundschul Kinder mit substantiellen Rechenschwierigkeiten wurden bundesweit für die Eichstichprobe miteinbezogen. Die Grundschüler:innen, welche Rechenschwierigkeiten aufwiesen, wurden mithilfe statistischer Verfahren für die Normenberechnung beachtet. Zur Normierung der Tablet-Version diente eine zusätzliche Eichstichprobe mit 830 Schüler:innen aus dem Bundesland Nordrhein-Westfalen (Kuhn et al., 2017).

Die Sensitivität (richtig-positives Ergebnis) liegt bei 0.76 und die Spezifität (richtig-negatives Ergebnis) bei 0.81. Der Ratz-Index weist mit 0.68 einen sehr guten Wert auf. Das Testverfahren besitzt also eine hohe Messgenauigkeit (Meister Cody, n. D.).

#### **5.4.2 Aufbau DIRG**

Im Allgemeinen dient das DIRG zur Begutachtung grundlegender Rechenfertigkeiten, welche als Grundlage des Verständnisses nützen und für die Durchführung fortgeschrittener Rechenoperationen notwendig sind. Es hat einen Einsatzbereich vom Ende der ersten Klasse bis hin zur vierten Klasse und wird seit 2010 angewendet. Die Testung ist im Einzel- oder Gruppensetting möglich. Die primäre Zielgruppe des Tests sind Regelgrundschüler. Eine Erhebung anderer Zielgruppen ist allerdings mit der Absicht eines Leistungsvergleichs mit dem Grundschulniveau möglich. Die Verfahren können beispielsweise zur Dokumentation der Entwicklung des Lernstandes

und zur spezifischen Diagnostik von Rechenschwierigkeiten und Rechenstörungen genutzt werden (Hogrefe Testzentrale, n. D).

Das DIRG beinhaltet vier Module, die einzeln oder in Kombination miteinander ausgeführt werden können. Die Einheit „BASIS“ ist als einzige ab Ende der ersten Klasse durchführbar und besteht aus vier Aufgabenblöcken. Die Blöcke bestehen aus Additions- und Subtraktionsaufgaben im Zahlenraum 0 bis 20, jeweils mit und ohne Zehnerübergang. Das Modul „M100“ besteht aus Multiplikationsaufgaben, das Modul „D100“ umfasst Divisionsaufgaben und im Modul „AS1000“ sollen die Schüler:innen dreistellige Zahlen addieren und subtrahieren. Für alle Module liegen eine zeitlich begrenzte Bearbeitungszeit und zwei Pseudo-Parallelformen vor. Die Durchführungsdauer des Tests liegt je nach Modul und Schuljahr der zu untersuchenden Kinder zwischen sieben und 30 Minuten. Die Durchführung aller Module beansprucht ca. eine Schulstunde (Hogrefe Testzentrale, n. D.).

## **6 Projektverlauf**

Die Struktur des Projekts 1.4 „Aufmerksamkeitsprozesse in der Zahlverarbeitung“ gliedert sich in vier Phasen: 1. Findungsphase, 2. Planungsphase, 3. Durchführungsphase und 4. Evaluation.

Die erste Phase ging ungefähr bis Ende Januar 2021 und umfasste die Literaturrecherche, die Themen- und Zielgruppenfindung sowie der Festlegung von Methoden und Messinstrumenten. Zunächst wurden in der Gruppe mögliche Themen für das Projekt besprochen und daraufhin Kleingruppen gebildet, um die unterschiedlichen Themen zu recherchieren. Die Ergebnisse der Literaturrecherche wurden daraufhin in der Gruppe vorgestellt und es wurde eine Entscheidung über den weiteren thematischen Schwerpunkt getroffen. Nach den ersten Ergebnissen der Recherchen wurde entschieden, mit Kindern bzw. mit Erstklässler:innen als Zielgruppe zu arbeiten. Dementsprechend ergaben sich die Variablen und Prädiktoren, mit denen sich im Projekt auseinandergesetzt wird.

Die Prädiktoren, welche ebenfalls die unabhängigen Variablen darstellen, sind die exekutiven Funktionen, die Tendenz der spontanen Fokussierung auf Numerosität

und der sozioökonomische Status. Hierbei stellt die Tendenz der spontanen Fokussierung die mathespezifische Variable, die exekutiven Funktionen die kognitive Variable und der SES die systematische Variable dar. Die abhängige Variable ist die mathematische Kompetenz der einzelnen Kinder. Auf dieser Grundlage wurden die Fragestellungen sowie die gerichteten Hypothesen herausgearbeitet. Bei der Wahl der Methoden und Messinstrumente fiel die Entscheidung auf die quantitative Forschungsmethode, da nicht an Einzelfällen, sondern an einer größeren Stichprobe geforscht werden soll.

Die Stichprobengröße wurde durch das Programm G-Power errechnet. Dabei ergab sich die Berechnung der Proband:innen Zahl mit einer Power von .80, mit drei zu testenden Prädiktoren für das Skalenniveau von .05 und einer mittleren Effektstärke (.15). Diese Daten führten zu einer Stichprobe von 77 Teilnehmenden. Als Messinstrumente werden normierte Tests genutzt, die digital durchgeführt werden. Für die Erhebung der SFON-Tendenz wird eine Imitations-Aufgabe durchgeführt. Des Weiteren werden die verschiedenen Komponenten des Arbeitsgedächtnisses mit Hilfe einer Vorwärtsstellen- und Rückwärtsstellenspanne-Aufgabe erhoben. Für die Einschätzung des SES wird ein Fragebogen verwendet, der an die Erziehungsberechtigten des Kindes gerichtet ist. Um die Einflüsse der betrachteten Variablen am Untersuchungsgegenstand zu prüfen, werden die basisnumerischen Kompetenzen und Rechenfertigkeiten durch den CODY-M 2-4 (2018) und DIRG erhoben, welcher an das Niveau der Erstklässler:innen angepasst wird.

Ab Mitte Dezember begann die Vorbereitung auf die P1-Präsentation, dessen Abgabe am 25.01.2021 erfolgte. Daraufhin folgt die Planungsphase, die bis April 2021 vorgesehen ist. In dieser Phase wurden Deadlines für diverse Abgaben und Meilensteine im Projekt gesetzt, ein Peerfeedback formuliert und Kosten sowie Kooperationspartner festgelegt. Des Weiteren erfolgt die Fertigstellung der P1-Prüfung, sowohl die Präsentation als auch der Bericht. Ziel war es am Ende dieser Phase ein fertiges Forschungsdesign zu haben, einschließlich der Programmierung der Testungen.

Verschiedene Ausführungen von Rekrutierungsschreiben wurden angefertigt, um diese auf unterschiedliche Wege weiterzuleiten. Die Durchführungsphase verlief von

Ende Mai bis Anfang Juli 2021. Hierbei war das Ziel die Rekrutierung der Proband:innen sowie die Durchführung und Auswertung der Datenerhebung.

Abschließend erfolgte die Evaluation des Projekts. Diese Phase beinhaltete die Auswertung und Zusammenfassung der erhobenen Daten sowie die P2-Prüfung und der finale Projektbericht sowie das dazugehörige Poster.

### **Projektorganigramm**

Im Projektorganigramm werden in den oberen Elementen die Projektbegleiter Herr Prof. Dr. Jörg-Tobias Kuhn und die Tutorin der Projektgruppe Andrea Ilina-Georgescu dargestellt. Die Elemente in der Mitte dienen zur Beschreibung der Organisation, in dessen Rahmen das Projekt stattfindet, also die Fakultät bzw. die Universität. In den Elementen darunter sind die Kooperationspartner:innen, also die Grundschulen in NRW und die Erstklässler:innen als Proband:innen zu sehen.

Die blauen Felder stellen die sieben Mitglieder des Projektteams und die grauen Elemente darunter ihre Eigenschaften dar. Die Eigenschaften haben sich aus einem Test im Rahmen des e-Learning herausgestellt und lassen sich in Kategorien einteilen. (Anhang A Projektorganigramm)

### **7 Erhebung und Programmierung**

Die einzelnen Aufgaben des Experiments werden in der Software 'Inquisit' programmiert, damit sie in der Pandemie digital und ohne persönlichen Kontakt durchgeführt werden können. Diese Software muss von den Proband:innen heruntergeladen werden, um teilnehmen zu können. Das Programm soll zu Beginn allgemeine Informationen zur Testsituation und dem Verhalten der Erziehungsberechtigten während der Durchführung geben. Auf einen möglichst ruhigen Durchführungszeitpunkt als optimale Testbedingungen ohne Ablenkung in Form von anderen Kindern bzw. Erwachsenen, (technischen) Geräten oder Spielzeugen kann nur verwiesen werden, das individuelle Setting lässt sich nicht genau kontrollieren. Darauf folgen die Fragen zum sozioökonomischen Status und die Einverständniserklärung. Im weiteren Verlauf bekommen die Teilnehmenden jeweils die Instruktionen, die Probedurchläufe und die Testaufgaben vorgelegt; zuerst für die Messung der SFON-Tendenz und danach für die Messung der exekutiven Funktion. Dabei wird stets auf eine verständliche und

kindgerechte Sprache geachtet und mit begleitenden auditiven Erklärungen gearbeitet, um den Kindern den Start in die Aufgabe zu erleichtern und Schwierigkeiten im Lesen auszugleichen. So soll eine ähnliche Atmosphäre erzeugt werden, als säße ein:e Experimentator:in dabei. Zurzeit wird sich mit der Umsetzung der genannten Aspekte auseinandergesetzt, die im Folgenden gemeinsam mit einer kurzen Erläuterung zur Erhebung für die verschiedenen Prädiktoren spezifiziert wird. Dabei wird ebenfalls erläutert, wie die Aufgaben jeweils erhoben werden sollen.

## **7.1 Erhebung und Programmierung – Exekutive Funktionen**

Da der Test von Erstklässler:innen durchgeführt wird, wird am Anfang der Testung eine Instruktion gezeigt, die kindgerecht aufgebaut ist und mit Symbolen zur Veranschaulichung ausgestattet wird. Zusätzlich werden die Proband:innen Probedurchläufe abhalten, um sicher zu stellen, dass sie es richtig verstanden haben.

Die Tests sind so angelegt, dass die phonologische Schleife und die zentrale Exekutive des Arbeitsgedächtnisses erhoben werden. Dafür werden Aufgaben der Vorwärtsstellenspanne und Rückwärtsstellenspanne genutzt, die im Folgenden näher erläutert werden sollen.

### **7.1.1 Erhebung und Programmierung – Vorwärtsstellenspanne**

Bei dem Test der Vorwärtsstellenspanne werden Zahlen im Abstand von 1,5 Sekunden auf dem Bildschirm gezeigt und vorgelesen. Dabei handelt es sich um die Zahlenspanne von Eins bis Neun. Die Proband:innen sollen sich möglichst viele Zahlen merken und anschließend in der richtigen Reihenfolge wiedergeben. Die Zahlenfolge startet mit zwei Ziffern und wird anschließend immer um eine weitere Ziffer verlängert. Das Maximum beträgt sieben Ziffern. Die Zifferserien weisen keine Zahlenfolgen oder Regelmäßigkeiten auf. Jede Ziffer kommt nur einmal pro Zifferserie vor. Weisen die Proband:innen zwei Fehler hintereinander auf, wird der Test automatisch beendet. Mithilfe dieses Tests wird die phonologische Schleife des Arbeitsgedächtnis erhoben (Schmied, 2011).

### **7.1.2 Erhebung und Programmierung – Rückwärtsstellenspanne**

Die Rückwärtsstellenspanne wird fast identisch zur Vorwärtsstellenspanne erhoben. Auch der Ablauf des Tests ist ähnlich gestaltet. Allerdings geben die Proband:innen am Ende der Ziffernfolge die Ziffern rückwärts wieder. Ansonsten ist der Test kongruent aufgebaut. Die Proband:innen werden wieder gebeten, sich die Ziffernfolgen zu merken. Dabei wird ebenfalls jede Ziffer auf dem Bildschirm präsentiert und zugleich laut vorgelesen, in einem Abstand von 1,5 Sekunden. Die Ziffernspanne von Eins bis Neun bleibt ebenfalls erhalten. Mit diesem Test wird die zentrale Exekutive erhoben (Schmied, 2011).

Die Programmierung erfolgt mit Hilfe des Programms „Inquisit“ für die Instruktion, Probedurchläufe und die oben genannten Tests. Die Probedurchläufe werden so oft wiederholt, bis die Proband:innen es richtig gemacht haben. Die Zahlen werden einzeln und groß auf dem Bildschirm gezeigt und vorgelesen. Am Ende der gezeigten und gesprochenen Ziffernfolgen wird jeweils ein Zahlenstrahl von 1-9 eingeblendet, auf welchem die Proband:innen die Ziffern in der richtigen Reihenfolge anklicken bzw. rückwärts wiedergeben können.

### **7.2 Erhebung und Programmierung – SFON**

Es werden durch den:die Experimentator:in gelbe und blaue Briefumschläge nacheinander in einen Briefkasten gelegt. Das Kind soll diesen Vorgang beobachten und wenn es aufgefordert wird, das zuvor Gesehene imitieren, indem es ebenfalls Briefumschläge in den Postkasten bewegt. Die Durchführung von einem Probedurchgang und drei Durchgängen wird maximal 15 Minuten in Anspruch nehmen.

Zur Erstellung der digitalen SFON-Aufgabe wird zu Beginn eine Anleitung, wie die Aufgabe durchzuführen ist, gezeigt. Der Auftrag wird zunächst von den Teilnehmer:innen anhand einer Probeaufgabe geübt. Danach werden drei Durchgänge in Form von Bildschirmaufnahmen vom Abschicken der Briefumschläge gezeigt. Nach jeder Bildschirmaufnahme hat das Kind jeweils ausreichend Zeit, genau die gleichen Handlungen nachzumachen, um das vorgemachte Verhalten zu imitieren. Bei den gezeigten Handlungen handelt es sich um Bildschirmaufnahmen, die genau dem Setting entsprechen, in welchem das Kind die Briefumschläge ebenfalls anklicken bzw. antippen

soll. Damit sollen Unklarheiten vorgebeugt werden, indem das Kind die Positionen der Briefe und die des Briefkastens bereits vor der ersten eigenen Handlung kennt. Die Briefumschläge werden in der Studie von Hannula und Lehtinen (2005) in zwei Stapel, die den zwei Farben entsprechen, aufgeteilt und jeweils links und rechts schräg unter den Postkasten platziert. Die Briefanzahl pro Stapel entspricht bei Batchelor et al. (2015) 20 Briefumschläge und bei Hannula und Lehtinen (2005) 15 Briefumschläge. Aufgrund der begrenzten Bildschirmoberfläche wird jeweils ein Briefumschlag pro Farbe dargestellt, welche auszuwählen sind. Batchelor und Kolleg:innen (2015) bewegen in ihren gezeigten Verhaltensweisen pro Durchgang nicht mehr als insgesamt fünf Briefumschläge und pro Farbe minimal einen und maximal vier Briefumschläge. Sie möchten so sicherstellen, dass die Anzahl der auszuwählenden Briefumschläge im Zählbereich der Kinder liegen und gehen von der Übertragbarkeit dieses Konstrukts auf höhere Zahlen aus (ebd.). Anders als in der Studie von Hannula und Lehtinen (2005) ist es in dem Forschungsprojekt nicht möglich, die verbalen Aussagen der Kinder mit aufzuzeichnen. Ihre Handlungen sind daher umso wichtiger. Die Proband:innen sollen per Fingertipp auf Tablet oder Smartphone bzw. per Mausklick am Computer die vorgemachte Anzahl an gelben und blauen Briefumschlägen imitieren. Statt Bewegen der Briefumschläge ist es aus technischen Gründen ein Aufleuchten. Ist der Durchgang abgeschlossen, hat das Kind auf "Fertig" zu drücken. Bei keinem der Durchgänge bekommt das Kind ein Feedback, ob die Aufgabe richtig gelöst ist, weil so möglicherweise auf den numerischen Aspekt aufmerksam gemacht werden könnte. Nach einem Probedurchgang und drei Durchgängen, die ausgewertet werden, ist die Aufgabe erfüllt und beendet.

### **7.3 Erhebung und Programmierung – SES**

Der sozioökonomischen Status wird mithilfe eines Online-Fragebogens an die Erziehungsberechtigten erhoben. Dieser ist auf Grundlage der GEDA-Studie 2009 gebildet worden (siehe oben).

Die Erhebung des SES erfolgte durch die Programmierung eines Multiple-Choice-Fragebogens, der in die Abschnitte Bildung, Berufsstatus und Einkommen unterteilt ist. Der Bereich Bildung umfasst zwei und der Bereich Einkommen drei Fragen. Der

Abschnitt zur beruflichen Situation besteht lediglich aus einer Frage mit weniger Antwortmöglichkeiten und wurde somit im Vergleich zur GEDA-Studie gekürzt. Bei den anderen zwei Bereichen wurden alle Fragen aus der Studie übernommen.

Die Fragen aus dem Abschnitt Bildung lauten: „Welchen höchsten schulischen Abschluss haben Sie?“ und „Welchen höchsten beruflichen Abschluss haben Sie?“. Beide Fragen sind als Multiple-Choice-Fragen aufgebaut. In Bezug auf die berufliche Situation wird nach der beruflichen Stellung des Hauptverdieners gefragt. Der Bereich Einkommen besteht aus den Fragen „Wie viele Personen leben ständig in Ihrem Haushalt?“ und „Wie viele Personen in Ihrem Haushalt sind jünger als 14 Jahre?“. Zudem wird das Haushaltseinkommen (Brutto) des letzten Jahres erfragt.

Außerdem beinhaltet der Fragebogen vier Fragen zu demografischen Aspekten:

- (1) Welches Geschlecht hat Ihr Kind?
- (2) Welche Sprache(n) spricht Ihr Kind?
- (3) Welche Sprache wird zu Hause gesprochen?
- (4) Wann hat Ihr Kind Geburtstag (Monat und Jahr)?

#### **7.4 Erhebung und Programmierung – Mathe**

Für die Erhebung wurde sich jeweils an den einzelnen Teilen der zwei zuvor genannten Testverfahren orientiert. Die Erfassung der basisnumerischen Kompetenzen erfolgte in Anlehnung an den Testteil „Basale Zahlenverarbeitung“ des CODY-M 2-4. Es sind also Subtests zum Abzählen, Mengenvergleich symbolisch und Mengenvergleich gemischt erstellt werden. Dabei musste der Zahlenraum an die Erstklässler:innen angepasst werden (Zahlen von 0 bis 20). Des Weiteren musste beachtet werden, dass der Mathetest CODY-M 2-4 im Gegensatz zum DIRG nicht dafür vorgesehen ist, nur einzelne Module des Tests durchzuführen.

Die Rechenfertigkeiten wurden in Form eines Speedtests erhoben, welcher an das Modul „BASIS“ des diagnostischen Inventars zu Rechenfertigkeiten im Grundschulalter angelehnt ist. Da dieses Modul schon am Ende der 1. Klasse durchführbar ist,

musste der Zahlenraum nicht mehr angepasst werden, auch Zeitbegrenzungen sind bereits gegeben. Der Test basiert jedoch auf dem Paper-and-Pencil-Verfahren und war somit aufgrund der Online-Erhebung in der geplanten Studie nicht in der gleichen Art und Weise umsetzbar.

Beide Tests wurden mit dem Programm „Inquisit“ programmiert. Die Aufgabe für den Speedtest ist so aufgebaut, dass auf dem Bildschirm des Kindes eine Rechenaufgabe erscheint und dahinter ist ein Kästchen für die Antwort platziert, z. B.  $5+6=$  . Die Zahlen Null bis Neun werden unter der Aufgabe angezeigt. Durch einen Klick auf die gewünschte Zahl, wird diese dann oben im Kästchen sichtbar. Somit muss man beispielsweise für das Ergebnis Elf zweimal den Kasten mit der Nummer eins drücken. Unter den Nummern ist ein grünes Quadrat abgebildet, in dessen Mitte sich ein schwarzer Haken befindet. Dieses Quadrat soll angetippt werden, sobald man mit der Lösung der Aufgabe fertig ist. Danach wird man ohne Angaben darüber, ob das Ergebnis richtig oder falsch ist, zur nächsten Aufgabe weitergeleitet. Insgesamt beansprucht die Erhebung ca. 30 Minuten.

## 8 Rekrutierung

Für die Rekrutierung musste zunächst festgelegt werden, wie groß die Stichprobe sein sollte. Wie oben bereits beschrieben wurde dafür das Programm G-Power genutzt. Mit der angestrebten Stichprobengröße von 77 bzw. gerundet 80 Teilnehmer:innen soll sichergestellt werden, dass Validität bei der Projektforschung vorherrscht. Aufgrund der verminderten Stichprobengröße konnte diese Validität jedoch nicht erreicht werden. Eine kleinere Stichprobe kann für eine größere Streuung von Ausreißern um den Mittelwert verantwortlich sein, sodass die Standardabweichung erhöht wird. Die Aussagekraft der Ergebnisse ist somit nicht stark genug, um repräsentative Erkenntnisse zu formulieren. Ein Grund für nicht Erreichen der geplanten Stichprobengröße kann der kurze Erhebungszeitraum darstellen. Das klein gehaltene Signifikanzniveau sorgt dafür, dass die Wahrscheinlichkeit die  $H_0$ -Hypothese fälschlicherweise abzulehnen gering bleibt.

Die Zielgruppe der Projektgruppe 1.4 sind Erstklässler:innen und ihre Erziehungsberechtigten. Zur Rekrutierung von Proband:innen kontaktierte die Projektgruppe eine

Vielzahl an Grundschulen, Nachhilfe-Instituten sowie Familien aus dem privaten Umfeld. Des Weiteren nutzten die Studierenden Social Media Plattformen wie WhatsApp, Facebook und Online-Foren für wissenschaftliche Experimente wie „KinderSchaffen-Wissen.de“. Insgesamt konnten 25 Proband:innen in dem Zeitraum vom 27. Mai bis 1. Juli 2021 rekrutiert werden.

Die Studierenden erstellten, vor dem Beginn der Erhebungen, Informationsanschreiben an Grundschulen und Eltern sowie einen anschaulichen Werbeflyer (Anhang B) für Social Media Plattformen, um Interesse bei möglichen Teilnehmer:innen zu wecken.

Im Voraus mussten zwei Kriterien zur Auswahl der Proband:innen erfüllt sein: Zum einen musste das Kind die erste Klasse besuchen und zum anderen sollte es ein funktionsfähiges Tablet, Smartphone oder Computer zur Durchführung der digitalen Testungen zur Verfügung haben. Das Projekt fokussiert nicht auf Einzelfälle, sondern auf eine größere Stichprobe. Allerdings kann aufgrund der Größe der Stichprobe und der begrenzten Zeit des Projektstudiums und anderweitigen Ressourcen keine aussagekräftige Repräsentativität behauptet werden. Dennoch gibt es eine Aufwandsentschädigung in Form eines Gutscheins für eine Buchhandlung im Wert von sieben Euro.

Durch die Informationsanschreiben an die Schulen und Eltern konnten die Kooperationspartner über das Projekt und den detaillierten Ablauf der Erhebungen aufgeklärt werden. Im Vorfeld der Erhebung erfolgten Einverständniserklärungen durch die Erziehungsberechtigten.

Die erste Kontaktaufnahme mit den Grundschulen und diversen Nachhilfeinstituten erfolgte zunächst per E-Mail. Im weiteren Verlauf nahmen die Studierenden ebenfalls telefonischen Kontakt zu den Einrichtungen auf, um Kooperationspartner zu gewinnen. Allerdings blieb eine Kooperation seitens der Grundschulen aus, wohingegen die Nachhilfeinstitute „SchuNA- die schulische Nachhilfe“ und „Türkischer Elternverband Essen e.V.“ sich zu einer Kooperation mit der Projektgruppe bereit erklärte. Beide Institute leiteten die Informationsanschreiben an die Eltern weiter, wodurch 18 Proband:innen am Projekt teilnahmen.

Das im Vorfeld erstellte Werbeflyer nutzte die Gruppe auf den Plattformen WhatsApp und Facebook. Die Studierenden veröffentlichten den Flyer in Facebook-Gruppen mit Lehrkräften und Erziehungsberechtigten von Kindern aus der ersten Klasse. Außerdem teilte die Gruppe den Flyer in zahlreichen WhatsApp-Gruppen und leitete es im privaten Umfeld weiter.

Als eine weitere Option wurden Online-Plattformen wie „KinderSchaffenWissen.de“ genutzt, welches eine Anlaufstelle für Forscher:innen darstellt, die in ihren Projekten mit Kindern und Eltern arbeiten. Die Studierenden erstellten einen Account sowie einen Eintrag auf der Website, um die Zielgruppe zu erreichen. Durch die Online-Plattform „KinderSchaffenWissen.de“ und dem privaten Bestreben der Projektgruppe konnten weitere 7 Proband:innen rekrutiert werden.

Somit haben insgesamt 25 Proband:innen an der Studie teilgenommen. Davon sind 52% männlich und 48% weiblich. Das Durchschnittsalter der teilnehmenden Kinder beträgt 6.9 Jahre. Alle Proband:innen sprechen Deutsch. 48% der Personen sprechen neben Deutsch noch eine weitere Sprache. Davon sprechen die meisten Teilnehmenden mit 41.7% türkisch. Danach folgt Farsi mit 16.7%. Mit jeweils 8.3% sind Arabisch, Englisch, Polnisch, Rumänisch und Russisch vertreten. Die Mehrheit der teilnehmenden Personen (68%) sprechen auch zuhause deutsch.

## **9 Ethik**

Neben dem wissenschaftlichen Erkenntnisstreben, ist die Einhaltung der ethischen Normen und Werte von großer Bedeutung. Die Studierenden beachten in ihrer Forschung die Verantwortbarkeit ihrer Forschung und bestreben möglichst positive Auswirkungen zu bedingen.

Unter dem Stichwort ‚Forschungsethik‘ werden in den Sozialwissenschaften im Allgemeinen all jene ethischen Prinzipien und Regeln zusammengefasst, in denen mehr oder minder verbindlich und mehr oder minder konsensuell bestimmt wird, in welcher Weise die Beziehungen zwischen den Forschenden auf der einen Seite und den in sozialwissenschaftliche Untersuchungen einbezogenen Personen auf der anderen Seite zu gestalten sind (Hopf 2004, S. 589-590).

Zu den zentralen forschungsethischen Prinzipien gehören:

- (1) Freiwilligkeit und informierte Einwilligung
- (2) Schutz vor Beeinträchtigung und Schädigung
- (3) Anonymisierung und Vertraulichkeit der Daten

(Döring & Bortz, 2016, 124-128).

Zu (1) Freiwilligkeit und informierte Einwilligung:

Die Teilnahme an der Testung ist freiwillig. Die Erziehungsberechtigten werden durch ein Anschreiben zum Projekt ausführlich informiert und die Durchführung erfolgt nur, wenn es vorab eine schriftliche Einwilligung ausgefüllt wird. Dies gilt ebenfalls für die Rekrutierung durch die Schulen. Die Schulen erhalten ebenfalls ein ausführliches Informationsschreiben zum Projekt und können dann entscheiden, ob sie diese an die Eltern weiterleiten bzw. die Eltern zum Projekt informieren.

Zu (2) Schutz vor Beeinträchtigung und Schädigung:

Es werden keine physischen oder psychischen Beeinträchtigungen oder Nachteile durch das Projekt verursacht. Die Ergebnisse der Erstklässler:innen beeinflussen keineswegs die Schulnote oder den schulischen Werdegang. Es erfolgt ein sensibler Umgang mit den Daten der Proband:innen, wodurch der Schutz vor Belastungen nach der Datenerhebung gesichert wird. Außerdem kann die Teilnahme jederzeit abgebrochen werden.

Zu (3) Anonymisierung und Vertraulichkeit der Daten:

Die Anonymisierung der Daten wird durch die Zuordnung eines individuellen Codes sichergestellt, somit werden die Persönlichkeitsrechte der Proband:innen geschützt. Die Daten werden vertraulich behandelt und sind nur für das autorisierte Personal des Projektteams zugänglich. Außerdem werden die Daten nur auf einem Server mit hohem Sicherheitsstandard abgespeichert und nicht auf lokalen Festplatten oder anderen Speichermedien. Des Weiteren werden die Daten, die die Zuordnung von IDs zu personenbezogenen Daten erlauben, nach Beendigung des Projektes gelöscht.

Falls Daten nach Beendigung des Projektes öffentlich zugänglich gemacht werden, ist sicherzustellen, dass alle Informationen, die direkt oder indirekt eine Zuordnung zur Person erlauben, gelöscht sind. Die allgemeinen Datenschutzvorschriften werden ebenfalls eingehalten.

Bei Verletzung forschungsethischer Aspekte können ggf. zivil- oder strafrechtliche Konsequenzen, wissenschaftsinterne Sanktionen oder Schadensbegrenzung und -behebung folgen (Döring & Bortz, 2016). Außerdem kann die Durchführung erst durch die formale Vorabgenehmigung der Ethikkommission der Technischen Universität Dortmund erfolgen. Hierfür ist ein Ethikantrag bereits in Bearbeitung. Auf dieser Grundlage werden die ethischen Aspekte im Projekt „Aufmerksamkeitsprozesse in der Zahlverarbeitung“ so gut wie möglich gesichert.

## **10 Auswertung**

Die Bewertung der einzelnen Testaufgaben orientiert sich an den verschiedenen Auswertungsverfahren der Studien und der Items-Response-Theory, die in den folgenden Unterkapiteln näher beschrieben werden. Die Ergebnisse der Testaufgaben wurden anschließend gemeinsam in der Software “RStudio” ausgewertet.

### **10.1 Auswertung – Exekutive Funktionen**

Die Grundidee zur Erhebung der zentralen Exekutive und der phonologischen Schleife basiert auf der ‘Items-Response-Theory’, kurz IRT. Dies ist eine Theorie, durch die bestimmte Aspekte des Arbeitsgedächtnisses geprüft und erhoben werden können. Hierbei werden Kinder im Alter von 8 bis 13 Jahren getestet, unter besonderer Betrachtung der spezifischen Arbeits-Komponenten. Zudem werden dabei zwei grundlegende exekutive Komponenten erhoben: zum einen die verbal numerische Komponente und zum anderen die visuell-numerische Komponente. Diese Bereiche werden durch sechs verschiedene computergestützte Aufgaben erhoben. Aufgrund der aktuellen Pandemie muss die Testung online durchgeführt werden. Dadurch, dass dieser Test grundlegend mit computergestützten Aufgaben durchgeführt werden kann, bietet dieser ein optimales Basisfundament (Holling & Vock, 2007). Die Auswertung wurde mit Hilfe des Programms „RStudio“ durchgeführt. Dies wurde ab Mitte

Juni 2021 ausgewertet. Hierzu wurden die Ergebnisse der exekutiven Funktionen benötigt, sowie die Ergebnisse der mathematischen Fähigkeiten. Die Auswertung der zentralen Exekutive wurde Anfang/Mitte Mai 2021 absolviert. Dazu wird pro richtig gelöster Ziffernfolge ein Punkt vergeben. Dadurch kann festgestellt werden, in welchem Umfang die Aufgaben gelöst wurden. Je mehr Punkte vergeben werden, desto komplexere Ziffernfolgen können die Proband:innen lösen. Diese Herangehensweise ermöglicht einen Vergleich zwischen den Proband:innen.

### **10.2 Auswertung – SFON**

Die Bewertung der einzelnen Durchgänge der Postkasten-Aufgabe orientieren sich an Batchelor et al. (2015), die für eine richtig gelöste Aufgabe oder eine numerische verbale Äußerung des Kindes einen Punkt vergeben. Dabei ist irrelevant, wie viele numerische Äußerungen es gibt oder ob diese richtig sind. Diese binäre Bewertung ist in dieser Forschungsarbeit nur in dem Maße anwendbar, dass nur ein Punkt für richtige Imitationen vergeben werden kann, verbale Aussagen aber nicht miterhoben werden können.

### **10.3 Auswertung – SES**

Bei der Auswertung der Fragen wird ebenfalls auf die Tabellen und Werte der GEDA-Studie Bezug genommen. Man ordnet also einer Person ohne schulischen und beruflichen Abschluss im Bereich Bildung ebenfalls einen Punktwert von 1.0 zu.

Die Punktwerte der einzelnen Subskalen werden dann zu einem Summenscore addiert, anhand dessen der SES der Person ermittelt wird. Die Interpretation des Summenscores erfolgt hierbei auch durch die Festlegung der Werte und den zugehörigen Kategorien in der GEDA-Studie.

### **10.4 Auswertung – Mathe**

Aufgrund der Bezugnahme auf die beiden Verfahren CODY-M 2-4 und DIRG bei der Erstellung der Tests, soll sich die Auswertung der Ergebnisse ebenfalls nach ihnen richten. Diese können allerdings nicht eins zu eins übernommen werden. Gründe da-

für sind unter anderem die unterschiedlichen Erhebungsarten (computerbasiert/paper-pencil) und die unterschiedlichen Altersklassen (Durchführung des CODY-Tests erst ab Klasse 2 vorgesehen und normiert).

Deshalb können mit der Auswertung der Studie keine genauen Aussagen dazu erstellt werden, ob die Mathe-Leistungen des Kindes dem Alter entsprechend sind oder ob ggf. sogar eine Rechenschwäche vorliegt. Aufgrund der zuvor genannten Forschungsfrage der Studie, ist dies aber auch nicht nötig, da man auch mit der Anzahl der insgesamt richtig gelösten Aufgaben, die Schüler:innen vergleichen kann. Die Ergebnisse reichen aus, um festzustellen ob Kinder mit schlechteren Werten bei den drei Prädiktoren auch beim Mathe-Test gegenüber den anderen Kindern geringere Testwerte erzielen.

### **10.5 Auswertung aller Daten in RStudio**

Im folgenden Kapitel wird zunächst die integrierte Entwicklungsumgebung RStudio für die statistische Programmiersprache R vorgestellt und beschrieben, wie es in der Auswertung der Daten eingesetzt werden kann. Das Programm steht als Open Source kostenlos zur Verfügung.

R ist die Programmiersprache, wobei RStudio das Programm darstellt. Es integriert zahlreiche Optionen zum Speichern, Organisieren, Transformieren, Auswerten und Visualisieren von Daten. Auswertungen datieren aus einer Reihe von Anweisungen, die der:die Nutzer:in gemäß einer gewissen Syntax eingeben muss. Die gesamte Datenanalyse besteht häufig durch eine geordnete Abfolge von Befehlen. Wobei jeder Befehl einen eigenen Auswertungsschritt darstellt (Wollschläger, 2017). Besonders wichtig für die Projektgruppe ist, dass sie R für die Verarbeitung ihrer Daten nutzen und für die Auswertung und Generierung der Ergebnisse des Experiments anwenden kann. Durch die folgenden Aspekte von R können die Studierenden großen Nutzen bei der Datenauswertung ziehen:

Die befehlsgesteuerte Arbeitsweise erhöht durch die Wiederverwendbarkeit von Befehlssequenzen für häufig wiederkehrende Arbeitsschritte langfristig die Effizienz. Zudem steigt die Zuverlässigkeit von Analysen, wenn

über die Zeit bewährte Bausteine immer wieder verwendet und damit Fehlerquellen ausgeschlossen werden.

Die Möglichkeit zur Weitergabe von Befehlssequenzen an Dritte (gemeinsam mit empirischen Datensätzen) kann die Auswertung für andere transparent sowie prüf- und replizierbar im Sinne einer höheren Auswertungsobjektivität machen (Wollschläger, 2017, S.1-2).

Des Weiteren kann R ohne großartige Programmiererfahrung genutzt werden. Das Erlernen der allgemeinen Syntax sowie der benötigten Zusatzschritte reichen aus, um die gewünschten Funktionen zu nutzen. Für die Projektgruppe stellen die zahlreichen Nutzungsmöglichkeiten von R eine bedeutende Unterstützung bei der Datenauswertung des quantitativen Experiments dar.

Die Ergebnisse werden nach Beendigung der Erhebung ausgewertet. Dafür werden zunächst die erfassten Daten eingelesen. Um dies zu tun, müssen verschiedene Pakete geladen werden, um diese nutzen zu können. Diese ermöglichen es, die folgenden Befehle auszuführen.

---

```
#Lade Pakete
require(data.table)
require(readr)
require(reshape2)
require(plyr)
require(Hmisc)
require(PerformanceAnalytics)
require(readxl)
```

*Abbildung 1: Laden der Pakete (Screenshot aus RStudio)*

Die Daten können eingelesen werden, indem der Pfad bestimmt wird, in dem die Dateien der Versuchsdurchläufe liegen. Diese werden in eine Dateiliste eingefügt. Daraufhin können mithilfe von Dataframes und Schleifen zum Einlesen und Zusammenfügen von Daten verschiedene (Teil-)Datensätze erstellt, aggregiert und umstrukturiert werden. Anschließend werden diese zu einem Gesamtdatensatz zusammengefügt, ein Summenscore der Variablen erzeugt und die Datensätze zusammengefügt. Dies bildet nun die Grundlage für die Auswertung der Daten.

Mit dem Befehl `'rcorr(as.matrix(df[,14:18]))'`, wobei `'df'` den Gesamtdatensatz beschreibt, können die Korrelationen der Variablen berechnet werden. Die Korrelation misst die Stärke der statistischen Beziehung der verschiedenen Variablen zueinander. Diese können dann sowohl positiv, als auch negativ korreliert sein. Eine positive Korrelation beschreibt: Je mehr Variable A, desto mehr Variable B. Eine negative Korrelation bedeutet: Je mehr Variable A, desto weniger Variable B. Dabei ist zu beachten, dass eine Korrelation ungerichtet ist und es keine Informationen darüber gibt, welche Variable eine andere bedingt. Korrelationen sind lediglich ein Hinweis für Kausalitäten, jedoch kein Beweis.

Um weitere Zusammenhänge herauszufinden, führen wir eine Regressionsanalyse durch. Die Voraussetzung dafür ist, dass es eine abhängige Variable und mindestens eine unabhängige Variable sind. Die abhängigen Variablen sind die Rechenfertigkeiten und die basisnumerischen Fähigkeiten, die unabhängigen Variablen sind SFON, die exekutiven Funktionen und der SES. Mithilfe einer Regression können Zusammenhänge zwischen zwei oder mehr Variablen angegeben werden, welche erlauben, eine Prognose für die abhängige Variable zu treffen, wenn eine unabhängige Variable eingesetzt wird. In unserer Auswertung haben wir mit Befehlen, wie `'lm(calc~sfon,df)'`, wobei `'calc'` die Rechenleistungen, `'sfon'` die SFON-Tendenzen und `'df'` den Gesamtdatensatz beschreiben, verschiedene lineare Regressionen berechnet. Man erhält den Estimate für den Koeffizienten, den Standardfehler, den t-Wert und den p-Wert. Durch den p-Wert ist der Signifikanznachweis möglich, welcher besonders wichtig ist. Zudem erhält man (adjusted) R-squared als Prozentsatz für die Erklärung der Streuung. Es wurden alle möglichen Kombinationen und Reihenfolgen ausgeführt.

```
#Regressionsmodelle: Rechnen (calc)
reg1c_sf<-lm(calc~sfon,df)
summary(reg1c_sf)

reg1c_ef<-lm(calc~ef,df)
summary(reg1c_ef)
```

*Abbildung 2: Regressionsmodelle: Rechnen (calc) (Screenshot aus RStudio)*

Weitere Aufschlüsse über die Ergebnisse geben die hierarchischen Regressionen, in denen Regressionsmodelle mit einer Anova verglichen werden. Dabei kann geprüft werden, ob das Regressionsmodell signifikant ist. Auch hier werden alle möglichen

Kombinationen ausprobiert. Der Befehl kann beispielsweise so aussehen: `anova(reg1c_sf,reg2c_sfses,reg3c_sfefses)`, wobei `reg1c_sf` die Regression von Rechenfertigkeiten und SFON beschreibt, `reg2c_sfses` die Regression von Rechenfertigkeiten und SFON mit SES und `reg3c_sfefses` die Regression von Rechenfertigkeiten und SFON mit SES und EF.

#### #Hierarchische Regression: Modellvergleiche

```
anova(reg1c_sf,reg2c_sfses,reg3c_sfefses)
anova(reg1c_ses,reg2c_sfses,reg3c_sfefses)
anova(reg1c_sf,reg2c_sfef,reg3c_sfefses)
anova(reg1c_ef,reg2c_sfef,reg3c_sfefses)
anova(reg1c_ef,reg2c_efses,reg3c_sfefses)
anova(reg1c_ses,reg2c_efses,reg3c_sfefses)
```

*Abbildung 3: Hierarchische Regression: Modellvergleiche (Screenshot aus RStudio)*

Des Weiteren werden die Residuen untersucht. Dadurch kann die Abweichung zwischen dem vorhergesagten und dem beobachteten Wert der abhängigen Variable herausgefunden werden. Es werden sowohl leichte Abweichungen als auch Extremwerte angezeigt. Hierbei kann ein Befehl so aussehen: `resid(reg3c_sfefses)`, wobei `reg3c_sfefses` wieder die Regression von Rechenfertigkeiten und SFON mit SES und EF beschreibt.

Zuletzt kann der Befehl der 'relative Importance' durchgeführt werden, in der man herausfinden kann, wie wichtig welcher Prädiktor ist. Dies trifft Aussagen zusätzlich zur Regression.

All diese Befehle werden sowohl auf Rechenfertigkeiten, als auch auf die Basisnumerik in allen möglichen Kombinationen angewendet.

## 11 Ergebnisdarstellung

*Tabelle 1: Ergebnisdarstellung der basisnumerischen Fähigkeiten*

Modell	Faktoren, die ins Modell wirken	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Change	P	Modell F	(df)
A-1	Basnum-EF	0.209	0.209	0.0248	5.8	(1,22)
A-2	Basnum-EF-SES	0.341	0.132	0.052	4.28	(2,21)
A-3	Basnum-EF-SES-SFON	0.381	0.04	0.267	1.30	(3,20)
B-1	Basnum-EF	0.209	0.209	0.0248	5.8	(1,22)
B-2	Basnum-EF-SFON	0.212	0.003	0.77	0.09	(2,21)
B-3	Basnum-EF-SFON-SES	0.381	0.169	0.03	5.49	(3,20)

C-1	Basnum-SES	0.089	0.089	0.157	2.15	(1,22)
C-2	Basnum-SES-EF	0.341	0.252	0.0098	8.14	(2,21)
C-3	Basnum-SES-EF-SFON	0.381	0.04	0.2671	1.30	(3,20)
D-1	Basnum-SES	0.089	0.089	0.157	2.15	(1,22)
D-2	Basnum-SES-SFON	0.246	0.157	0.035	5.09	(2,21)
D-3	Basnum-SES-SFON-EF	0.381	0.135	0.050	4.36	(3,20)
E-1	Basnum-SFON	0.063	0.063	0.237	1.48	(1,22)
E-2	Basnum-SFON-EF	0.212	0.149	0.04	4.80	(2,21)
E-3	Basnum-SFON-EF-SES	0.381	0.169	0.03	5.49	(3,20)
F-1	Basnum-SFON	0.063	0.063	0.237	1.48	(1,22)
F-2	Basnum-SFON-SES	0.246	0.183	0.024	5.93	(2,21)
F-3	Basnum-SFON-SES-EF	0.381	0.135	0.050	4.36	(3,20)

Beschreibung der basisnumerischen Fähigkeiten:

Bei der Betrachtung der einzelnen Werte zu der abhängigen Variable basisnumerischen Fähigkeiten und der unabhängigen Variable exekutive Funktionen fällt auf, dass die unabhängige Variable exekutive Funktionen auf die abhängige Variable signifikant wirkt. Dabei ist deutlich zu erkennen, dass der P-Wert  $<0.05$  ist (A1).

Bei der Betrachtung der unabhängigen Variable SES wird deutlich, dass die Werte sich erst dann signifikant entwickeln, wenn sich die exekutiven Funktionen dazu schließen (C2, E2). Ab dem Wert, wo die weitere Variable SFON gemessen wird, sinkt der P-Wert erneut aus dem signifikanten Bereich (A3, B2).

Außerdem entwickeln sich die Werte signifikant, wenn SFON und der SES zusammen gemessen werden (F2).

Als letzte unabhängige Variable betrachten wir SFON. Dabei fällt in erster Linie auf, dass es signifikant aussagekräftig ist, wenn die exekutiven Funktionen dazu kommen (E2). Es gibt eine Ausnahme bei der Betrachtung von SFON mit SES, hierbei werden SFON und SES zusammen gemessen und wirken Signifikant auf das Ergebnis des P-Wertes (F2). Allerdings fällt auf, dass der P-Wert bei SFON und SES aussagekräftiger ist, als wenn die exekutiven Funktionen zusätzlich noch mit betrachtet werden (F3).

Dazu wird deutlich, dass sich der Zusammenhang zwischen den Variablen durch den  $R^2$ -Wert mit steigender Anzahl von Variablen erhöht. Besonders auffällig sind dabei

jedoch, die Werte von SES und SFON. Die Betrachtung zeigt, dass wenn diese beiden Variablen zu Beginn alleinstehend sind, weisen sie einen geringeren Zusammenhang mit der basisnumerischen Variable auf (C1, E1).

Untersuchung der Residuen bei Betrachtung der abhängigen Variable basisnumerische Fähigkeiten:

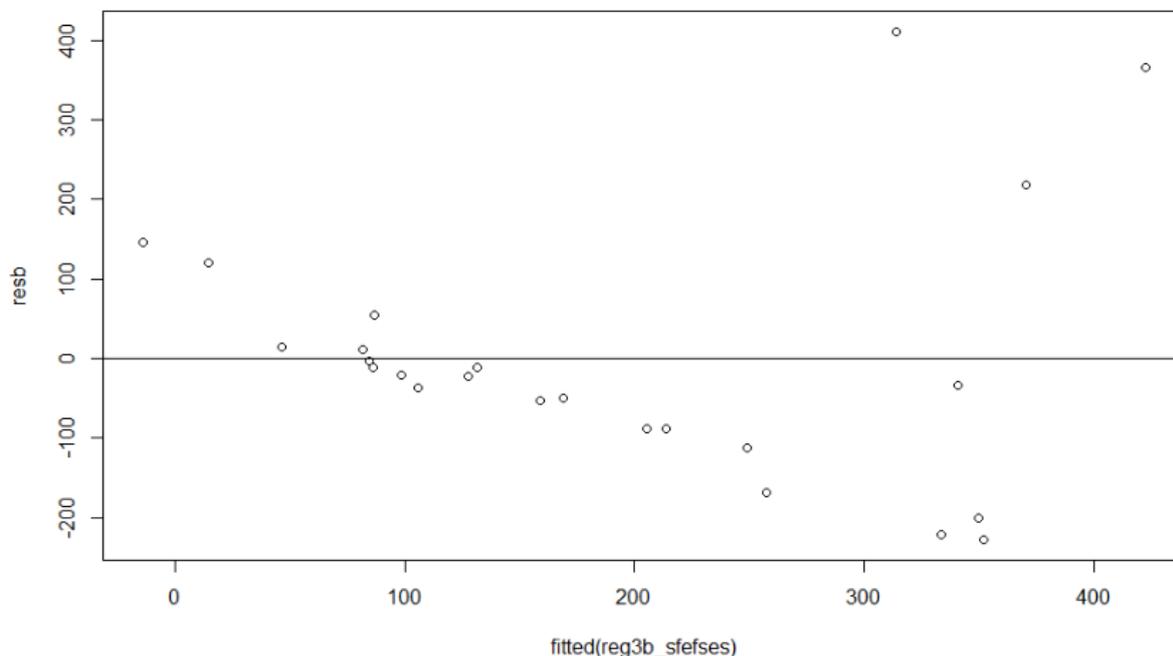


Abbildung 4: Plot basisnumerischer Fähigkeiten

Anders als bei den Rechenfertigkeiten, zeigen sich die Werte der Rechenfertigkeiten vermehrt an dem Mittelwert wieder. Zudem sind, bei Betrachtung des Plots, drei Ausreißer zu erkennen.

Tabelle 2: Ergebnisdarstellung der Rechenfertigkeiten

Modell	Faktoren im Modell	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Change	P	Modell F	(df)
A-1	Calc-EF	0.465	0.465	0.000242	19.1	(1,22)
A-2	Calc-EF-SFON	0.465	0	1.00	0.00	(2,21)
A-3	Calc-EF-SFON-SES	0.495	0.03	0.29	1.16	(3,20)
B-1	Calc-EF	0.465	0.465	0.000242	19.1	(1,22)
B-2	Calc-EF-SES	0.491	0.026	0.33	1.01	(2,21)
B-3	Calc-EF-SES-SFON	0.495	0.004	0.70	0.15	(3,20)
C-1	Calc-SFON	0.09178	0.09178	0.15	2.223	(1,22)
C-2	Calc-SFON-EF	0.4651	0.37332	0.001015	14.770	(2,21)

C-3	Calc-SFON-EF-SES	0.4945	0.0294	0.293479	1.164	(3,20)
D-1	Calc-SFON	0.09178	0.09178	0.15	2.223	(1,22)
D-2	Calc-SFON-SES	0.131	0.03922	0.227437	1.5506	(2,21)
D-3	Calc-SFON-SES-EF	0.4945	0.3635	0.001142	14.3833	(3,20)
E-1	Calc-SES	0.00431	0.00431	0.76	0.0953	(1,22)
E-2	Calc-SES-EF	0.491	0.45669	0.00029	19.24	(2,21)
E-3	Calc-SES-EF-SFON	0.495	0.004	0.69817	0.15	(3,20)
F-1	Calc-SES	0.00431	0.00431	0.76	0.0953	(1,22)
F-2	Calc-SFON-SES	0.131	0.12669	0.367	5.01	(2,21)
F-3	Calc-SFON-SES-EF	0.495	0.364	0.0011	14.38	(3,20)

Bei der Beschreibung von den Rechenfertigkeiten fallen besonders die exekutiven Funktionen auf. Sie weisen im Zusammenhang mit den mathematischen Fähigkeiten eine sehr hohe Signifikanz auf (A1).

Außerdem fällt auf, dass bei der Betrachtung von der Variable Rechenfertigkeiten, exekutiven Funktionen und SFON ein P-Wert von 1,0 vorliegt (A2).

Zudem ist eine hohe Signifikanz im Zusammenhang von SFON und exekutiven Funktionen festzustellen (C2). Auch wenn man alle unabhängigen Variablen mit der abhängigen Variable misst, entsteht ein signifikantes Ergebnis (D3, F3). Allerdings ist hierbei zu beachten, dass die Reihenfolge der Variablen entscheidend ist. Die Spalten A3, B3 und C3 weisen nämlich keinen signifikanten Zusammenhang auf.

Abschließend lässt sich sagen, dass es nur zu signifikanten Ergebnissen kommt, wenn man die Variable exekutive Funktionen mit einbindet. Daneben gibt es kein bestehendes Modell in der Studie, das ein signifikantes Ergebnis im Zusammenhang mit den Rechenfertigkeiten zeigt.

Betrachtet man die  $R^2$ -Spalte wird deutlich, dass sich der Zusammenhang zwischen den Variablen, durch den  $R^2$ -Wert mit steigender Anzahl von Variablen erhöht. Besonders auffällig sind dabei jedoch, die Werte von SES und SFON. Die Betrachtung zeigt, dass wenn diese beiden Variablen zu Beginn alleinstehend sind, weisen sie eine geringere Korrelation mit Rechenfertigkeit auf (C1, E1). Im Gegensatz dazu, weisen die exekutiven Funktionen alleinstehend eine hohe Korrelationswert auf (A1, B1).

Untersuchung der Residuen bei Betrachtung der abhängigen Variable Rechenfertigkeiten:

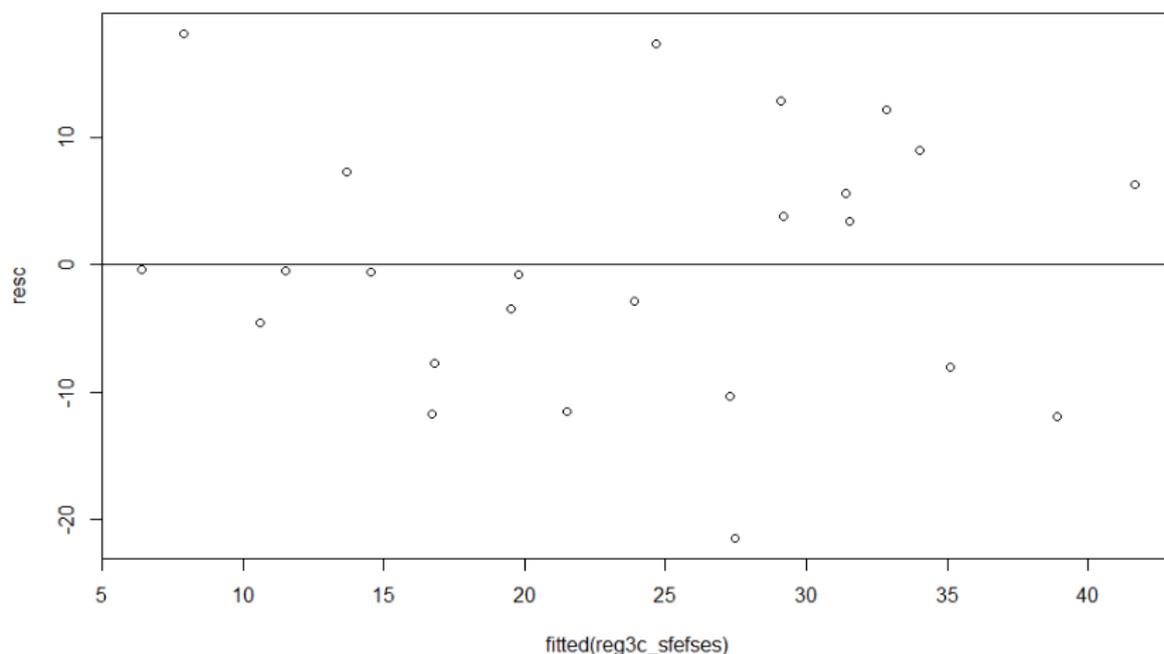


Abbildung 5: Plot Rechenfertigkeiten

Die einzelnen Wertpunkte sind deutlich um den Mittelwert verteilt. Es ergeben sich vier Werte die dem Mittelwert sehr nahe kommen. Es ist eine große Streuung vorhanden.

Relative Wichtigkeit:

Bei der Gesamtbetrachtung von den drei Variablen SES, exekutive Funktionen und SFON unter betracht der abhängigen Variable Rechenfertigkeiten, fällt auf, dass die Varianz zu 49,45 % die Regression des Modells beschreibt. Hierbei liegen die Werte für die drei Variablen klar verteilt. Bei den basisnumerischen Fähigkeiten ist zu erkennen, dass der der SES Prozentwert bei 0.04 der kleinste Wert ist. Anschließend daran folgt der SFON-Wert mit einer Größe von 0.10 Prozentwert. Die exekutiven Funktionen haben bei der relativen Wichtigkeit den größten Wert mit 0.84 Prozentwert.

Bei der Gesamtbetrachtung der zweiten abhängigen Variable der basisnumerischen Fähigkeiten zeigt sich eine 38,13% Varianz, die die Regression beschreibt. Im Vergleich zu der Variable Rechenfertigkeiten, ist zu erkennen, dass die Werte von SFON und SES leicht gestiegen sind. SFON hat eine Prozentwert von 0.16 und der SES Prozentwert liegt bei 0.36. Die exekutiven Funktionen sind, hingegen zu der Variable

der Rechenfertigkeiten, gesunken und liegen bei der abhängigen Variable basisnumerische Fähigkeiten bei einem Prozentwert von 0.47.

## **12 Ergebnisinterpretation und -diskussion**

Ziel dieser Studie ist die Prüfung der oben genannten Hypothesen. Für die allgemeine Wissenschaft hat das Experiment weniger inhaltlichen Zugewinn, weil die allgemeinen Rahmenbedingungen zu starr sind. Dazu zählen z. B. der kurze Zeitraum, in der das Projekt angesetzt wurde und die knappen Ressourcen, die zur Verfügung stehen. Die besondere Kombination der Variablen des sozioökonomischen Status, der spontanen Fokussierung auf Numerosität und der exekutiven Funktionen im Bezug auf mathematische Fähigkeiten sowie basisnumerische Fertigkeiten als abhängige Variablen ist in der Literatur jedoch nicht präsent, sodass mit den Erkenntnissen erste tendenzielle Aussagen getroffen werden könnten. Zudem stellen die unabhängigen Variablen Prädiktoren auf verschiedenen Ebenen dar, die die Forschung in diesem Themenbereich um interessante Punkte ergänzt.

Das Forschungsprojekt soll eine quantitative Forschung darstellen, um somit möglichst von einer repräsentativen Stichprobe auf die Population zu generalisieren. Die tatsächliche Stichprobe beschränkt sich auf 25 Proband:innen, die sich sowohl in die Kategorien geschichtete Stichprobe als auch Gelegenheitsstichprobe einordnen lassen: Die Gruppe der Erstklässler:innen wurde als Teil der Gesamtpopulation und nur ein Bruchteil der Erstklässler:innen in Deutschland angefragt und somit nicht für alle von Anfang an die Gelegenheit bestand, an dem Projekt teilzunehmen. Besonders die letzte Kategorie deutet auf eine nicht repräsentative Stichprobe hin. Dennoch war die Verteilung von weiblichen und männlichen Teilnehmer:innen ausgeglichen mit einem Anteil an Mädchen mit 48% (Jungen: 52%). Aufgrund dessen ist eine gewisse Tendenz, die Ergebnisse auf eine bestimmte Geschlechtergruppe zurückzuführen, auszuschließen. Das Alter der Kinder beschränkt sich aufgrund der Klasseneingrenzung ebenfalls in einem ähnlichen Bereich, sodass die Ergebnisse durch keine größeren Lern- oder Entwicklungslücken beeinflusst wurden. Die derzeitige Situation in der Pandemie sollte jedoch bei Ausreißern als möglicher Grund berücksichtigt werden. Es wird angenommen, dass die Aufgabenstellung verständlich aufgenommen und die Instruktion mit elterlicher Hilfe begleitet wurde, da alle Proband:innen deutsch

sprechen und bei über der Hälfte (68%) der Kinder Deutsch auch die Sprache ist, die zu Hause überwiegend gesprochen wird.

Die Umsetzung der einzelnen Tests wurde aufgrund der Corona-Pandemie nach bestem Wissen und Gewissen digitalisiert, um Objektivität, Reliabilität und Validität zu gewährleisten. Dennoch war die tatsächliche Kontrolle dieser Kriterien nicht möglich. So konnte z. B. nur auf die korrekte Durchführung Verwiesen werden. Demnach haben die Ergebnisse auch keine bis geringe repräsentative Aussagekraft für die Projektgruppe.

Durch das Experiment ist die Projektgruppe zu folgenden Ergebnissen gelangt: Der SES alleinstehend in Bezug auf die basisnumerischen Fähigkeiten ist nicht signifikant mit einem Wert von  $p=0.157$  (SES). Dies bestätigt die Annahme der Projektgruppe, dass der SES womöglich nicht die aussagekräftigste Variable des Experiments sein würde. Der SES in Kombination mit exekutiven Funktionen ist sehr signifikant mit einem p-Wert von  $0.0098$  (SES, EF), was darauf hindeutet, dass die beiden Variablen zur Aufklärung der Varianz beitragen. Weitere Kombinationen mit SES als erste unabhängige Variable sind nicht signifikant, weshalb sie nicht weiter erläutert werden. Interessant und entgegen der Erwartungen der Projektgruppe kristallisiert sich heraus, dass SFON allein keinerlei Aussagekraft bezüglich der basisnumerischen Fähigkeiten besitzt. Lediglich in Kombination mit SES bzw. in Kombination mit den exekutiven Funktionen ergibt sich ein Signifikanzniveau von  $p= 0.024$  (SFON, SES) bzw.  $p= 0.04$  (SFON, EF). Wird bei SFON und exekutive Funktion der SES als dritte Variable hinzugefügt, steigt die Signifikanz auf  $p= 0.03$ . Jedoch sinkt die Signifikanz bei der Kombination von SFON und SES mit EF als dritte Variable auf einen p-Wert von  $0.05$ . Bestätigt wird hingegen die Annahme, dass die exekutiven Funktionen allein betrachtet einen großen Teil der Vorhersagekraft leisten ( $p= 0.0248$ , EF). Lediglich die Dreier-Kombination von EF, SFON und SES ist signifikant mit einem p-Wert von  $0.03$ . Die anderen Kombinationen sind nicht signifikant mit den exekutiven Funktionen als erste Variable.

Um grundsätzlich sagen zu können, welche Variable die höchste Wertigkeit bezüglich der basisnumerischen Fertigkeiten hat, sind folgende relativen Wertigkeiten in Prozent errechnet worden: der Anteil der Vorhersagekraft von der SFON beträgt  $16,04\%$ ,

des SES 36,42% und der exekutiven Funktion 47,54%. Dies bestätigen die o. g. Sachverhalte und die Relevanz der kognitiven Ebene.

Bezüglich der Rechenfertigkeiten lässt sich aus den Ergebnissen ableiten, dass der SES erneut nur in Kombination mit den exekutiven Funktionen ( $p= 0.00029$ , SES, EF) oder in Kombination mit SFON ( $p= 0.024$ , SES, SFON) eine Signifikanz zeigen.

Eine deutliche Signifikanz lässt sich in der Kombination SFON mit exekutiven Funktionen erkennen ( $p= 0.001015$ , SFON, EF), was darauf hindeuten lässt, dass die exekutiven Funktionen einen erheblichen Beitrag zu der Vorhersage leistet, da SFON allein in Bezug auf die Rechenfertigkeiten mit einem p-Wert von 0.15 keine Aussagekraft hat. Des Weiteren gibt SFON in Kombination mit SES und exekutiven Funktionen eine Signifikanz von  $p= 0.001142$  (SFON, SES, EF), was ebenfalls ein sehr hohes Niveau darstellt. Weitere Kombinationen mit SFON führen zu keinen relevanten Aussagen. Deutlich wird, dass die exekutiven Funktionen in Bezug auf die Rechenfertigkeiten als alleinstehende Variable sehr signifikant sind ( $p= 0.000242$ , EF).

Die Wertigkeiten der einzelnen Variablen sind wie folgt errechnet worden: der Anteil der Vorhersagekraft des SES beträgt bezüglich der Rechenfertigkeiten 4,45%, von der SFON 10,72% und von den exekutiven Funktionen 84,83%. Im Vergleich zu den basisnumerischen Fertigkeiten hebt sich die exekutive Funktionen in den Rechenfertigkeiten besonders ab.

Bei den jeweiligen Zweier-Kombinationen ist auffällig, dass die exekutiven Funktionen als zweite ergänzende Variable grundsätzlich zur Signifikanz beitragen und dadurch die Kombination entweder mit SFON ( $p= 0.001015$ , SFON, EF) oder SES ( $p= 0.00029$ , SES, EF) als vorhersehbar angesehen werden kann.

Abschließend ist festzuhalten, dass es nicht relevant ist die exekutiven Funktionen in Kombination mit den ergänzenden Variablen SFON oder SES zu betrachten, weil keine weitere Varianz mit Hilfe der anderen Variablen aufgeklärt wird.

Die zuvor angenommen Hypothesen auf die abhängigen Variablen lassen sich uneinheitliche Befunde feststellen. Die Auswertung der Ergebnisse in Bezug auf die exekutiven Funktionen bestätigen, dass „[e]ine gute Ausprägung der phonologische[n] Schleife sowie der zentralen Exekutive, des Arbeitsgedächtnis, beeinflussen

die mathematische Leistung bei Kindern positiv“. Diese Hypothese wird sowohl, in Betracht auf die Variable basisnumerischen Fähigkeiten als auch auf die Rechenfertigkeiten bestätigt.

Grundsätzlich lässt sich sagen, dass die Hypothese von SFON „Je stärker die SFON-Tendenz bei Kindern, desto besser sind die mathematischen Fähigkeiten“ von Hannula & Lehtinen (2005), Kucian et al. (2012) und Batchelor, Inglis & Gilmore (2015) aus den Ergebnissen des Experiments nicht anzunehmen ist. Entgegen der bisherigen Forschungserkenntnisse, kann das Experiment keinen Zusammenhang der mathematischen Fähigkeit in Bezug auf die Stärke der SFON-Tendenz bei Kindern darstellen. Lediglich bei den basisnumerischen Fertigkeiten kann SFON die Signifikanz des SES erzielen, mit der exekutiven Funktion jedoch nicht. Die Ergänzung von SFON im Anovamodell wirkt sich weder bei mit den Erstvariablen der exekutiven Funktion noch des SES signifikant auf die Vorhersage der Rechenfertigkeiten. Die Variable allein besitzt jedoch keine Aussagekraft.

Die Hypothese der Variable SES “Je höher der SES der Eltern ist, desto besser sind die mathematischen Kompetenzen der Kinder” kann innerhalb unserer Studie weder komplett bestätigt noch verworfen werden. Dies liegt zum einen daran, dass unsere Ergebnisse nicht generalisierbar sind und oft nur Tendenzen aufzeigen. Zum anderen differenzieren sich die Werte in Bezug auf Rechnen und Basisnumerik voneinander, sodass zwischen diesen beiden Bereichen unterschieden werden muss. Schaut man sich die Regressionswerte von der unabhängigen Variable SES und der abhängigen Variable Rechenfertigkeiten an, kann die Hypothese verworfen werden. Es sind keine signifikanten Werte oder Tendenzen festzustellen, die darauf schließen lassen, dass der SES zur Varianzaufklärung beiträgt.

Betrachtet man die Zusammenhänge zwischen Basisnumerik und SES können Abweichungen festgestellt werden. Der SES als einzelner Prädiktor erreicht hierbei ebenfalls keine signifikanten Werte, dies ändert sich jedoch bei der multiplen linearen Regression. Werden die Prädiktoren SES und EF zusammen betrachtet, werden signifikante Werte erzielt. Die Kombination aus SES und SFON erreicht zwar kein signi-

fikantes Ergebnis, gibt aber mit einem Wert von 0.051 eine klare Tendenz dazu. Darüber hinaus werden bei der hierarchischen Regression durch das Hinzufügen der Variable SES signifikante Werte als auch Tendenzen zu einer Signifikanz erzielt.

Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass der SES in Bezug auf Basisnumerik zur Varianzaufklärung beiträgt, allerdings nicht als alleiniger Prädiktor. Die Rechenfähigkeiten des Kindes können durch den SES der Eltern nicht vorhergesagt werden.

### **13 Theoriebezug**

Zu Beginn der Forschung wurde ausführliche Literaturrecherche betrieben. Dabei wurden Studienergebnisse festgehalten, auf die sich die Inhalte des Projekts stützen. Die aus der Forschung hervorgehenden Ergebnisse können mit der Theorie abgeglichen werden. Diese können entweder die Ergebnisse anderer Studien bestätigen oder aber nicht übereinstimmen.

#### **13.1 Theoriebezug – Exekutive Funktionen**

Die Studienergebnisse der Universität Göttingen von Schmied (2011) konnten wir in unserer Studie ebenfalls bestätigen. Laut unseren Ergebnissen spielt die phonologische Schleife und die zentrale Exekutive eine entscheidende Rolle bei der Er- und Verarbeitung von mathematischen Aufgaben. Wie die Studie selbst besagt, wurden dort Grundschüler:innen bis 12 Jahren getestet. Auch hierbei kann es zu uneinheitlichen Ergebnissen gekommen sein, da die Bedingungen nicht für alle Proband:innen gleich waren. Da unsere Studie unter den aktuellen Bedingungen von zu Hause aus durchgeführt werden musste. Zudem arbeiteten wir in der Studierendenforschung ausschließlich mit Erstklässler:innen. Jedoch lässt sich eine Korrelation mit der phonologischen Schleife und der zentralen Exekutive feststellen.

Eine weitere Längsschnittstudie, "Die Rolle von Sprache und Arbeitsgedächtnis für die Entwicklung mathematischen Lernen vom Vorschul- bis ins Grundschulalter" von Ritter und Bos (2020), auf die sich bezogen wurde, ergaben sich uneinheitliche Befunde. Zum einen wurde dabei festgestellt, dass die phonologische Schleife ein ausschlaggebender Faktor sei, zum anderen wurde auch der visuell-räumliche Notizblock als pregnanter Faktor aufgeführt. Durch die Ergebnisse unserer Studie können

wir die Befunde der Korrelation der phonologischen Schleife und Mathematik bestätigen. Sowohl in den basisnumerischen Fähigkeiten, als auch in den mathematischen Fähigkeiten, weisen die Variablen einen signifikanten Wert auf.

Die exekutiven Funktionen ermöglichen unseren Ergebnissen eine prägnante signifikante Struktur. Diese Variable ermöglicht eine alleinige Vorhersage von mathematischen Fähigkeiten und bestärkt oder verbessert die Werte der SFON- und SES-Korrelation. Jedoch muss festgehalten werden, dass sich die Ergebnisse bei einer umfangreichen Proband:innengröße ändern könnten. Trotz allem sind die Werte für die exekutiven Funktionen im Zusammenhang mit Mathematik eindeutig und es ist eine klare Tendenz zu beobachten: die exekutiven Funktionen sind ein entscheidender Prädiktor.

### **13.2 Theoriebezug – SFON**

In Zahlreichen Studien wurde SFON als Prädiktor eingesetzt und als guter Zeiger dargestellt, was die Studien von Hannula & Lehtinen (2005), Kucian et al. (2012) oder Batchelor et al. (2015) auch darstellen können. In keiner der Ausprägungen bezüglich der abhängigen Variablen kann SFON zur Aufklärung beitragen, womit die Hypothese nicht bestätigt werden kann. Im Bezug auf die basisnumerischen Fertigkeiten lässt sich erkennen, dass sobald SFON mit den exekutiven Funktionen zusammen auftritt eine Signifikanz zu erkennen ist. Daraus lässt sich schließen, dass SFON allein nicht aussagekräftig genug ist, erst in Kombination mit den exekutiven Funktionen an Vorhersagekraft dazu gewinnt und Varianz aufklärt. SFON und SES gewinnen nur zusammen an Signifikanz, was sich in der Studie von Melhuish, Phan, Sylva, Sammons, Siraj-Blatchford & Taggart (2008) widerspiegelt, die besagt, dass die schulische und häusliche Umwelt die numerischen Fähigkeiten bis zur Einschulung in die weiterführende Schule beeinflusst.

Zur weiteren Forschung könnte man noch näher auf die Beziehungen von SFON und dem SES eingehen, um dadurch noch an weitere Erkenntnisse zu gelangen. Dafür ist jedoch eine größere Stichprobe und ein längerer Erhebungszeitraum notwendig, um die Repräsentativität und Validität zu gewährleisten.

### **13.3 Theoriebezug – SES**

Die Studienergebnisse von Kriegbaum und Spinath (2016) und Bos, Wendt, Köller und Selter (2012) konnten in unserer Studie nicht bestätigt werden. In den Studien kam heraus, dass es einen Zusammenhang zwischen dem sozioökonomischen Status der Eltern und der mathematischen Leistungen ihrer Kinder gibt. Das bedeutet, dass Kinder aus einem Haushalt mit einem niedrigen SES durchschnittlich niedrigere mathematische Leistungen erbringen als Kinder aus Elternhäusern mit hohem SES. Dies wird auch in einem Vergleich von Viertklässler:innen aus armutsgefährdeten Elternhäusern mit Schüler:innen, die nicht von Armut gefährdet sind, bestätigt.

Den Ergebnissen zufolge gab es keine signifikanten Werte für einen Zusammenhang von dem SES und Rechenfertigkeiten oder basisnumerischen Fähigkeiten. Der SES kann lediglich zusätzlich zu der Variable SFON Aufschluss über die Vorhersage der mathematischen Leistungen geben. Der SES alleine kann nicht als Prädiktor fungieren. Bei einer größeren Stichprobe könnten die Ergebnisse eventuell bestätigt werden.

Außerdem konnte festgestellt werden, dass der SES tendenziell mehr Einfluss auf die basisnumerischen Fähigkeiten hat, als auf die Rechenfertigkeiten. Bei der Varianzaufklärung der Basisnumerik kann der SES signifikant helfen.

## **14 Limitationen**

Im folgenden Kapitel werden zunächst Grenzen und Problematiken ausgeführt, mit denen sich die Projektgruppe im Allgemeinen auseinandersetzt. Darauf folgen die Grenzen und Problematiken in den Themenfeldern der exekutiven Funktionen, der spontanen Fokussierung auf die Numerosität sowie des sozioökonomischen Status.

### **14.1 Limitationen – Allgemein**

Seit dem Sommersemester 2020 mussten die Universitäten in Deutschland, aufgrund der Corona-Pandemie, auf die digitale Lehre umsteigen. Dies bedeutet, dass auch das Projektstudium digital stattfindet. Da die Lage von Anfang an ungewiss war, wurde entschieden, das Projekt so auszurichten, dass es unabhängig von den pandemie-bedingten, sich verändernden Einschränkungen funktionieren kann. Dadurch

schränkten sich auch die Möglichkeiten im Projekt ein. Daraus resultiert, dass die Erhebungen für das Projekt nicht in Präsenzform stattfinden können, was bedeutet, dass kein persönlicher Kontakt und keine Überprüfung vor Ort stattfinden kann. Die Situation der Durchführung kann dadurch nicht gänzlich kontrolliert und optimal gestaltet werden. Außerdem können durch die Umsetzung ins Digitale einige Gütekriterien negativ beeinflusst werden, beispielsweise die Durchführungsobjektivität. Diese sagt aus, dass die Testergebnisse unabhängig von der Art der Durchführung beziehungsweise Darstellung des Tests sind. Sie ist gegeben, wenn alle relevanten Bedingungen standardisiert sind, die das Testverhalten üblicherweise beeinflussen. Zu den Bedingungen zählen unter anderem die Testsituation, Hilfestellungen und Anweisungen (Instruktion). So haben die Proband:innen, durch die digitale Erhebung zum Beispiel ungleiche Bedingungen, wie z. B. eine unterschiedliche Qualität der Endgeräte oder ungleiche Umweltbedingungen (laute versus ruhige Umgebung). Die Erziehungsberechtigten werden jedoch auf gute Arbeitsbedingungen hingewiesen und darüber informiert, dass das Kind die Aufgaben in einer ruhigen Umgebung und ohne spezifische Hinweise Dritter bearbeiten soll.

Dieses Setting bedeutet auch, dass bei Fragen, Problemen oder einem Störfaktor nicht direkt eingegriffen oder geholfen werden kann. Es werden deutliche Instruktionen gegeben, um sicherzustellen, dass diese eingehalten werden. Bei der Nichteinhaltung könnte es dazu führen, dass die Ergebnisse der Datenerhebungen manipuliert werden. Um dieses Risiko zu minimieren, wird eine Handynummer und eine E-Mail-Adresse bereitgestellt, die in einer angegebenen Uhrzeit kontaktiert werden können.

Ein weiteres Gütekriterium, welches eventuell nicht vollständig gegeben ist, ist die interne Validität. Diese sagt aus, dass die Veränderungen einer abhängigen Variable durch die unabhängige Variable begründet sind und somit eine alternative Interpretation durch Störvariablen ausgeschlossen werden kann. Zu möglichen Störvariablen gehören Versuchspersonenmerkmale, wie Müdigkeit, Alter und Stimmung. Aber auch Situationsmerkmale (Tageszeit, Beleuchtung, Lautstärke) können dazu zählen. Durch die digitale Erhebung hat man besonders auf die Situationsmerkmale keinen Einfluss. Beispielsweise kann eine Person das Experiment erst abends durchführen

und somit schon Müdigkeit aufweisen oder in einem Raum mit unzureichender Beleuchtung sitzen. Diese Störvariablen sind bei einer Durchführung in den Schulen besser einzugrenzen.

Aber auch die vorgegebenen Fristen des Projektes führten zu Herausforderungen. Krankheitsbedingt kam es leider zu Ausfällen innerhalb der Gruppe, weshalb Sitzungen entfallen sind. Zudem erfolgte eine kurzfristige Änderung des Programms, mit welchem die verschiedenen Tests erstellt werden sollten. Bedauerlicherweise klappte die Umsetzung innerhalb des Programms PsychoPy nicht so wie geplant, weshalb ein Wechsel zu Inquisit erfolgte. Dementsprechend kam es zu einer Umstrukturierung des Zeitplans, aufgrund dessen die Erhebung erst Ende Mai startete und so die Phasen der Erhebung und Auswertung verkürzt wurden.

Eine zusätzliche Herausforderung war die Rekrutierung der Proband:innen. Ursprünglich waren ca. 80 Teilnehmer:innen für die Erhebung vorgesehen, um das Experiment mit der gewünschten Teststärke durchzuführen. Jedoch konnte dieses Ziel, aufgrund mehrerer Einflussfaktoren nicht realisiert werden.

Zunächst konnten keine Kooperationspartner im Bereich der Grundschulen gewonnen werden. Die Schulen stellen eine wichtige Anlaufstelle für Forschungsprojekte dar, weil sie dort direkten Kontakt zu zahlreichen Kindern derselben Zielgruppe aufbauen können. Außerdem haben viele Erziehungsberechtigte bereits eine Vertrauensbeziehung zur Schule oder zum:zur Klassenlehrer:in, weshalb es wahrscheinlicher ist, dass sie die Studie in Betracht ziehen. Allerdings sind die Schulen aufgrund der Einschränkungen mit dem eigenen Bildungsauftrag überlastet, weshalb es zu keiner festen Kooperationen von Seiten der Lehrbeauftragten kam.

Allgemein ist es schwierig in der aktuellen Situation der Pandemie, Proband:innen zu rekrutieren, da die persönliche Präsenz nicht realisierbar ist. Die Kontakte erfolgen ausschließlich über das Internet oder telefonisch, weshalb Erziehungsberechtigte nicht vollkommenes Vertrauen in das Projekt haben könnten. Dem hinzuzufügen ist, dass Eltern grundsätzlich womöglich kein Interesse an der Studie zeigen und dadurch keine Teilnahme des Kindes stattfindet.

Eine weitere Limitation war der zeitliche Aufwand des Experiments. Ursprünglich waren zwei kürzere Erhebungen geplant, jedoch musste dies, aufgrund der zeitlichen Begrenzung des Projekts, als eine längere Erhebung zusammengefasst werden. Insgesamt dauerte ein Durchlauf des Experiments ca. 45 Minuten, wobei es ursprünglich jeweils 20 Minuten pro Erhebung gewesen wären.

Des Weiteren konnten die Schüler:innen erst seit Ende Mai/ Anfang Juni wieder regelmäßig zur Schule gehen, da die Schulen pandemie-bedingt keinen Präsenzunterricht realisieren durften. Dies kann für Kinder, welche die erste Klasse besuchen, eine große Herausforderung darstellen, weshalb sie sich erstmal an den "normalen" Schulalltag gewöhnen müssen. Daher ist es verständlich, dass Erziehungsberechtigte sich vorerst auf den Schulalltag ihres Kindes konzentrieren, bevor sie ein freiwilliges Forschungsprojekt unterstützen. Aufgrund der langen Zeit der digitalen Lehre ist es möglich, dass die Eltern verhindern möchten, dass ihr Kind noch weitere Zeit vor dem Bildschirm verbringt.

#### **14.2 Limitationen – Exekutive Funktionen**

Die aktuelle Lage bezüglich der Corona-Pandemie stellt das Projekt auch in Bezug auf die Aufgabe zu den exekutiven Funktionen in gewisser Weise vor neuen Herausforderungen.

Daher musste für das verständliche und einfache Gestalten der Testaufgaben eine Lösung gefunden werden. Dafür müssen die Aufgaben der phonologischen Schleife sowie die Aufgaben der zentralen Exekutiven erstmal programmiert werden, sodass die Kinder die Aufgaben einheitlich an einem Tablet, Smartphone oder Computer durchführen können. Hierzu müssen die Überlegungen gestellt werden, in welcher Komplexität die Aufgaben dargestellt werden können, sodass die Kinder ohne Fremdeinwirkung den Test bestmöglich absolvieren können.

#### **14.3 Limitationen – SFON**

Herausforderungen bei der Erstellung und Durchführung der Forschungsarbeiten ergaben sich zunächst bei der Auswahl einer geeigneten Aufgabe, um die SFON-Tendenzen zu messen. Alle bisherigen Studien zu SFON führten ihre Aufgaben in

Einrichtungen gemeinsam mit den Proband:innen durch. Daher muss die Aufgabe als digitales Format, verständlich und ansprechend umgestaltet werden. Dieses ist im Rahmen des Projekts jedoch nur auf handlungsbasierte Aufgaben anzuwenden, wodurch auf die verbale Komponente (z. B. sprachliche Äußerungen, Gedanken oder Fragen) der SFON-Aufgaben verzichtet werden muss. Aus diesem Grund wurde sich für eine umsetzbare Imitations-Aufgabe entschieden, welche nicht nur, wie beispielsweise die Bild-Aufgabe, auf Sprache angewiesen ist. Diese Thematik schränkt ebenfalls bei der Bewertung der Aufgaben ein, weil keine Punkte für verbale Fokussierungen auf Anzahligkeiten beurteilt werden können.

Die Erhebung wird online, ohne persönlichen Kontakt stattfinden, sodass die Durchführungssituation nicht kontrolliert und optimal gestaltet werden kann. Auf gute Arbeitsbedingungen für die Aufgaben wird hingewiesen.

#### **14.4 Limitationen – SES**

Die Auswertung der SES-Daten erwies sich ebenfalls komplexer als gedacht, weswegen diese manuell erforderlich war. Das liegt zum einen daran, dass das Einkommen teilweise geschätzt werden musste, wenn die Frage zum Haushaltseinkommen nicht beantwortet werden wollte. Dies kann in manchen Fällen eventuell zu ungenau sein und eine Fehleinschätzung begünstigen. Eine unzutreffende Einschätzung kann dann zu einem falschen Punktwert führen und letztendlich sogar eine inkorrekte finale Zuordnung zum sozioökonomischen Status bedeuten.

Zum anderen benötigte man für die Zuordnung eines Punktescores in Bezug auf das Netto-Äquivalenzeinkommen eine Bedarfsgewichtung (Division durch die Summe der Bedarfsgewichte der Haushaltsmitglieder), die nicht automatisiert durchgeführt werden konnte, beziehungsweise eine Programmierung sehr aufwendig und zeitintensiv gewesen wäre.

Des Weiteren ist für die Entwicklung der mathematischen Fähigkeiten nicht nur der SES der Erziehungsberechtigten von Bedeutung, sondern beispielsweise auch der SES des Kindergartens, welcher in der Erhebung, aufgrund der zur Verfügung stehenden Ressourcen, nicht berücksichtigt werden kann.

## **14.5 Limitationen – Mathe**

Auftretende Matheangst bei den Proband:innen kann ein Problem für die Durchführung des Tests darstellen und somit das Ergebnis verfälschen. Durch verschiedene Methoden, wie beispielsweise Probedurchläufe kann versucht werden, die Angst zu minimieren. Das Aufkommen der Angst kann jedoch nicht komplett ausgeschlossen werden.

Eine weitere Hürde stellt das eigenständige Erstellen der Tests und die fehlenden Erfahrungen dar. Wie bereits erwähnt, kann man die entsprechenden Bereiche aus dem CODY-M 2-4 und des DIRG nicht einfach so übernehmen und somit müssen eigene Aufgabenverfahren entwickelt werden. Dadurch sind auch die Normwerte auf die Erhebung nicht mehr übertragbar.

## **15 Ausblick**

Im folgenden Kapitel werden zunächst die Ausblicke zu den einzelnen Prädiktoren beschrieben. Im Anschluss erfolgt ein allgemeiner Ausblick sowie eine Reflexion zum bisherigen Arbeitsstand.

### **15.1 Ausblick – Exekutive Funktionen**

Die exekutiven Funktionen lassen sich in unterschiedliche Aufgaben differenzieren. Hierbei werden durch die Rückwärtsstellenspanne und der Vorwärtsstellenspanne die Komponenten der phonologischen Schleife und der zentralen Exekutive erfasst. Darüber hinaus ermöglicht die Festlegung der Fertigkeiten in diesem Alter eine vielleicht entstandene Entwicklungslücke. Außerdem kann durch die Erhebung festgestellt werden, inwiefern die phonologische Schleife, sowie die zentrale Exekutive bei jüngeren Grundschüler:innen ausgeprägt ist. Zudem kann dabei ermittelt werden, auf welchem Entwicklungsstand sich die Grundschüler:innen befinden. Dadurch kann es ermöglicht werden, auf vorhanden Schwächen, in dem Bereich Mathematik und des Arbeitsgedächtnis, präventiv entgegenzuwirken. Die in unserer Studie ermittelten Ergebnisse stützen die oben genannten Aussagen positiv. Die Ergebnisse aus jüngeren Studien und auch die Ergebnisse von unserer jetzigen Studie bestätigten die Korrelation von exekutiven Funktionen und mathematischen Fähigkeiten bei Grundschüler:innen.

## 15.2 Ausblick – SFON

Die spontane Fokussierung auf Numerosität lässt sich durch unterschiedliche Aufgaben messen. Verbal, visuell und/oder handlungsorientierte Aufgaben geben den Kindern viele Möglichkeiten, ihre Fokussierung zu offenbaren und dadurch den Forschenden an Erkenntnisse zu gelangen (Savelkouls et al., 2020). Somit können auch die Messungen, je nach Stärke der Kinder, unterschiedlich ausfallen. Um also sichere und breit aufgestellte Ergebnisse zu erhalten, ist es sinnvoll Aufgaben mit verschiedenen Anforderungen durchzuführen.

Zukünftig könnte man durch frühere Messzeitpunkte in der Entwicklung des Kindes noch mehr über die frühen Unterschiede in der Wahrnehmung und Aufmerksamkeit zu späteren mathematischen Fähigkeiten identifizieren (Hannula-Sormunen et al., 2007). Damit würde sich die Studie auf eine jüngere Gruppe von Kindern beziehen und somit neue Erkenntnisse offenlegen. Interessant wäre dort, inwiefern sich die Vorhersage auf mathematische Kompetenzen verändert, wenn es Veränderungen festzustellen gibt.

## 15.3 Ausblick – SES

Der SES der Eltern kann sowohl als direkter, als auch indirekter Faktor im Hinblick auf die mathematischen Leistungen agieren. Er hat Einfluss auf viele verschiedene Lebensaspekte des Kindes. So kann die Kindergartenqualität durch den SES beeinflusst werden, welche wiederum Einfluss auf die mathematische Entwicklung hat (Kriegbaum & Spinath, 2016). Interessant wäre es nun, zu erforschen, auf welche Lebensbereiche, die die mathematische Entwicklung beeinflussen können, der SES Einfluss hat. Außerdem kann auch der SES aus anderen Bereichen betrachtet werden, beispielsweise der SES der Grundschule, die das Kind besucht. Auch dies könnte einen Einfluss auf die mathematischen Leistungen haben. An diesen Bereichen kann man dann im Weiteren ansetzen, um den Schwierigkeiten beim Rechnen entgegenzuwirken und Missstände auszugleichen.

Außerdem kann es eine Rolle spielen, wie lange das Kind den Kindergarten besucht hat. Nach Bronfenbrenner (1981) schneiden Grundschüler:innen in verschiedensten

Tests bezüglich sprachlichen, sozialen oder kognitiven Kompetenzen besser ab, je länger sie den Kindergarten besucht haben. Dabei sind diese Effekte in der Regel ab einer Kindergartenzeit von zwei Jahren zu beobachten, bei Kindern aus Familien mit niedrigem SES oder nicht-deutscher Muttersprache liegt die Zeit bei mindestens drei Jahren (Becker & Biedinger, 2006; Mengerling, 2005).

Durch weitere Forschung könnte zum einen die Stichprobe erweitert und somit mehr Daten aggregiert werden. Diese könnte die festgestellten Tendenzen bestätigen oder verwerfen. Außerdem könnten weiteren SES-Daten des sozialen Umfelds des Kindes, z. B. der Großeltern oder der Schulen, erhoben werden, welche über die bisher erhobenen Daten hinaus weitere Aufschlüsse für die Vorhersage bringen könnten. Diese können entweder zusätzlich zu den SES-Daten der Eltern betrachtet werden oder als einzelne Variable untersucht werden. Dabei könnte verglichen werden, ob der SES der Eltern oder der SES der Großeltern oder Schulen mehr Einfluss auf die mathematischen Kompetenzen hat.

#### **15.4 Ausblick – Allgemein**

In der zweiten Hälfte des Projektstudiums gab es zahlreiche neue Aufgaben und Anforderungen. Zunächst stand die Programmierung der Aufgaben an. Nach der Einführung in das Programm Inquisit wurde damit begonnen, die Testung zu programmieren. Eine weitere Aufgabe bestand in der Datenerhebung ab Juni 2021. Die Datenerhebung erfolgte computergestützt und nach den Datenschutzrichtlinien. Die Datenerhebung wurde Anfang Juli abgeschlossen. Daraufhin stand die finale Auswertung der Daten an. Dem folgte die Ergebnissicherung, die P2-Prüfung sowie der finale Bericht hierzu.

Rückblickend auf die bisherige Projektarbeit lässt sich sagen, dass die Projektgruppe vor einige Herausforderungen gestellt wurde. Mit Hinblick auf den zeitlichen Aspekt wurde deutlich, dass das Projekt mit dem kurzzeitigen Ausfall der leitenden Person schnell zu zeitlichen Verzögerungen in der Planung gekommen ist. Sei es die Abgabe des Antrags für die Ethikkommission oder der Start der Programmierung der Aufgaben. Während der Programmierung ist aufgefallen, dass das zuvor angedachte Programm "PsychoPy" nicht länger für das Projekt geeignet war. Aufgrund dessen wurde

zu dem Programm "Inquisit" gewechselt. Ein weiterer Punkt war, dass nicht jede Aufgabe so umgesetzt werden konnte, wie zuvor gedacht. Außerdem stand gleich zu Beginn der Projektarbeit noch offen, ob die Gruppe all ihre Mitglieder behalten wird. Im Verlauf ist die Gruppe auf sieben Mitglieder geschrumpft, was ebenfalls eine große Herausforderung in der Bewältigung aller Aufgaben mit sich zog. Aufgrund der Corona-Pandemie stellt sich die Rekrutierung der Kinder als äußerst schwierige Aufgabe dar, da es nicht, wie geplant, direkt über die Schulen laufen kann und gerade die Erziehungsberechtigten und Lehrenden aufgrund dessen aktuell vor eigenen Herausforderungen stehen. Abgesehen davon lässt sich sagen, dass die Gruppe eine gute Zusammenarbeit gefunden hat und durch die unterschiedlichen Prädiktoren sich Schwerpunkt-Gruppen gebildet haben. Trotz der Schwierigkeiten durch die Corona-Pandemie, hat die Umsetzung der Pläne und Gedanken dennoch funktioniert. Parallel zu den Projektarbeiten wurden die E-Learning-Aufgaben gemeinsam erledigt und die projektbegleitenden Toolboxen und Projektaustausch-Veranstaltungen haben offene gebliebene Fragen beantwortet. Wöchentlich stand das Tutorium ebenfalls für weitere Inhalte und Problemlösungen zur Verfügung. Zudem stand die Tutorin der Gruppe Andrea Ilina-Georgescu stets unterstützend zur Seite.

## 16 Literatur

- Anthony, G. & Walshaw, M. (2009). Mathematics Education in the Early Years: Building Bridges. *Contemporary Issues in Early Childhood*, 10 (2). Online verfügbar unter [https://www.researchgate.net/publication/250150783\\_Mathematics\\_Education\\_in\\_the\\_Early\\_Years\\_Building\\_Bridges](https://www.researchgate.net/publication/250150783_Mathematics_Education_in_the_Early_Years_Building_Bridges)
- Autorengruppe Bildungsberichterstattung (2006). Bildung in Deutschland 2006: Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zu Bildung und Migration. Online verfügbar unter <http://www.bildungsbericht.de/daten/gesamtbericht.pdf>
- Bartelet, D., Vaessen, A., Blomert, L. & Ansari, D. (2014). What basic number processing measures in kindergarten explain unique variability in first-grade arithmetic proficiency? *Journal of Experimental Child Psychology*, 117, 12-28.
- Batchelor, S., Inglis, M. & Gilmore, C. (2015). Spontaneous focusing on numerosity and the arithmetic advantage. *Learning and Instruction*, 40, 79-88. Elsevier. Online verfügbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959475215300293>
- Baumert, J. & Maaz, K. (2006). Das theoretische und methodische Konzept von PISA zur Erfassung sozialer und kultureller Ressourcen der Herkunftsfamilie. Internationale und nationale Rahmenkonzeption. In J. Baumert, P. Stanat & R. Watermann (Hrsg.), *Herkunftsbedingte Disparitäten im Bildungswesen: Differenzielle Bildungsprozesse und Probleme der Verteilungsgerechtigkeit*. Vertiefende Analysen im Rahmen von PISA 2000 (S. 11–29). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Becker, B. & Biedinger, N. (2006). Ethnische Bildungsungleichheit zu Schulbeginn. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 58: 660–684.
- Ben-Shachar, M. S. & Berger, A. (2018). An Introduction to Attention and Its Implication for Numerical Cognition. In A. Henik & W. Fias (Eds.), *Heterogeneity of Function in Numerical Cognition*, S. 93-110. New York: Academic Press.
- Bos, W., Bonsen, M., Baumert, J., Prenzel, M., Selter, C. & Walther, G. (2008). TIMSS 2007: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich. Münster: Waxmann.

- Bos, W., Lankes, E.-M., Prenzel, M., Schwippert, K. & Walther, G. (2004). IGLU: Einige Länder der Bundesrepublik Deutschland im nationalen und internationalen Vergleich. Münster: Waxmann.
- Bos, W., Wendt, H., Köller, O. & Selter, C. (2012). TIMSS 2011. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich. Waxmann: Münster.
- Bronfenbrenner, U. (1981). Die Oekologie der menschlichen Entwicklung. Natuerliche und geplante Experimente. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) (2008). Lebenslagen in Deutschland. Der 3. Armuts- und Reichtumsbericht der Bundesregierung. BMAS, Berlin.
- ChemgaPedia (n. D.). Quintil. Abgerufen am 15.03.2021. Online verfügbar unter <http://www.chemgapedia.de/vsengine/glossary/de/quintil.glos.html>
- De Smedt, B., Noël, M.-P., Gilmore, C. & Ansari, D. (2013). How do symbolic and nonsymbolic numerical magnitude processing relate to individual differences in children's mathematical skills? A review of evidence from brain and behavior. *Trends in Neuroscience and Education*, 2 (2), 48-55.
- Del Rio, F. M., Strasser, K., Cvenkek, D., Susperreguy, M. I. & Meltzoff, A. N. (2019). Chilean Kindergarten Children's Beliefs about Mathematics: Family Matters. *Developmental Psychology*, 55 (4), 687-702.
- Ditton, H. & Maaz, K. (2011). Sozioökonomischer Status und soziale Ungleichheit. In *Empirische Bildungsforschung*. S. 193 - 208.
- Döring, N., & Bortz, J. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften (5. Aufl.). Berlin ; Heidelberg: Springer. Online verfügbar unter <http://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5>
- Dumke, D. & Pankus, G. (1979). Der Schulerfolg vorzeitig aufgenommenener Grundschüler. *Unterrichtswissenschaft*, 16, 174-181.
- Ehmke, T. & Jude, N. (2010). Soziale Herkunft und Kompetenzerwerb. In Klieme, E. et al. PISA 2009. Bilanz nach einem Jahrzehnt. Münster: Waxmann. S. 231-254.
- Erikson, R. & Goldthorpe, J. H. (2002). Intergenerational inequality: A sociological perspective. *Journal of Economic Perspectives*, 16 (3), 31–44.

- Erikson, R., Goldthorpe, J. H. & Portocarero, L. (1979). Intergenerational class mobility in three Western European societies: England, France and Sweden. *British Journal of Sociology*, 30, 341–415.
- Ganzeboom, H. B. G., de Graaf, P. M. & Treiman, D. J. (1992). A standard international socioeconomic index of occupational status. *Social Science Research*, 21 (1), 1–56.
- Gunderson, E. A., & Levine, S. C. (2011). Some types of parent number talk count more than others: relations between parents' input and children's cardinal-number knowledge. *Developmental science*, 14 (5), 1021-1032. Online verfügbar unter <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3177161/>
- Hannula, M. M. & Lehtinen, E. (2005). Spontaneous Focusing on Numerosity in the Development of Early Mathematical Skills. University of Turku. Online verfügbar unter (PDF) Spontaneous Focusing on Numerosity in the Development of Early Mathematical Skills (researchgate.net)
- Hannula, M. M., Mattinen, A. & Lehtinen, E. (2005). Does social interaction influence 3-year-old children's tendency to focus on numerosity? A quasi-experimental study in day care. In L. Verschaffel, E. De Corte, G. Kanselaar & M. Valcke. In *Powerful environments for promoting deep conceptual and strategic learning*, S. 63-80. Leuven: Leuven University Press.
- Hannula-Sormunen, M. M. (2015). Spontaneous focusing on numerosity and its relation to counting and arithmetic. R. Cohen-Kadosh & A. Dowker (Eds.), *The Oxford handbook of numerical cognition*, 275-290. Oxford University Press. Online verfügbar unter (PDF) Spontaneous Focusing On Numerosity and its Relation to Counting and Arithmetic (researchgate.net)
- Hannula-Sormunen, M. M., Lehtinen, E. & Räsänen, P. (2007). Development of Counting Skills: Role of Spontaneous Focusing on Numerosity and Subitizing-Based Enumeration. *Mathematical Thinking and Learning*, 9 (1), 51–57. ResearchGate. Online verfügbar unter [https://www.researchgate.net/publication/250890071\\_Development\\_of\\_Counting\\_Skills\\_Role\\_of\\_Spontaneous\\_Focusing\\_on\\_Numerosity\\_and\\_Subitizing-Based\\_Enumeration](https://www.researchgate.net/publication/250890071_Development_of_Counting_Skills_Role_of_Spontaneous_Focusing_on_Numerosity_and_Subitizing-Based_Enumeration)
- Haselünne, E. (2004). Computergestützte Prävention und Frühförderung bei Rechenschwäche. Online verfügbar unter <https://d-nb.info/973331992/34>

- Hogrefe Testzentrale (n. D.). Cody-M 2-4. Abgerufen am 05.03.2021. Online verfügbar unter <https://www.testzentrale.de/shop/cody-mathetest-fuer-grundschul-kinder-2-4-klasse.html>
- Holling, H. & Vock, M. (2007). The measurement of visuo-spatial and verbal-numerical working memory: Development of IRT-based scales.
- Hopf, C. (2015). Schriften zur Methodologie und Methoden qualitativer Sozialforschung. In Hopf, W. & Kuckartz, U. (Hrsg.), *Schriften zu Methodologie und Methoden qualitativer Sozialforschung*. Springer VS.
- Konnertz, U. & Mühleisen, S. (2016). Bildung und Schlüsselqualifikationen: Zur Rolle der Schlüsselqualifikationen an den Universitäten. *Zivilisationen und Geschichte / Civilizations and History / Civilisations et Histoire*, 39. Peter Lang GmbH, Internationaler Verlag der Wissenschaften.
- Krajewski, K. & Ennemoser, M. (2013). Entwicklung und Diagnostik der Zahl-Größen-Verknüpfung zwischen 3 und 8 Jahren. In Hasselhorn, M., Heinze, A., Schneider, W. & Trautwein, U. (Hrsg.), *Diagnostik mathematischer Kompetenzen*. Hogrefe Verlag: Göttingen.
- Krajewski, K. & Schneider, W. (2009). Early development of quantity to number-word linkage as a precursor of mathematical school achievement and mathematical difficulties: Findings from a four-year longitudinal study. *Learning and Instruction*, 19 (6), 513-526. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.10.002>
- Kriegbaum, K. & Spinath, B. (2016). Explaining Social Disparities in Mathematical Achievement: The Role of Motivation. *European Journal of Personality*, 30 (1), 45-63.
- Kucian, K., Kohn, J., Hannula-Sormunen, M. M., Richtmann, V., Grond, U., Käser, T., Esser, G., von Ater, M. (2012). Kinder mit Dyskalkulie fokussieren spontan weniger auf Anzahligkeit. *Lernen und Lernstörungen*, 1 (4), 241-253. University of Zurich.
- Kuhn, J.-T., Schwenk, C., Raddatz, J., Dobel C., & Hollig, H. (2017). CODY-M 2-4. CODY-Mathetest für die 2.- 4. Klasse. Kaasa health.
- Kukolja, J. & Voss, B. (2013). Altersabhängige Effekte. In F. Schneider, G. R. Fink (Hrsg.), *Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie*. Springer: Heidelberg.

- Lampert, T., Kroll, L.E., Müters, S. & Stolzenberg H. (2013). Messung des sozioökonomischen Status in der Studie „Gesundheit in Deutschland aktuell“ (GEDA). *Bundesgesundheitsblatt*, 56, 131–143. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Landerl, K. & Kaufmann, L. (2008). *Dyskalkulie. Modelle, Diagnostik, Intervention*. München: Ernst Reinhardt UTB.
- Landerl, K. & Kaufmann, L. (2013). *Dyskalkulie: Modelle, Diagnose, Therapie und Förderung*. 2. aktualisierte Auflage. München: Ernst Reinhardt UTB.
- Lehrl, S., Kuger, S. & Anders, Y. (2014). Soziale Disparitäten beim Zugang zu Kindergartenqualität und differenzielle Konsequenzen für die vorschulische mathematische Entwicklung. Fachportal Pädagogik.
- Lonnemann, J., Linkersdörfer, J. & Lindberg, S. (2013). Approximative Mengenrepräsentationen als Grundlage arithmetischer Fertigkeiten. In Hasselhorn, M., Heinze, A., Schneider, W. & Trautwein, U. (Hrsg.), *Diagnostik mathematischer Kompetenzen*. Hogrefe Verlag: Göttingen.
- Lorig, B., Schreiber, D., Brings, C., Padur, T., Walther, N. (2011). Konzept zur Gestaltung kompetenzbasierter Ausbildungsordnungen. *Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 20, 1-18. Online: [http://www.bwpat.de/ausgabe20/lorig\\_et\\_al\\_bwpat20.pdf](http://www.bwpat.de/ausgabe20/lorig_et_al_bwpat20.pdf)
- Mann, T., Pferdekämper, A. & York, J. (2020). *Handbuch Projektstudium. Kompetenzorientiertes und selbstständiges Lernen im BA Rehabilitationspädagogik* (6. Aufl.). Dortmund.
- Meister Cody (n. D.). Meister Cody - Testcenter. Abgerufen am 06.03.2021. Online verfügbar unter <https://meistercody.zendesk.com/hc/de/articles/360000013200-Was-ist-der-CODY-M-2-4->
- Melhuish, E. C., Phan, M. B., Sylva, K., Sammons, P., Siraj-Blatchford, I. & Taggart, B. (2008). Effects of the home learning environment and preschool center experience upon literacy and numeracy development in early primary school. *Journal of Social Issues*, 64 (1), 95-114. Online verfügbar unter <https://spssi.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1540-4560.2008.00550.x>

- Mengering, F. (2005). Bärenstark: Empirische Ergebnisse der Berliner Sprachstandserhebung an Kindern im Vorschulalter. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 1 (2), 241–262.
- Müller, Ekkehard A. (1992). Fragestellungen praktischer Schulpsychologie bei intellektueller Hochbegabung. *Psychologie und Unterricht*, 39, 49-56.
- Müller, K. & Ehmke, T. (2013). Soziale Herkunft als Bedingung der Kompetenzentwicklung. In M. Prenzel, C. Sälzer, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), PISA 2012. Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland (S. 245-275). Münster: Waxmann.
- NDR Media (2021). Medialexikon: Soziodemographische Merkmale. Aufgerufen am 15.03.2021. Online verfügbar unter <https://www.ndrmedia.de/medialexikon/soziodemographische-merkmale/>
- Nurrit, V., Ritterfeld, U., Bos, W. (2020). Die Rolle von Sprache und Arbeitsgedächtnis für die Entwicklung mathematischen lernens vom Vorschul- bis ins Grundschulalter. Dortmund: Institut für Schulentwicklungsforschung.
- OECD (2007). PISA 2006 technical report. Paris: OECD.
- Paetsch, P., 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.
- Park, D. C., Reuter-Lorenz, P. (2009) The Adaptive Brain: Aging and Neurocognitive Scaffolding. *Annual Revue of Psychology*, 60, 173–196.
- Prenzel, M., Geiser, H., Langeheine, R. & Lobemeier, K. (2003). Das naturwissenschaftliche Verständnis am Ende der Grundschule. In W. Bos, E.-M. Lankes, M. Prenzel, K. Schwippert, G. Walther & R. Valtin (Hrsg.), *Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (S. 143–187). Münster: Waxmann.
- Quante, S., Evers, W. F., Otto, M., Hille, K. & Walk, L. M. (2016). EMIL – Ein Kindergarten-Konzept zur Stärkung der Selbstregulation durch Förderung der exekutiven Funktionen. *Journal of Childhood and Adolescence Research*, 4, 417-433.

- Rathé, S., Torbeyns, J., De Smedt, B., Hannula-Sormunen, M. M., Verschaffel, L. (2017). Verbal and action-based measures of kindergartners' SFON and their associations with number-related utterances during picture book reading. *British Journal of Education Psychology*, 88 (4), 550-565.
- Riphahn, R. T. & Serfling, O. (2005). Item non-response on income and wealth questions. *Empirical Economics*, 30 (2), 521–538.
- Robert Koch-Institut (RKI). (2011) Daten und Fakten: Ergebnisse der Studie Gesundheit in Deutschland aktuell 2009. Berlin: RKI.
- Rosselli, M., Ardila, A., Matute, E. & Inozemtseva, O. (2009). Gender Differences and Cognitive Correlates of Mathematical Skills in School-Aged Children. *Child Neuropsychology*, 15 (3), 216-231.
- Savelkoul, S., Hurst, M. A. & Cordes, S. (2020). Preschoolers' Number Knowledge Relates to Spontaneous Focusing on Number for Small, but Not Large, Sets. American Psychological Association. *Developmental Psychology*, 56 (10), 1879-1893. Online verfügbar unter [https://www.researchgate.net/publication/343645962\\_Preschoolers%27\\_number\\_knowledge\\_relates\\_to\\_spontaneous\\_focusing\\_on\\_number\\_for\\_small\\_but\\_not\\_large\\_sets](https://www.researchgate.net/publication/343645962_Preschoolers%27_number_knowledge_relates_to_spontaneous_focusing_on_number_for_small_but_not_large_sets)
- Schmied, I. (2011). Arbeitsgedächtnis und Schulleistungen in Mathematik und Schriftsprache bei älteren Grundschulern.
- Stanat, P. & Bergmann, S. (2009). Geschlechtsbezogene Disparitäten in der Bildung. In R. Tippelt & B. Schmidt (Hrsg.), *Handbuch Bildungsforschung* (S. 513–528). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Tröster, H. (2018). Leitfaden zur Abfassung von Prüfungsarbeiten im Fach Rehabilitationspsychologie / Psychologische Diagnostik. Dortmund: TU Dortmund.
- Turner, G. R., Spreng, R. N. (2012). Executive functions and neurocognitive aging: dissociable patterns of brain activity. *Neurobiological Aging*, 33 (82), 1-13.
- von Aster, M. G. (2005). Wie kommen Zahlen in den Kopf? Ein neurowissenschaftliches Modell der Entwicklung zahlenverarbeitender Hirnfunktionen. In M. G. von Aster, & J. H. Lorenz (Hrsg.). *Rechenstörungen bei Kindern. Neurowissenschaft. Psychologie, Pädagogik* (S. 13–33). Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

- von Waaden, S. (2017). Mathematiklernen von Risikokindern in der Jahrgangsmischung. Auswirkung von Handlungs- und Lageorientierung auf die Leistungsentwicklung. Springer: Wiesbaden.
- Wagner GG., Frick JR., Schupp J. (2007). The German Socio-Economic Panel Study (SOEP) – scope, evolution and enhancements. *Schmollers Jahrbuch* 127, 139–169.
- Walther, G., Geiser, H., Langeheine, R. & Lobemeier, K. (2003). Mathematische Kompetenzen am Ende der vierten Jahrgangsstufe. In W. Bos, E.-M. Lankes, M. Prenzel, K. Schwippert, G. Walther & R. Valtin (Hrsg.), *Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (S. 189– 226). Münster: Waxmann.
- Winkler J., Stolzenberg, H. (1999). Der Sozialschichtindex im Bundes-Gesundheits-survey. *Gesundheitswesen*, 61 (2), 178–183.
- Wollschläger, D. (2017). Grundlagen der Datenanalyse mit R: Eine anwendungsorientierte Einführung (4., überarbeitete und erweiterte Auflage.). Berlin: Springer Spektrum.

## 17 Abbildungsverzeichnis

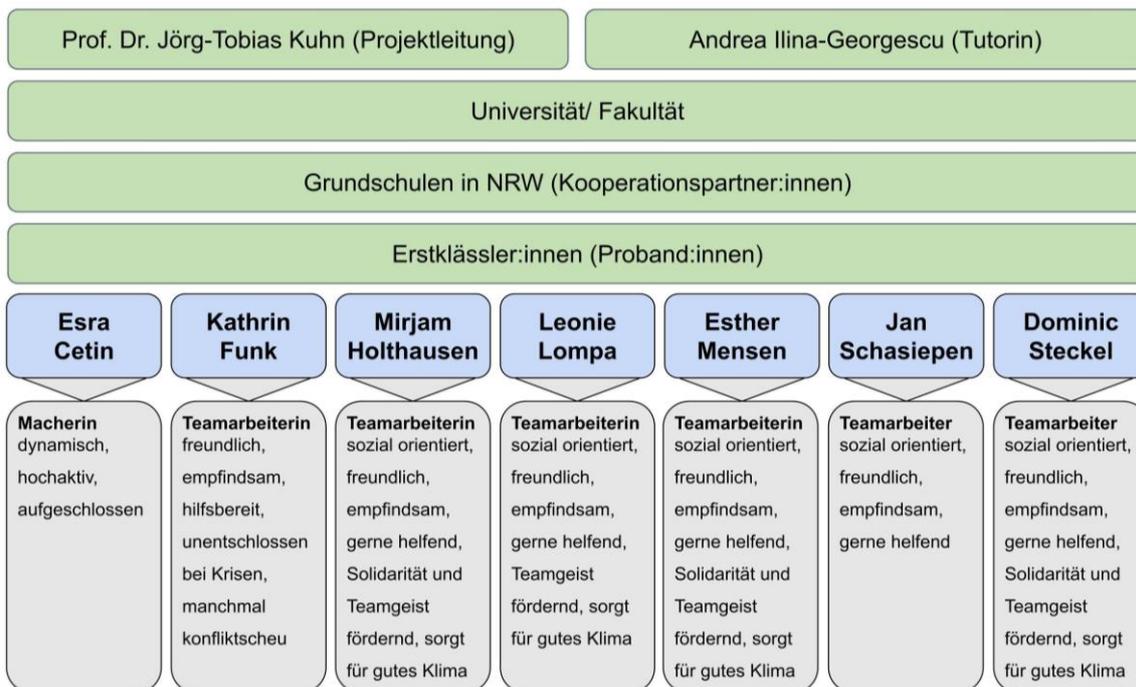
Abbildung 1: Laden der Pakete (Screenshot aus RStudio) .....	57
Abbildung 2: Regressionsmodelle: Rechnen (calc) (Screenshot aus RStudio) .....	58
Abbildung 3: Hierarchische Regression: Modellvergleiche (Screenshot aus RStudio) .....	59
Abbildung 4: Plot basisnumerischer Fähigkeiten .....	61
Abbildung 5: Plot Rechenfertigkeiten .....	63

## 18 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ergebnisdarstellung der basisnumerischen Fähigkeiten .....	59
Tabelle 2: Ergebnisdarstellung der Rechenfertigkeiten .....	61

## 19 Anhang

### Anhang A. Projektorganigramm



### Anhang B. Werbeflyer

## Experimentierfreudige Erstklässler\*innen gesucht

### Wie werden mathematische Kompetenzen von Erstklässler\*innen beeinflusst?

#### Voraussetzungen:

- ★ Kinder in der **ersten Klasse**
- ★ Zugang zu einem **Tablet oder PC**



#### Was kommt auf Sie zu?

- ★ Online-Experiment, welches Sie bequem von zu Hause durchführen können
- ★ Dauer: max. 45 Minuten

**Für die Teilnahme erhalten Sie einen 7€-Thalia-Gutschein!**

#### Sie möchten teilnehmen oder mehr Infos erhalten?

Dann melden Sie sich unverbindlich telefonisch oder per E-Mail bei uns. Wir freuen uns auf Sie!

**Kontakt:** Projektgruppe "Aufmerksamkeitsprozesse in der Zahlverarbeitung" unter der Leitung von Prof. Dr. Jörg-Tobias Kuhn

@ apidzv.meb.fk13@tu-dortmund.de

+491732662478 (Frau Esra Cetin)

## Anhang C. Wissenschaftliches Poster

## Aufmerksamkeitsprozesse in der Zahlverarbeitung

## 1. THEORIE

- **Exekutive Funktionen (EF):** Bezieht sich auf **kognitive Fähigkeiten** des menschlichen Denkens und Handelns. Zu testen wir die zentrale Exekutive sowie die phonologische Schleife (Unterkategorie des Arbeitsgedächtnis) sein.
- Die **spontane Fokussierung auf Numerosität** (kurz **SFON** von engl.: Spontaneous Focusing on Numerosity) ist ein Aufmerksamkeitsprozess, welcher sich spontan auf numerische Aspekte in der Umgebung fokussiert. Dieser ist bei Menschen individuell schwächer oder stärker ausgeprägt (Batchelor, Inglis & Gilmore, 2015).
- **Sozioökonomischer Status (SES):** Einordnung in die gesellschaftliche Hierarchie anhand der Wertschätzung gesellschaftlich relevanter Merkmale (z. B. Einkommen, Besitz, Macht)
- Die **mathematischen Kompetenzen** werden zum einen als basisnumerische Kompetenzen und zum anderen als Rechenfertigkeiten erfasst.

## 2. FORSCHUNGSFRAGE UND HYPOTHESEN

**Forschungsfrage:** Wie beeinflussen SFON-Tendenzen und exekutive Funktionen die mathematischen Leistungen bei Erstklässler:innen? Welche Rolle spielt der sozioökonomische Status als Prädiktor dabei?

**Hypothesen:**

1. Je stärker die SFON-Tendenz bei Kindern, desto besser sind die mathematischen Fähigkeiten (Hannula & Lehtinen, 2005; Kucian et al., 2012; Batchelor, Inglis & Gilmore, 2015).
2. Je höher der SES der Eltern ist, desto besser sind die mathematischen Kompetenzen der Kinder (Kriegbaum & Spinath, 2016; del Río et al., 2019; Bos, Wendt, Köller & Selter, 2012).
3. Eine gute Ausprägung der phonologischen Schleife sowie der zentralen Exekutive, des Arbeitsgedächtnis, beeinflussen die mathematische Leistung bei Kindern positiv (Schmied, 2011).

## 3. ERHEBUNG

Rekrutiert wurden 25 Erstklässler:innen aus ganz Deutschland (Ziel: n = 77)

- **Exekutive Funktion:** Die Tests sind so angelegt, dass die phonologische Schleife und die zentrale Exekutive des Arbeitsgedächtnisses erhoben werden. Dafür werden Aufgaben der Vorwärtsstellenspanne und Rückwärtsstellenspanne genutzt.
- **SFON:** Getestet wird die Ausprägung anhand der 'Posting-Task', abgeleitet von Hannula und Lehtinen (2005). Dabei beobachtet das Kind, wie eine gewisse Anzahl an blauen und gelben Briefumschlägen in einen Postkasten eingeworfen werden, indem sie aufleuchten. Daran anschließend hat es die Aufgabe, diese Handlung zu imitieren.
- **SES:** Der SES wird mithilfe eines Fragebogens erfasst, indem die schulische und berufliche Qualifikation, der Berufsstatus des Haushaltsvorstandes und das Netto-Äquivalenzeinkommen erfragt wird.
- **Mathe:** Die basisnumerischen Kompetenzen werden durch eine Abzähl-Aufgabe und durch einen symbolischen Mengenvergleich erhoben, die Rechenfertigkeiten mit einem Speedtest im Zahlenbereich bis 20 (Addition und Subtraktion).



Posting-Task

Symbolischer Mengenvergleich  
"Welche Zahl ist größer?"

## 4. AUSWERTUNG

Stichprobenbeschreibung (Geschlecht: 52% männlich und 48% weiblich, Altersdurchschnitt: 6,9 Jahre, Sprache: mind. Deutsch)

Auswertung erfolgt in RStudio: Korrelationen, Regressionsanalyse, hierarchische Regressionen, Residuen, relative Importance

**Basisnumerik**

Die exekutiven Funktionen können die basisnumerischen Fähigkeiten vorhersagen und somit zur Aufklärung der Varianz beitragen (EF  $p=0.0248$ ).

Wird der SES zusätzlich ins Anova-Modell von SFON aufgenommen, so trägt dieser signifikant zur Varianzaufklärung bei (SFON-SES:  $p=0.024$ ).

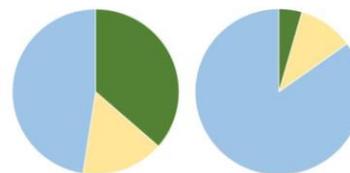
**Rechenfertigkeiten**

Die exekutiven Funktionen können die Rechenfertigkeiten vorhersagen und somit zur Aufklärung der Varianz beitragen (EF  $p=0.000242$ ).

Die beiden Variablen SES und SFON haben in diesem Anova-Modell keinen Einfluss auf die Rechenfertigkeiten.

**Relative Wichtigkeit der Prädiktoren**

EF	(47.54; 84.83)
SFON	(16.04; 10.72)
SES	(36.42; 4.45)

Basisnumerische  
Fähigkeiten (in %)Rechenfertigkeiten  
(in %)

## 5. FAZIT

Die exekutiven Funktionen müssen nicht notwendigerweise in Kombination mit den ergänzenden Variablen SFON oder SES betrachtet werden, da keine weitere Varianz mit Hilfe dieser Variablen aufgeklärt wird.

Lediglich die Hypothese der exekutiven Funktion konnte durch das Experiment bestätigt werden.

Abschließend ist festzuhalten, dass aufgrund kleinerer Anzahl an Proband:innen und des Zeitrahmens des Projekts nur Tendenzen statt repräsentative Erkenntnisse festgestellt werden können. Diese könnten durch weitere Forschung bestätigt oder verworfen werden.

**Quellen:**

- Batchelor, S., Inglis, M. & Gilmore, C. (2015). Spontaneous focusing on numerosity and the arithmetic advantage. *Learning and Instruction*, 40, 79-88. Elsevier. Online verfügbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959472115000293>
- Bos, W., Wendt, H., Köller, O. & Selter, C. (2012). TIMSS 2011. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich. Waxmann: Münster.
- del Río, Y. M., Strasser, K., Cunelek, D., Susserregius, M. I. & Meltouff, A. N. (2019). Chilean Kindergarten Children's Beliefs about Mathematics: Family Matters. *Developmental Psychology*, 55 (4), 687-702.
- Hannula, M. M. & Lehtinen, E. (2005). Spontaneous Focusing on Numerosity in the Development of Early Mathematical Skills. University of Turku. Online verfügbar unter (PDF) Spontaneous Focusing on Numerosity in the Development of Early Mathematical Skills (researchgate.net).
- Kucian, K., Köhn, J., Hannula-Sormunen, M. M., Riehmann, V., Grund, U., Kiseo, T., Esser, G. von Ater, M. (2012). Kinder mit Dyskalkulie fokussieren spontan weniger auf Anzahligkeit. *Lernen und Lernstörungen*, 1 (4), 241-253. University of Zurich.
- Kriegbaum, K. & Spinath, B. (2016). Explaining Social Disparities in Mathematical Achievement: The Role of Motivation. *European Journal of Personality*, 30 (1), 45-63.
- Schmied, I. (2011). Arbeitsgedächtnis und Schulleistungen in Mathematik und Schriftsprache bei älteren Grundschulkindern.

**PROJEKT BETEILIGTE - Projekt 1.4**

**Projektleitung:** Prof. Dr. Jörg-Tobias Kuhn

**Tutorin:** Andrea Ilina-Georgescu

**Projektmitglieder:** Esra Nur Cetin, Kathrin Funk, Mirjam Holthausen, Leonie Lompa, Esther Mensen, Jan Schasiepen, Dominic Steckel

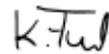
## 19 Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen verwendet habe. Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche kenntlich gemacht habe.

Dortmund, 09.07.2021



Dortmund, 09.07.2021



Dortmund, 09.07.2021



Dortmund, 09.07.2021



Dortmund, 09.07.2021



Dortmund, 09.07.2021



Dortmund, 09.07.2021



(Ort, Datum)

(Unterschrift)

## 20 Liste zur Erarbeitung der einzelnen Teile

Aufgabe/Texte	Projektbeteiligte
<p>Aufgaben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Gendergerechte Sprache</li> <li>● Titelblatt</li> </ul> <p>Texte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Einleitung</li> <li>● Erkenntnisinteresse</li> <li>● Fragestellung</li> <li>● Projektziele</li> <li>● Projektverlauf</li> <li>● Rekrutierung</li> <li>● Ethik</li> <li>● Limitationen-Allgemein</li> </ul>	Esra Nur Cetin
<p>Aufgaben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Rechtschreibung</li> <li>● Grammatik</li> <li>● Übergänge</li> <li>● Literaturverzeichnis</li> </ul> <p>Texte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Variable SFON</li> <li>● Theorie - SFON</li> <li>● Hypothese - SFON</li> <li>● Forschungsdesign - Allgemein</li> <li>● Forschungsdesign und Methodik - SFON</li> <li>● Erhebung und Programmierung - Allgemein</li> <li>● Erhebung und Programmierung - SFON</li> <li>● Auswertung - Allgemein</li> <li>● Auswertung - SFON</li> <li>● Theoriebezug - SFON</li> <li>● Limitationen - SFON</li> <li>● Ergebnisinterpretation &amp; Diskussion - Allgemein</li> <li>● Ergebnisinterpretation &amp; Diskussion - SFON</li> <li>● Ausblick - SFON</li> <li>● Ausblick - Allgemein</li> </ul>	Kathrin Funk
<p>Aufgaben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Rechtschreibung</li> </ul>	Mirjam Holthausen

<ul style="list-style-type: none"> <li>● Grammatik</li> <li>● Zitation/Literaturverzeichnis</li> </ul> <p>Texte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Aktueller Forschungsstand - SFON</li> <li>● Forschungslücken - SFON</li> <li>● Hypothese - SFON</li> <li>● Erhebung und Programmierung - SFON</li> <li>● Theoriebezug - SFON</li> <li>● Limitationen - SFON</li> <li>● Ergebnisinterpretation &amp; Diskussion - Allgemein</li> <li>● Ergebnisinterpretation &amp; Diskussion - SFON</li> <li>● Ausblick - SFON</li> <li>● Ausblick - Allgemein</li> </ul>	
<p>Aufgaben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Rechtschreibung</li> <li>● Gendergerechte Sprache</li> <li>● Doppelungen</li> </ul> <p>Texte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Variable - SES</li> <li>● Forschungsdesign und Methodik - SES</li> <li>● Erhebung und Programmierung - SES</li> <li>● Auswertung - SES</li> <li>● Limitationen - SES</li> <li>● Forschungsdesign und Methodik - Mathe</li> <li>● Erhebung und Programmierung - Mathe</li> <li>● Auswertung - Mathe</li> <li>● Limitationen - Mathe</li> <li>● Auswertung aller Daten in RStudio</li> <li>● Theoriebezug - SES</li> <li>● Stichprobenbeschreibung</li> <li>● Hypothesenprüfung SES</li> </ul>	Leonie Lompa
<p>Aufgaben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Formatierung</li> <li>● Rechtschreibung</li> <li>● Übergänge</li> <li>● Literaturverzeichnis</li> </ul> <p>Texte:</p>	Esther Mensen

<ul style="list-style-type: none"> <li>● Theorie - SES</li> <li>● Aktueller Forschungsstand - SES</li> <li>● Forschungslücke - SES</li> <li>● Soziodemographie</li> <li>● Variable Sprache</li> <li>● Variable Alter</li> <li>● Variable Geschlecht</li> <li>● Variable Mathe - Basale Zahlenverarbeitung und Rechenfertigkeiten</li> <li>● Mathe - Theoriebezug</li> <li>● Mathe - Aktueller Forschungsstand</li> <li>● Hypothese 3 - SES</li> <li>● Auswertung aller Daten in RStudio</li> <li>● Stichprobenbeschreibung</li> <li>● Hypothesenprüfung SES</li> <li>● Theoriebezug - SES</li> <li>● Ausblick - SES</li> </ul>	
<p>Aufgaben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Zitate</li> <li>● Gendergerechte Sprache</li> </ul> <p>Texte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Theorie - Exekutive Funktionen</li> <li>● Aktueller Forschungsstand - Exekutive Funktionen</li> <li>● Forschungslücke - Exekutive Funktionen</li> <li>● Hypothese 1 - Exekutive Funktionen</li> <li>● Erhebung und Programmierung - Exekutive Funktionen</li> <li>● Auswertung - Exekutive Funktionen</li> <li>● Limitationen - Exekutive Funktionen</li> <li>● Ausblick - Exekutive Funktionen</li> <li>● Ergebnisdarstellung</li> <li>● Theoriebezug - Exekutive Funktion</li> </ul>	<p>Jan Schasiepen Dominic Steckel</p>