

Interkantonale Hochschule für Heilpädagogik Zürich

Departement 1: Studiengang Sonderpädagogik

Masterarbeit

# **Zusammenhänge zwischen Intelligenz und mathematischen Kompetenzen im Vorschul- bis Kindergartenalter**

Eine empirische Untersuchung im Rahmen des ZEPPELIN-Projektes

Eingereicht von: Kathrin Spaltenstein

Sandra Erni

Begleitung: Prof. Dr. Andrea Lanfranchi

Abgabe: 7. Dezember 2018

## **Abstract**

Diese Arbeit untersucht Zusammenhänge zwischen Intelligenz und mathematischen Fähigkeiten bei Drei- bis Sechsjährigen. Dazu werden Daten des ZEPPELIN-Projektes analysiert.

Die Auswertungen bestätigen Zusammenhänge zwischen Intelligenz und mathematischen Kompetenzen. Dies wird anhand des Intelligenztestes SON-R 2½ -7 zu zwei Messzeitpunkten und des Mathematiktests WILMA überprüft. Alter und sprachliche Fähigkeiten beeinflussen das Ergebnis des WILMA. Der Wert des SON-R 2½ -7 hängt mit Verhaltensbeobachtungen (Motivation, Konzentration, Kooperation und Verständnis der Instruktionen) während der Testung zusammen.

In der heilpädagogischen Praxis sind bei Intelligenzmessungen der Zeitpunkt und die Umstände der Testung zu berücksichtigen. Um mathematische Kompetenzen von Kindern zu fördern, müssen die Intelligenz, der Entwicklungsstand und die sprachlichen Fähigkeiten eines Kindes beachtet werden.

## **Dank**

An dieser Stelle möchten wir uns bei all denjenigen bedanken, die uns während unserer Masterarbeit unterstützten. Als erstes gebührt unser Dank Andrea Lanfranchi, der unsere Arbeit betreut und sorgfältig begutachtet hat. Ebenfalls möchten wir uns für die Hilfsbereitschaft und Unterstützung herzlichst bei Simone Schaub bedanken. Allen beteiligten Personen des ZEPPELIN-Projektes gilt unser Dank für die tolle Zusammenarbeit. Ein herzliches «Dankeschön» geht zudem an Vinzenz Erni, Christian Baur und Barbara Spaltenstein für ihre Zeit und Mühen als Gegenleser.

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	1
Vorwort .....	2
Einleitung .....	3
Vorgehen .....	5
Aufbau der Arbeit.....	6
1 Theoretischer Bezugsrahmen .....	7
1.1 Intelligenz.....	7
1.1.1 Definition von Intelligenz.....	7
1.1.2 Modelle der Intelligenz.....	7
1.1.3 Intelligenzmessung .....	10
1.1.4 Befunde der Intelligenzforschung .....	12
1.2 Mathematische Kompetenzen .....	14
1.2.1 Zahlbegriff.....	14
1.2.2 Zahlbegriff nach Piaget.....	14
1.2.3 Zählprinzipien .....	15
1.2.4 Entwicklungsmodelle früher mathematischer Fähigkeiten .....	16
1.2.5 Einflussfaktoren der mathematischen Kompetenzen .....	20
1.3 Bestehende Studien zum Thema .....	22
1.4 Testverfahren.....	27
1.4.1 SON-R 2½ -7 .....	27
1.4.2 TEDI-MATH und WILMA .....	30
1.4.3 SGW (Sprachgewandt).....	33
2 Forschungsprojekt ZEPPELIN.....	35
2.1 Ziel des Projektes .....	35
2.2 Design und Stichprobe des Projektes .....	35
2.3 Bisherige Ergebnisse der ZEPPELIN-Studie .....	37
2.4 Mitarbeit im Rahmen der Masterarbeit .....	37
3 Fragestellungen und Hypothesen .....	38
4 Empirischer Teil .....	41
4.1 Methodisches Vorgehen.....	41
4.1.1 Ausgewählte Stichprobe und Testergebnisse .....	41

4.1.2	Statistisches Vorgehen .....	42
4.2	Ergebnisse .....	44
4.2.1	Datenprüfung auf Normalverteilung.....	44
4.2.2	Ergebnisse der Hypothesen .....	46
4.2.3	Übersicht aller berechneten Korrelationskoeffizienten .....	53
5	Diskussion .....	54
5.1	Erkenntnisse aus der Überprüfung auf Normalverteilung .....	54
5.2	Überprüfung der Hypothesen .....	55
5.3	Beantwortung der Fragestellungen .....	57
5.4	Heilpädagogische Relevanz .....	59
5.5	Methodenkritik und Ausblick.....	62
6	Schlusswort .....	64
7	Literaturverzeichnis .....	65
8	Abbildungsverzeichnis.....	69
9	Tabellenverzeichnis.....	72
10	Anhang .....	73
10.1	SON-R 2½ -7 .....	73
10.2	WILMA .....	76
10.3	SGW (Sprachgewandt).....	80

# Abkürzungsverzeichnis

Tabelle 1 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Beschreibung
SON-R 2½ -7	Nonverbaler Intelligenztest von Snijders-Oomen (vgl. Tellegen, Laros & Petermann, 2007)
SON-IQ	Intelligenzquotient, welcher mit dem Testverfahren SON-R 2½ -7 erhoben wurde
SON-DS	Denkskala des Intelligenzquotienten, welche mit dem Testverfahren SON-R 2½ -7 erhoben wurde
SON-HS	Handlungsskala des Intelligenzquotienten, welche mit dem Testverfahren SON-R 2½ -7 erhoben wurde
IQ	Intelligenzquotient
TEDI-MATH	Test zur Erfassung numerisch-rechnerischer Fertigkeiten (vgl. Kaufmann et al., 2009)
WILMA	Test zur Erfassung numerisch-rechnerischer Fertigkeiten, beinhaltet ausgewählte Aufgaben aus dem TEDI-MATH und zusätzliche Aufgaben (vgl. Kuratli Geeler, o. J.)
SGW	Sprachgewandt, Test zur Erfassung des Sprachverständnisses und der Sprachbewusstheit (vgl. Bayer, Moser & Berweger, 2014)
HTKS	<b>H</b> ead- <b>T</b> oes- <b>K</b> nees- <b>S</b> houlders, Test zur Überprüfung der Selbstregulation (vgl. Cameron Ponitz, McClelland, Matthews & Morrison, 2009)
ZEPPELIN	<b>Z</b> ürcher <b>E</b> quity <b>P</b> räventionsprojekt <b>E</b> lternbeteiligung und <b>I</b> ntegration (vgl. Lanfranchi, Neuhauser, Schaub & Burkhardt, 2016)
„PAT – Mit Eltern Lernen“	Erstes Interventionsprogramm des ZEPPELIN-Projektes (vgl. Neuhauser & Lanfranchi, 2010, S. 18)
KG	Kontrollgruppe des ZEPPELIN-Projektes (Kindern aus Familien ohne die Intervention „PAT – Mit Eltern Lernen“)
IG	Interventionsgruppe des ZEPPELIN-Projektes (Kindern aus Familien mit der Intervention „PAT – Mit Eltern Lernen“)
t3	Messzeitpunkt im dritten Lebensjahr der ZEPPELIN-Kinder
t5	Messzeitpunkt im ersten Kindergartenjahr der ZEPPELIN-Kinder
t6	Messzeitpunkt im zweiten Kindergartenjahr der ZEPPELIN-Kinder
„Lernort Familie 5+“	Zweites Interventionsprogramm des ZEPPELIN-Projektes (vgl. Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2017)
r	Korrelationskoeffizient

## **Vorwort**

Die vorliegende Arbeit wurde von Kathrin Spaltenstein und Sandra Erni verfasst. Beide Autorinnen arbeiten in unterschiedlichen Settings als Heilpädagoginnen.

Sandra Erni unterrichtet zurzeit an der Schule für Gehör und Sprache (SGSZ) in Wollishofen eine Mittelstufenklasse mit 8 Kindern. Bei der SGSZ handelt es sich um eine Tages- und Internatsschule für Kinder und Jugendliche mit einer Hörbeeinträchtigung und/oder einer schweren Spracherwerbsbeeinträchtigung (Zentrum für Gehör und Sprache, 2015). Die Erfahrungen in diesem separativen Setting zeigen, wie eng ein eingeschränktes Hörvermögen mit der Sprachentwicklung zusammenhängt. Den Kindern an der SGSZ fehlt es oftmals an Weltwissen, was das Verstehen von Zusammenhängen erschwert. Dies wirkt sich auf andere Bereiche wie zum Beispiel die mathematische Förderung aus. Die kognitiven Voraussetzungen der Kinder zu erkennen und passende Fördermassnahmen abzuleiten, stellt neben der Sprachförderung eine der grössten Herausforderungen dar. Es zeigen sich grosse kognitive Differenzen.

Im Gegensatz dazu unterstützt Kathrin Spaltenstein Kinder auf der Kindergartenstufe integrativ. Das Arbeitssetting umfasst die integrative Förderung und die Begleitung von mehreren ISR-Kindern in drei verschiedenen Klassen im Schulhaus Eselriet. Diese Schule, welche zur Schulgemeinde Illnau-Effretikon gehört, ist eine QUIMS Schule (Qualität in multikulturellen Schulen). Im QUIMS Programm werden Schulen mit ausgeprägt multikulturellen Zusammensetzungen fachlich und finanziell unterstützt (Volksschulamt Kanton Zürich, 2018). Gerade auf der Kindergartenstufe leitet Kathrin als Heilpädagogin jährlich mehrere Abklärungen durch den Schulpsychologischen Dienst ein. In diesen Abklärungen wird die Intelligenz der Kinder anhand verschiedener Tests gemessen. Diese Ergebnisse haben grossen Einfluss auf die weitere Schullaufbahn der Kindergartenkinder.

## Einleitung

„In der Schulpsychologie werden Intelligenztests eingesetzt, um die kognitive Begabung von Kindern und Jugendlichen festzustellen und Schlussfolgerungen für die weitere Schullaufbahn und spezifische Fördermassnahmen zu ziehen“ (Holling & Vock, 2006, S. 494).

Tellegen et al. (vgl. 2007, S. 128) stimmen dem zu. Sie gehen davon aus, dass das Ergebnis eines Intelligenztests durchaus ausschlaggebend sein kann, ob eine besondere Beschulung nötig ist. Diese Aussagen weisen auf die Bedeutung der Ergebnisse von Intelligenztests und deren Konsequenzen für die Kinder und deren Familien hin. Als angehende Heilpädagoginnen kommen die Verfasserinnen dieser Arbeit mit Ergebnissen von Intelligenztests in Kontakt und beobachten, wie dadurch die Schullaufbahn der Kinder beeinflusst wird. Kinder, bei welchen vor Schuleintritt eine tiefe Intelligenzleistung diagnostiziert wird, werden durch einen Sonderschulstatus stigmatisiert. Darüber hinaus werden die Autorinnen teilweise mit Ergebnissen von Intelligenztests desselben Kindes konfrontiert, welche bemerkenswerte Unterschiede aufzeigen. Dies löst bei allen Beteiligten Unsicherheiten aus. Es stellt sich die Frage, inwiefern die Ergebnisse von Intelligenztests mit den kognitiven Fähigkeiten der Kinder zusammenhängen und ob es berechtigt ist, aufgrund dieser Ergebnisse Entscheidungen für die weitere Beschulung eines Kindes zu fällen.

Die vorliegende Masterarbeit wird im Kontext der Langzeitstudie ZEPPELIN (**Z**ürcher **E**quity **P**räventionsprojekt **E**lternbeteiligung und **I**ntegration) durchgeführt. Dieses Projekt geht davon aus, dass durch die verschiedenartigen Familiensituationen der Bildungsort Familie in unterschiedlichem Ausmass genutzt wird und so zu einer ungleichen Verteilung der Bildungschancen führt. Das Projekt ZEPPELIN hat sich zum Ziel gesetzt, mithilfe einer frühkindlichen familienbezogenen Förderung einen Beitrag zur Chancengleichheit zu leisten (vgl. Lanfranchi et al., 2016, S. 1). In erster Linie hat diese Zielsetzung die Autorinnen motiviert, sich am Projekt ZEPPELIN zu beteiligen. Die Mitarbeit am Projekt gestaltet sich durch Testungen von Kindern im Kindergartenalter. Zu den Testverfahren zählen unter anderem der nonverbale Intelligenztest von Snijders-Oomen (SON-R 2½ -7), ein Leistungstest im Bereich Mathematik (WILMA) und eine Erfassung des Sprachstandes (Sprachgewandt, SGW). Die Autorinnen erachten es als besonders wertvoll, ihre Masterarbeit im Rahmen des Projektes ZEPPELIN schreiben zu dürfen, weil die Arbeit so in einen grösseren Kontext eingebunden ist. Indem das Projekt den Verfasserinnen Daten von früheren Testungen zur Verfügung stellt, kann eine grössere Stichprobe analysiert werden und die eigenen Fragestellungen können präziser beantwortet werden.

Durch den Bezug zur eigenen Unterrichtspraxis sind die Autorinnen motiviert, sich mit dem Thema der Intelligenz zu befassen. Beide Verfasserinnen haben in ihrer Schullaufbahn ein fortlaufendes Interesse an der Mathematik erlebt, welches sich im Schulalltag in der Faszination an der Förderung der mathematischen Kompetenzen zeigt. Im theoretischen Teil der vorliegenden Arbeit wird daher eine tiefgehende Auseinandersetzung mit der Entwicklung der mathematischen Fähigkeiten, sowie auch der Intelligenz angestrebt. Im empirischen Teil der Arbeit wird der Fragestellung nachgegangen, inwiefern die Testergebnisse des Intelligenztests SON-R 2½ -7 mit den Ergebnissen des Testverfahrens WILMA zur Erfassung der mathematischen Kompetenzen zusammenhängen.



Weiterführend wird untersucht, welches weitere mögliche Einflussfaktoren der Testergebnisse des SON-R 2½ -7 und des WILMA sind. Mit dem Verfassen dieser Masterarbeit erhoffen sich die Autorinnen aufgrund der beantworteten Fragestellungen einen Bezug zur heilpädagogischen Praxis machen zu können.

## Vorgehen

Die vorliegende Masterarbeit zeichnet sich durch unterschiedliche Phasen und Meilensteine aus. Im Februar 2018 wurden die ersten Gedanken und Fragen für die Disposition formuliert und eingereicht. Darauf folgte die Durchführung von Testungen für das Projekt ZEPPELIN. Parallel dazu setzten sich die Verfasserinnen mit relevanter Literatur auseinander. Die Fragestellungen und Hypothesen der vorliegenden Arbeit wurden aufgrund der gemachten Erfahrungen während der Testungen und der Auseinandersetzung mit der Literatur konkretisiert. Anschliessend wurden den Autorinnen Daten von früheren Testungen des ZEPPELIN-Projektes zur Verfügung gestellt, welche die Überprüfung der Fragestellungen und Hypothesen ermöglichten. Das Vorgehen und wichtige Meilensteine der vorliegenden Arbeit sind in der Abbildung 1 dargestellt.

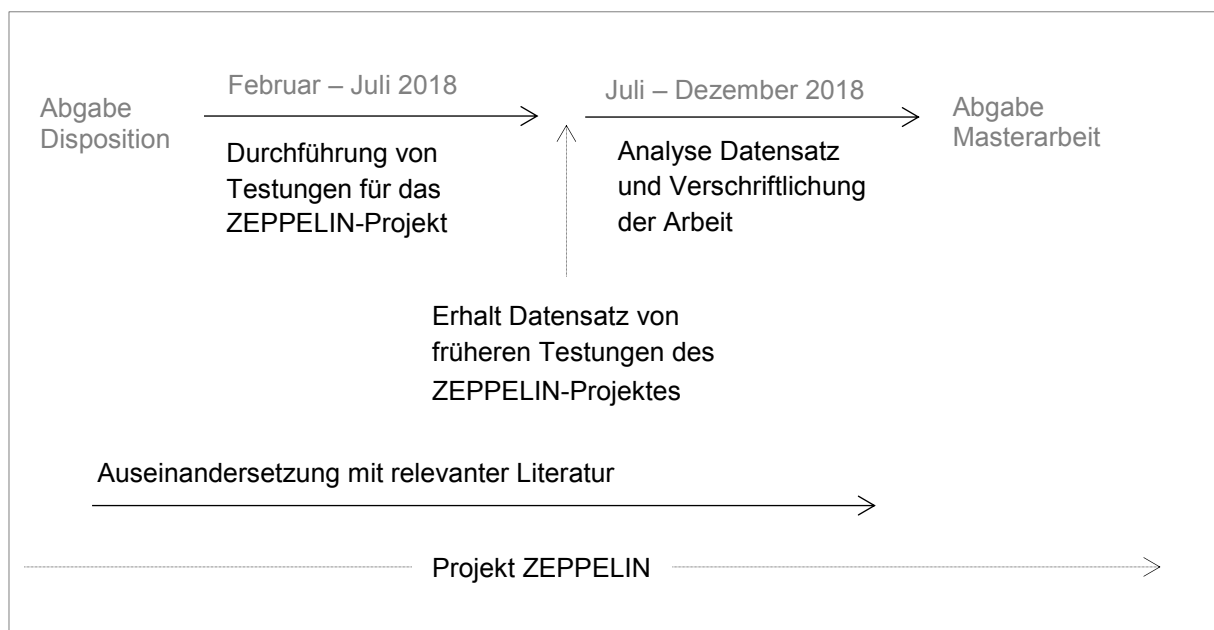


Abbildung 1 Vorgehen und wichtige Meilensteine der vorliegenden Masterarbeit

## **Aufbau der Arbeit**

In der vorliegenden Arbeit befasst sich das Kapitel 1 mit den theoretischen Grundlagen. Die Beantwortung der Fragestellungen setzt eine umfassende theoretische Auseinandersetzung mit Intelligenz und mathematischen Kompetenzen voraus. Dazu wird auf Intelligenzmodelle und wichtige Befunde der Intelligenzdiagnostik eingegangen. Im Bereich der mathematischen Kompetenzen werden Entwicklungsphasen und Einflussfaktoren thematisiert. Zudem werden bereits bestehende Studien beschrieben und in einem Mindmap zusammengefasst. Am Schluss des theoretischen Bezugsrahmens werden die drei Testverfahren SON-R 2½ - 7 (zur Testung der Intelligenz), WILMA (zur Testung numerisch-rechnerischer Fertigkeiten) und SGW (zur Testung des Sprachverständnisses und der Sprachbewusstheit) erläutert, welche in der empirischen Untersuchung von Bedeutung sind. Im Kapitel 2 folgen Informationen zum Forschungsprojekt ZEPPELIN. Aufgrund der theoretischen Auseinandersetzung werden im Kapitel 3 die Fragestellungen und Hypothesen der vorliegenden Arbeit definiert und begründet. Der empirische Teil (Kapitel 4) basiert auf einer quantitativen Auswertung. Es werden Zusammenhänge zwischen der Intelligenzleistung (Testergebnisse des SON-R 2½ - 7) und mathematischen Kompetenzen (Testergebnisse des WILMA) überprüft. Anschliessend wird nach weiteren Einflussfaktoren der Testergebnisse gesucht. Des Weiteren wird die Bedeutung von statistischen Werten und Begriffen erläutert, welche bereits im Kapitel der theoretischen Auseinandersetzung vorzufinden sind. In der Diskussion (Kapitel 5) werden die Hypothesen überprüft und die Fragestellungen beantwortet. Die Ergebnisse werden im Hinblick auf den heilpädagogischen Schulalltag interpretiert und diskutiert. Kursiv Gedrucktes weist darauf hin, dass die Begriffe von den jeweiligen Autoren übernommen wurden.

# 1 Theoretischer Bezugsrahmen

## 1.1 Intelligenz

In diesem Kapitel wird auf die Definition von Intelligenz und in diesem Zusammenhang auf unterschiedliche Intelligenzmodelle eingegangen. Anschliessend wird erläutert, wie Intelligenz gemessen werden kann. Schlussendlich werden Befunde der Intelligenzforschung dargestellt, welche für die vorliegende Arbeit bedeutend sind.

### 1.1.1 Definition von Intelligenz

Intelligenz gilt als das am besten untersuchte Persönlichkeitsmerkmal und doch gibt es bis heute keine allgemein gültige Definition von Intelligenz (vgl. Holling, Preckel & Vock, 2004, S. 11). William Stern definierte Intelligenz im Jahre 1911 (zitiert nach Petermann, 2006, S. 71) „als die Fähigkeit einer Person, ihr Denken bewusst auf neue Forderungen einzustellen und als die Fähigkeit, sich den Anforderungen neuer Situationen flexibel anpassen zu können“. Intelligenz hat nach dieser Definition damit zu tun, Strategien zur Problemlösung zu entwickeln und deren Wirksamkeit abzuschätzen. Schlussendlich soll die ausgewählte Strategie erfolgreich auf den Alltag übertragen werden (vgl. Petermann, 2006, S. 71). Funke und Vaterrodt (vgl. 2004, S. 108) betonen ebenfalls, dass es keine einheitliche Definition von Intelligenz gibt. Als kleinsten gemeinsamen Nenner der unterschiedlichen Definitionen beschreiben sie Intelligenz als „die Fähigkeit, aus Erfahrungen zu lernen und sich an die Erfordernisse der Umgebung anzupassen“ (Funke & Vaterrodt, 2004, S. 108). Den zweiten Teil dieser Definition erwähnt auch Mietzel (2002, S. 265). Er geht davon aus, dass die meisten Experten die Definition „Intelligenz gestattet es einem Lebewesen, sich neuen Umweltgegebenheiten anzupassen“ bestätigen würden. Rindermann (2006, S. 70) beschreibt kognitive Intelligenz kurz als „die Fähigkeit zum Denken“. Darunter versteht er, Probleme in neuen Situationen zu lösen, Schlussfolgerungen zu ziehen, abstrakt zu denken, und das Erkennen von Strukturen, Beziehungen, Sinnzusammenhängen und Bedeutungen (vgl. Rindermann, 2006, S. 70).

Holling et al. (vgl. 2004, S. 14) gehen davon aus, dass der allgemeinen Intelligenz mehrere intellektuelle Fähigkeiten untergeordnet werden können. Intelligenzleistungen sind sehr vielfältig und werden in der Theorie unterschiedlich strukturiert und gewichtet. So entstanden unterschiedliche Modelle der Intelligenz. Im Kapitel 1.1.2 wird eine Auswahl von Intelligenzmodellen präsentiert. Für den empirischen Teil der vorliegenden Arbeit beinhaltet der Begriff „Intelligenz“ die intellektuellen Fähigkeiten, welche im SON-R 2½ -7 gemessen werden. Auf diese Fähigkeiten wird im Kapitel 1.4.1 näher eingegangen.

### 1.1.2 Modelle der Intelligenz

#### Theorie der geistigen Entwicklung nach Piaget

Der Genfer Jean Piaget befasste sich als einer der ersten mit dem Begriff der Intelligenz. Er beschreibt die Intelligenz als ein Anpassungsverhalten, in dem das Individuum laufend ein Gleichgewicht zwischen seinen inneren Strukturen und der Umwelt herstellt (vgl. Piaget, 1992, S. 13). „Die Intelligenz stellt das „Werkzeug“ dar, mit dessen Hilfe das Individuum dieses Gleichgewicht

herzustellen oder sich mittels bestimmter, auf die Umwelt gerichteter Handlungen anzupassen vermag“ (Ginsburg & Oppen, 2004, S. 28). Nach Piagets Theorie gibt es in der Kognition vier Entwicklungsstufen. Im Säuglingsalter bis zum zweiten Lebensjahr befinden sich die Kinder in der sensomotorischen Entwicklung. Ein Neugeborenes kommt mit bestimmten Fähigkeiten auf die Welt, welche durch die Erbanlagen vorgegeben sind. Reflexe, wie das Saugen, sind als angeborene Fähigkeiten zu nennen. Das Lernen im ersten Stadium der sensomotorischen Entwicklung basiert auf körperbezogenen Aktivitäten, welche eine Steuerung der Bewegungen erbringt. Es entsteht weiter ein Interesse am Zusammenhang zwischen Körperaktivitäten und den ausgelösten Ereignissen in der Umwelt. Wirkungsvolle Verhaltensweisen werden vom Säugling erneut ausprobiert und können nach einer gewissen Zeit beliebig wiederholt werden. Diese zufällig entdeckten Handlungen nennt Piaget in seinen Theorien „primäre Zirkulärreaktionen“. Im Stadium drei, mit etwa vier bis zehn Monaten, erfolgt das Interesse am Gegenstand, welcher dabei ergriffen, untersucht und begriffen wird. Der Säugling entdeckt, dass seine Handlungen bestimmte Ergebnisse auslösen. Im Stadium vier gelingt es dem Säugling sein Verhalten noch gezielter zu strukturieren. Er lernt nun durch die Auseinandersetzung mit der Umwelt, welche Beziehungen zwischen einzelnen Gegenständen bestehen. Im fünften Stadium entdeckt das Kind seine Umwelt durch aktives Ausprobieren. Es gelingt dem Kind, Beziehungen zwischen Objekten und der eigenen Aktivität herzustellen. Das sechste und letzte Stadium der sensomotorischen Entwicklung zeichnet sich dadurch aus, dass es dem Kind gelingt, Handlungen zu verinnerlichen. Diese Verinnerlichung von Handlungen weist auf den Übergang zum Denken hin (vgl. Ginsburg & Oppen, 2004, S. 43 – 89).

Die präoperative Phase entwickelt sich zwischen dem zweiten und siebten Lebensjahr. Zunächst erfolgt die Aneignung der Symbolfunktion. Das Kind erwirbt in dieser Phase die Fähigkeit, für abwesende Objekte oder Ereignisse, symbolische Vorstellungen zu bilden. In dieser neuen Handlungsebene sind Handlungen nicht mehr nur auf die unmittelbare Umgebung beschränkt. In der Symbolfunktion ist ein Rückgriff auf die Vergangenheit, das heisst z.B. auf Spielerfahrungen möglich. Das Kind lernt weiter, dass ein Objekt für ein Symbol stehen kann (vgl. Ginsburg & Oppen, 2004, S. 95 – 110). Handeln und Denken differenzieren sich, woraus sich die Fähigkeit entwickelt, die eigenen Handlungen zu reflektieren. Im vierten bis fünften Lebensjahr erweitert sich das Repertoire an Begriffen beträchtlich. Symbolische Bilder sind noch immer ganz an die Anschauung gebunden. Dem Kind gelingt es jedoch lediglich, sich auf ein einziges Merkmal eines Objektes zu konzentrieren. Kinder in diesem Alter sind der Meinung, dass sich Mengen anzahlmässig vergrössern, wenn man sie ausbreitet. Das Bilden von Klassen und Reihen erlernt ein Kind in dieser Entwicklungsstufe (vgl. Kohler, 2008, S. 82).

In der Stufe der konkreten Operation entwickeln sich aus den intuitiven Anschauungen logische Operationen. „Die situativ und egozentrisch dominierten Einschätzungen erweitern sich nun zu rationalen, stabilen und kohärenten Urteilen“ (Kohler, 2008, S. 85). Eine Untersuchung am Internationalen Zentrum für Genetische Epistemologie zeigte anhand von Experimenten zum operatorischen Erwerb, dass die Ergebnisse signifikante Unterschiede aufwiesen, je nach der kognitiven Ausgangsstufe der Kinder. Demzufolge ist das Lernen von den Entwicklungsstufen abhängig (vgl. Piaget, 2016, S. 78 – 79).

### **Theorie der fluiden und kristallinen Intelligenz von Cattell**

Eine bis heute einflussreiche Modellvorstellung von Intelligenz stammt von Raymond B. Cattell. Er unterscheidet in seiner „Zwei-Faktoren-Theorie“ von 1957 zwischen fluider und kristalliner Intelligenz (vgl. Holling et al., 2004, S. 21). Die fluide Intelligenz beschreibt die Intelligenz, welche nicht mit dem individuellen Lernschicksal einer Person zusammenhängt (vgl. Funke & Vaterrodt, 2004, S. 46). Es ist die Fähigkeit, sich neuen Situationen anzupassen und neuartige Probleme zu lösen, ohne dass erlerntes Wissen eine Rolle spielt. Die fluide Intelligenz wird weitgehend vererbt und ist nicht von kulturellen und gesellschaftlichen Einflüssen abhängig. In diesem Zusammenhang befasste sich Cattell mit so genannten kulturfairer Intelligenztests (vgl. Holling et al., 2004, S. 21 – 22). Die kristalline Intelligenz wird hingegen von der Umwelt bedingt und beruht im Wesentlichen auf den Lernerfahrungen eines Individuums (vgl. Funke & Vaterrodt, 2004, S. 46). Die kristalline Intelligenz ist relevant, wenn vertraute Informationen verarbeitet werden sollen oder Wissen angewendet wird. Cattell nahm an, dass die kristalline Intelligenz auf der fluiden Intelligenz aufbaut. In einigen Studien konnte belegt werden, dass die fluide und die kristalline Intelligenz nicht unabhängig voneinander sind (vgl. Holling, et al., 2004, S. 21 – 22).

### **Three-Stratum-Theorie nach Carroll**

Die fluide und die kristalline Intelligenz werden auch in der Three-Stratum-Theorie von Carroll (vgl. 1993, zitiert nach Holling et al., 2004, S. 27 – 29) erwähnt. Er betrachtete 461 Datensätze aus der Intelligenzforschung, welche mit sehr unterschiedlichen Tests und Aufgabentypen erhoben wurden. Mithilfe von Faktoranalysen entwickelte er ein Strukturmodell. Dieses umfasst drei Hierarchieebenen. Daher kommt auch der Name Three-Stratum-Theorie. Auf der höchsten Ebene befindet sich die allgemeine Intelligenz, welche in acht Dimensionen unterteilt werden kann. Im Folgenden werden diese Dimensionen erläutert.

Die *fluide Intelligenz* umfasst sowohl Prozesse zum schlussfolgernden und logischen Denken als auch andere kognitive Fähigkeiten, welche nur sehr gering durch das Lernen oder kulturelle Einflüsse verändert werden können.

Unter der *kristallinen Intelligenz* werden mentale Prozesse zusammengefasst, welche durch Erfahrung, das Lernen und die Kultur beeinflusst werden.

Die *allgemeine Gedächtnisfähigkeit* beschreibt die Fähigkeit, neue Inhalte oder neues Verhalten zu lernen und sich zu merken.

Bei der *visuellen Wahrnehmung* geht es um die Fähigkeit, visuelle Formen wahrzunehmen.

Die *auditive Wahrnehmung* wird gebraucht, um Klangmuster oder gesprochene Sprache zu unterscheiden.

Mit der *Abruffähigkeit* können Informationen aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen werden.

Die *kognitive (Verarbeitungs-)Geschwindigkeit* beschreibt, wie schnell Informationen verarbeitet werden können.

Unter der *Entscheidungsgeschwindigkeit* ist die Schnelligkeit bei Reaktionszeitaufgaben gemeint.

Diesen acht Fähigkeiten sind auf der untersten Schicht 69 spezifische Fähigkeiten zugeordnet. Eine Auswahl davon ist in der Abbildung 2 dargestellt.

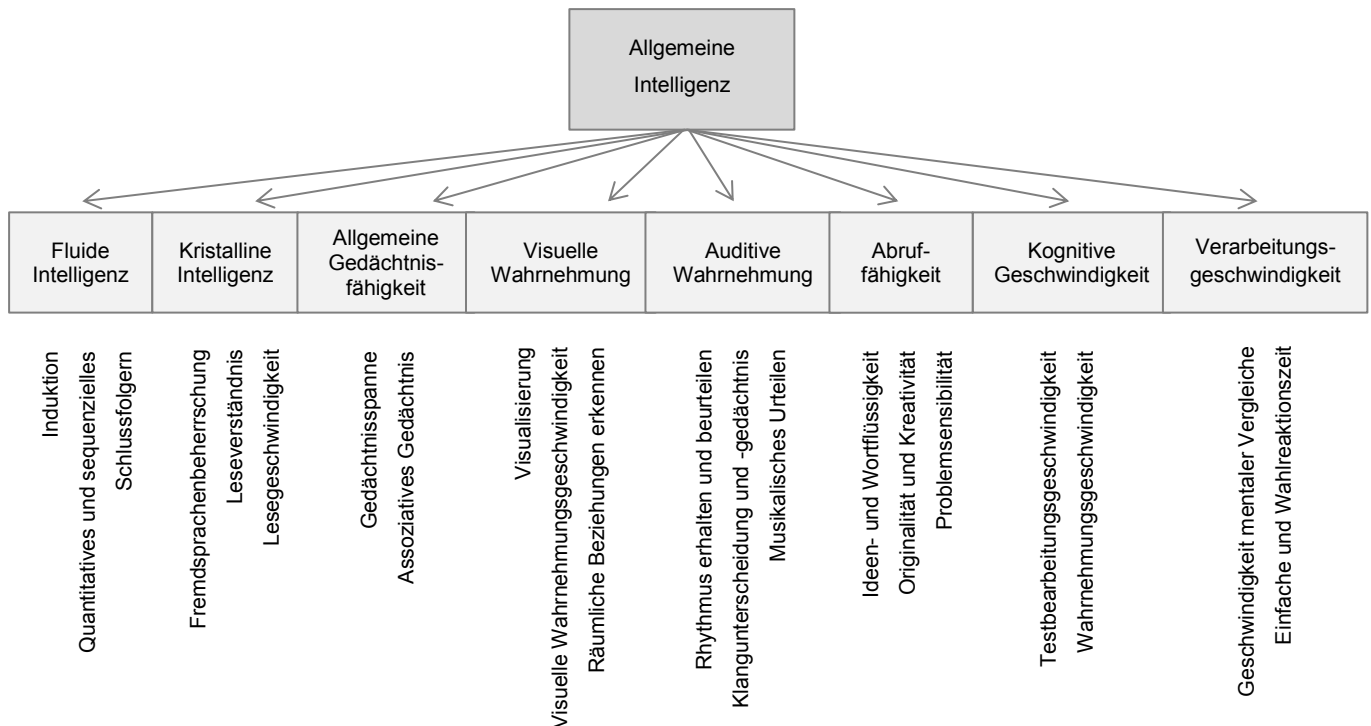


Abbildung 2 Dreischichtenmodell nach Carroll (1993, Abbildung modifiziert nach Holling et al., 2004, S. 28)

Diese spezifischen Fähigkeiten können oft nicht nur einer der acht Fähigkeiten zugeordnet werden, sondern stellen Mischformen der acht Dimensionen dar. So hängt die Wahrnehmungsgeschwindigkeit sowohl mit der visuellen Wahrnehmung als auch der kognitiven Geschwindigkeit zusammen (vgl. Holling et al., 2004, S. 29).

### Modell der sechs „Intelligenzen“ von Gardner

Wie weit das Verständnis des Begriffs Intelligenz reicht, beschreibt der Amerikaner Howard Gardner in seinem 1983 erschienenen Buch „Frames of Mind“. Er spricht von sechs verschiedenen Intelligenzen. Unter der sprachlichen Intelligenz werden Aufgaben zum Sprachverstehen, Schreiben, Reden oder Lesen verstanden. Die logisch-mathematische Intelligenz wird gebraucht, wenn mathematische Probleme gelöst werden sollen. Bei der räumlichen Intelligenz geht es um das räumliche Vorstellungsvermögen. Sie hilft uns zum Beispiel beim Lesen einer Landkarte. Die musikalische Intelligenz wird beim Spielen eines Instrumentes oder bei der Komposition eines Musikstückes benötigt. Weiter versteht Gardner unter der motorischen Intelligenz die Kontrolle von Körperbewegungen. Die personale Intelligenz beschreibt die Fähigkeit, mit anderen Menschen umzugehen (vgl. Funke & Vaterrodt, 2004, S. 55 – 56).

#### 1.1.3 Intelligenzmessung

„Intelligenz ist nicht direkt messbar, sondern muss über Beobachtungen, in der Regel in Form von Leistungen in einem Test, erschlossen werden“ (Holling & Vock, 2006, S. 495). Bereits 1905

beschäftigten sich Alfred Binet und Théophile Simon mit einem ersten modernen Intelligenztest zur Erkennung von Intelligenzschwäche. Mittlerweile existieren sehr viele Instrumente zur Intelligenzmessung (vgl. Holling & Vock, 2006, S. 494). Der Hamburg-Wechsler-Intelligenztest (HAWIK-IV), die Kaufman Assessment Battery for Children (K-ABC) und der SON-R 2½ -7 sind drei bekannten Testinstrumente zur Intelligenzmessung bei Kindern (vgl. Petermann & Köller, 2008, S. 171 – 172).

Um die Intelligenz einer Person zu beschreiben, wird diese meist mit einem Intelligenzquotienten (IQ) ausgedrückt. Dieser Wert kann mit der folgenden Formel berechnet werden (Schweizer, 2006, S. 4):

$$IQ = 100 + 15 \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Dabei steht das Kürzel  $X$  für das Testergebnis,  $\mu$  für den Mittelwert der Normstichprobe und  $\sigma$  für die Standardabweichung der Normstichprobe. Dies ermöglicht es, den IQ im Rahmen der Population zu interpretieren. In der Praxis bleibt die Berechnung des IQ dem Testanwender oft durch das Bereitstellen von Tabellen erspart (vgl. Schweizer, 2006, S. 4).

Jede Intelligenzdiagnostik basiert auf einer Modellvorstellung von Intelligenz. Dabei spielt das Konzept zur Strukturierung der zu erfassenden Fertigkeiten eine zentrale Rolle. Die Kompetenzen, welche in gängigen Intelligenztests gemessen werden, können stark variieren. Während gewisse Tests relativ spezifische Fähigkeiten messen, erfassen andere eine Fülle von kognitiven Fähigkeiten. So ist es nicht erstaunlich, dass die Ergebnisse von unterschiedlichen Intelligenztests teilweise nur mässig miteinander korrelieren (vgl. Holling & Vock, 2006, S. 499). Moderate bis hohe Korrelationen wurden in einer Studie von Janke, Daseking, und Petermann (vgl. 2008, S. 174) gefunden. Sie verglichen bei 55 Kindergartenkindern die Testergebnisse des SON-R 2½ -7 mit den Ergebnissen der K-ABC. Die Erkenntnis, dass gewisse Intelligenztests nur moderate Korrelationen aufzeigen, führt in der Praxis der Intelligenzdiagnostik zu folgendem Problem: Die Abschätzung der Intelligenzleistung einer Person hängt vom Test ab, welcher eingesetzt wurde. Je nach Testverfahren können sich die gemessenen kognitiven Kompetenzen stark unterscheiden. Häufig werden gewisse Fähigkeitsbereiche in unterschiedlichen Intelligenztests ähnlich benannt und der Messwert wird in der Regel mit einem IQ ausgedrückt. Stark abweichende Ergebnisse von verschiedenen Tests können durchaus verwirrend sein und Unsicherheiten hinsichtlich der Kognition eines Kindes auslösen. So kann es sinnvoll sein, die erfassten Fähigkeiten eines Intelligenztests in ein integratives Intelligenzmodell wie zum Beispiel das von Carroll einzuordnen (vgl. Holling et al., 2004, S. 58).

Bei der Messung von Intelligenz sind wie bei allen Testverfahren die drei Hauptgütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität zu beachten (vgl. Holling et al., 2004, S. 67). „Das Gütekriterium der Objektivität umfasst die Unabhängigkeit eines Testergebnisses vom Testleiter, von Situationsmerkmalen und Randbedingungen, vom Auswertenden oder weiteren Personen“ (Holling et al., 2004, S. 68). Unter der Reliabilität wird die Genauigkeit verstanden, mit der ein Test bestimmte Dimensionen der Intelligenz misst (vgl. Holling et al., 2004, S. 69). Wichtig ist in diesem Zusammenhang zu erwähnen, dass jeweils nicht von der Intelligenz einer Person, sondern von der



Testintelligenz gesprochen werden sollte. So wird zum Ausdruck gebracht, dass die gemessene Testintelligenz und die „wahre“ Intelligenz voneinander abweichen können (vgl. Funke & Vaterrodt, 2004, S. 80). Holling et al. (vgl. 2004, S. 58) beschreibt diese Differenz zwischen der „wahren“ Intelligenz und der gemessenen Testintelligenz als den Messfehler von Intelligenztests. Dieser Messfehler lässt sich abschätzen. Es kann ein Wertebereich definiert werden, in welchem der wahre Wert einer Person mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit liegt (vgl. Holling et al., 2004, S. 73). Unter dem dritten Gütekriterium, der Validität, wird verstanden, inwiefern ein Test das misst, was er messen soll (vgl. Holling et al., 2004, S. 80).

### **1.1.4 Befunde der Intelligenzforschung**

#### **Stabilität der Intelligenz**

„Stabilität der Intelligenz bedeutet, dass eine Person ihren relativen Rangplatz in einer für sie repräsentativen Gruppe über einen bestimmten Zeitraum beibehält“ (Holling et al., 2004, S. 40). Nach Holling und Vock (vgl. 2006, S. 494) bleibt die Intelligenzleistung ab dem Jugendalter bemerkenswert stabil. Bei Kindern unter sieben Jahren kann es aber oft zu starken Schwankungen der IQ-Werte kommen. So empfiehlt es sich, aktuelle Testwerte heranzuziehen, um Entscheidungen für die weitere Schullaufbahn zu fällen (vgl. Holling et al., 2004, S. 41). Zur Erkenntnis, dass der IQ im Übergang vom Kindergarten in die Schule nicht stabil ist und es auf individueller Ebene zu Veränderungen kommen kann, kommt auch Janke (vgl. 2008, S. 155) in ihrer Studie. Sie hat eine Stichprobe von 54 Mädchen und 66 Jungen untersucht. Dazu wurde der SON-IQ der Kinder zu zwei Erhebungszeitpunkten (letztes Kindergartenjahr und erste Klasse) gemessen (vgl. Janke, 2008, S. 84 – 86). Neben der Veränderung des SON-IQ zwischen den beiden Messzeitpunkten, zeigen die Ergebnisse, dass sich psychosoziale Risikofaktoren der Eltern, des Kindes und deren Umwelt auf den SON-IQ auswirken können. Je mehr Risikofaktoren in der Umwelt eines Kindes zusammen kommen, desto geringer ist der SON-IQ (vgl. Janke, 2008, S. 155). Ein signifikanter Einfluss von psychosozialen Risikofaktoren auf die Stabilität der Intelligenzleistung konnte auch in einer Studie von Koglin, Janke und Petermann (vgl. 2009, S. 132 – 133) bestätigt werden. Zu den Risikofaktoren zählen biologische Faktoren wie das Stresserleben der Mutter, der sozioökonomische Status sowie der Migrationshintergrund der Eltern. Für die Studie wurde eine Stichprobe von 66 Mädchen und 54 Jungen über den Zeitraum von einem Jahr untersucht. Aufgrund der Ergebnisse wird vermutet, dass die Risikoanzahl entscheidend für die Höhe und die Veränderung des kindlichen IQ-Wertes ist. Umso mehr Risiken vorlagen, desto kleiner war der gemessene IQ. Im Zusammenhang mit Studien zur Stabilität der Intelligenz sollte jedoch nicht vergessen werden, dass jede Intelligenzmessung mit einem Messfehler behaftet ist. Eine Veränderung der gemessenen Intelligenz kann demnach einerseits durch die „wahre“ Veränderung des Merkmals verursacht sein. Darüber hinaus kann eine Veränderung aber auch mit dem Messfehler erklärt werden. Dieser Messfehler kann unter anderem mit der mangelhaften Qualität des eingesetzten Verfahrens zusammenhängen (vgl. Rost, 2013, S. 405).

#### **Intelligenz und Arbeitsgedächtnis**

Das Arbeitsgedächtnis ermöglicht es, diejenigen Informationen kurzzeitig abzuspeichern und zu verarbeiten, welche benötigt werden, um eine bestimmte Aufgabe zu bearbeiten (vgl. Rost, 2013, S. 241). Heutzutage ist die Sichtweise verbreitet, dass das Arbeitsgedächtnis verschiedene Teilsysteme

mit jeweils unterschiedlichen Funktionen umfasst. Es kann zwischen zwei Hilfssystemen unterschieden werden. Das eine Hilfssystem wird „Phonologische Schleife“ genannt. Es hat die Aufgabe, phonologisch-verbale Informationen kurzzeitig abzuspeichern. Weiterführend wird von einem visuell-räumlichen Hilfssystem ausgegangen, welches auch „Visuell-räumlicher Notizblock“ genannt wird. Dieses Hilfssystem hat die Aufgabe, visuell-räumliche Informationen temporär abzuspeichern. Darüber hinaus umfasst das Arbeitsgedächtnis die „Zentrale Exekutive“. Diese ist dafür zuständig, die Aktivitäten der genannten Hilfssysteme bei kognitiven Anforderungen zu kontrollieren und zu steuern (vgl. Schweizer, 2006, S. 40). Nach Spitzer und Kubesch (vgl. 2013, S. 2 – 3) zählt das Arbeitsgedächtnis neben dem Steuern von Gefühlen und Impulsen und der geistigen Flexibilität zu den zentralen Bereichen der exekutiven Funktionen. Die exekutiven Funktionen werden von Evers und Walk (2013, S. 9) als „Vielzahl von geistigen Fähigkeiten, die uns planvoll, zielorientiert und überlegt handeln lassen“ zusammengefasst.

Aufgrund der Bedeutung für die Informationsverarbeitung kann von einer mittleren bis engen Überschneidung des Arbeitsgedächtnisses und der fluiden Intelligenz ausgegangen werden (vgl. Rost, 2013, S. 241). Diese Überschneidung konnte in einer Studie von Brydges, Reid, Fox und Anderson (vgl. 2012, S. 458) bestätigt werden. Sie untersuchten eine Stichprobe von 215 sieben- bis zehnjährigen Kindern. Um die Fähigkeiten des Arbeitsgedächtnisses zu testen, wurden den Kindern Aufgaben im Bereich der Inhibition (z.B. Farben von Farbwörtern benennen), des Arbeitsspeichers (z.B. Nummern aufsagen) und Umschaltaufgaben (z.B. Karten sortieren) gestellt. Die Ergebnisse zeigen hohe Korrelationen zwischen den getesteten Fertigkeiten des Arbeitsgedächtnisses und der fluiden und der kristallinen Intelligenz. Der Korrelationskoeffizient ( $r$ ) zwischen den getesteten Fähigkeiten des Arbeitsgedächtnisses und der fluiden Intelligenz beträgt 0.83. Die kristalline Intelligenz korreliert mit einem  $r$  von 0.89 mit den getesteten Fertigkeiten des Arbeitsgedächtnisses.

## **1.2 Mathematische Kompetenzen**

Dieses Kapitel geht näher auf den Zahlbegriff und die Zählentwicklung ein. In diesem Zusammenhang wird das Modell von Fuson zum Erwerb der Zahlwortreihe vorgestellt. Es folgt eine Darstellung der Entwicklungsmodelle früher mathematischer Fähigkeiten nach Fritz und Ricken, Krajewski und von Aster und Shalev. Zuletzt werden Einflussfaktoren der mathematischen Kompetenzen aufgeführt.

### **1.2.1 Zahlbegriff**

Menschen beschäftigen sich schon seit Jahrtausenden mit der Frage, was eine Zahl ist und wie sie zu denken ist. Es existieren zahlreiche Modelle und Theorien darüber. Über die Existenz der Zahl war man sich lange Zeit uneinig. Es stellt sich die Frage, ob die Zahl erfunden oder entdeckt wurde. Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts ging man davon aus, dass Zahlen schon immer existierten und von den Menschen im Laufe der Entwicklung entdeckt wurden. Erst im späten 19. Jahrhundert setzte sich die Sichtweise durch, die Zahl sei eine Erfindung der Menschheit. Der Entwicklung des Zahlbegriffs und Zahlverständnisses wurde erst durch das Aufkommen der experimentellen Forschung und der Psychologie der Wissenschaft Beachtung geschenkt. Der Zahlbegriff wird in der Literatur als Verständnis von Mengen, Zahlen, Zählen und Operationen verwendet. Er bildet die Grundlage für den Erwerb von mathematischem Wissen im schulischen Kontext (vgl. Moser Opitz, 2008, S. 15 – 16). Für den Aufbau des Zahlbegriffserwerbs werden in der Literatur verschiedene Begriffe verwendet, wie zum Beispiel: Vorläuferfertigkeiten oder Basiskompetenzen. Diese Fertigkeiten und Fähigkeiten werden dem pränumerischen Bereich zugeschrieben, welcher auf den basalen Fertigkeiten aufbaut. Dies zeigt, dass auch mathematikunspezifische Faktoren wie Sinneseindrücke, basale Fertigkeiten und die sozial-emotionale Entwicklung den Erwerb von Mathematik beeinflussen (vgl. Thiel, 2014, S. 50 – 51). Für den empirischen Teil der vorliegenden Arbeit werden unter dem Begriff „mathematische Kompetenzen“ die Fähigkeiten zusammengefasst, welche im Testinstrument WILMA erhoben werden. Diese Kompetenzen sind im Kapitel 1.4.2 detailliert aufgeführt.

### **1.2.2 Zahlbegriff nach Piaget**

Piaget beschäftigte sich als erster mit den Teilfertigkeiten, welche für den Erwerb des Zahlbegriffes benötigt werden und dem Entwicklungsverlauf dieser Fertigkeiten (vgl. Thiel, 2014, S. 10). Nach seinen Theorien erweitert sich die Kognition, wie auch die Entwicklung des Zahlkonzeptes durch das Erleben der Aussenwelt und Erschaffen und Ausbauen von Schemata (vgl. Krajewski, 2008, S. 34). Piaget geht davon aus, dass für ein reifes Zahlenverständnis gewisse Grundbegriffe beherrscht werden müssen. Hierzu gehören die Eins-zu-eins-Zuordnung und die Erhaltung. Unter der Eins-zu-eins-Zuordnung wird verstanden, dass jedem Objekt ein anderes zugeordnet werden kann. Dabei spielen die Merkmale der einzelnen Objekte keine Rolle. Bei der Erhaltung geht es darum, dass der Wert zweier Zahlen erhalten bleibt, auch wenn sich die Anordnung verändert. Wenn sich die Zahlvorstellung eines Kindes durch die Anordnung verändern lässt, fehlt es dem Kind an Invarianz oder einer gewissen grundlegenden Dauerhaftigkeit der Umgebung. Nach Piaget verfügen jüngere Kinder noch nicht über diese beiden Begriffe (vgl. Ginsburg & Oppen, 2004, S. 180 – 183). Im Alter von sechs bis sieben Jahren, im operativen Stadium, hat ein Kind ein dauerhaftes Verständnis der Invarianz erworben und hat dabei verstanden, dass die Anzahl einer Menge durch bloße räumliche Umstellung nicht verändert werden kann (vgl. Krajewski, 2008, S. 34).

Piaget beschreibt allgemeine Merkmale des Denkens von Kindern auf der präoperativen Stufe im Alter von vier bis sieben Jahren. Kinder in dieser Stufe neigen dazu, nur einen Ausschnitt der zur Verfügung stehenden Informationen in Betracht zu ziehen. Dieses Merkmal wird als Zentrierung beschrieben. Ein Kind in dieser Stufe hält zum Beispiel zwei Mengen dann für gleich, wenn sie gleich hoch sind und beachtet dabei die Breite nicht. Das Denken wird in dieser Entwicklungsphase als statisch beschrieben. Auf dieser Stufe fehlt es dem Kind an Reversibilität, was so viel wie Umkehrbarkeit bedeutet. Erst auf der Stufe der konkreten Operationen wird das Kind fähig zur Dezentrierung. Dies bedeutet, dass das Kind die Aufmerksamkeit mehreren Aspekten einer Situation gleichzeitig zuwenden kann. Ein Kind auf dieser Stufe ist auf Veränderungen eingestellt und versteht, dass eine Handlung in umgekehrter Richtung ausgeführt werden kann. Es kann gesagt werden, dass das Denken des Kindes auf der präoperativen Stufe irreversibel ist und das Kind nur Ausschnitte aller Informationen in Betracht zieht. Hingegen berücksichtigt das Kind auf der Stufe der konkreten Operationen mehrere Aspekte zugleich und ist für Veränderungen empfänglich. Diese Stadien werden nach Piaget unabhängig von der Kultur in der gleichen Abfolge durchlaufen. Das Alter, in dem die Stadien auftreten, kann aber sehr unterschiedlich sein. Das Kind wechselt nicht auf eine neue Stufe über Nacht. Piaget beschreibt in diesem Zusammenhang eine gewisse „Kontinuität“ der Entwicklung (vgl. Ginsburg & Oppen, 2004, S. 198 – 202).

### 1.2.3 Zählprinzipien

Fuson (1988, zusammengefasst nach Lambert, 2015, S. 23 – 24; Moser Opitz, 2008, S. 86 – 87 und Schneider, Küspert & Krajewski, 2016, S. 20 – 22) beschreibt in seinem Modell zum Erwerb der Zahlwortreihe fünf Niveaus, welche aufeinander aufbauen. Diese fünf Niveaus werden im Folgenden beschrieben. Die Übertitel (kursiv geschrieben) wurden von Moser Opitz (vgl. 2008, S. 86 – 87) übernommen.

#### *Ganzheitsauffassung der Zahlwortreihe (String Level)*

Auf dem ersten Niveau wird die Zahlwortreihe als Ganzes wahrgenommen und wie ein Lied oder ein Gedicht aufgesagt. Sie ist meistens auf eine bestimmte Anzahl begrenzt. Die Zahlwörter werden dabei teilweise noch nicht voneinander unterschieden. Es werden keine Elemente abgezählt und die Zahlen haben noch keine kardinale Bedeutung. Diese Phase ist sehr kurz und kann schon bei Kindern im Alter von ungefähr zwei Jahren beobachtet werden.

#### *Unflexible Zahlwortreihe (Unbreakable List Level)*

Die einzelnen Zahlwörter werden nun als einzelne Wörter erkannt. Beim Aufsagen der Zahlwortreihe müssen die Kinder immer wieder bei eins beginnen. Sie können noch nicht von einer beliebigen Zahl aus weiterzählen. Auf diesem Niveau gelingt eine Eins-zu-Eins-Zuordnung. Somit sind die Kinder in der Lage, eine Anzahl Elemente durch Abzählen der Objekte zu bestimmen. Fuson geht davon aus, dass sich auf dieser Stufe das Kardinalverständnis der Kinder entwickelt. Die Kinder werden sich bewusst, dass sie die Anzahl der Elemente mit dem letzten Zahlwort ihres Zählvorgangs beantworten können.

#### *Teilweise flexible Zahlwortreihe (Breakable Chain Level)*

Ungefähr im Alter von vier Jahren gelingt es dem Kind, die Zahlwortreihe von einem beliebigen Zahlwort aus aufzusagen. Die kardinale Bedeutung der Startzahl ist den Kindern bewusst und wird als Teilmenge wahrgenommen. Vor- und Nachfolgerzahlen können im kleinen Zahlenraum sofort benannt werden, wodurch auch Grösser-/Kleiner-Beziehungen zwischen Zahlen erkannt werden. Rückwärtszählen ist teilweise möglich.

#### *Flexible Zahlwortreihe (Numberable Chain Level)*

Auf dieser Stufe können Zahlwörter an sich gezählt werden. Dies bedeutet, dass die Zahlwortreihe nicht mehr nur auf konkrete Gegenstände angewendet werden kann. Durch zählendes Rechnen können nicht nur Additions- sondern auch Subtraktionsaufgaben bewältigt werden. Dieses Hoch- und Herunterzählen setzt noch kein Verständnis der Rechenoperationen voraus.

#### *Vollständig reversible Zahlwortreihe (Bidirectional Chain Level)*

Das fünfte Niveau ist nur selten vor Schuleintritt zu erwarten. Auf dieser Stufe erkennen die Kinder die Umkehrbarkeit von Addition und Subtraktion. Das Rückwärtszählen gelingt genau so gut wie das Vorwärtszählen. Zahlen können in verschiedene Komponenten unterteilt werden.

### **1.2.4 Entwicklungsmodelle früher mathematischer Fähigkeiten**

#### **Fünfstufiges Entwicklungsmodell nach Fritz und Ricken**

Fritz und Ricken (vgl. 2008, S. 33 – 42) unterteilen die mathematische Kompetenzentwicklung in fünf Stufen, welche im Folgenden beschrieben werden. Die Übertitel der Stufen (kursiv geschrieben) wurden von Schneider et al. (vgl. 2016, S. 37 – 39) übernommen.

##### **Stufe 1    *Reihenbildung und Mengenvergleich***

Diese Stufe bezieht sich auf Basisfertigkeiten, welche für weitere mathematische Entwicklungsschritte von Bedeutung sind. Dazu zählen beispielsweise das Sortieren von Objekten nach ihrer Grösse sowie das Erlernen der Zahlwortreihe. Die Kinder lernen, die Zahlwörter als ein zusammenhängendes Wortgebilde aufzusagen. Abzählungen von Objekten gelingen auf dieser Stufe noch nicht. Kleinere Mengen können durch Eins-zu-eins-Zuordnung miteinander verglichen werden. Die Kinder können sich etwas unter den Begriffen „viel“, „wenig“, „mehr“ und „weniger“ vorstellen.

##### **Stufe 2    *Ordinaler Zahlenstrahl und zählendes Rechnen***

Auf der zweiten Stufe können Kinder Zahlwörter voneinander unterscheiden und auf Objekte anwenden. Für die Kinder ist die Zahlwortreihe eine untrennbare Sequenz, welche immer mit eins beginnt. Durch das vollständige Aufsagen dieser Zahlwortreihe können Zählhandlungen ausgeführt werden. Die Kinder begreifen, dass die Zahlwortreihe eine feste Abfolge hat. Es können Vorgänger- und Nachfolgerzahlen benannt werden und es gelingt den Kindern, Zahlen aufgrund ihrer Position auf dem mentalen Zahlenstrahl miteinander zu vergleichen. Die Abstände zwischen den Zahlen haben noch keine Bedeutung.

### Stufe 3 *Kardinale Mengenvorstellung*

Auf der Stufe drei gelingt es den Kindern bereits, eine Gesamtmenge mit dem letzten Zahlwort zu benennen. Was aber nicht bedeutet, dass sie das Kardinalprinzip verstanden haben. Darunter wird die Einsicht verstanden, dass das letzte Zahlwort für alle Elemente einer Menge steht. Basierend auf dem Konzept der kardinalen Mengenvorstellung gelingen auf der dritten Stufe Additionen und Subtraktionen, bei denen eine Anzahl von Elementen als Teilmenge angesehen wird. Die Kinder können von einer ersten Menge aus weiterzählen. Sie sind nicht mehr darauf angewiesen, beim Zählen bei eins zu beginnen. Grössenvergleiche zwischen zwei Zahlen können nun vorgenommen werden, indem die Mächtigkeit ihrer Mengen verglichen wird.

### Stufe 4 *Teil-Ganzes-Zerlegbarkeit*

Auf dieser Stufe erkennen die Kinder, dass Zahlen für Mengen stehen, welche in Teilmengen zerlegt und wieder zur ursprünglichen Zahl zusammengesetzt werden können. Es wird den Kindern bewusst, dass Teilmengen Teile der Gesamtmenge sind. Die Kinder realisieren, dass der Abstand zwischen zwei Zahlen immer eins ist und dass Zahlen auch eine Differenz auf dem Zahlenstrahl angeben können (siehe Abbildung 3).



Abbildung 3 Die Zahl "zwei" gibt einen Abstand auf dem Zahlenstrahl an (Fritz und Ricken, 2008, S. 40)

### Stufe 5 *Relationaler Zahlbegriff und Teilmengenverständnis*

Auf dieser Stufe wird die Beziehung der Teilmengen und der Gesamtmenge noch deutlicher. Additionsaufgaben werden aus mindestens drei Mengen zusammengesetzt. Dazu zählen die beiden Teilmengen und die Summe. Bei Subtraktionsaufgaben wird eine Teilmenge von der Gesamtmenge abgegrenzt. Diese Einsicht macht es möglich, Zusammenhänge zwischen Aufgaben zu erkennen, was ein wichtiger Schritt in der Entwicklung des mathematischen Verständnisses ist.

### Entwicklungsmodell nach Krajewski

Das Entwicklungsmodell von Fritz und Ricken hat Ähnlichkeiten mit dem Ansatz von Krajewski (vgl. Krajewski & Ennemoser, 2013, S. 42 – 45). Im Gegensatz zum Modell von Fritz und Ricken beschreibt das Entwicklungsmodell früher mathematischer Fähigkeiten von Krajewski aber nur drei Ebenen der numerischen Entwicklung. Auf der ersten Ebene werden basale Fähigkeiten wie grobe Mengenunterscheidungen und das Aufsagen von Zahlwörtern in der exakten Reihenfolge beschrieben. Die zweite Ebene beschreibt die Verknüpfung von Mengen und Zahlen. Dazu erwerben die Kinder vorerst ein unpräzises Anzahlkonzept (z.B. wenig, viel, sehr viel). Darauf aufbauend entwickelt sich eine präzise Zuordnung des Zahlwortes zur exakten Anzahl. Parallel zu diesen Erkenntnissen erwerben die Kinder ohne Bezug zu Zahlen ein Verständnis für Grössenrelationen. In

diesem Zusammenhang lernen die Kinder, dass eine Menge in kleinere Mengen zerlegt und wieder zusammengesetzt werden kann. Ausserdem verstehen die Kinder nun, dass sich eine Menge nur dann verändert, wenn ihr etwas hinzugefügt oder weggenommen wird. Diese Erkenntnisse sind unabdingbar, um die Ebene drei zu erreichen, auf welcher ein tiefes numerisches Verständnis erworben wird. Den Kindern wird bewusst, dass eine Zahl aus anderen Zahlen zusammengesetzt ist und in andere Zahlen zerlegt werden kann. Weiterführend erkennen die Kinder, dass die Differenz zwischen zwei Zahlen wieder eine Zahl ist. Die Kinder erhalten auf dieser dritten Ebene ein Verständnis für Relationen zwischen Zahlen.

### Entwicklungsmodell nach von Aster und Shalev

Von Aster und Shalev (vgl. 2007, S. 870 – 871) beschreiben vier Stufen der numerischen Entwicklung. Dieses Modell kann helfen, neuropsychologische Probleme für Dyskalkulie aufzudecken. Die erste Stufe benennt Fertigkeiten, bei welchen es um die konkrete Mengenerfassung geht. Auf der zweiten Stufe können verbale Zahlwortsymbole benannt werden und die Kinder entwickeln Zählprinzipien. Das Erkennen von visuell-arabischen Zahlensymbolen gelingt auf der dritten Stufe. Mit diesem Entwicklungsschritt wird auch schriftliches Rechnen möglich. Auf der vierten Stufe erlangen die Kinder eine Zahlenraumvorstellung im Sinne eines mentalen Zahlenstrahls.

### Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Entwicklungsmodelle

Fischer, Roesch und Moeller (vgl. 2017, S. 27) haben nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden der drei Modelle nach von Aster, Fritz und Ricken und Krajewski gesucht. Sie benennen acht Kernkompetenzen, welche sich in den drei Modellen wiederfinden. In der Abbildung 4 sind die drei Modelle in Bezug zu den acht Kernkompetenzen dargestellt.

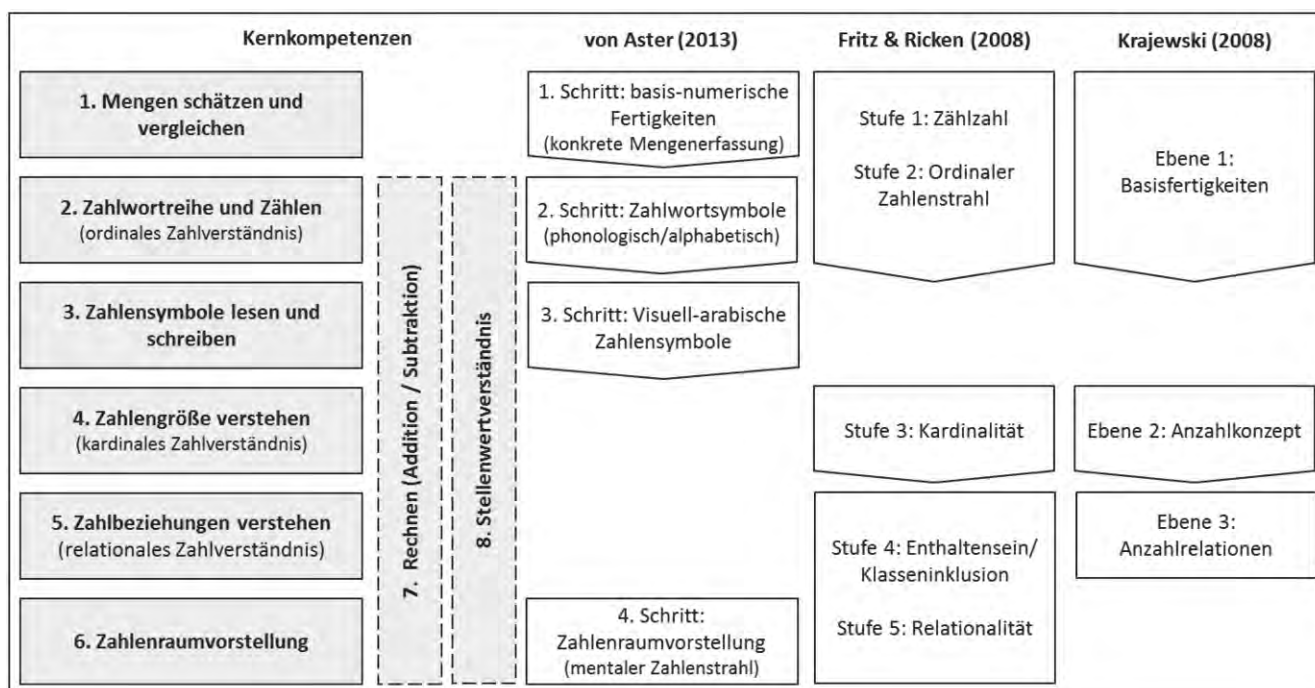


Abbildung 4 Darstellung der verschiedenen Stufen der Entwicklungsmodelle im Abgleich mit den Kernkompetenzen (Fischer et al., 2017, S. 27)

Im Folgenden werden diese acht Kernkompetenzen aufgeführt und es wird nach Fischer et al. (vgl. 2017, S. 31 – 33) beschrieben, inwiefern sich diese Kernkompetenzen im TEDI-MATH wiederfinden.

### 1) *Mengen schätzen und vergleichen*

Diese Kernkompetenz wird in allen Entwicklungsmodellen als Ausgangspunkt der numerischen Entwicklung genannt. Es ist beispielsweise die grundlegende Fähigkeit gemeint, zwei Punktemengen aufgrund ihrer Grösse miteinander zu vergleichen. Der optionale Untertest „Approximativer Grössenvergleich Punkte“ überprüft im TEDI-MATH den Vergleich von Mengen.

### 2) *Zahlwortreihe und Zählen (ordinales Zahlverständnis)*

Diese Fähigkeit wird ebenfalls in allen Modellen beschrieben. Einerseits ist damit der Erwerb der Zahlwortreihe gemeint. Andererseits wird aber auch das Abzählen von Gegenständen im Sinne einer Eins-zu-Eins-Zuordnung verstanden. Zählkompetenzen werden im TEDI-MATH in mehreren Untertests überprüft.

### 3) *Zahlensymbole lesen und schreiben*

Bei dieser Kernkompetenz geht es um die Fähigkeit, arabische Ziffern aufzuschreiben und vorzulesen. Der TEDI-MATH enthält einen Untertest zum Lesen gedruckter Zahlen.

### 4) *Zahlengrösse verstehen (kardinales Zahlverständnis)*

Unter dem kardinalen Zahlverständnis wird die Einsicht verstanden, dass jede Zahl für eine spezifische Menge steht. Beim Zählvorgang steht die letzte genannte Zahl für die Anzahl der genannten Objekte. Das kardinale Zahlenverständnis wird im TEDI-MATH im Untertest „Abzählen“ überprüft, indem den Kindern die Frage gestellt wird, wie viele Objekte es insgesamt sind.

### 5) *Zahlbeziehungen verstehen (relationales Zahlverständnis)*

Auf dem kardinalen Zahlverständnis baut die Erkenntnis auf, dass Zahlen in Beziehung zueinander gesetzt werden können. So kann eine Zahl die Differenz zwischen zwei Zahlen beschreiben oder auch andere Zahlen enthalten. Im TEDI-MATH wird diese Kompetenz im Untertest „Additive Zerlegung“ überprüft.

### 6) *Zahlenraumvorstellung*

Unter der Zahlenraumvorstellung wird verstanden, dass die Kinder Zahlen auf einem mentalen Zahlenstrahl ordnen können. Der TEDI-MATH enthält keine Zahlenstrahlaufgaben.

### 7) *Rechnen (Addition/Subtraktion)*

Diese Kernkompetenz wird bei keinem der Modelle als eigener Entwicklungsschritt genannt. Basierend auf der verwendeten Lösungsstrategie lässt sich diese Fähigkeit mehreren Stufen zuordnen. Der TEDI-MATH enthält unterschiedlich schwierige Additions- und Subtraktionsaufgaben.

### 8) *Stellenwertverständnis*

Das Stellenwertverständnis beschreibt die Kompetenz, Zahlen in das Stellenwertsystem einzugliedern. Damit ist das Verständnis für die Zusammensetzung einer Zahl aus Einern, Zehnern, Hundertern, etc. gemeint. Diese Fähigkeit ist wie das Rechnen auf unterschiedlichen Stufen bedeutend. Das Stellenwertverständnis wird im TEDI-MATH in verschiedenen Aufgaben überprüft.



### 1.2.5 Einflussfaktoren der mathematischen Kompetenzen

Kaufmann et al. (vgl. 2009, S. 21) gehen davon aus, dass die Entwicklung numerisch-rechnerischer Fertigkeiten von nicht-numerischen Fähigkeiten wie Sprache, Arbeitsgedächtnis, visuell-räumlichen Fähigkeiten und anderen exekutiven Funktionen beeinflusst wird. Die gleichen Einflussfaktoren und noch einige weitere werden von Jacobs und Petermann (vgl. 2012, S. 41) als Basisfunktionen für mathematische Basiskompetenzen genannt. Diese sind in der Abbildung 5 dargestellt.

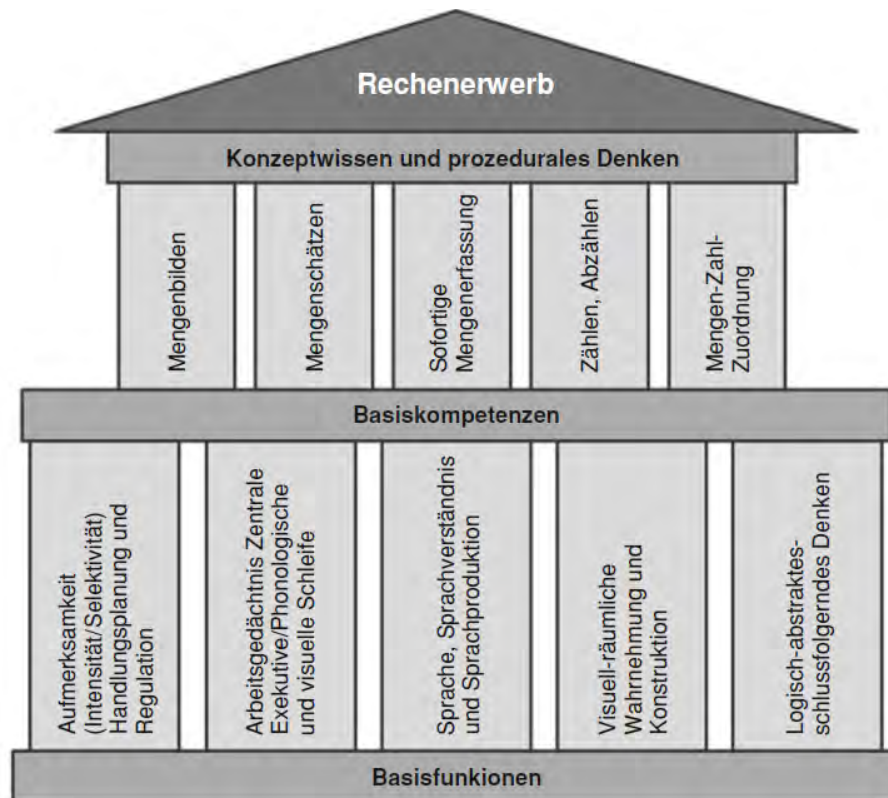


Abbildung 5 Basisfunktionen für den Rechnerwerb (Jacobs & Petermann, 2012, S. 41)

Im Folgenden werden die Zusammenhänge zwischen mathematischen Kompetenzen und den Bereichen Sprache und räumliche Fähigkeiten erläutert. Diese Zusammenhänge sind für den empirischen Teil der vorliegenden Arbeit bedeutsam.

#### Sprache

Nach Werner (2009, S. 54) hängt der Erfolg des Mathematikunterrichts davon ab,

- ob eine gemeinsame Absicht erkannt wird,
- ob die Verständigung auf einem gemeinsamen Zeichenvorrat beruht und
- ob die zu vermittelten Botschaften/Informationen gegenseitig verstanden werden und subjektiv bedeutsam sind.

Mathematik ist eine Fachwissenschaft, welche sich mit abstrakten Zeichen, Begriffen und Symbolen beschäftigt. Im Mathematikunterricht zeigt sich einerseits, dass Kinder richtig rechnen, ohne jedoch zu begreifen, was sie genau gerechnet haben. Dies bedeutet, dass ihnen die Bedeutung der Zeichen nicht bekannt ist. Andererseits lässt sich beobachten, dass es gewissen Kindern gelingt, alltagsverbundene Rechnungsaufgaben zu lösen. Sie scheitern aber daran, diese Rechnungen in die

mathematische Schreibweise zu übersetzten. Somit braucht es Kommunikation, um Mathematik zu verstehen (vgl. Werner, 2009, S. 56 – 57). Nach Lorenz (vgl. 2016, S. 61) verwenden die Kinder mit dem Spracherwerb Zahlworte und es gelingt ihnen damit, Mengengrößen zu bestimmen und einfache Rechenaufgaben zu lösen. Indem die Kinder ihren Wortschatz erweitern, differenzieren sie auch ihre mathematischen Kompetenzen und erlernen Rechengvorgänge, welche auf Handlungen basieren. Zählen hilft ihnen dabei zum Ergebnis zu kommen. Das Erlernen der Zahlworte im Deutschen sollte nicht unterschätzt werden. Sie werden auf eine merkwürdige Weise gebildet und können nicht durch logische Schlussfolgerungen erschlossen werden. Dies führt natürlicherweise zu Fehlern, welche auf von den Kindern gebildeten Regeln beruhen. Diese Fehler sind notwendig, um weitere Entwicklungsschritte zu machen. Es ist zu beachten, dass Sprache eine Vielzahl von Fehlern verursachen kann und gerade Kinder mit einer Sprachentwicklungsstörung besonders anfällig für mathematische Missverständnisse sind. Im Zusammenhang mit Zweisprachigkeit geht Werner (vgl. 2009, S. 68 – 69) davon aus, dass neben der kognitiven Entwicklung kulturelle Rahmenbedingungen genauso relevant für das Mathematiklernen sind. So lernen Kinder mit Migrationshintergrund Mathematik meist in ihrer Zweitsprache.

### **Räumliche Fähigkeiten**

Im Rahmen der frühen mathematischen Bildung ist neben dem Bereich „Zahlen und Operationen“ auch der Bereich „Raum und Form“ sehr bedeutend. Es wird davon ausgegangen, dass räumliche Fähigkeiten für das Mathematiklernen und die Mathematikleistung eine zentrale Rolle spielen. Der Zusammenhang zwischen Mathematik und räumlichen Fähigkeiten kann unter anderem mit dem Triple-Code-Modell von Dehaene (1992) erklärt werden. Dieses geht von drei Funktionseinheiten zur Zahlenverarbeitung aus. Neben der symbolischen und sprachlichen Funktionseinheit wird die Vorstellung eines bildhaften, mentalen Zahlenstrahls genannt. Dadurch können Zahlen räumlich lokalisiert werden (vgl. Benz, Peter-Koop & Grüssing, 2015, S. 167 – 169). Lorenz (vgl. 2016, S. 64) geht davon aus, dass wir uns Zahlen bildhaft durch räumliche Beziehungen vorstellen. Er beschreibt Zahlen sogar als „geometrische Konstruktionen“ (Lorenz, 2016, S. 64). In unserem Kulturkreis stellen wir uns Zahlen linear von links nach rechts vor, wobei die kleinen Zahlen links und die grossen Zahlen rechts angeordnet werden. So erstaunt es nicht, dass viele Anforderungen im Mathematikunterricht sowohl geometrisches als auch räumliches Vorstellen voraussetzen. Dies bestätigt auch Radatz (vgl. 2007, S. 13).

### 1.3 Bestehende Studien zum Thema

Der Zusammenhang zwischen Intelligenz und Schulleistungen wurde bereits in einigen Studien untersucht. In zahlreichen Einzelstudien wurde ein mittlerer Zusammenhang zwischen Intelligenz und Schulleistungen gefunden. Der Korrelationskoeffizient beträgt etwa 0.5, was einer der höchsten Zusammenhänge in der psychologischen Diagnostik darstellt (Jensen, 1998, zitiert nach Holling & Vock, 2006, S. 494). Im Folgenden werden Studien beschrieben, welche sowohl Zusammenhänge zwischen Intelligenz und mathematischen Kompetenzen als auch weitere Einflussfaktoren der mathematischen Kompetenzen untersuchten.

Es bestehen einige Studien, welche einen indirekten oder direkten Zusammenhang zwischen Intelligenz und mathematischen Fähigkeiten im Vorschul- und Kindergartenalter aufzeigen. Einen direkten Einfluss der Intelligenz konnte die Studie von Foster, Anthony, Clements und Sarama (vgl. 2015, S. 56 – 65) nachweisen. Sie untersuchten bei 208 Kindern im Kindergartenalter unter anderem den Einfluss der nonverbalen Intelligenz (fluide Intelligenz), des Wortschatzes und der phonologischen Bewusstheit auf die mathematischen Kompetenzen. Die Ergebnisse zeigen, dass die fluide Intelligenz ( $r = 0.34$ ) und die phonologische Bewusstheit ( $r = 0.51$ ) signifikant mit der Rechenleistung korrelieren. Die Zusammenhänge werden von Foster et al. als klein, aber trotzdem bedeutsam beschrieben. Keine signifikanten Zusammenhänge zeigten sich zwischen Wortschatz und der Rechenleistung. Die Studie von Passolunghi, Lanfranchi, Altoè und Sallazzo (vgl. 2015, S. 25) setzte sich zum Ziel, den Einfluss von kognitiven Kompetenzen auf die numerischen Fähigkeiten von Kindern zu untersuchen. An der Studie nahmen 100 Kinder im Kindergartenalter teil. Die Ergebnisse machen deutlich, dass die nonverbale Intelligenz die phonologische Bewusstheit, die Verarbeitungsgeschwindigkeit und das Arbeitsgedächtnis der Kinder signifikant beeinflussen. Diese drei Faktoren hängen mit den frühen mathematischen Kompetenzen der Kinder zusammen. Passolunghi et al. kommen zum Schluss, dass die nonverbale Intelligenz die numerischen Kompetenzen der Kinder indirekt beeinflusst. In der Studie zeigte sich ausserdem ein direkter Einfluss der verbalen Intelligenz auf die numerischen Kompetenzen im Kindergartenalter. Die Langzeitstudie von Krajewski und Schneider (vgl. 2006, S. 246) setzte sich zum Ziel, mathematische Vorläuferfertigkeiten zu identifizieren. Dazu wurden die frühen mathematischen Kompetenzen von 153 Vorschulkindern untersucht. Spezifische und unspezifische Prädiktoren wurden dafür hinzugezogen. Prädiktoren sind Variablen (veränderliche Grössen), die benutzt werden, um die Werte einer anderen Variablen vorherzusagen. Weiterführend wurde am Ende der ersten und vierten Klasse die Mathematikleistung der Kinder erhoben. Die Ergebnisse machen deutlich, dass am Ende der Grundschulzeit Leistungsunterschiede in der Mathematik durch die bei Schuleintritt erfassten Invarianz- und Anzahlkonzepte erklärt werden konnten. Diese Fähigkeiten wurden von den numerischen Basiskompetenzen vorhergesagt. Es zeigt sich weiter, dass sowohl die nonverbale Intelligenz als auch die Zugriffsgeschwindigkeit aus dem Langzeitgedächtnis mit den numerischen Basiskompetenzen zusammenhängen. Der Korrelationskoeffizient zwischen der nonverbalen Intelligenz und den numerischen Basisfertigkeiten beträgt 0.31. Die Intelligenz zeigte jedoch keinen direkten Einfluss auf die schulischen Mathematikleistungen. Als direkter Einflussfaktor der Mathematikleistungen erwies sich die soziale Schicht der Kinder. Die Abbildung 6 zeigt einen Überblick über die von Krajewski und Schneider gefundenen Korrelationskoeffizienten.

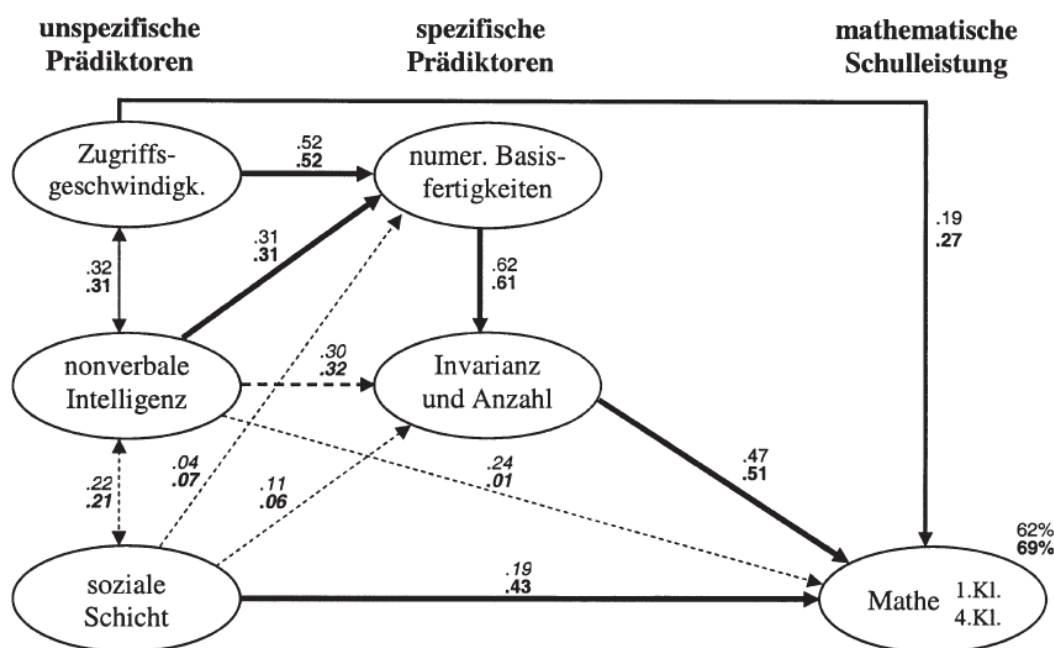


Abbildung 6 Vorhersage der Mathematikleistungen in der 1. Klasse (obere Werte) und in der 4. Klasse (fettgedruckte untere Werte) aus den zwei Monate vor Schuleintritt erhobenen Prädiktoren, Pfeile geben die Richtung der Pfade mit den zugehörigen Koeffizienten wieder, nicht signifikante Pfade sind gestrichelt gedruckt (Krajewski & Schneider, 2006, S. 25)

Einige Studien, deren Stichproben Kinder im Gymnasium oder in der 7./8. Klasse umfassten, fanden einen direkten Einfluss von Intelligenz auf die Rechenleistung. In der Studie von Steinmayr und Meissner (vgl. 2013, S. 273) wurde eine Stichprobe von 226 Schülerinnen und 237 Schülern der 8. Klasse an vier Gymnasien und drei Realschulen untersucht. Dabei wurde unter anderem der Einfluss von Intelligenz auf Leistungstests und Noten im Fach Mathematik untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Intelligenz sowohl das Resultat im standardisierten Mathematiktest als auch die Mathematiknote beeinflusst. Primi, Ferrão und Almeida (vgl. 2010, S. 446) untersuchten den Zusammenhang zwischen fluider Intelligenz und mathematischen Fähigkeiten von 166 Schülerinnen und Schülern im Alter von 11 bis 14 Jahren. Es wurden folgende kognitive Faktoren untersucht: numerisches Denken, abstraktes Denken, verbales Denken und räumliches Denken. Über zwei Jahre hinweg absolvierten die Schülerinnen und Schüler jeweils einen Mathematiktest am Anfang und am Ende der siebten und der achten Klasse. Die Ergebnisse zeigen, dass ein hoher Intelligenzwert einerseits einen höheren Anfangswert des Mathematiktests voraussagen konnte. Weiterführend konnte bei den Schülerinnen und Schülern mit einem hohen Intelligenzwert auch ein steilerer Anstieg der Ergebnisse der Mathematiktests beobachtet werden.

Zudem gibt es einige Studien, welche weitere Einflussfaktoren der mathematischen Kompetenzen beschreiben. In der Längsschnittstudie von Krajewski, Schneider und Niding (vgl. 2008, S. 105 – 111) wurde mit einer Stichprobe von 108 Kindergartenkindern (55 Mädchen, 53 Jungen) die Bedeutung der verschiedenen Komponenten des Arbeitsgedächtnisses und der Intelligenz für die schulischen Rechtschreib- und Mathematikleistungen untersucht. Darüber hinaus wurde überprüft, ob die phonologische Bewusstheit die mathematischen Vorläuferfertigkeiten beeinflusst. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die phonologische Bewusstheit und die visuell-räumliche Komponente des

Arbeitsgedächtnisses auf die basalen Zahlenkompetenzen der Kinder auswirken. Diese Kompetenzen führen wiederum zu höheren Mengen-Zahlen-Kompetenzen, welche einen hohen Zusammenhang mit der Mathematikleistung am Ende der ersten Klasse zeigen. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass sowohl die phonologische Bewusstheit als auch die visuell-räumliche Komponente des Arbeitsgedächtnisses bereits vor dem Schuleintritt den Aufbau von spezifischen basalen Zahlkompetenzen mitbestimmen. Die phonologische Bewusstheit konnte 37 Prozent und das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis 12 Prozent der Varianz (Unterschiede) in den basalen Zahlenkompetenzen erklären. Schuchardt, Piekny, Grube und Mähler (vgl. 2014, S. 24) untersuchten, welche Faktoren die numerische Entwicklung im Alter von sechs Jahren beeinflussen. Dazu wurden bei 132 Fünfjährigen kognitive Faktoren (Intelligenz, Arbeitsgedächtnis, Abruf von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis und phonologische Bewusstheit) als Prädiktoren für die numerischen Kompetenzen untersucht. Darüber hinaus wurde der Einfluss von Merkmalen der sozialen Umgebung wie zum Beispiel der sozioökonomische Status und die häusliche Umgebung in Bezug auf die numerischen Kompetenzen analysiert. Die Ergebnisse zeigen, dass die Intelligenz und die phonologische Bewusstheit die numerischen Kompetenzen im Vorschulalter nicht bedeutsam beeinflussten. Dafür stellen sich das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis sowie die Abrufgeschwindigkeit aus dem Langzeitgedächtnis als wichtige Einflussfaktoren der numerischen Fähigkeiten heraus. Weiterführend konnte die Studie aufzeigen, dass der sozioökonomische Status und die häusliche numerische Umgebung die numerischen Kompetenzen beeinflussen. Auch Kleszczewski et al. (vgl. 2015, S. 83) untersuchten den Zusammenhang zwischen Arbeitsgedächtnis und mathematischen Leistungen. Die Stichprobe umfasst 68 Kinder in der dritten Klasse, welche durchschnittliche Mathematikleistungen zeigten und 68 Kinder mit tiefen mathematischen Leistungen. Die Ergebnisse zeigen, dass sich schlechte Funktionen des Arbeitsgedächtnisses negativ auf die mathematische Leistung der Kinder auswirken. Des Weiteren konnte in der Studie gezeigt werden, dass Kinder mit tiefen mathematischen Leistungen, welche unter einem kritischen IQ-Wert lagen, schlechte visuelle Fähigkeiten des Arbeitsgedächtnisses zeigten. In der Studie von Hassinger-Das, Jordan, Glutting, Casey und Dyson (vgl. 2015, online) mit einer Stichprobe von 107 Kindern kristallisierten sich Aufmerksamkeitsdefizite und Probleme in den exekutiven Funktionen im Kindergartenalter als Prädiktor für mathematische Fähigkeiten in der ersten Klasse heraus. Einen Einfluss der exekutiven Funktionen konnte auch Noël (vgl. 2009, S. 1630 – 1632) in ihrer Studie bestätigen. Sie untersuchte bei 80 Vorschulkindern den Einfluss einer begrenzten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses auf die Entwicklung der numerischen Fähigkeiten. Die Ergebnisse zeigen, dass Arbeitsgedächtnisfunktionen im Bereich der phonologischen Schleife und der zentralen Exekutive sowohl mit den Zähl- und Additionsfähigkeiten als auch den Wortschatzkenntnissen der Kinder zusammenhängen. Dabei stellten die Fähigkeiten der zentralen Exekutive den grössten Prädiktor dar. Der Zusammenhang zwischen Wortschatz und mathematischen Fähigkeiten wurde in einer Studie von Praet, Titeca, Ceulemans und Desoete (vgl. 2013, S. 90) untersucht. Dazu wurden bei einer Stichprobe von 63 Kindern im Kindergartenalter die sprachlichen und mathematischen Fähigkeiten getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass die sprachlichen Fähigkeiten sowohl das Benennen von Zahlen als auch die Zählfertigkeiten beeinflussen. Die sprachlichen Kompetenzen konnten in dieser Studie

etwas mehr als 21 Prozent der Varianz in den mathematischen Fähigkeiten im Kindergartenalter erklären.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Viele Studien konnten einen Zusammenhang zwischen Intelligenz und mathematischen Kompetenzen bestätigen (vgl. Foster et al., 2015; Passolunghi et al., 2015; Krajewski & Schneider, 2006; Steinmayr & Meissner, 2013 und Primi et al., 2010). Einige Studien konnten aufzeigen, dass weitere Faktoren die mathematische Leistung beeinflussen. Zum Beispiel fanden mehrere Studien einen Zusammenhang zwischen mathematischen und sprachlichen Fähigkeiten (vgl. Foster et al., 2015; Passolunghi et al., 2015; Krajewski et al., 2008; Schuchardt et al., 2014 und Praet et al., 2013). Die Studie von Noël (vgl. 2009) und Hassinger-Das et al. (vgl. 2015) konnte einen Zusammenhang zwischen exekutiven Funktionen und mathematischen Kompetenzen bestätigen. Bei weiteren Studien zeigte sich das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis als bedeutsamer Einflussfaktor der mathematischen Leistung (vgl. Krajewski et al., 2008 und Schuchardt et al., 2014). Wobei zu beachten ist, dass das Arbeitsgedächtnis nach Rost (vgl. 2013) und Brydges et al. (vgl. 2012) mit der fluiden Intelligenz zusammenhängt (siehe Kapitel 1.1.4). Um einen Überblick über die beschriebenen Studien zu gewinnen, wurden die aufgeführten Einflussfaktoren der mathematischen Kompetenzen in einem Mindmap (siehe Abbildung 7) dargestellt. Die genannten Einflussfaktoren in den Studien sind auf der untersten (vierten) Ebene des Mindmaps abgebildet. Um diese Einflussfaktoren einzuordnen, haben die Autorinnen sie den ICF-Kriterien nach WHO (2011) zugeteilt. Diese ICF-Kriterien sind im Mindmap auf der zweiten und dritten Ebene dargestellt. Auf der obersten (ersten) Ebene steht der Begriff „Mathematische Kompetenzen“. Viele der Einflussfaktoren, welche in der Abbildung 7 aufgeführt sind, werden auch von Kaufmann et al. (vgl. 2009) und von Jacobs und Petermann (vgl. 2012) beschrieben (siehe Kapitel 1.2.5).

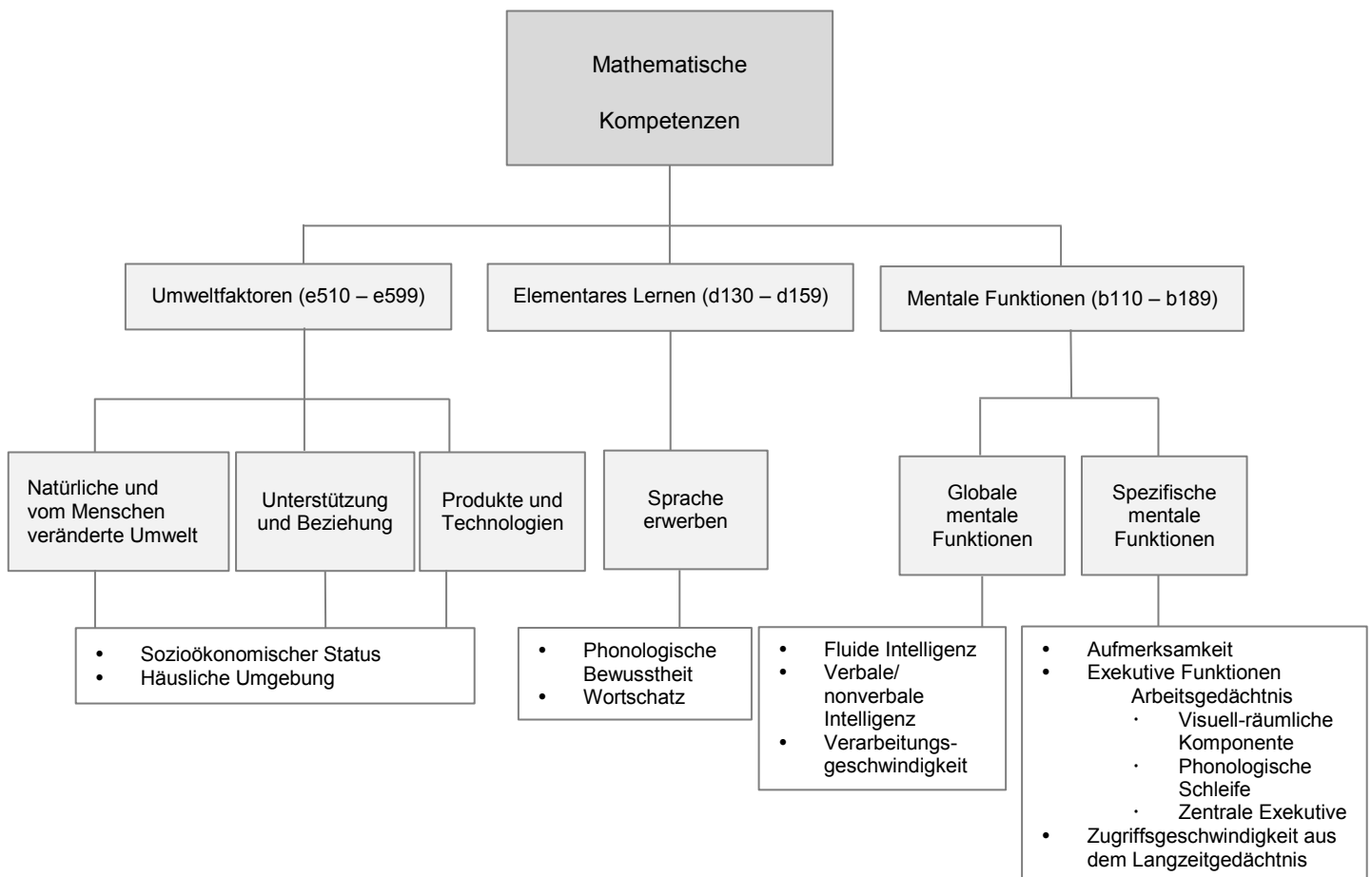


Abbildung 7 Übersicht der in den Studien genannten Einflussfaktoren (unterste, vierte Ebene) auf die mathematischen Kompetenzen (oberste, erste Ebene), welche nach den ICF-Kriterien (WHO, 2011) gegliedert wurden (zweite und dritte Ebene)

Neben den aufgeführten Einflussfaktoren zählen Krajewski und Schneider (2006) und Krajewski et al. (2008) die basalen mathematischen Kompetenzen zu den zentralen Prädiktoren für spätere Leistungen in der Mathematik. Zu diesem Schluss kommt auch eine Studie von Jordan, Kaplan, Ramineni und Locuniak (vgl. 2009, online). Sie untersuchten die frühen numerischen Kompetenzen von 378 Kindern zu sechs Zeitpunkten zwischen dem Start des Kindergartens bis zur ersten Klasse. Anschliessend wurden die mathematischen Fähigkeiten der Kinder zu fünf weiteren Zeitpunkten vom Ende der ersten Klasse bis zum Ende der dritten Klasse getestet (n = 196). Die Ergebnisse zeigen einerseits, dass frühe numerische Kompetenzen mit dem Leistungsanstieg zwischen der ersten und der dritten Klasse zusammenhängen. Weiterführend erwiesen sich frühe numerische Kompetenzen als Prädiktor für das Leistungsniveau in der Mathematik in der dritten Klasse. Duncan et al. (vgl. 2006, S. 2) haben in einer Metaanalyse die Daten von sechs Langzeitstudien untersucht. Ziel war es, Schlüsselfaktoren für die Schulreife und spätere Lese- und Mathematikleistungen aufzudecken. Über alle sechs Langzeitstudien hinweg erwiesen sich frühe mathematische Kompetenzen als der stärkste Prädiktor für spätere Leistungen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass frühe mathematische Kompetenzen spätere Leistungen beeinflussen können. Umso mehr stellt sich die Frage, welche Faktoren auf die frühen mathematischen Kompetenzen einwirken. Die vorliegende Masterarbeit leistet einen Beitrag zu dieser Fragestellung.

## 1.4 Testverfahren

Dieses Kapitel befasst sich mit den Testverfahren, welche für den empirischen Teil dieser Arbeit relevant sind (SON-R 2½ -7, WILMA und SGW). Dazu werden die einzelnen Aufgaben der Testverfahren beschrieben und es wird erläutert, auf welchen spezifischen Kompetenzen die jeweiligen Aufgaben basieren. So wird in Bezug auf die vorliegende Arbeit verdeutlicht, welche Fähigkeiten mit den Begriffen Intelligenz und mathematischen Kompetenzen zusammengefasst werden. Weiterführend werden Hinweise zur Auswertung und zur Interpretation der Testergebnisse gemacht.

### 1.4.1 SON-R 2½ -7

Der SON-R 2½ -7 kann als zuverlässiges, valides und sprachfreies Testinstrument zur Erfassung der allgemeinen Intelligenz von Kindern beschrieben werden (vgl. Tellegen et al., 2007, S. 136). Mit diesem Testinstrument können vielfältige Intelligenzfunktionen untersucht werden. Der Schwerpunkt liegt auf visuomotorischen, perzeptiven Fähigkeiten sowie dem räumlichen Verständnis und der Fähigkeit zum abstrakten und konkreten Denken. Im Intelligenzmodell nach Carroll (siehe Kapitel 1.1.2) entspricht dies den Faktoren fluide Intelligenz und visuelle Wahrnehmung (vgl. Tellegen et al., 2007, S. 14). Dieses Testverfahren zeichnet sich durch einige Besonderheiten aus, welche im Folgenden erläutert werden. Die Instruktionen können sowohl verbal als auch nonverbal gegeben werden und so der Sprachentwicklung des Kindes angepasst werden. Grundsätzlich kann der Test nonverbal durchgeführt werden. Es ist aber anzumerken, dass sprachliche Kompetenzen wie das Benennen von Gegenständen dem Kind das Finden der korrekten Lösung durchaus erleichtern können. Weiterführend gibt die Testleitungsperson dem Kind nach jeder Aufgabe eine Rückmeldung und verbessert mit dem Kind zusammen die Fehler. Damit der Test nicht zu lange dauert, wird je nach Alter des Kindes bei einer anderen Aufgabe eingestiegen. Es gibt Abbruchkriterien, welche es zu berücksichtigen gilt, damit das Kind nicht durch Überforderung die Motivation verliert. Die durchschnittliche Durchführungszeit liegt bei 50 Minuten (vgl. Tellegen et al., 2007, S. 26 – 27). Nach Erfahrung der Autorinnen dauerte die Durchführung des SON-R 2½ -7 bei Fünfjährigen meist sogar eine Stunde oder sogar etwas länger. Unter anderem tragen das anschauliche Testmaterial, der altersangepasste Testeinstieg sowie die Möglichkeit zur aktiven Mitwirkung während des Tests dazu bei, dass der SON-R 2½ -7 schon bei sehr jungen Kindern angewendet werden kann (vgl. Petermann, 2010, S. 18). Es kann davon ausgegangen werden, dass der SON-R 2½ -7 bei Kindern zwischen drei und sechs Jahren gut eingesetzt werden kann (vgl. Tellegen et al., 2007, S. 136).

Der SON-R 2½ -7 enthält sechs Subtests (vgl. Tellegen et al., 2007, S. 14 – 18). Diesen Subtests sind je 14 bis 17 Aufgaben zugeordnet, bei welchen der Schwierigkeitsgrad stetig ansteigt. Diese Subtests beginnen jeweils mit einer Beispielaufgabe. Jeder Subtest kann in zwei Teile unterteilt werden, welche sich sowohl im Material als auch in den Instruktionen unterscheiden können (vgl. Petermann, 2010, S. 15). Diese Subtests lassen sich nach inhaltlichen und empirischen Aspekten unterschiedlichen Skalen zuordnen. Die Tabelle 2 zeigt eine Übersicht der sechs Subtests. Im Anhang 10.1 befinden sich ausgewählte Aufgaben und eine Übersicht des Materials der einzelnen Subtests.



Tabelle 2 Übersicht der sechs Subtests im SON-R 2 ½-7 (vgl. Tellegen et al., 2007, S. 14 – 18)

Subtest	Aufgabe	Fähigkeiten	Inhaltliche Einteilung	Empirische Einteilung
1) <i>Mosaik</i>	Mit Quadraten Muster in einem Rahmen nachlegen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formrelationen zwischen Teilen und dem Ganzen erfassen</li> <li>- Vorlage analysieren und aufgrund der Synthese in Einzelteile handeln</li> </ul>	Räumliches Verständnis	Handlungstest
2) <i>Kategorien</i>	Karten anhand vorgegebener Kategorien sortieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ordnungsprinzipien ableiten</li> <li>- Gruppierung von Gegenständen aufgrund von gemeinsamen Merkmalen</li> </ul>	Abstraktes Denken	Denktest
3) <i>Puzzles</i>	Puzzles mit oder ohne Vorlage legen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analytisches und synthetisches Denken</li> <li>- Wahrnehmung von Raum-Lage und Figur-Grund-Beziehungen</li> <li>- Umwelterfahrungen des Kindes (Bilder erkennen)</li> </ul>	Konkretes Denken, Räumliches Verständnis	Handlungstest
4) <i>Analogien</i>	Spielsteine sortieren und Veränderungsprinzipien erkennen und anwenden	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ordnungsprinzipien im Sinne eines Sortierprinzips erkennen und anwenden</li> <li>- Analogien/Gesetzmässigkeiten erkennen und wiedergeben</li> </ul>	Abstraktes Denken	Denktest
5) <i>Situationen</i>	Fehlende Zeichnungen auswählen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bilder ergänzen</li> <li>- Komplexe Situationen folgerichtig vervollständigen</li> </ul>	Konkretes Denken	Denktest
6) <i>Zeichenmuster</i>	Ein Zeichenmuster nachzeichnen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Raumlage und Anordnung einer Figur differenziert wahrnehmen und wiedergeben</li> <li>- Visuomotorische Fertigkeiten</li> </ul>	Räumliches Verständnis	Handlungstest

Bei der inhaltlichen Einteilung wird zwischen Subtests zum abstrakten oder konkreten Denken und Subtests zum räumlichen Verständnis unterschieden. Subtests, die abstraktes Denken abbilden („Kategorien“ und „Analogien“), basieren auf Verknüpfungen zwischen abstrakten Begriffen (z.B. geometrische Figuren). Diese Begriffe sind nicht an Raum oder Zeit gebunden. Ein Ordnungsprinzip soll abgeleitet und auf neue Aufgaben angewendet werden. Hingegen geht es beim Subtest „Situationen“ zur Abbildung des konkreten Denkens darum, eine auf die Realität bezogene, räumlich-zeitliche Verbindung zwischen Objekten herzustellen. Die Fähigkeit zum räumlichen Denken wird in den räumlichen Subtests („Mosaik“ und „Zeichenmuster“) erfasst. Dabei geht es um Formrelationen zwischen Teilen einer Abbildung. Beim Subtest „Puzzles“ bezieht sich die Beziehung, welche zwischen den einzelnen Teilen erkannt werden muss, sowohl auf die räumliche Anordnung der Form (räumliches Vorstellungsvermögen) als auch auf die Bedeutung (konkretes Denken). Deshalb kann dieser Subtest inhaltlich nicht eindeutig zugeordnet werden. Die empirischen Einteilungen im SON-R 2½ -7 unterscheidet zwischen Handlungstests und Denktests. Bei den drei Subtests „Puzzles“, „Mosaik“ und „Zeichenmuster“ wird die Lösung während der Durchführung vom Kind Schritt für

Schritt erarbeitet, weshalb diese Subtests Handlungstests genannt werden. „Situationen“, „Kategorien“ und „Analogien“ sind hingegen Denktests. Dort muss immer die richtige Lösungsalternative ausgewählt werden (vgl. Tellegen et al., 2007, S. 24 – 26).

Zur Auswertung des SON-R 2½ -7 können die Rohdaten der Subtests in einem Computerprogramm eingegeben werden. Mithilfe des exakten Alters des Kindes berechnet das Programm einen IQ der Handlungsskala (SON-HS), der Denkskala (SON-DS) und einen Gesamtwert (SON-IQ). Während die SON-HS die drei Subtests „Mosaik“, „Puzzles“ und „Zeichenmuster“ umfasst, werden für die SON-DS die Untertests „Kategorien“, „Analogien“ und „Situationen“ beigezogen. Der SON-IQ berücksichtigt alle Subtests und beinhaltet damit am meisten Informationen. Deshalb sollte dem SON-IQ bei der Interpretation am meisten Beachtung geschenkt werden. Zudem ist dieser Wert auch am zuverlässigsten. Die Interpretation des SON-IQ kann der Tabelle 3 entnommen werden. Aufgrund der Normierung des SON-R 2½ -7 wird von einem Mittelwert von 100 und einer Standardabweichung von 15 ausgegangen (vgl. Tellegen et al., 2007, S. 126 – 127).

Tabelle 3 Interpretation des SON-IQ nach Tellegen et al. (vgl. 2007, S. 127)

IQ	Beschreibung	Prozent
>130	Sehr hoch	2 %
121 – 130	Hoch	7%
111 – 120	Überdurchschnittlich	16%
90 – 110	Durchschnittlich	50%
80 – 89	Unterdurchschnittlich	16%
70 – 79	Niedrig	7%
>70	Sehr niedrig	2%

Die Ergebnisse auf der Ebene der einzelnen Subtests zu vergleichen ist weniger sinnvoll, da diese weniger zuverlässig sind. Neben den genannten Werten werden im Computerprogramm Verhaltensbeobachtungen des Kindes während der Aufgabenbearbeitung festgehalten. Dazu zählen die folgenden vier Kriterien: Motivation, Konzentration, Kooperation und Verständnis der Instruktionen.

Die Motivation beschreibt, inwiefern das Kind während der Durchführung des Tests Interesse und Ausdauer beim Ausprobieren zeigt. Es wird beobachtet, ob das Kind zielstrebig und selbständig arbeitet oder häufig durch die Testleitung zur Weiterarbeit motiviert werden muss. Im Bereich Konzentration wird eingeschätzt, inwiefern das Kind die Aufmerksamkeit auf die Testaufgaben lenken und aufrechterhalten kann. Es stellt sich die Frage, in welchem Ausmass das Kind sorgfältig arbeitet oder während der Durchführung motorisch unruhig wirkt. Bei der Beurteilung dieses Kriteriums sollte auch das Alter des Kindes berücksichtigt werden. Der Bereich Kooperation fasst zusammen, ob das Kind bereit ist, mit der testenden Person zusammenzuarbeiten und inwiefern das Kind während des Tests Kontakt- und Kommunikationsfreude zeigt. Darunter wird verstanden, wie das Kind auf Aufforderungen des Testleiters oder der Testleiterin reagiert. Es wird beobachtet, ob sich das Kind durch Lachen, Gestik oder Lautäusserungen mitteilt. Beim letzten Kriterium wird beurteilt, wie schnell und genau das Kind den Inhalt der Instruktionen versteht und umsetzen kann. Diese vier Verhaltensbeobachtungen werden mithilfe der Kategorien „gut“, „wechselnd“, „mittelmässig“ oder

„schlecht“ eingestuft (vgl. Tellegen et al., 2007, S. 125 – 129). Bei der Normierung des SON-R 2½ -7 wurden 513 Mädchen und 514 Jungen untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Beurteilungen der vier genannten Verhaltensbeobachtungen signifikant mit dem SON-IQ korrelieren. Je tiefer der SON-IQ, desto schlechter wurden die Verhaltensbeobachtungen eingestuft. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass ein tiefer SON-IQ nicht mit der effektiven Intelligenz des Kindes zusammenhängen muss. Ein tiefer SON-IQ könnte vielmehr auch eine Folge des beobachteten Verhaltens sein. Bei guten Beurteilungen der Verhaltensbeobachtungen können die Interpretationen des SON-IQ als verlässlicher angesehen werden. Bei der Normierung zeigten sich weiter keine signifikanten Testleitereffekte. Während der Wohnort nicht mit dem Ergebnis des SON-R 2½ -7 zusammenhängt, kann das Bildungsniveau der Eltern durchaus Einfluss auf das Testergebnis nehmen. Weiterführend kann der Migrationshintergrund der Eltern das Testergebnis beeinflussen (vgl. Tellegen et al., 2007, S. 44 – 48). Im Rahmen der Validierung des SON-R 2½ -7 wurde bei 141 Kindern der Test nochmals durchgeführt. Der Korrelationskoeffizient beim Retest beträgt 0.79. Darüber hinaus wurde der Zusammenhang zwischen den Werten des SON-R 2½ -7 und den Ergebnissen von einigen Sprachtests untersucht. Dazu wurden 64 Kindern der Normstichprobe mit dem Sprachscreening für das Vorschulalter (SSV) getestet. Der Gesamtwert des SSV für Vier- bis Fünfjährige setzt sich aus den Untertests „Phonologisches Arbeitsgedächtnis für Nichtwörter“ und „Satzgedächtnis“ zusammen. Zwischen dem Testergebnis des SON-R 2½ -7 und dem SSV zeigte sich ein Korrelationskoeffizient von 0.29, was als geringe Korrelation angesehen werden kann. Eine höhere Korrelation wurde in einer amerikanischen Untersuchung gefunden, bei welcher 558 Kindern der Normstichprobe mit dem Reynell-Sprachverständnistest getestet wurden. Es zeigt sich ein Korrelationskoeffizient von 0.46 zwischen dem Testergebnis des SON-R 2½ -7 und dem Ergebnis im Bereich Sprachverständnis des Reynell-Tests (vgl. Tellegen et al., 2007, S. 55 – S. 60).

### 1.4.2 TEDI-MATH und WILMA

Der TEDI-MATH kann mit Kindern des vorletzten Kindergartenjahrs bis zur dritten Grundschulklasse eingesetzt werden. Er ermöglicht es, numerische Basisfertigkeiten im Vorschulbereich detailliert zu erfassen. Der TEDI-MATH beinhaltet Aufgaben zu den Komponenten „Zählen und Zählprinzipien“, „Zahlenverarbeitung“ und „Rechnen“. Insgesamt umfasst der TEDI-MATH 28 verschiedene Untertests. Je nach Schulstufe des Kindes werden für die Durchführung gewisse Untertests ausgewählt. Die Durchführung der Untertests für Kindergartenkinder nimmt durchschnittlich 30 Minuten in Anspruch und ist nur im Einzelsetting möglich. Der TEDI-MATH gibt nicht nur Auskunft über eine Gesamtleistung, sondern zeigt darüber hinaus detailliert auf, welche Zahlenverarbeitungs- und Rechenleistungen gestört sind. Dies kann Hinweise auf spezifische Interventionen geben (vgl. Kaufmann et al., 2009, S. 11 – 15).

Der Mathematiktest WILMA ist auf dem TEDI-MATH (vgl. Kaufmann et al., 2009) aufgebaut. Im Mathematiktest WILMA wurden gewisse Aufgaben des TEDI-MATH angepasst und einige neue Aufgaben aufgenommen. Der angepasste WILMA-Test beinhaltet insgesamt 16 Untertests. Nach Kuratli Geeler (o.J.) wurden für den WILMA nicht nur Aufgaben für die Kindergartenstufe aus dem TEDI-MATH ausgewählt, sondern auch solche für Primarschulkinder. Dies um einen Deckeneffekt zu vermeiden. Unter einem Deckeneffekt wird verstanden, dass ein Test zu einfach ist und somit alle

Probanden fast die gleichen Punktzahlen erzielen. Damit die Aufgaben für Primarschulkinder auch mit jüngeren Kindern durchgeführt werden können, wurden bei einigen Aufgaben im WILMA Symbole in Bilder übersetzt. Die Subtests „Entscheidung Zahlwort“ und „Textaufgaben“ wurden weggelassen, um die Kinder mit Deutsch als Zweitsprache nicht zu benachteiligen. Zudem wurden bei Subtests mit vielen Items einige davon weggelassen, um den Test zeitlich optimal zu halten. Nach Erfahrung der Autorinnen dauert die Durchführung des WILMA ca. 30 Minuten. So wie der TEDI-MATH wird auch der WILMA im Einzelsetting durchgeführt. Im Folgenden werden die Untertests des WILMA (kursiv geschrieben) mithilfe der entsprechenden Untertests im TEDI-MATH nach Kaufmann et al. (vgl. 2009, S. 92 – 96) beschrieben. Die vorangestellten Nummern entsprechenden den Untertests im WILMA. Die vergleichbaren Subtests des TEDI-MATH wurden jeweils in Klammern notiert. Im Anhang 10.2 befinden sich Beispiele von ausgewählten Aufgaben des WILMA und eine Übersicht des Materials.

### *1) Zählprinzipien (1)*

In diesem Untertest wird überprüft, inwieweit das Kind die verbale Zahlwortreihe aufsagen kann. Sowohl die Korrektheit der Zählwortabfolge als auch die Flexibilität in der Anwendung sind von Bedeutung (z.B. ab einer Startzahl weiterzählen, rückwärts zählen, in Zweierschritten zählen).

### *2) Abzählen (2)*

Dieser Untertest überprüft unterschiedliche Zählprinzipien. Neben der stabilen Abfolge der Zahlwortreihe muss hier auch eine Eins-zu-Eins-Zuordnung gelingen. Dazu sollen die Kinder eine gleiche Menge an Holzrondellen hinlegen wie es Punkte hat oder unterschiedliche Objekte zählen. Um die kardinale Mengenvorstellung zu testen, wird dem Kind die Frage gestellt, wie viele Objekte es insgesamt gezählt hat. Weiterführend werden die Objekte versteckt und die Kinder werden nochmals gefragt, wie viele Objekte sie gezählt haben.

### *3) Entscheidung arabische Zahl (3)*

Bei diesem Untertest wird kontrolliert, inwiefern die Kinder geschriebene arabische Zahlen von anderen Symbolen und Zeichen unterscheiden können.

### *4) Größenvergleiche arabische Zahl (4)*

Das Größenverständnis für arabische Zahlen wird in diesem Untertest erfasst. Dazu werden jeweils zwei Zahlen in Beziehung zueinander gesetzt.

### *5) Transkodieren – Zahlen lesen (12)*

In diesem Untertest geht es um das Umwandeln von arabischen Zahlen in gesprochene Zahlwörter.

### *6) Ordnen nach numerischer Grösse (13)*

Bei diesem Untertest wird das ordinale Mengenverständnis erfasst. Dazu werden konkrete Mengen (Bäume) entsprechend ihrer Anzahl geordnet.

### *7) Ordnen nach numerischer Grösse – Zahlen (14)*

Dieser Untertest überprüft das ordinale Zahlenverständnis. Die Kinder bekommen die Aufgabe, symbolische Mengen (arabische Zahlen) zu ordnen.

8) *Zahlen-Grössen-Zuordnung* (kein gleichwertiger Test im TEDI-MATH)

In diesem Untertest wird das kardinale Zahlenverständnis überprüft. Weiterführend wird den Kindern ermöglicht, auf einer nonverbalen Ebene zu zeigen, welche Zahlen sie schon kennen (Kuratli Geeler, o.J.).

9) *Numerische Inklusion* (17)

Das Grössenverständnis von Zahlen wird in diesem Untertest erfasst. Dazu soll das Kind zum Beispiel beurteilen, ob sechs Plättchen in einem Umschlag mehr oder weniger als vier Plättchen sind.

10) *Additive Zerlegung* (18)

In diesem Untertest geht es darum zu erkennen, dass sich eine Zahl aus anderen Zahlen zusammensetzt (Teil-Ganzes-Zerlegbarkeit). Dazu sollen die Kinder eine Anzahl Schafe auf zwei Weiden verteilen. Im Blick auf das Alter der zu testenden Kinder wurden im Vergleich zum TEDI-MATH die Zahlsymbole in dieser Aufgabe durch bildliche Darstellungen der Schafe ersetzt (Kuratli Geeler, o. J.).

11) *Rechnen mit Objektabbildungen* (19)

Dieser Untertest kontrolliert, ob es den Kindern gelingt, mithilfe von Anschauungshilfen einfache Additions- und Subtraktionsaufgaben auszurechnen.

12) *Addition* (20)

Das Rechnen mit arabischen Zahlen wird in diesem Untertest überprüft. Dazu bekommen die Kinder die Additionsaufgaben in visueller Form.

13) *Unvollständige Addition* (21)

Dieser Untertest wird im TEDI-MATH auf der symbolischen Ebene repräsentiert. Es geht um das Lösen von Additionsaufgaben, bei welchen jeweils einer der beiden Addenden fehlt. Um das Ergänzen bei jüngeren Kindern zu überprüfen, wird im WILMA bei diesem Untertest mit Legeplättchen gearbeitet. Zum Beispiel werden den Kindern vier Legeplättchen hingelegt und sie werden gefragt, wie viele Plättchen dazu gelegt werden müssen, damit es sechs sind (Kuratli Geeler, o.J.).

14) *Unvollständige Subtraktion* (23)

Im entsprechenden Untertest im TEDI-MATH fehlt bei Subtraktionsaufgaben jeweils der Minuend oder der Subtrahend. Um das Vermindern auch bei jüngeren Kindern zu erfassen, wird in diesem Untertest im WILMA gleich wie im Untertest 13 mit Legeplättchen gearbeitet (Kuratli Geeler, o.J.).

15) *Relation, Beziehungen zwischen Zahlen* (kein gleichwertiger Test im TEDI-MATH)

In diesem Untertest wird das relationale Zahlverständnis der Kinder erfasst. Dazu wird den Kindern zum Beispiel die Zahl fünf gezeigt und es wird sie gefragt, welche Zahl zwei grösser ist als fünf (Kuratli Geeler, o.J.).

16) *Approximativer Grössenvergleich – Punktemengen* (27)

Bei diesem Untertest sollen die Kinder jeweils zwei Punktemengen miteinander vergleichen. Dabei wird das nicht-symbolische Mengenverständnis in Bezug auf deren Grösse untersucht.

Zur Auswertung des WILMA werden alle Punktzahlen der einzelnen Untertests zusammengezählt. Im Gegensatz zum TEDI-MATH ist der angepasste WILMA-Test zurzeit noch nicht normiert. Da im

Vergleich zum TEDI-MATH doch einige Aufgaben abgeändert oder hinzugefügt wurden, kann nicht von den Normen im TEDI-MATH ausgegangen werden. Je nach Schulstufe erfolgt die Auswertung im TEDI-MATH mit einem anderen Profilbogen (vgl. Kaufmann et al., 2009, S. 86). Bei der Auswertung des WILMA werden die Schulstufe und das Alter der getesteten Kinder nicht berücksichtigt.

### 1.4.3 SGW (Sprachgewandt)

Das diagnostische Testinstrumentarium „Sprachgewandt – Kindergarten und 1. Klasse“ dient der Erfassung der sprachlichen Fähigkeiten in der deutschen Sprache. Ziel des Testinstrumentes ist eine gezielte Beschreibung des Sprachverständnisses und der Sprachbewusstheit, um eine Notwendigkeit von einer speziellen Förderung in der Zweitsprache zu erfassen. Die Testresultate zeigen ein differenziertes Bild über das Sprachverständnis und zur phonologischen Bewusstheit. Der Test beinhaltet drei Schwierigkeitsstufen und ist somit geeignet, individuelle Lernfortschritte anschaulich zu machen (vgl. Bayer et al., 2014, S. 5 – 6). Der SGW ist normiert und ein obligatorisches Testinstrument im Kanton Zürich (vgl. Volksschulamt Kanton Zürich, 2018). Die Durchführungszeit beträgt 15 bis 30 Minuten, je nach Schwierigkeitsstufe und Lern- und Entwicklungsstand des Kindes. Der Test wird in einer Einzelsituation und anhand eines klar vorgegebenen Ablaufes durchgeführt. Bei den meisten Aufgaben haben die Kinder eine visuelle Hilfestellung, indem ihnen eine Auswahl von vier Bildern vorgelegt wird. Alle Aufgaben werden mit einer Audio-CD durchgeführt. Im Test werden das Sprachverständnis und die Sprachbewusstheit erfasst. Folgende Sprachkomponenten werden im SGW getestet: Phonologie, Phonetik und phonologische Bewusstheit, Morphologie, und Syntax, Lexik und Semantik sowie pragmatische und diskursive Kompetenzen (vgl. Bayer et al., 2014, S. 6 – 11). Für das Projekt ZEPPELIN wurde für die Kinder im ersten Kindergartenjahr die Schwierigkeitsstufe 1 gewählt. Die Tabelle 4 zeigt auf, welche Sprachkomponenten und Aufgaben im SGW mit der Schwierigkeitsstufe 1 enthalten sind. Danach werden die Sprachkomponenten beschrieben. Im Anhang 10.3 sind die einzelnen Aufgaben, das Material und die Testanleitung aufgeführt.

Tabelle 4 Modell zu SGW (Sprachgewandt): Sprachkomponenten und dazugehörige Aufgabenblöcke, modifiziert nach Bayer et al. (2014, S. 6)

Sprachverständnis				
Sprachbewusstheit	Phonologie, Phonetik und phonologische Bewusstheit	Lexik und Semantik	Morphologie und Syntax	Pragmatik und diskursive Kompetenzen
	Gleich oder ungleich (Laute unterscheiden)	Wortschatz (Nomen, Verben, Adjektive)	Sätze nachsprechen	Sprachliche Routinen verstehen
		Präpositionen verstehen	Sätze verstehen	Geschichten verstehen

#### *Phonologie, Phonetik und phonologische Bewusstheit*

„Die Phonologie steht für die Lautlehre und beschreibt die Funktion der Laute in der Sprache und die Regeln, nach denen die Laute verwendet werden“ (vgl. Kannengieser, 2015, S. 36). Unter der Phonetik versteht man die Art und Weise, in der Laute und Lautverbindungen motorisch ausgesprochen werden und deren Klangbild (ebd.). Zur phonologischen Bewusstheit zählt im weiteren Sinne die Zerlegung von Sätzen in Wörter, Wörter in Silben, sowie das Erkennen und Bilden von

Reimen. Im engeren Sinne befasst sich die phonologische Bewusstheit mit den Lauten: Anlaute und Endlaute ermitteln, Wörter in die einzelnen Buchstaben unterteilen und Buchstaben zu Wörtern zusammensetzen (vgl. Bayer et al., 2014, S. 30). Die phonologische Bewusstheit gilt als gute Voraussagekraft der mathematischen Fähigkeiten (Krajewski et al., 2008, zitiert nach Bayer et al., 2014, S. 9).

### *Morphologie und Syntax*

Morphologie ist die linguistische Bezeichnung für Wortgrammatik. In der Morphologie wird zwischen den „Inhaltswörtern“ und den „Funktionswörtern“ unterschieden. Zu den Inhaltswörtern zählen alle Nomen, Verben, Adjektive und Adverbien. Pronomen, Artikel und Präpositionen gehören zum Beispiel zur Klasse der Funktionswörter. Syntax wird als linguistische Bezeichnung für den Satzbau verwendet (vgl. Kannengieser, 2015, S. 134 – 135). Die Satzbaulehre beschreibt die Prinzipien der Zusammensetzung von Wörtern in einem Satz (vgl. Kannengieser, 2015, S. 143). Zusammenfassend spricht Kannengieser (2015, S. 135) von der „morpho-syntaktischen Ebene“ der Sprache.

### *Lexik und Semantik*

Die beiden Begriffe „Lexik und Semantik“ umschreiben im allgemeinen Sprachgebrauch den Wortschatz. Unter Lexik versteht man die Sammlung an Wörtern, welche eine Sprache umfasst (vgl. Kannengieser, 2015, S. 202 – 218). Die Semantik ist die Lehre von sprachlichen Bedeutungen. Es geht um den Sinn, welcher mit Wörtern verbal transportiert wird (vgl. Kannengieser, 2015, S. 4 – 5).

### *Pragmatische und diskursive Kompetenzen*

In der Pragmatik geht es um die Funktion von Sprache, wobei der zweckhafte Gebrauch untersucht wird. „Dank den pragmatischen Fähigkeiten lassen sich aus den Äußerungen anderer ihre Handlungsziele erkennen, und es kann angemessen darauf reagiert werden“ (vgl. Bayer et al., 2014, S. 28). Diskursive Kompetenzen werden gebraucht, um ein gemeinsames kommunikatives Ziel zu erreichen. Darin sind sprachliche Handlungsmuster nötig, damit ein Dialog entstehen kann (ebd.).

## **2 Forschungsprojekt ZEPPELIN**

Dieses Kapitel stellt wichtige Informationen des Projektes ZEPPELIN zusammenfassend dar. Dazu werden das Ziel des Projektes, das Design, die Stichprobe und bisherige Ergebnisse der ZEPPELIN-Studie beschrieben. Weiterführend wird erläutert, inwiefern die Verfasserinnen dieser Arbeit im Rahmen der vorliegenden Masterarbeit beim Projekt ZEPPELIN mitgearbeitet haben.

### **2.1 Ziel des Projektes**

„Das Forschungsprojekt ZEPPELIN hat zum Ziel, die Wirksamkeit frühkindlicher familienbezogener Förderung in Familien mit psychosozialen Belastungen im Hinblick auf die Entwicklung und den Bildungserfolg der heranwachsenden Kinder langfristig zu untersuchen“ (Lanfranchi et al., 2016, S. 1). Das Projekt ZEPPELIN geht das Problem von ungleich verteilten Bildungschancen an der Wurzel an. Die Eltern werden in ihren Erziehungs- und Bildungsbemühungen geschult und gestärkt. Noch immer ist in der Schweiz eine sehr enge Verknüpfung von der familiären Herkunft und der Bildungslaufbahn ersichtlich. Um einen Beitrag zum Chancenausgleich zu leisten, fokussiert sich die ZEPPELIN-Studie auf Kinder aus Familien mit psychosozialen Belastungen. Unter dem Begriff „psychosoziale Risiken“ versteht man psychische, soziale und wirtschaftliche Bedingungen in der Lebenswelt eines Kleinkindes, welche dessen Entwicklung negativ beeinflussen. Die Risiken treten in einem solchen Mass auf, dass später die Gefahr von Entwicklungsverzögerungen, Lernbehinderungen oder Verhaltensstörungen besteht (vgl. Neuhauser & Lanfranchi, 2010, S. 17).

Die Familien wurden zufällig in eine Interventionsgruppe (IG) und eine Kontrollgruppe (KG) unterteilt. Die IG wurde durch das Programm „PAT – Mit Eltern Lernen“ des ZEPPELIN-Projektes spezifisch in den ersten drei Lebensjahren des Kindes unterstützt und gefördert. Die frühe Förderung basierte einerseits auf Hausbesuchen durch Fachpersonen der Mütterberatung. Die Beratung verfolgte das Ziel, das Wissen der Eltern über die kindliche Entwicklung zu erhöhen, Interaktionen anzuregen, die Bindung zwischen den Eltern und dem Kind zu stärken und das elterliche Kompetenzgefühl zu erhöhen. Die KG hatte nur Zugang zu öffentlichen Anlaufstellen der Gemeinde, in der sie wohnen (vgl. Neuhauser & Lanfranchi, 2010, S. 18). Die Intervention zeichnet sich durch den möglichst frühen Beginn, die Kontinuität, die Individualisierungsmöglichkeiten, die hohe Professionalität des Personals und die Berücksichtigung der Sprachförderung aus (vgl. Lanfranchi, & Neuhauser, 2015, online).

### **2.2 Design und Stichprobe des Projektes**

Die ZEPPELIN-Studie ist eine quantitative Studie mit Längsschnittdesign. Mit den gleichen Kindern werden zu mehreren Zeitpunkten Erhebungen durchgeführt. Dabei handelt es sich um eine Panelstudie, bei welcher individuelle Entwicklungen aufgezeigt werden können (vgl. Roos & Leutwyler, 2011, S. 174 – 175). Gestartet hat das Projekt ZEPPELIN mit 248 Familien (IG =132, KG=116). Alle diese Familien sind unterschiedlichen Belastungen ausgesetzt. 73% der Mütter haben keinen Schweizer Pass, 31% sprachen beim ersten Besuch kein oder kaum Deutsch, 34% haben keine nachobligatorische Ausbildung absolviert, 12% sind alleinerziehend und 14% der Kinder sind zu früh auf die Welt gekommen. Bis zu t3 (Messzeitpunkt im dritten Lebensjahr der ZEPPELIN-Kinder) gab es 31 Familien, welche wegen Wegzugs, Zeitmangel oder Krankheit nicht mehr an der Studie



teilnahmen. Zu t5 (Messzeitpunkt im ersten Kindergartenjahr der ZEPPELIN-Kinder) sind weitere 21 Familien ausgestiegen. Der Stichprobenschwund beträgt somit 21% für insgesamt fünf Studienjahre. Somit ist die Teilnahme an ZEPPELIN im Vergleich zu anderen Studien erfreulich hoch (vgl. Lanfranchi, Neuhauser, Schaub, Burkhardt & Ramseier, 2018, S. 1 – 3). „Zur Vorbereitung der Einschulung und Stärkung des Lernerfolgs in der 1. und 2. Klasse wurde eine neue Intervention in Form von fünf Gruppentreffen für IG-Eltern konzipiert und eingeleitet: Lernort Familie 5+“ (Lanfranchi et al., 2018, S. 3). Diese Gruppentreffen haben im September 2017 gestartet. Weitere Kurse werden um ein Jahr verschoben geführt (vgl. Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2017, S. 2). Für diese neue Intervention wurden weitere 90 Familien rekrutiert. Dies macht es möglich, neben dem Vergleich von IG und KG zwischen weiteren Gruppen zu differenzieren. Es kann zwischen den Kindern mit der frühen Intervention „PAT – Mit Eltern Lernen“, den Kindern mit der Intervention „Lernort Familie 5+“ und den Kindern mit beiden Interventionen („PAT – Mit Eltern Lernen“ und „Lernort Familie 5+“) unterschieden werden (vgl. Lanfranchi et al., 2018, S. 1 – 3).

Die Abbildung 8 zeigt einen Überblick über die Testungen und den Zeitpunkt der Interventionen. Zudem wurden aufgrund der Daten, welche das ZEPPELIN-Projekt den Autorinnen zur Verfügung gestellt hat, die vorliegende Anzahl der Testergebnisse der IG und KG zu t3 und t5 aufgeführt. In der Abbildung sind nur solche Testungen aufgeführt, welche für die vorliegende Arbeit relevant sind. Neben diesen Testungen haben Mitarbeitende des Projektes weitere Testungen, Untersuchungen, Fragebögen und Beobachtungen zu unterschiedlichen Messzeitpunkten während des Projektes erhoben (vgl. Lanfranchi et al., 2016, S. 10).

Jahr	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19
	Intervention „PAT – Mit Eltern Lernen“						Intervention „Lernort Familie 5+“	
MZP				t3		t5 1. KIGA	t6 2. KIGA	t7 1. Klasse Stand 30.9.18
Testverfahren (IG/KG)				SON-R 2 ½ -7 (96/83)		SON-R 2 ½ -7 (82/81)  WILMA (85/84)  SGW (81/82)  HTKS (82/82)	WILMA, SGW, HTKS	

Anmerkungen: 1. KIGA = erster Kindergarten, 2. KIGA = zweiter Kindergarten

Abbildung 8 Übersicht über die Messzeitpunkte (MZP), die Interventionen, ausgewählte Testungen und die Anzahl der vorliegenden Testergebnisse von der IG (Interventionsgruppe) und der KG (Kontrollgruppe) des Projektes ZEPPELIN (modifiziert nach Lanfranchi et al., 2016, S. 8)

Damit allfällige Langzeiteffekte überprüft werden können, sind weitere Untersuchungen der Kinder, ihren Eltern und den Interaktionen zwischen ihnen geplant. Die nächste Untersuchung zu t7 (Messzeitpunkt in der ersten Klasse der ZEPPELIN-Kinder) kurz nach dem Schuleintritt wird zurzeit

geplant. Eine weitere Erhebung soll in der dritten Primarschulklasse durchgeführt werden. Weitere Follow-ups sind in Planung (vgl. Lanfranchi et al., 2016, S. 8).

### **2.3 Bisherige Ergebnisse der ZEPPELIN-Studie**

Die Ergebnisse der Hauptstudie ZEPPELIN 0-3 zeigen auf, dass Kinder aus der IG mit dem Programm „PAT – Mit Eltern Lernen“ gegenüber den Kindern der KG über einen grösseren Wortschatz verfügen und sich besser ausdrücken können. Zudem sind sie weniger ängstlich und schlafen besser durch. Ausserdem zeigen die Kinder mit „PAT – Mit Eltern Lernen“ in Experimenten zum Belohnungsaufschub eine bessere Impulskontrolle. Die positiven Effekte von „PAT – Mit Eltern Lernen“ sind im Bereich der Sprachkompetenzen (erhoben mit dem SGW) bei den Kindern der IG auch im Alter von fünf Jahren nachweisbar. Keine signifikanten Gruppenunterschiede zeigten sich in den mathematischen Kompetenzen (erhoben mit dem Test WILMA) und im Bereich der Kognition, welche mit dem SON-R 2½ -7 erhoben wurde (vgl. Lanfranchi et al., 2018, S. 2 – 3).

### **2.4 Mitarbeit im Rahmen der Masterarbeit**

Zum Zeitpunkt der Mitwirkung der beiden Autorinnen besuchten die Kinder des ZEPPELIN-Projektes das zweite Kindergartenjahr. Mit diesen Kindern wurden der Sprachtest SGW, der Mathematiktest WILMA, ein Experiment zum Belohnungsaufschub und ein Test zur Überprüfung der Selbstregulation (HTKS, **H**ead-**T**oes-**K**nees-**S**houlders) durchgeführt. Die gleichen Testverfahren und zusätzlich den Intelligenztest SON-R 2½ -7 haben die Autorinnen mit Kindern der neuen IG „Lernort Familie 5+“ im ersten Kindergartenjahr durchgeführt. Die Mitarbeit am Projekt umfasste eine Schulung durch die Mitarbeiter des ZEPPELIN-Projektes und das selbständige Vertiefen in die Testverfahren. Daraufhin nahmen die Autorinnen mit den Lehrpersonen im Kindergarten Kontakt auf, um Termine für die Testungen abzumachen. Am meisten Zeit nahmen die Vorbereitung, die An- und Rückreise und die Durchführung der Testungen in Anspruch. Alle Testergebnisse wurden nach der Testung in einem Programm eingetragen. Mit einem Brief informierten die Verfasserinnen die Eltern der getesteten Kinder über die Testergebnisse. Bei Testergebnissen unter einem kritischen Wert bekamen die Eltern die Möglichkeit, die Testergebnisse telefonisch zu besprechen. Zum Schluss wurden die Testbögen unter den Testerinnen ausgetauscht und doppelt erfasst, um Fehler zu vermeiden.

Insgesamt fand eine intensive Auseinandersetzung mit den Testverfahren statt. Die Erfahrungen, welche die Autorinnen mit den Testverfahren machten, waren für die Auswahl der konkreten Fragestellungen und Hypothesen bedeutend.

### 3 Fragestellungen und Hypothesen

Basierend auf der theoretischen Auseinandersetzung und den eigenen Erfahrungen während der Testungen werden in diesem Kapitel die beiden zentralen Fragestellungen und deren untergeordneten Hypothesen beschrieben und begründet.

#### Fragestellung 1:

Inwiefern hängen die Testergebnisse des SON-R 2 ½-7 und die Testergebnisse des WILMA zusammen?

#### Hypothese 1.1

Es besteht eine positive Korrelation zwischen dem SON-IQ zu t3 und den Testergebnissen des WILMA zu t5.

Begründung: Im Kapitel 1.3 werden einige Studien beschrieben, welche aufzeigen, dass Testergebnisse von Intelligenztests mit mathematischen Leistungen zusammenhängen (vgl. Foster et al., 2015; Passolunghi et al., 2015; Krajewski & Schneider, 2006; Steinmayr & Meissner, 2013 und Primi et al., 2010). Aus diesem Grund vermuten die Autorinnen, dass der SON-IQ zu t3 (Messung der fluiden Intelligenz) positiv mit den Testergebnissen des WILMA zu t5 (Messung der mathematischen Kompetenzen) korreliert.

#### Hypothese 1.2

Der SON-IQ zu t5 korreliert stärker positiv mit den Testergebnissen des WILMA zu t5, als der SON-IQ zu t3.

Begründung: Die Hypothese 1.2 setzt voraus, dass sich die SON-IQ der einzelnen Kinder zu t3 und t5 unterscheiden. Dies könnte aufgrund der theoretischen Auseinandersetzung gut der Fall sein. Einerseits durchleben Kinder nach der geistigen Theorie von Piaget unterschiedliche Entwicklungsphasen (vgl. Ginsburg & Oppen, 2004 und Kohler, 2008, siehe Kapitel 1.1.2). Diese könnten sich auf den SON-IQ zu t3 und t5 auswirken. Weiterführend kommen Holling et al. (vgl. 2004) und Janke (vgl. 2008) zur Erkenntnis, dass es bei Kindern unter sieben Jahren zu Schwankungen der IQ-Werte kommen kann. So empfiehlt es sich, aktuelle Testwerte heranzuziehen, um Entscheidungen für die weitere Schullaufbahn zu fällen (siehe Kapitel 1.1.3).

#### Hypothese 1.3

Zu t5 korreliert die SON-HS (Subtests zum räumlichen Vorstellungsvermögen) stärker positiv mit den Testergebnissen des WILMA, als die SON-DS.

Begründung: Die SON-HS umfasst die Subtests zum räumlichen Vorstellungsvermögen (vgl. Tellegen et al., 2007, siehe Kapitel 1.4.1). Räumliche Fähigkeiten können mit mathematischen Kompetenzen zusammenhängen (vgl. Benz et al., 2015; Lorenz, 2016 und Radatz, 2007, siehe Kapitel 1.2.5). Die Studien von Krajewski et al. (vgl. 2008) und Schuchardt et al. (vgl. 2014) konnten einen Einfluss der visuell-räumlichen Komponente des Arbeitsgedächtnisses auf die mathematische Leistung belegen

(siehe Kapitel 1.3). Das Arbeitsgedächtnis hängt nach Rost (vgl. 2013) und Brydges et al. (vgl. 2012) eng mit der Intelligenz zusammen (siehe Kapitel 1.1.4).

### Fragestellung 2:

Welches sind weitere mögliche Einflussfaktoren der Testergebnisse des WILMA und des SON-R 2½ -7?

#### Hypothese 2.1

Je älter die Kinder, desto höher ist das Testergebnis des WILMA zu t5.

Begründung: Während bei der Auswertung des SON-R 2½ -7 das Alter für den SON-IQ berücksichtigt wird, ist dies beim Test WILMA nicht der Fall. Aufgrund von Entwicklungsmodellen der frühen mathematischen Entwicklung (siehe Kapitel 1.2.4) und der Zahlbegriffsentwicklung nach Piaget (siehe Kapitel 1.2.2) vermuten die Autorinnen, dass das Alter der Kinder das Testergebnis des WILMA beeinflusst.

#### Hypothese 2.2

Zu t5 besteht eine positive Korrelation zwischen den Ergebnissen des SGW und den Testergebnissen des WILMA.

Begründung: Im Kapitel 1.3 konnte in einigen Studien ein Zusammenhang zwischen sprachlichen und mathematischen Fähigkeiten bestätigt werden (vgl. Krajewski et al., 2008; Praet et al., 2013; Foster et al., 2015 und Passolunghi et al., 2015). Weiterführend betonen auch Lorenz (vgl. 2016) und Werner (vgl. 2009) die Bedeutsamkeit von Sprache im Mathematikunterricht (siehe Kapitel 1.2.5). Während der Testungen ist den Autorinnen aufgefallen, dass das Verstehen der Instruktionen im Test WILMA ein gewisses Sprachverständnis voraussetzt. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde die Hypothese aufgestellt, dass das Ergebnis des SGW (Messung der sprachlichen Kompetenzen) mit dem Testergebnis des WILMA positiv korreliert.

#### Hypothese 2.3

Je schlechter die vier Verhaltensbeobachtungen (Motivation, Konzentration, Kooperation und Verständnis der Instruktionen) während der Testung des SON-R 2½ -7 von der testenden Person eingestuft werden, desto tiefer ist der SON-IQ.

Begründung: Diese Hypothese basiert auf der Aussage von Funke und Vaterrodt (vgl. 2004, S. 80), welche davon ausgeht, dass die gemessene Testintelligenz und die „wahre“ Intelligenz voneinander abweichen können. Bei der Normierung des SON-R 2½ -7 zeigten die Ergebnisse, dass der Gesamtwert der Verhaltensbeobachtungen signifikant mit dem SON-IQ korreliert. Dies bedeutet, dass insbesondere ein tiefer SON-IQ nicht mit der effektiven Intelligenz des Kindes zusammenhängen muss. Ein tiefer SON-IQ könnte vielmehr auch eine Folge des beobachteten Verhaltens sein. Bei guten Beurteilungen der Verhaltensbeobachtungen können die Interpretationen des SON-IQ als verlässlicher angesehen werden (vgl. Tellegen et al., 2007, S. 47 – 48). Die Verfasserinnen dieser Arbeit gehen aufgrund der eigenen Erfahrungen während der Testungen des SON-R 2½ -7 davon aus, dass die Bewertung dieser vier Verhaltensbeobachtungen beim gleichen Kind je nach

Testsituation unterschiedlich ausfallen kann. Einerseits kann die testende Person Einfluss auf die vier genannten Bereiche nehmen. Andererseits spielt auch die Verfassung des Kindes zum Zeitpunkt der Testung eine zentrale Rolle. Wird ein Kind beispielsweise aus einer Spielsituation herausgerissen, ist es gut möglich, dass die vier Kriterien negativ beeinflusst werden. Dies wiederum könnte zu einem tieferen Testergebnis führen. So gehen die Autorinnen bei gewissen Kindern davon aus, dass der SON-IQ nicht deren „wahre“ Intelligenz widerspiegelt.

## 4 Empirischer Teil

### 4.1 Methodisches Vorgehen

In diesem Kapitel werden die Stichprobe und Testergebnisse beschrieben, welche zur Überprüfung der aufgeführten Hypothesen ausgewählt wurden. In einem weiteren Schritt wird das statistische Vorgehen erläutert.

#### 4.1.1 Ausgewählte Stichprobe und Testergebnisse

Für den empirischen Teil dieser Arbeit wurden Testergebnisse der IG und KG der ZEPPELIN-Kinder berücksichtigt, welche bereits seit dem Anfang der Studie dabei sind. Dies bedeutet, dass keine Ergebnisse der Kinder von den neuen Familien der Intervention „Lernort Familie 5+“ beigezogen wurden. Weiterführend ist zu erwähnen, dass das Projekt ZEPPELIN den Autorinnen die Testergebnisse für die vorliegende Untersuchung zur Verfügung gestellt hat. Die Verfasserinnen selbst haben im Projekt zu einem späteren Zeitpunkt mitgearbeitet (siehe Kapitel 2.4).

Für die Auswertung wurden jeweils nur die Kinder berücksichtigt, bei welchen die Testergebnisse aller Variablen vorliegen, welche in den Hypothesen vorkommen. Kindern bei welchen eine oder mehrere der Variablen fehlen, wurden für die Auswertung herausgelöscht. So werden alle Hypothesen anhand der gleichen Stichprobe überprüft. Diese Entscheidung wurde getroffen, damit die Korrelationen der unterschiedlichen Hypothesen miteinander verglichen werden können. Im Vergleich zur Anzahl der vorliegenden Testergebnisse (siehe Abbildung 8) konnten aufgrund dieser Entscheidung je nach Hypothese zwischen 25 und 41 Testergebnisse nicht berücksichtigt werden.

Für die Untersuchung wurden die Testergebnisse zum Messzeitpunkt t3 und t5 von 138 Kindern (65 Knaben und 73 Mädchen) des Projektes ZEPPELIN analysiert. Die Altersspanne und das Durchschnittsalter der Kinder zu den Messzeitpunkten der Testungen kann der Abbildung 9 entnommen werden.

Jahr	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19
MZP				t3		t5		
Testverfahren				SON-R 2 ½ -7		1. KIGA SON-R 2 ½ -7, WILMA, SGW		
Altersspanne				2 J., 10 M. - 4 J.		4 J., 4 M. - 6 J., 2 M.		
Durchschnitts- alter				3 J., 1 M.		5 J., 5 M.		

Anmerkungen: 1. KIGA = erster Kindergarten, J. = Jahre, M. = Monate

Abbildung 9 Altersspanne und Durchschnittsalter zu den ausgewählten Messzeitpunkten (MZP) der Testungen

Wichtig ist in diesem Zusammenhang zu erwähnen, dass die Tests zu t5 zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten erhoben wurden. Die Testungen WILMA und SGW wurden an einem anderen Tag als der SON-R 2½ -7 durchgeführt. Die Altersspanne und das Durchschnittsalter in der Abbildung 9 beziehen sich auf die Erhebungszeitpunkte von allen drei Tests. Beim SGW zu t5 wurde die Schwierigkeitsstufe 1 durchgeführt.

Weiterführend sind folgende Informationen aufgrund des Datensatzes über die Stichprobe bekannt: 72 Kinder der Stichprobe sind in der IG, die anderen 66 in der KG. 15% der Kinder sind zu früh auf die Welt gekommen, 12% hatten ein zu niedriges Geburtsgewicht und 80% der Kinder sind fremdsprachig aufgewachsen. Es ist zu beachten, dass alle Probanden des vorliegenden Datensatzes aus Familien mit psychosozialen Belastungen stammen. Somit beziehen sich die Ergebnisse dieser Arbeit auf eine Gruppe von Kindern, bei der man nicht von einem Abbild der allgemeinen Schweizer Bevölkerung ausgehen kann.

#### 4.1.2 Statistisches Vorgehen

##### Einfache lineare Regressions- und Korrelationsanalyse

Korrelationen beschreiben den Zusammenhang zwischen zwei oder mehreren Variablen (vgl. Rasch, Frieze, Hofmann und Naumann, 2014, S. 97). Eine Variable bezeichnet die Eigenschaft der Untersuchungseinheiten, welche erforscht wurden (vgl. Benninghaus, 2007, S. 17). Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Variablen beziehen sich auf die erhobenen Daten des ZEPPELIN-Projektes. In dieser Arbeit sind dies die Testergebnisse im Vorschul- und Kindergartenalter. Die statistische Auswertung der vorliegenden Untersuchung erfolgt mit dem Programm „Microsoft Excel“. Basierend auf den Hypothesen werden jeweils zwei Variablen miteinander verglichen, was man eine bivariate Auswertung nennt (vgl. Benninghaus, 2007, S. 18). Dazu wird jeweils eine Variable als unabhängig und die andere als abhängig angenommen. Die abhängige Variable wird von der unabhängigen Variablen vorhergesagt. Die Werte der Variablen werden in einem Koordinatensystem dargestellt. Aufgrund der Verteilung der Werte wird eine Regressionsgerade abgebildet, welche den linearen Zusammenhang der Variablen möglichst genau beschreibt. Dieser Vorgang wird lineare Regressionsanalyse genannt (vgl. Stockheim, 2015, S. 174 – 177).

Zusammenhänge sind dann im Diagramm ersichtlich, wenn sich die gewählten Variablen in den gleichen Verhältnissen entwickeln und im Koordinatensystem eine Punktwolke entsteht, welche sich einer Geraden anschmiegt (vgl. Stockheim, 2015, S. 139 – 140).

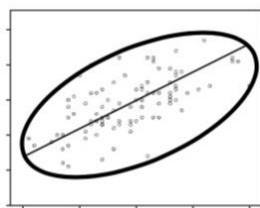


Abbildung 10 Schwache bis mittlere Korrelation

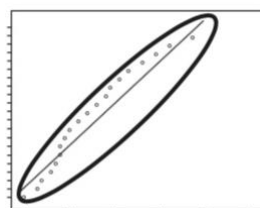


Abbildung 11 Starke Korrelation

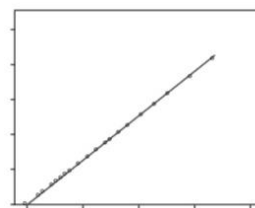


Abbildung 12 Perfekte Korrelation

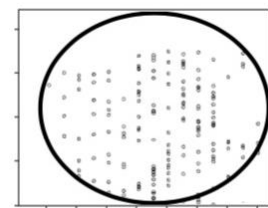


Abbildung 13 Nullkorrelation

Abbildungen von Stockheim (2015, S. 139 – 140)

Nach Stockheim (vgl. 2015, S. 139 – 140) ist in der Abbildung 10 eine grosse Streuung der Punkte um die Gerade ersichtlich, was eine schwache bis mittlere Korrelation aufzeigt. Die Abbildung 11 zeigt eine geringe Streuung der Punkte um die Gerade auf. Es handelt sich um eine starke Korrelation. Eine perfekte Korrelation, in der sich alle Punkte auf der Geraden befinden, ist in der Abbildung 12 zu erkennen. Weisen die untersuchten Variablen keinen Zusammenhang auf, so bildet das Diagramm eine ungeordnete Punktwolke ab, was in der Abbildung 13 ersichtlich ist.

Die Stärke eines Zusammenhangs wird mit einem Korrelationskoeffizient ( $r$ ) ausgedrückt, welcher ebenfalls mit dem Programm „Microsoft Excel“ berechnet werden kann. Dieser Korrelationskoeffizient nimmt einen Wert von  $-1$  bis  $+1$  an (vgl. Roos & Leutwyler, 2011, S. 261). Er erlaubt eine Aussage über die Stärke und die Art des Zusammenhangs. Für die Interpretation der Stärke des Zusammenhangs kann folgende übliche Einstufung der Tabelle 5 genutzt werden (vgl. Stockheim, 2015, S. 142).

Tabelle 5 Interpretation des Korrelationskoeffizienten nach Stockheim (vgl. 2015, S. 142)

Betrag des Korrelationskoeffizienten	Gängige Interpretation
0	Keine Korrelation
über 0 bis 0.4	Sehr schwache bis schwache Korrelation
0.4 bis 0.6	Mittlere Korrelation
0.6 bis unter 1	Starke bis sehr starke Korrelation
1	Perfekte Korrelation

Neben der Stärke des Zusammenhangs gibt das Vorzeichen Aufschluss über die Art des Zusammenhangs. Ein positives Vorzeichen bedeutet, dass ein Merkmal wächst, wenn das andere Merkmal auch wächst. Ein negativer Koeffizient bedeutet, dass bei einem wachsenden Merkmal, das andere Merkmal abnimmt (vgl. Stockheim, 2015, S. 142).

Das Quadrat des Korrelationskoeffizienten ( $R^2$ ) beschreibt das Bestimmtheitsmass, welches auch Determinationskoeffizient genannt wird. Es kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Dieser Wert gibt an, wie viel Prozent Varianz der einen Variablen durch die andere Variable erklärt wird. Zum Beispiel kann mit einem  $R^2$  von 0.14, jeweils 14 Prozent der Varianz der anderen Variablen erklärt werden (vgl. Rasch et al., 2014, S. 90 und Stockheim, 2015, S. 180).

### **Normalverteilung**

„In der Natur sind viele Merkmale normalverteilt. Dies gilt beispielsweise für die Körpergrösse, Intelligenz oder das Sehvermögen“ (Rasch et al., 2014, S. 22). Der Mathematiker Carl Friedrich Gauss war der Entdecker der Normalverteilung. Es wird daher auch von der Gauss'schen Glockenkurve gesprochen. Die Normalverteilung ist durch den Mittelwert  $\mu$  und die Standardabweichung  $\sigma$  beschrieben (vgl. Müller-Benedict, 2011, S. 121). Jede Normalverteilung ist durch ihr arithmetisches Mittel, das heisst den Durchschnitt aller Messergebnisse, und ihre Streuung vollständig festgelegt. Die Normalverteilung wird durch eine glockenförmige Linie eingezeichnet. Der Mittelwert befindet sich auf dem höchsten Punkt der Linie (ebd.). Beträgt die Varianz den Wert 1 und der Mittelwert den Wert 0, so handelt es sich um eine Standardnormalverteilung (vgl. Hug & Poscheschnik, 2010, S. 175). Die Normalverteilung kann mit dem Zusatzprogramm „XLSTAT“ im Excel berechnet werden. Darin ist



einerseits die Abbildung der Normalverteilung in einem Koordinatensystem möglich, aber auch eine Berechnung der Normalverteilung anhand des Shapiro-Wilk-Tests. In den Auswertungen der Berechnungen wird ebenfalls der Mittelwert und die Standardabweichung festgehalten. Der Shapiro-Wilk-Test ermittelt einen p-Wert, welcher bei einem höheren Wert als 0.05 angibt, dass die Variable der Stichprobe einer Normalverteilung folgt.

## 4.2 Ergebnisse

Vorerst geht dieses Kapitel darauf ein, ob die Daten der ausgewählten Testergebnisse einer Normalverteilung folgen. Anschliessend werden die Ergebnisse der vorliegenden Hypothesen dargestellt. Es folgt eine Abbildung mit allen berechneten Korrelationskoeffizienten, welche zur Beantwortung der Fragestellungen beigezogen werden.

### 4.2.1 Datenprüfung auf Normalverteilung

#### SON-IQ zu t3

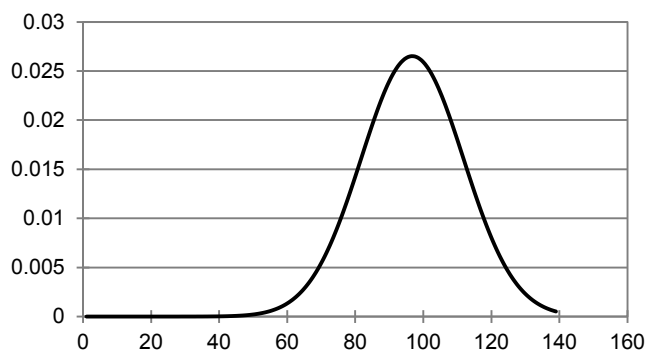


Abbildung 14 Prüfung auf Normalverteilung SON-IQ (Intelligenzquotient, erhoben mit dem SON-R 2½-7) zu t3

Die Kurve in der Abbildung 14 verläuft glockenförmig und ist symmetrisch. Aus dem Diagramm ist zu erkennen, dass es sich bei den Werten des SON-IQ zu t3 um eine Normalverteilung handelt. Der Shapiro-Wilk-Test bestätigt, dass die Variablen einer Normalverteilung folgen. Ein Mittelwert von 96.7 und eine Standardabweichung von 15.1 wurden ermittelt.

#### SON-IQ zu t5

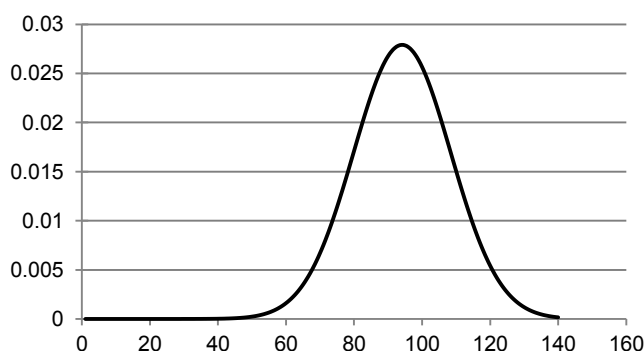


Abbildung 15 Prüfung auf Normalverteilung SON-IQ (Intelligenzquotient, erhoben mit dem SON-R 2½-7) zu t5

Im Diagramm ist eine glockenförmige und symmetrische Kurve zu erkennen (siehe Abbildung 15). Die Streuung ist etwas kleiner als in der Abbildung 14. Die Prüfung auf Normalverteilung der Werte des SON-IQ zu t5 kann durch den Shapiro-Wilk-Test bestätigt werden, weil der berechnete p-Wert grösser als 0.05 ausfällt. Der Mittelwert beträgt 94.1 und die Standardabweichung 14.3.

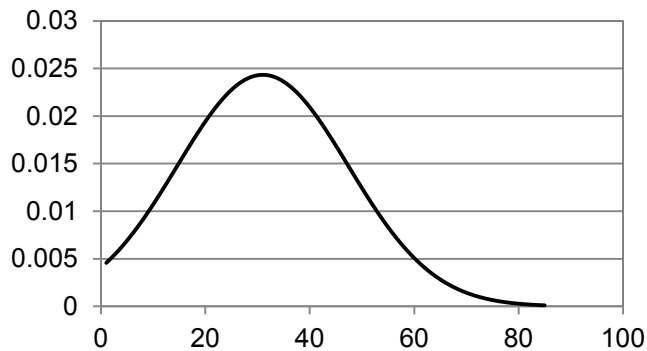
**WILMA zu t5**

Abbildung 16 Prüfung auf Normalverteilung WILMA (Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen) zu t5

In der Abbildung 16 ist eine glockenförmige Kurve zu erkennen, jedoch nicht in symmetrischer Form. Der Verlauf der Glockenkurve gibt an, dass die Streuung sehr gross ist und eine Tendenz nach links vorliegt. Das heisst, es sind mehr Ergebnisse kleiner als der Mittelwert. Dem entgegengesetzt gibt es wenige sehr hohe Ergebnisse. Nach dem Shapiro-Wilk-Test ist der berechnete p-Wert kleiner als 0.05, was ergibt, dass die Daten keiner Normalverteilung folgen. Der Mittelwert liegt bei 31.2 und die Standardabweichung bei 16.3.

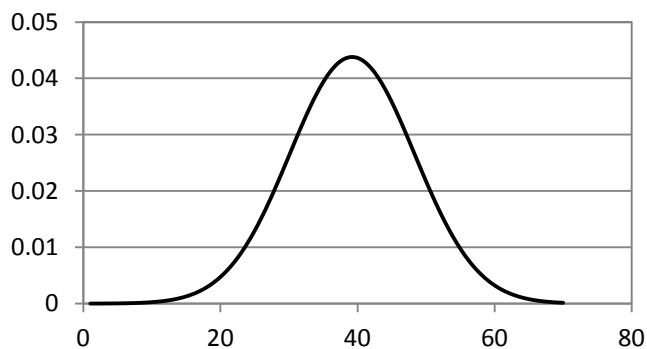
**SGW zu t5**

Abbildung 17 Prüfung auf Normalverteilung SGW (Sprachgewandt, Test zur Erfassung sprachlicher Kompetenzen) zu t5

Die Kurve in der Abbildung 17 sieht auf den ersten Blick glockenförmig und symmetrisch aus, was auf eine Normalverteilung der Daten hindeuten würde. Die Berechnung des Shapiro-Wilk-Test hat jedoch ergeben, dass der p-Wert kleiner als 0.05 ausfällt und daher die Prüfung auf Normalverteilung abgewiesen wurde. Dies bedeutet, dass trotz glockenförmiger Kurve die Daten nicht normalverteilt sind. Es zeigt sich ein Mittelwert von 39.3 und eine Standardabweichung von 9.1.

Die Ergebnisse der Daten des SON-IQ zu t3 und t5 sind normalverteilt. Im WILMA und im SGW folgen die Daten keiner Normalverteilung. Für die Berechnung von Korrelationen, welche nicht normalverteilt sind, bietet sich das Korrelationsverfahren nach Spearman an (vgl. Rasch et al., 2014, S. 96).

#### 4.2.2 Ergebnisse der Hypothesen

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Hypothesen 1.1, 1.2 und 1.3 dargestellt. Diese beziehen sich auf die erste Fragestellung der Arbeit, welche wie folgt lautet:

Inwiefern hängen die Testergebnisse des SON-R 2 ½-7 und die Testergebnisse des WILMA zusammen?

##### Hypothese 1.1

Es besteht eine positive Korrelation zwischen dem SON-IQ zu t3 und den Testergebnissen des WILMA zu t5.

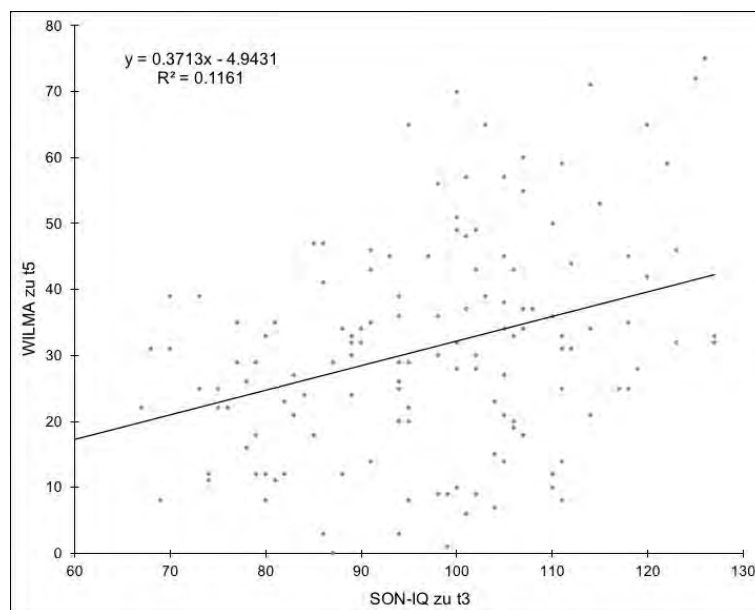


Abbildung 18 Diagramm zur Korrelation SON-IQ (Intelligenzquotient, erhoben mit dem SON-R 2½ -7) zu t3 und WILMA (Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen) zu t5 (Hypothese 1.1)

In der Abbildung 18 zeigt sich eine starke Streuung der Punkte. Die Werte der Y-Achse (Testergebnisse des WILMA zu t5) erstrecken sich von 0 bis 75. Diese Werte weisen keine Normalverteilung auf (siehe Kapitel 4.2.1). Die Werte der X-Achse (SON-IQ zu t3) bewegen sich im Wertebereich von 59 bis 127. Diese Werte sind normalverteilt (siehe Kapitel 4.2.1). Der Korrelationskoeffizient berechnet nach Spearman beträgt 0.31. Dies entspricht einer schwach positiven Korrelation. Das Bestimmtheitsmass ( $R^2$ ) ist 0.1161. Somit lässt sich knapp 12 Prozent der Varianz der Y-Werte (Testergebnisse des WILMA zu t5) durch den SON-IQ zu t3 erklären. 88 Prozent der Varianz werden von weiteren Einflussgrößen bestimmt.

## Hypothese 1.2

Der SON-IQ zu t5 korreliert stärker positiv mit den Testergebnissen des WILMA zu t5, als der SON-IQ zu t3.

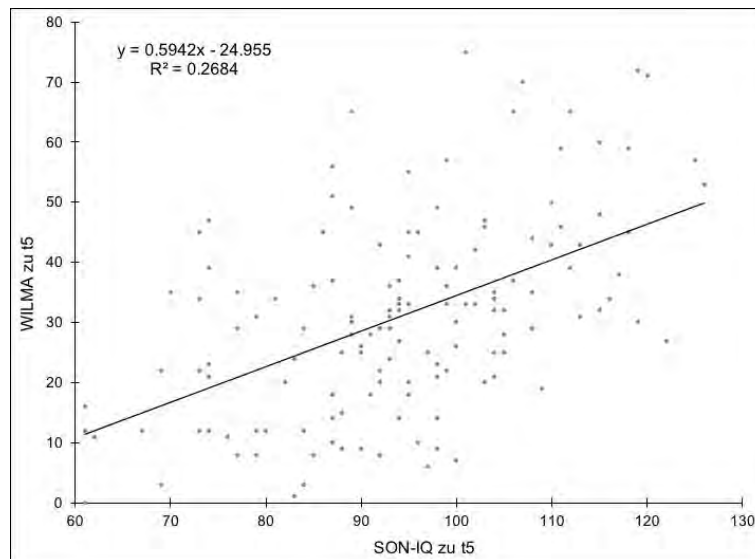


Abbildung 19 Diagramm zur Korrelation SON-IQ (Intelligenzquotient, erhoben mit dem SON-R 2½ -7) und WILMA (Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen) zu t5 (Hypothese 1.2)

Die Werte der Abbildung 19 streuen stark. Im Vergleich zur Abbildung 18 befinden sich nun die SON-IQ zu t5 auf der X-Achse. Diese Werte bewegen sich im Wertebereich von 61 bis 126 und sind normalverteilt (siehe Kapitel 4.2.1). Der Korrelationskoeffizient beträgt nach Spearman 0.49. Es handelt sich dabei um eine mittlere Korrelation. Das Bestimmtheitsmass ( $R^2$ ) ist 0.2684. Dies bedeutet, dass sich zu t5 ungefähr 27 Prozent der Varianz der Testergebnisse des WILMA durch den SON-IQ erklären lassen. Dies sind 15 Prozent mehr als der SON-IQ zu t3 in den Testergebnissen des WILMA aufklären kann. Dieser Unterschied ist in der Abbildung 20 ersichtlich.

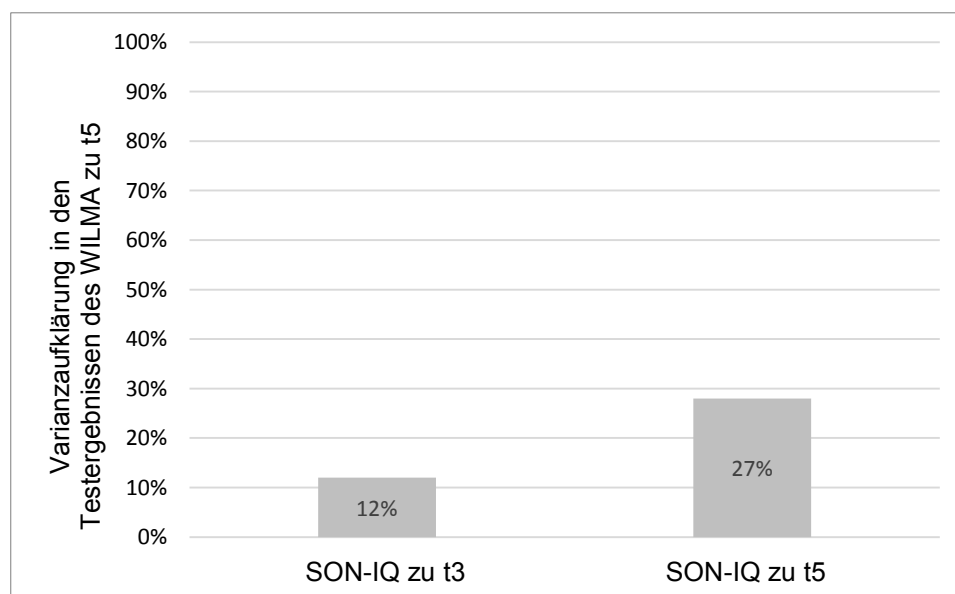


Abbildung 20 Aufklärung der Varianz in den Testergebnissen des WILMA (Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen) durch den SON-IQ (Intelligenzquotient, erhoben mit dem SON-R 2½ -7) zu t3 bzw. t5

### Hypothese 1.3

Zu t5 korreliert die SON-HS (Subtests zum räumlichen Vorstellungsvermögen) stärker positiv mit den Testergebnissen des WILMA, als die SON-DS.

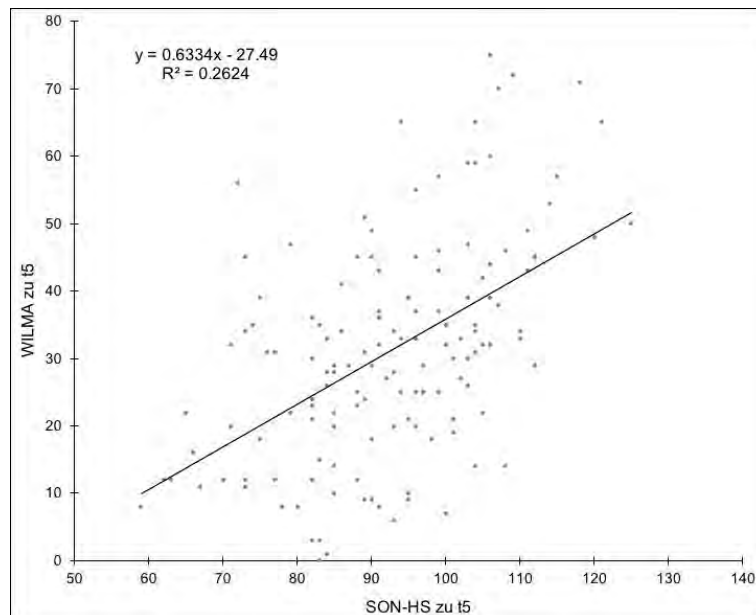


Abbildung 21 Diagramm zur Korrelation SON-HS (Handlungsskala, erhoben mit dem Intelligenztest SON-R 2½ - 7, Subtests zum räumlichen Vorstellungsvermögen) und WILMA (Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen) zu t5 (Hypothese 1.3)

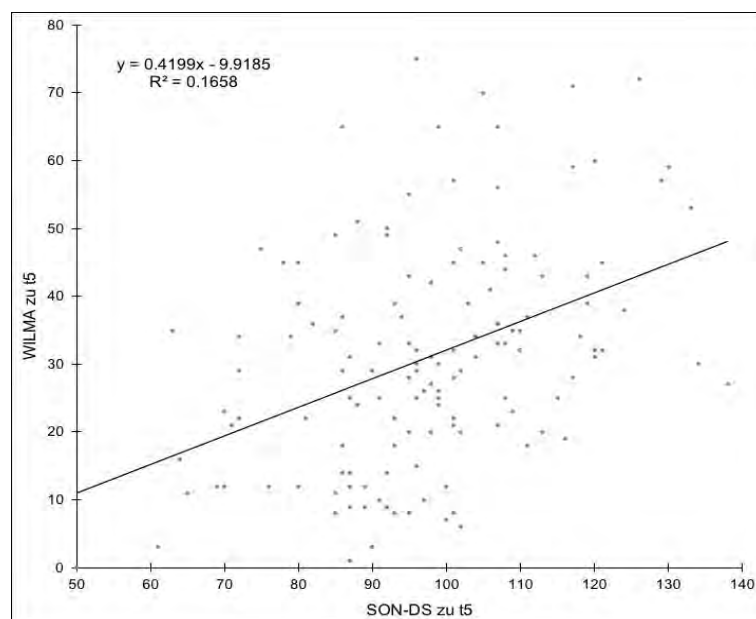


Abbildung 22 Diagramm zur Korrelation SON-DS (Denkskala, erhoben mit dem Intelligenztest SON-R 2½ - 7) und WILMA (Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen) zu t5 (Hypothese 1.3)

In den Diagrammen ist zu erkennen, dass sich in der Abbildung 22 die Punkte stärker streuen, als in der Abbildung 21. Auf den X-Achsen befinden sich in der Abbildung 21 die Werte der SON-HS (Wertebereich von 59 bis 125) und in der Abbildung 22 die Werte der SON-DS (Wertebereich von 50 bis 138). Auf der Y-Achse stehen in beiden Diagrammen die Testergebnisse des WILMA. Alle Werte beziehen sich auf t5. Der berechnete Korrelationskoeffizient zwischen der SON-HS und den

Ergebnissen des WILMA nach Spearman beträgt 0.5. Dies entspricht einer mittleren Korrelation. Die SON-DS korreliert nach Spearman zu 0.38 mit dem Testergebnis des WILMA, was auf eine schwache Korrelation deuten lässt. Daraus kann ermittelt werden, dass sich ungefähr 26 Prozent der Varianz der Testergebnisse des WILMA durch die SON-HS erklären lassen. Die SON-DS kann hingegen nur fast 17 Prozent der Varianz in den Testergebnissen des WILMA erklären. Die übrigen Prozente lassen sich in beiden Fällen durch andere Einflussfaktoren bestimmen.

Die vorliegende Arbeit befasst sich weiterführend mit der folgenden zweiten Fragestellung:

Welches sind weitere mögliche Einflussfaktoren der Testergebnisse des WILMA und des SON-R 2½ -7?

Die Ergebnisse der Hypothesen 2.1, 2.2 und 2.3, welche dieser zweiten Fragestellung zu Grunde liegen, werden im Folgenden beschrieben.

#### Hypothese 2.1

Je älter die Kinder, desto höher ist das Testergebnis des WILMA zu t5.

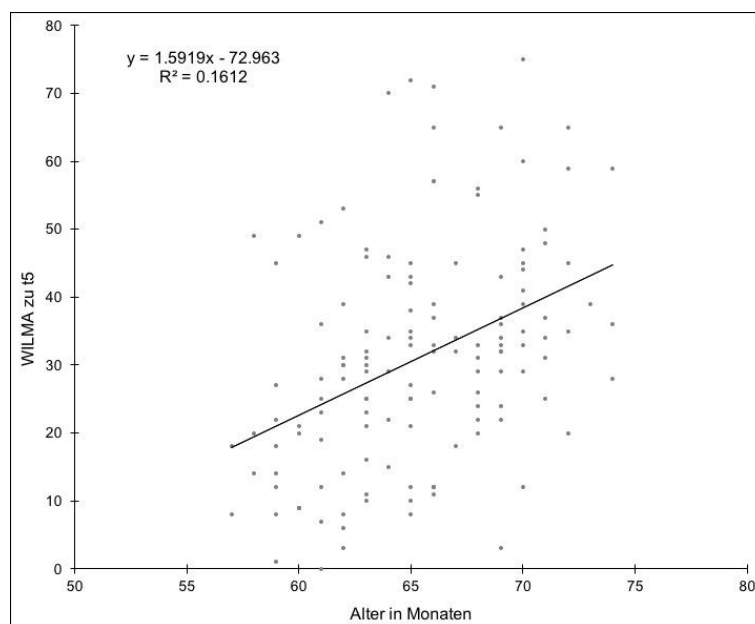


Abbildung 23 Diagramm zur Korrelation WILMA (Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen) und Alter der Kinder in Monaten zu t5 (Hypothese 2.1)

Im Diagramm ist eine Korrelation mit einer starken Streuung zu erkennen (siehe Abbildung 23). Auf der Y-Achse stehen die Ergebnisse des WILMA zu t5 und auf der X-Achse das Alter der Kinder in Monaten (Wertebereich von 57 bis 74 Monaten). Die Werte des WILMA sind nicht normalverteilt (siehe Kapitel 4.2.1). Der Korrelationskoeffizient berechnet nach Spearman beträgt 0.43, was eine mittlere Korrelation beschreibt. Das Bestimmtheitsmass ( $R^2$ ) beträgt 0.1612. Daraus kann ermittelt werden, dass sich zu t5 ungefähr 16 Prozent der Varianz der Testergebnisse des WILMA durch das Alter erklären lassen. Die restlichen 84 Prozent lassen sich durch andere Einflussfaktoren beschreiben.

In der Abbildung 24 ist der Zusammenhang zwischen dem Alter und den Punktzahlen im WILMA bildlich dargestellt. Dazu wurden die Kinder in vier Alterskategorien aufgeteilt. Für jede Alterskategorie wurden die Mittelwerte und die Standardabweichungen berechnet. Es zeigt sich, dass der Mittelwert des Ergebnisses im Test WILMA mit zunehmendem Alter ansteigt.

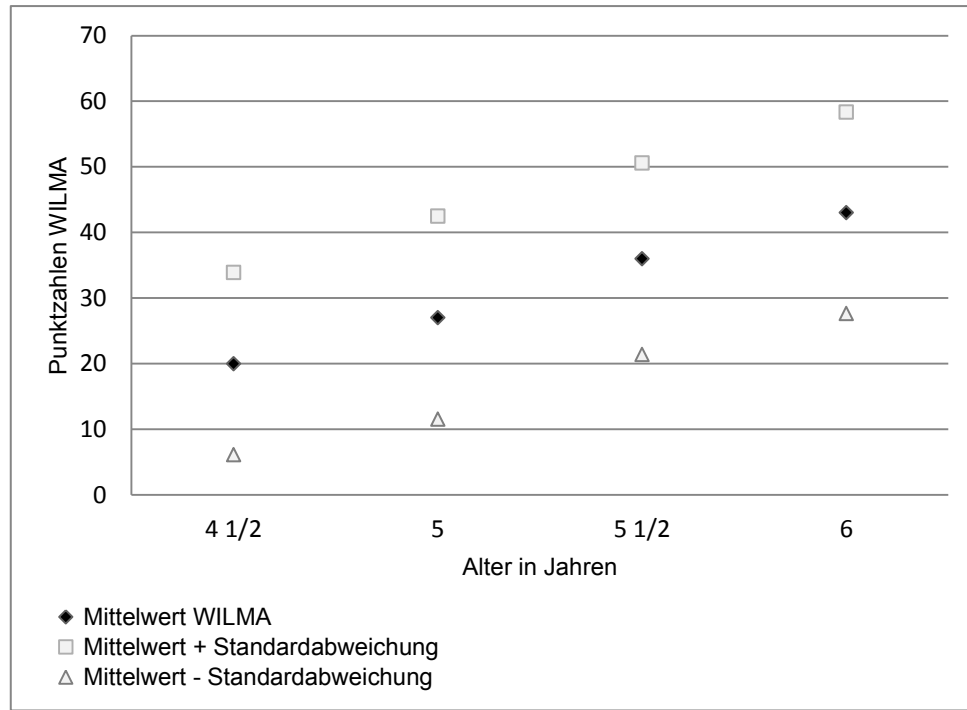


Abbildung 24 Mittelwerte der Testergebnisse im WILMA (Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen) von vier Alterskategorien zu t5, dargestellt mit den jeweiligen Standardabweichungen

## Hypothese 2.2

Zu t5 besteht eine positive Korrelation zwischen den Ergebnissen des SGW und den Testergebnissen des WILMA.

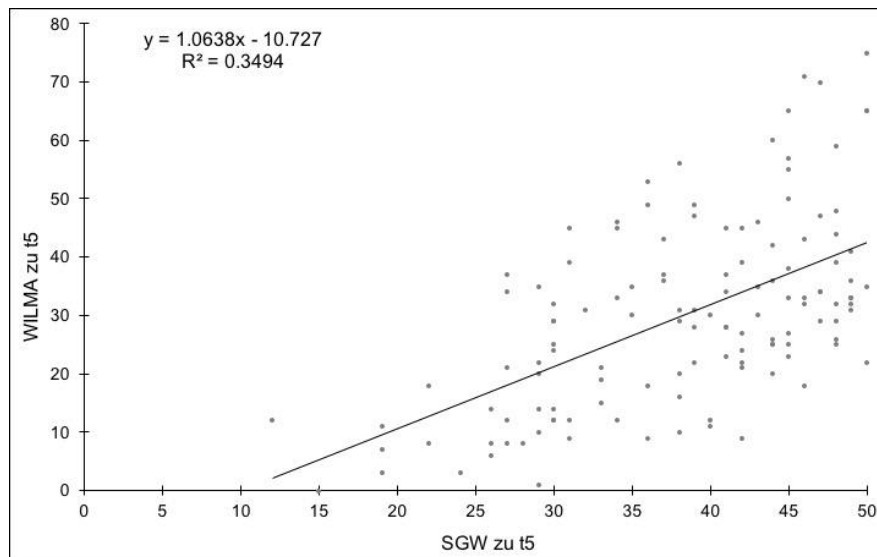


Abbildung 25 Diagramm zur Korrelation WILMA (Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen) und SGW (Test zur Erfassung sprachlicher Kompetenzen) zu t5 (Hypothese 2.2)

In der Abbildung 25 lässt sich erkennen, dass sich viele Punkte der Gerade anschmiegen. Auf der Y-Achse befinden sich die Testergebnisse des WILMA zu t5. Die Werte der X-Achse (Testergebnisse des SGW zu t5) bewegen sich im Wertebereich von 12 bis 54. Die Werte beider Testverfahren weisen keine Normalverteilung auf (siehe Kapitel 4.2.1). Der Korrelationskoeffizient nach Spearman beträgt 0.57. Dies beschreibt eine mittlere Korrelation. Das Bestimmtheitsmass ( $R^2$ ) ist 0.3494. Dies bedeutet, dass sich zu t5 ungefähr 35 Prozent der Varianz der Testergebnisse des WILMA durch die Testergebnisse des SGW erklären lassen. Andere Einflussfaktoren bestimmen die übrigen 65 Prozent.



## Hypothese 2.3

Je schlechter die vier Verhaltensbeobachtungen (Motivation, Konzentration, Kooperation und Verständnis der Instruktionen) während der Testung des SON-R 2½ -7 von der testenden Person eingestuft werden, desto tiefer ist der SON-IQ.

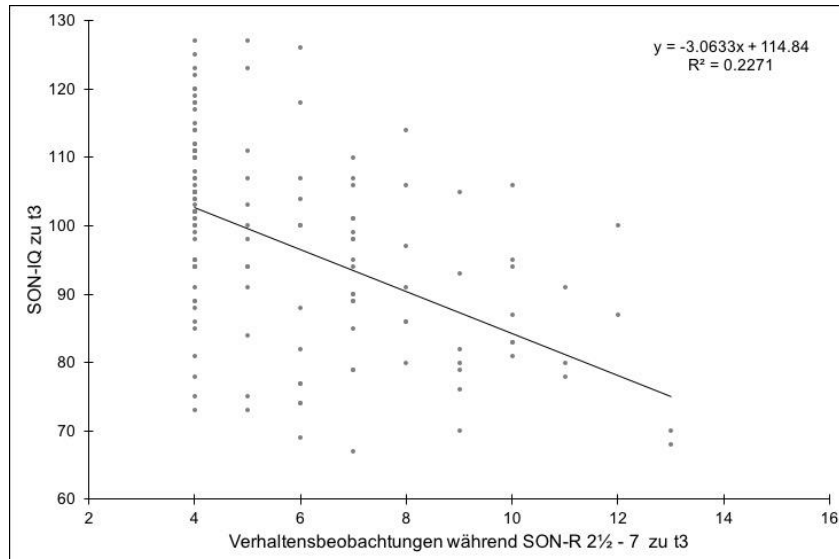


Abbildung 26 Diagramm zur Korrelation SON-IQ (Intelligenzquotient, erhoben mit dem SON-R 2½ -7) und Verhaltensbeobachtungen (Motivation, Konzentration, Kooperation und Verständnis der Instruktionen) während des SON-R 2½ -7 zu t3 (Hypothese 2.3)

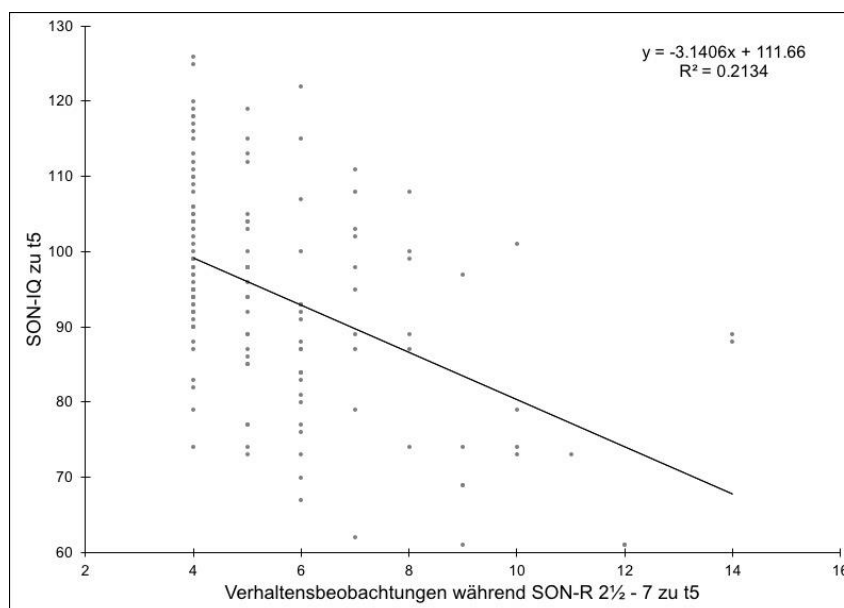


Abbildung 27 Diagramm zur Korrelation SON-IQ (Intelligenzquotient, erhoben mit dem SON-R 2½ -7) und Verhaltensbeobachtungen (Motivation, Konzentration, Kooperation und Verständnis der Instruktionen) während des SON-R 2½ -7 zu t5 (Hypothese 2.3)

Beide Diagramme zeigen eine negative Korrelation. Auf der X-Achse stehen in der Abbildung 26 und in der Abbildung 27 die Gesamtpunktzahlen der vier Verhaltensbeobachtungen, welche anhand der Durchführung des SON-R 2½ -7 zu t3 bzw. t5 beurteilt wurden. Die Werte erstrecken sich von 4 bis 14. Dabei ist der Wert 4 die bestmögliche und der Wert 14 die schlechteste Beurteilung der Verhaltensbeobachtungen. In beiden Abbildungen stehen auf der Y-Achse die SON-IQ zu t3 bzw. t5.

Die Korrelationen sind negativ. Dies bedeutet, dass ein hoher Gesamtwert der Verhaltensbeobachtungen einen tieferen SON-IQ voraussagt. Mit einem Wert von -0.49 handelt es sich in beiden Fällen um eine mittlere, negative Korrelation. Das Bestimmtheitsmass beträgt 0.2134. Dies bedeutet, dass bei beiden Messzeitpunkten 21 Prozent der Varianz des SON-IQ durch die Verhaltensbeobachtungen erklärt werden können. Die restlichen 79 Prozent lassen sich durch andere Einflussfaktoren erklären.

#### 4.2.3 Übersicht aller berechneten Korrelationskoeffizienten

In der Abbildung 28 sind die verschiedenen Testverfahren und Einflussfaktoren dargestellt. Auf den Verbindungslinien werden die Korrelationskoeffizienten angegeben, welche jeweils den Zusammenhang zwischen zwei Variablen sichtbar machen. Grau markierte Verbindungslinien und die dazugehörigen Korrelationskoeffizienten sind in keiner Hypothese enthalten, werden jedoch für die Diskussion beigezogen.

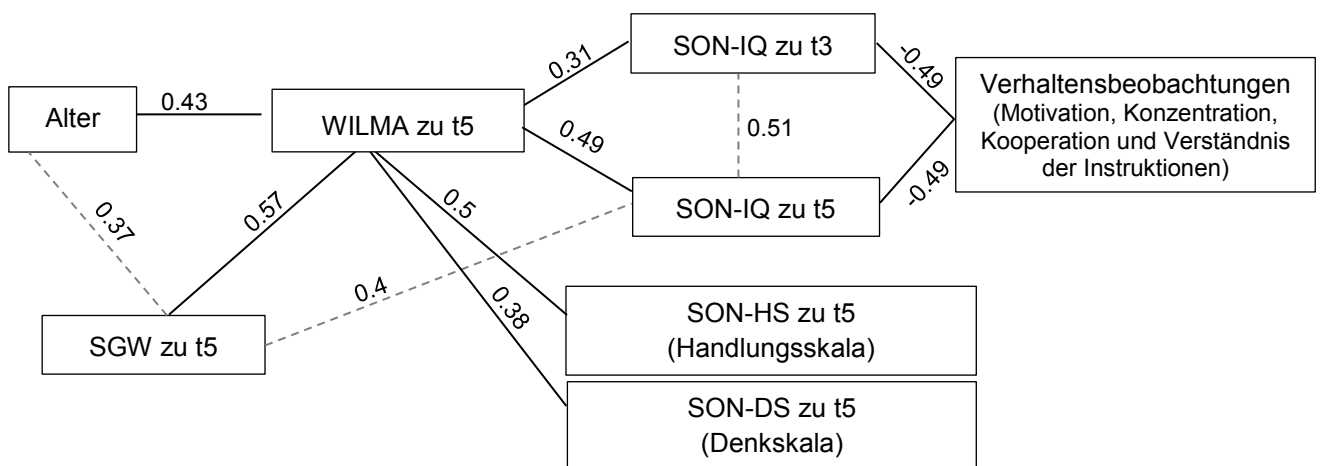


Abbildung 28 Übersicht der Korrelationskoeffizienten von den verschiedenen Variablen aller Hypothesen, gestrichelte Verbindungslinien und deren Korrelationskoeffizienten sind in keiner Hypothese enthalten

## 5 Diskussion

Zunächst werden im vorliegenden Kapitel Erkenntnisse aus der Überprüfung auf Normalverteilung zusammengetragen. In einem weiteren Schritt werden die vorliegenden Hypothesen überprüft und mit Werten aus bereits bestehenden Studien verglichen. Basierend auf den überprüften Hypothesen und der theoretischen Auseinandersetzung werden die vorliegenden Fragestellungen beantwortet. Die Ergebnisse werden im Hinblick auf die heilpädagogische Praxis diskutiert. Zum Schluss wird das methodische Vorgehen kritisch hinterfragt und es wird auf weitere mögliche Untersuchungen hingewiesen.

### 5.1 Erkenntnisse aus der Überprüfung auf Normalverteilung

Die Werte des SON-IQ sind zu beiden Messzeitpunkten normalverteilt. Die gefundenen Mittelwerte liegen bei 96.7 (zu t3) bzw. 94.1 (zu t5). Tellegen et al. (vgl. 2007, S. 126) gehen aufgrund der Normierung des SON-R 2½ -7 von einem Mittelwert von 100 und einer Standardabweichung von 15 aus. Die ZEPPELIN-Kinder der ausgewählten Stichprobe liegen somit bei der Testung des SON-R 2½ -7 etwas unter diesem erwarteten Wert. Dies könnte damit zusammenhängen, dass das Bildungsniveau und der Migrationshintergrund der Eltern das Testergebnis negativ beeinflussen können (vgl. Tellegen et al., 2007, S. 45 – 47). Sowohl ein tiefes Bildungsniveau als auch Migrationshintergrund können als psychosoziale Risiken angesehen werden. Aus diesem Grund wäre es gut möglich, dass eines oder beide Merkmale bei vielen Kindern der ausgewählten Stichprobe zutreffen. Aufgrund dieser Erkenntnisse kann angenommen werden, dass sich der SON-R 2½ -7 durchaus für Kinder im Vorschul- und Kindergartenalter eignet. Die Erfahrungen der Autorinnen während der Testungen des SON-R 2½ -7 zu t5 stützen diese Aussage.

Während die Werte des SON-IQ als normalverteilt gelten, folgen die Testergebnisse des WILMA und des SGW keiner Normalverteilung. Die Glockenkurve der Testergebnisse des WILMA weist darauf hin, dass es mehr Kinder mit tiefen als mit hohen Ergebnissen hat. Daraus kann die Vermutung aufgestellt werden, dass gewisse Aufgaben des Testverfahrens WILMA zu t5 teilweise noch nicht dem Entwicklungsstand der Kinder entsprechen. Dies deckt sich mit den Erfahrungen der Verfasserinnen während der Testung des WILMA. Beim SGW liegt der ermittelte Mittelwert der Testergebnisse bei 39.2 Punkten. Bei der Einteilung in die Fähigkeitsniveaus im Sprachverständnis nach Bayer et al. (vgl. 2014, S. 16) entspricht dies gerade noch dem Niveau zwei. Bei der Normierung des SGW wurden 216 Kinder im ersten Kindergartenjahr getestet. Davon sind 40 Prozent der Kinder fremdsprachig. In der Stichprobe der Normierung erzielten nur 9.9 Prozent der Kinder das Niveau zwei, was einer Punktzahl zwischen 30 und 39 entspricht. Der grösste Anteil der Kinder (33.3 Prozent) erreichte das Niveau vier mit Punktzahlen zwischen 47 bis 50 (vgl. Bayer et al., 2014, S. 36). Die Erklärung für den bedeutsam tieferen Mittelwert der vorliegenden Stichprobe könnte darauf beruhen, dass doppelt so viele Kinder (80 Prozent) fremdsprachig aufgewachsen sind.

Aufgrund der nicht normalverteilten Ergebnisse des WILMA und des SGW müssen die vorliegenden Werte der Hypothesen relativiert werden.

## 5.2 Überprüfung der Hypothesen

### Hypothese 1.1

Es besteht eine positive Korrelation zwischen dem SON-IQ zu t3 und den Testergebnissen des WILMA zu t5.

Überprüfung: Aufgrund der Korrelationsberechnungen kann die Hypothese 1.1 bestätigt werden. Es zeigt sich ein Korrelationskoeffizient von 0.31. In der vorliegenden Untersuchung ist dies die kleinste aller ermittelten Korrelationen (siehe Abbildung 28). Dieser Wert ist vergleichbar mit den Korrelationskoeffizienten der Studie von Foster et al. (vgl. 2015,  $r = 0.34$ ) und der Studie von Krajewski und Schneider (vgl. 2006,  $r = 0.31$ , siehe Kapitel 1.3). Dabei muss bei der vorliegenden Hypothese beachtet werden, dass zwischen den Messzeitpunkten der Variablen ungefähr zwei Jahre liegen. Hingegen wurden die Variablen der genannten Studien zu einem ähnlichen Messzeitpunkt erhoben.

### Hypothese 1.2

Der SON-IQ zu t5 korreliert stärker positiv mit den Testergebnissen des WILMA zu t5, als der SON-IQ zu t3.

Überprüfung: Aufgrund der Ergebnisse kann die Hypothese 1.2 bestätigt werden. Zu t5 konnte zwischen dem SON-IQ und dem Ergebnis des WILMA ein Korrelationskoeffizient von 0.49 ermittelt werden. Dies ist höher als der Zusammenhang, welcher in der Hypothese 1.1 gefunden wurde. Der Unterschied könnte darauf beruhen, dass zwischen den beiden Testungen des SON-R 2½ -7 zu t5 und des WILMA zu t5 meist nicht mehr als ein Monat lag. Zwischen t3 und t5 liegen hingegen ungefähr zwei Jahre. Zudem ist zu berücksichtigen, dass die Kinder bei der ersten Intelligenzmessung noch sehr klein sind und enorm grosse Entwicklungsschritte in den Jahren, welche zwischen den beiden Testungen liegen, geschehen. Der Korrelationskoeffizient von 0.49 ist deutlich höher als die gefundene Korrelation in der Studie von Krajewski und Schneider (vgl. 2006,  $r = 0.31$ ). Auch die Studie von Foster et al. (vgl. 2015) fand lediglich einen Korrelationskoeffizienten von 0.34 (siehe Kapitel 1.3). Eine Begründung für die Differenz der Korrelationen könnten die unterschiedlich eingesetzten Testverfahren sein, welche möglicherweise auch andere Kompetenzen überprüfen. Es kann vermutet werden, dass die Testverfahren der vorliegenden Untersuchung mehr Kompetenzen erfassen und deshalb einen grösseren Anteil der Abhängigkeit erklären können.

### Hypothese 1.3

Zu t5 korreliert die SON-HS (Subtests zum räumlichen Vorstellungsvermögen) stärker positiv mit den Testergebnissen des WILMA, als die SON-DS.

Überprüfung: Die Hypothese 1.3 kann aufgrund der Ergebnisse bestätigt werden. Die SON-HS kann 26 Prozent der Varianz in den Testergebnissen des WILMA erklären. Im Gegensatz dazu konnte die SON-DS nur knapp 17 Prozent zur Varianzaufklärung der Testergebnisse des WILMA beitragen. Unter anderem konnte die Studie von Krajewski et al. (vgl. 2008) ebenfalls einen Zusammenhang zwischen visuell-räumlichen und mathematischen Kompetenzen bestätigen. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen auf, dass 12 Prozent der Varianz der mathematischen Basiskompetenzen durch die visuell-räumlichen Kompetenzen des Arbeitsgedächtnisses aufgeklärt werden können (siehe Kapitel

1.3). Dieser Wert erweist sich als bedeutsam kleiner als die vorliegende Korrelation zwischen den Subtests zum räumlichen Vorstellungsvermögen des SON-R 2½ -7 (SON-HS) und der Testergebnisse des WILMA. Die Unterschiede könnten auf verschiedene Testinhalte zurückgeführt werden.

### Hypothese 2.1

Je älter die Kinder, desto höher ist das Testergebnis des WILMA zu t5.

Überprüfung: Mit einem Korrelationskoeffizient von 0.43 kann die Hypothese 2.1 bestätigt werden. Es können ungefähr 16 Prozent der Varianz des WILMA durch das Alter erklärt werden. Diese Korrelation könnte dadurch begründet werden, dass die Entwicklung der Kinder die mathematische Leistung beeinflusst.

### Hypothese 2.2

Zu t5 besteht eine positive Korrelation zwischen den Ergebnissen des SGW und den Testergebnissen des WILMA.

Überprüfung: Aufgrund des berechneten Korrelationskoeffizienten von 0.57 kann die Hypothese 2.2 bestätigt werden. Es können ungefähr 35 Prozent der Varianz in den Testergebnissen des WILMA durch die Testergebnisse des SGW erklärt werden. Dies ist der höchste Zusammenhang, welcher in der vorliegenden empirischen Untersuchung gefunden wurde (siehe Abbildung 28). Fast den gleichen Wert beschreibt die Studie von Krajewski et al. (vgl. 2008), in welcher die phonologischen Bewusstheit 37 Prozent der Varianz in den mathematischen Kompetenzen erklären konnte. Weiterführend konnte auch die Studie von Foster et al. (vgl. 2015) einen Zusammenhang zwischen der phonologischen Bewusstheit und den mathematischen Kompetenzen bestätigen, welcher sich mit einem Korrelationskoeffizienten von 0.51 als etwas kleiner erweist. Ein deutlich kleinerer Zusammenhang fand die Studie von Praet et al. (vgl. 2013), bei welcher 21 Prozent der Varianz in den mathematischen Fähigkeiten durch die sprachlichen Kompetenzen der Kinder erklärt werden konnten. Die unterschiedlichen Korrelationen könnten darauf hinweisen, dass die Stärke des Zusammenhangs zwischen mathematischen und sprachlichen Kompetenzen von den gemessenen Fähigkeiten abhängt. Es ist zu erwähnen, dass die Studien von Praet et al. (vgl. 2013) und Foster et al. (vgl. 2015) aus dem englischsprachigen Raum stammen. Dies bedeutet, dass sich die gemessenen sprachlichen Kompetenzen nicht auf deutsche sondern auf englische Fähigkeiten beziehen.

### Hypothese 2.3

Je schlechter die vier Verhaltensbeobachtungen (Motivation, Konzentration, Kooperation und Verständnis der Instruktionen) während der Testung des SON-R 2½ -7 von der testenden Person eingestuft werden, desto tiefer ist der SON-IQ.

Überprüfung: Aufgrund des ermittelten Korrelationskoeffizienten kann die Hypothese 2.3 sowohl zu t3 als auch t5 bestätigt werden. Zu beiden Messzeitpunkten korrelieren die Gesamtwerte der Verhaltensbeobachtungen zu -0.49 mit dem SON-IQ. Der negative Korrelationskoeffizient zeigt auf, dass eine schlechte Beurteilung der Verhaltensbeobachtungen auch zu einem tieferen SON-IQ führte. Zu dieser Erkenntnis kommen auch Tellegen et al. (vgl. 2007, S. 47 – 48) aufgrund einer empirischen Untersuchung im Rahmen der Normierung des SON-R 2½ -7.

### 5.3 Beantwortung der Fragestellungen

Die erste Fragestellung der vorliegenden Arbeit befasst sich mit Zusammenhängen zwischen Intelligenzleistung und mathematischen Fähigkeiten. Sie ist wie folgt formuliert:

Inwiefern hängen die Testergebnisse des SON-R 2 ½-7 und die Testergebnisse des WILMA zusammen?

Alle drei Hypothesen, welche dieser Fragestellung unterliegen, konnten bestätigt werden. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen gleich hohe oder höhere Korrelationen als in vergleichbaren Studien, was die Bestätigung der Hypothesen und die vorliegenden Ergebnisse stützen. Zu beiden Messzeitpunkten zeigt die fluide Intelligenz (gemessen mit dem SON-R 2 ½ -7) einen Zusammenhang mit den mathematischen Kompetenzen (gemessen mit dem WILMA). Der SON-IQ zu t3 korreliert schwach mit den Testergebnissen des WILMA zu t5. Ein deutlich höherer Zusammenhang (mittlere Korrelation) zeigt sich, wenn beide Testergebnisse zu t5 verglichen werden. Zahlreiche bestehende Studien konnten ebenfalls einen Zusammenhang zwischen Intelligenz und mathematischen Fähigkeiten bestätigen (vgl. Foster et al., 2015; Passolunghi et al., 2015; Krajewski & Schneider, 2006; Steinmayr & Meissner, 2013 und Primi et al., 2010, siehe Kapitel 1.3).

Im Spezifischen weist die Bestätigung der Hypothese 1.3 darauf hin, dass zu t5 die visuell-räumlichen Subtests des SON-R 2 ½ -7 (SON-HS) stärker mit den mathematischen Kompetenzen (gemessen mit dem WILMA) korrelieren, als die SON-DS. Sowohl die Studie von Krajewski et al. (vgl. 2008) als auch die Studie von Schuchardt et al. (vgl. 2014) gehen davon aus, dass die visuell-räumliche Komponente des Arbeitsgedächtnisses mathematische Fähigkeiten beeinflusst (siehe Kapitel 1.3). Die theoretischen Befunde aus dem Kapitel 1.2.5 unterstützen diesen Zusammenhang (vgl. Benz et al., 2015; Lorenz, 2016 und Radatz, 2007).

Zusammenfassend wird deutlich, dass sich sowohl vergleichbare bestehende Studien als auch Befunde aus der theoretischen Auseinandersetzung mit den vorliegenden Ergebnissen der Hypothesen der ersten Fragestellung decken, was deren Bedeutsamkeit unterstreicht. Alle Hypothesen zeigen schwache bis mittlere Korrelationen. Dies macht deutlich, dass weitere Faktoren die Testergebnisse beeinflussen. Mit weiteren möglichen Einflussfaktoren befasst sich die zweite Fragestellung der vorliegenden Arbeit, welche wie folgt lautet:

Welches sind weitere mögliche Einflussfaktoren der Testergebnisse des WILMA und des SON-R 2 ½ -7?

Alle drei Hypothesen, welche sich auf die zweite Fragestellung beziehen, gelten als bestätigt. Die Bestätigung der Hypothese 2.1 zeigt, dass das Alter mit dem Testergebnis des WILMA zusammenhängt. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen aus der Entwicklung des Zahlbegriffs nach Piaget (siehe Kapitel 1.2.2) und den mathematischen Stufenmodellen (siehe Kapitel 1.2.4). Gut ersichtlich ist der Anstieg der Punktezahlen des WILMA mit wachsendem Altern in der Abbildung 24. Ferner zeigt die Bestätigung der Hypothese 2.2 einen Zusammenhang zwischen den sprachlichen Kompetenzen (gemessen mit dem SGW) und den mathematischen Kompetenzen (gemessen mit dem

WILMA) auf. Die gefundene mittlere Korrelation von 0.59 erweist sich als gleich hoch oder höher als die Werte aus vergleichbaren Studien. Mehrere bestehende Studien (siehe Kapitel 1.3) konnten einen Zusammenhang zwischen sprachlichen und mathematischen Fähigkeiten aufzeigen (vgl. Foster et al., 2015; Passolunghi et al., 2015; Krajewski et al., 2008; Schuchardt et al., 2014 und Praet et al., 2013). Sowohl Werner (vgl. 2009) als auch Lorenz (vgl. 2016) stützen dies (siehe Kapitel 1.2.5). Aufgrund der bisherigen Ergebnisse des ZEPPELIN-Projektes, welche positive Effekte im Bereich Sprache aufzeigen konnten (vgl. Lanfranchi et al., 2018, S. 2 – 3), lohnt sich in diesem Zusammenhang eine spezifische Unterstützung der familiären Umgebung des Kindes.

Die Bestätigung der Hypothese 2.3 besagt, dass eine schlechte Beurteilung der vier Verhaltensbeobachtungen (Motivation, Konzentration, Kooperation und Verständnis der Instruktionen) während der Testung des SON-R 2½ -7 zu einem tieferen SON-IQ führen kann. Dies deckt sich mit den Befunden von Tellegen et al. (2007, S. 47 – 48). Neben den beschriebenen Korrelationen der vorliegenden Hypothesen sind in der Abbildung 28 weitere Korrelationen in Bezug auf den SON-IQ aufgeführt, welche zur Beantwortung der zweiten Fragestellung beitragen. So korreliert der SON-IQ zu t3 zu 0.51 mit dem SON-IQ zu t5. Weil im SON-R 2½ -7 die fluide Intelligenz getestet wird, welche nach Cattell weitgehend vererbt wird (vgl. Holling et al., 2004, S. 21), hätten die Autorinnen eine höhere Korrelation vermutet. Der ermittelte Wert ist deutlich tiefer als der Korrelationskoeffizient von 0.79, welcher im Rahmen der Normierung des SON-R 2½ -7 beim Retest ermittelt wurde (Tellegen et al., 2007, S. 56). Wobei zu beachten ist, dass zwischen den Messzeitpunkten (t3 und t5) der beiden Testungen des SON-R 2½ -7 ungefähr zwei Jahre liegen. Unter anderem könnte der Einfluss der Verhaltensbeobachtungen Motivation, Konzentration, Kooperation und Verständnis der Instruktionen dazu führen, dass sich zwischen dem SON-IQ zu t3 und t5 nur eine mittlere Korrelation zeigt. Weiterführend lässt sich in der Abbildung 28 erkennen, dass zu t5 sprachliche Kompetenzen (gemessen mit dem SGW) zu 0.4 mit der Intelligenzleistung (gemessen mit dem SON-R 2½ -7) zusammenhängen. Da es sich beim SON-R 2½ -7 um einen nonverbalen Test handelt, empfinden die Verfasserinnen diesen Zusammenhang als gross. Es darf aber nicht vergessen werden, dass eine höhere Intelligenzleistung durchaus dazu beitragen kann, dass sprachliche Kompetenzen besser aufgebaut werden können. Die gefundene Korrelation ist vergleichbar mit Werten, welche im Rahmen der Normierung des SON-R 2½ -7 berechnet wurden. Je nach Sprachtest zeigte sich dort eine Korrelation von 0.29 oder 0.46 mit dem Testergebnis des SON-R 2½ -7 (vgl. Tellegen et al., 2007 S. 57).

Neben den überprüften Einflussfaktoren der vorliegenden empirischen Untersuchung werden im theoretischen Teil der vorliegenden Arbeit weitere Variablen beschrieben, welche mit den mathematischen Fähigkeiten zusammenhängen. In bestehenden Studien werden Umweltfaktoren wie der sozioökonomische Status und die häusliche Umgebung als Einflussfaktoren von mathematischen Kompetenzen genannt. Weitere Studien bestätigen einen Einfluss von spezifischen mentalen Funktionen wie der Aufmerksamkeit oder den exekutiven Funktionen auf die mathematischen Kompetenzen (vgl. Hassinger-Das et al., 2015 und Noël, 2009, siehe Kapitel 1.3). Diese Einflussfaktoren werden auch von Kaufmann et al. (vgl. 2009) und Jacobs und Petermann (vgl. 2012)

beschrieben (siehe Kapitel 1.2.5). In der vorliegenden Arbeit liegen keine Testergebnisse für die Überprüfung dieser Einflussfaktoren vor.

Abschliessend kann gesagt werden, dass aufgrund der vorliegenden empirischen Untersuchung einige bedeutsame Einflussfaktoren der Testergebnisse des SON-R 2½ -7 und des WILMA zusammengetragen werden können. Alle Faktoren bestätigen mittlere Korrelationen mit den Testergebnissen. Sowohl das Alter als auch sprachliche Kompetenzen (gemessen mit dem SGW) hängen mit dem Testergebnis des WILMA zusammen, wobei die sprachlichen Kompetenzen einen besonders starken Zusammenhang aufzeigen. Die Varianz des SON-IQ lässt sich ebenfalls unter anderem durch sprachliche Kompetenzen (gemessen mit dem SGW) erklären. Wie es zu erwarten war, kann auch die Intelligenzleistung zu t3 (gemessen mit dem SON-R 2½ -7) als Prädiktor für das gleiche Testverfahren zu t5 angenommen werden. Nicht zuletzt hängt die Beurteilung von Verhaltensbeobachtungen (Motivation, Konzentration, Kooperation und Verständnis der Instruktionen) während der Testung mit dem Testergebnis des SON-R 2½ -7 zusammen. Bereits bestehenden Studien und Angaben aus der Literatur bestätigen diese Befunde und weisen auf weitere mögliche Einflussfaktoren hin. Die übereinstimmenden Befunde unterstreichen die Relevanz der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung.

### **5.4 Heilpädagogische Relevanz**

In der Einleitung der vorliegenden Masterarbeit haben sich die Autorinnen die Frage gestellt, inwiefern die Ergebnisse von Intelligenztests mit den kognitiven Fähigkeiten der Kinder zusammenhängen und ob es berechtigt ist, aufgrund dieser Ergebnisse Entscheidungen für die weitere Beschulung eines Kindes zu fällen. Sowohl die theoretische Auseinandersetzung als auch die Ergebnisse aus dem empirischen Teil geben Hinweise zur Beantwortung dieser Fragestellung. Aufgrund der Bestätigung der Hypothese 1.2 ist es in erster Linie wichtig, im heilpädagogischen Alltag aktuelle Testergebnisse von Kindern herbeizuziehen. Davon gehen auch Holling et al. (vgl. 2004, S. 41) aus. Weiterführend ist zu beachten, dass nach der Aussage von Holling und Vock (vgl. 2006, S. 499) die gängigen Intelligenztests teilweise sehr unterschiedliche kognitive Fähigkeiten messen. Somit wird mit einem Intelligenztest immer nur ein Teilbereich der kognitiven Fähigkeiten eines Kindes erfasst. Dies erklärt, warum die Ergebnisse von verschiedenen Intelligenztests stark variieren können. In diesem Zusammenhang sollten sich heilpädagogische Lehrkräfte bei der Interpretation von Testergebnissen eines Intelligenztests die Frage stellen, welche Kompetenzen geprüft wurden. Um einen Überblick über die erfassten kognitiven Fähigkeiten eines Intelligenztests zu gewinnen, kann es helfen, diese Kompetenzen in einem Intelligenzmodell einzuordnen. Dazu eignet sich nach Holling et al. (vgl. 2004, S. 58) zum Beispiel das Modell von Carroll (siehe 1.1.2). Aufgrund der Einordnung der erfassten kognitiven Kompetenzen in ein Intelligenzmodell können heilpädagogische Lehrkräfte Hinweise für die Förderung erhalten und spezifische Fördermassnahmen für das Kind einleiten. Sowohl die theoretische Auseinandersetzung als auch der empirische Teil der vorliegenden Arbeit haben gezeigt, dass bei der Interpretation von Ergebnissen eines Intelligenztests Vorsicht geboten ist. Es ist zu beachten, dass verschiedene Faktoren auf die Testung einwirken können. So zeigt die Bestätigung der Hypothese 2.3 auf, dass sich die Verhaltensbeobachtungen Motivation, Konzentration, Kooperation und Verständnis der Instruktionen auf das Testergebnis auswirken können. Wenn die



Beurteilung dieser Kriterien während einer Intelligenztestung negativ ausfällt, ist es nach Tellegen et al. (vgl. 2007, S. 47 – 48) gut möglich, dass die gemessene Intelligenz nicht der effektiven Intelligenz eines Kindes entspricht. Ein tiefer SON-IQ könnte vielmehr auch eine Folge der beobachteten Bereiche sein. Dabei darf nicht vergessen werden, dass es nach Holling et al. (vgl. 2004, S. 41) bei Kindern unter sieben Jahren zu starken Schwankungen der IQ-Werte kommen kann. Aufgrund dieser Erkenntnisse ist es dringend angezeigt, bei Kindern mit einer unterdurchschnittlichen Testintelligenz die Umstände der Testung zu berücksichtigen und die Ergebnisse kritisch zu hinterfragen. Um die Motivation der Kinder möglichst hoch zu halten, sollte verhindert werden, dass Kinder für die Durchführung von Testverfahren aus Spielsituationen herausgerissen werden. Es ist wichtig, die Kinder über den Verlauf der Testung im Vorfeld zu informieren. Das Ziehen von voreiligen Schlüssen für die weitere Schullaufbahn eines Kindes ist zu vermeiden und Kinder sollten auf keinen Fall stigmatisiert werden.

Diese Stigmatisierung ist in der heilpädagogischen Praxis auch deshalb nicht angebracht, weil neben der Intelligenzleistung weitere Einflussfaktoren auf die schulischen Leistungen eines Kindes einwirken. So konnte die Bestätigung der Hypothese 2.2 einen engen Zusammenhang zwischen mathematischen und sprachlichen Kompetenzen aufzeigen. Dies zeigt auf, wie bedeutend eine intensive Sprachförderung ist. Ausschlaggebend ist dies vor allem bei fremdsprachigen Kindern. Im Zusammenhang mit Zweisprachigkeit weist Werner (vgl. 2009, S. 68 – 69) darauf hin, dass Kinder mit Migrationshintergrund Mathematik meist in ihrer Zweitsprache erlernen. Gerade weil sich die sprachlichen Fähigkeiten auch auf mathematische Kompetenzen auswirken können, ist es aus Sicht der Autorinnen besonders bedeutend, Kindern mit sprachlichen Defiziten entsprechende Unterstützungsmassnahmen zu bieten. Darüber hinaus zeigt die Bestätigung der Hypothese 2.1 einen Zusammenhang zwischen dem Alter des Kindes und den mathematischen Kompetenzen auf. Aufgrund dieser Erkenntnis sollte im heilpädagogischen Berufsalltag dem Entwicklungsstand des Kindes ein grosser Stellenwert zugeschrieben werden. Besonders bedeutend für die mathematischen Kompetenzen könnte nach der Zahlbegriffsentwicklung von Piaget (siehe Kapitel 1.2.2) der Übergang von der präoperativen Stufe in die Stufe der konkreten Operationen sein. Die Lerninhalte und Fördermassnahmen müssen dementsprechend angepasst werden. Zum Beispiel benötigen Kinder Objekte in gegenständlicher oder bildhafter Form, um das Prinzip der Invarianz zu verstehen. Sowohl die Zahlbegriffsentwicklung nach Piaget (siehe Kapitel 1.2.2) als auch mathematischen Stufenmodelle (siehe Kapitel 1.2.4) zeigen auf, dass mathematische Kompetenzen aufeinander aufbauen. In der heilpädagogischen Praxis ist deshalb darauf zu achten, dass Kinder mathematische Vorgänge verstehen und nicht nur auswendig lernen. Ansonsten kann dies den Aufbau von weiteren mathematischen Fähigkeiten behindern.

Hinsichtlich der Förderung der mathematischen Kompetenzen ist weiter zu beachten, dass aufgrund der Beantwortung der ersten Fragestellung der vorliegenden Arbeit von Zusammenhängen zwischen der Intelligenzleistung und den mathematischen Kompetenzen ausgegangen werden kann. Aufgrund dieser Einsicht gehen die Verfasserinnen dieser Arbeit davon aus, dass Kinder mit einem unterdurchschnittlichen IQ beim Aufbau von mathematischen Kompetenzen an Grenzen stossen können. Es ist die Aufgabe der heilpädagogischen Lehrkräfte zu überprüfen, wo diese Grenzen eines

Kindes liegen. Es stellt sich die Frage, welche mathematischen Basiskompetenzen ein Kind gefestigt hat und welche noch Lücken aufweisen. Mit der Auseinandersetzung und der mehrfachen Durchführung des WILMA haben die Autorinnen ein Instrument zur Testung numerischer Basisfähigkeiten kennengelernt. Die Interpretation der Testergebnisse des WILMA kann Fähigkeiten und Grenzen eines Kindes aufzeigen. Dies ermöglicht es, spezifische Fördermassnahmen abzuleiten. Dabei ist zu beachten, dass aufgrund der Bestätigung der Hypothese 2.2 die Aufgabenstellungen des WILMA vermutlich auch sprachliche Kompetenzen erfordern. Sowohl bestehende Studien (siehe Kapitel 1.3) als auch die Bestätigung der Hypothese 1.3 weisen darauf hin, dass räumliche Fähigkeiten mit mathematischen Kompetenzen zusammenhängen. Aufgrund dieser Erkenntnis sollte beim Aufbau von mathematischen Fähigkeiten der Förderung von räumlichen Kompetenzen besondere Beachtung geschenkt werden. Nicht zu vergessen ist der Zusammenhang zwischen frühen mathematischen Kompetenzen und späteren Mathematikleistungen, welcher in vielen bestehenden Studien bestätigt werden konnte (vgl. Krajewski & Schneider, 2006; Krajewski, 2008; Jordan et al., 2009 und Duncan et al., 2006, siehe Kapitel 1.3). Dies unterstreicht die Bedeutung einer frühzeitigen Diagnose und Förderung von mathematischen Basisfähigkeiten.

Weiterführend weist die breite Streuung der Testergebnisse darauf hin, dass die Kinder hinsichtlich der Intelligenzleistung, der mathematischen Kompetenzen und des Sprachvermögens sehr unterschiedliche Voraussetzungen mitbringen. Um einer Unter- oder Überforderung vorzubeugen, erfordert dies einen individualisierten Unterricht. Ausserdem bestätigen die unterschiedlichen Testergebnisse der Kinder aus dem ZEPPELIN-Projekt, dass Kinder mit psychosozialen Risiken nicht stigmatisiert werden sollten.

Neben diesen Hinweisen, welche die Autorinnen für die heilpädagogische Praxis mitnehmen können, erwies sich die Teilnahme am Projekt ZEPPELIN sowohl in beruflicher als auch persönlicher Hinsicht als wertvoll. Einerseits ist die Auseinandersetzung mit den Testverfahren zu nennen. Es konnten Erfahrungen in der Vorbereitung, der Durchführung, der Auswertung und der Interpretation der Tests gesammelt werden. Durch die Testung von mehreren Kindern konnten die Verfasserinnen eine gewisse Routine entwickeln, diese Testverfahren durchzuführen, welche auch im beruflichen Alltag immer wieder zum Einsatz kommen können. Weiterführend nahm die Kooperation und Vernetzung mit den anderen Projektmitarbeiterinnen, den Kindergärtnerinnen, den Eltern der ZEPPELIN-Kinder und den Kindern selbst eine wichtige Rolle ein. Flexibilität, Geduld und Empathie waren dabei besonders gefragt. Diese Kompetenzen sind in der Unterrichtspraxis der Heilpädagogik immer wieder von grosser Bedeutung. Den Einblick in das Forschungsprojekt ZEPPELIN sehen beide Autorinnen als grosse Bereicherung an.

Nicht zuletzt konnten die Autorinnen durch das gemeinsame Verfassen dieser Arbeit wertvolle Erfahrungen in der Zusammenarbeit sammeln. In vielen Gesprächen, bei welchen sowohl Erfahrungen des eigenen Berufsalltags als auch theoretische Befunde ausgetauscht und kritisch hinterfragt wurden, konnte das eigene Fachwissen überprüft und erweitert werden. Die statistische Aufarbeitung eines so grossen Datensatzes war für beide Autorinnen neu und herausfordernd zugleich. Durch Inputs von Fachpersonen, Büchern und dem Internet konnten die Verfasserinnen ihr statistisches Know-how Schritt für Schritt erweitern und anwenden. Dieser Lernprozess war trotz

hohem Zeitaufwand sehr erfüllend. Das Durchhaltevermögen hat sich gelohnt und die zentralen Erkenntnisse, welche für den heilpädagogischen Berufsalltag abgeleitet werden können, sind äusserst bereichernd.

## **5.5 Methodenkritik und Ausblick**

Pädagogisches und didaktisches Wissen von Testleiterinnen und Testleitern kann dazu beitragen, dass Verhaltensbeobachtungen (Motivation, Konzentration, Kooperation und Verständnis der Instruktionen) während der Testung von Kindern positiv ausfallen. Weiter bedarf es einer Schulung der testenden Personen durch Fachleute. Nach den Erfahrungen der Autorinnen legt das Projekt ZEPPELIN sehr viel Wert darauf, Testleiterinnen und Testleiter gezielt auszuwählen und umfassend zu schulen. Diese Sorgfalt unterstützt die Aussagekraft der Werte des Datensatzes und der vorliegenden Ergebnisse.

Die Stärke der berechneten Korrelationen wurde in der vorliegenden Arbeit anhand von einer Einschätzungsskala nach Stockheim (vgl. 2015, siehe Tabelle 5) und Werten aus vergleichbaren Studien eingeordnet. Das Programm SPSS würde es darüber hinaus ermöglichen, eine Signifikanzprüfung der Korrelationen durchzuführen (vgl. Stockheim, 2015, S. 141). Ausserdem wurden für die Berechnungen keine Ausreisser eliminiert und ausschliesslich lineare Zusammenhänge berechnet. In einem weiteren Schritt könnten auch andere Zusammenhänge, zum Beispiel exponentielle, überprüft werden.

In der vorliegenden empirischen Untersuchung wurde jeweils der Zusammenhang zwischen zwei Variablen anhand einer linearen Regressionsanalyse ermittelt. Des Weiteren könnte eine multiple lineare Regressionsanalyse durchgeführt werden. Dies bedeutet, dass der Zusammenhang zwischen mehreren unabhängigen Variablen und einer abhängigen Variablen untersucht wird (vgl. Stockheim, 2015, S. 181). Basierend auf der vorliegenden Arbeit könnte überprüft werden, wie viel Varianz die fluide Intelligenz, das Sprachverständnis und das Alter (unabhängige Variablen) in den mathematischen Kompetenzen (abhängige Variable) aufklären können. Zusätzlich wäre das Beiziehen der Testergebnisse des HTKS (Test zur Überprüfung der Selbstregulation) als unabhängige Variable aufschlussreich.

Der grösste Zusammenhang wurde in der vorliegenden Untersuchung zwischen den mathematischen Kompetenzen (gemessen mit dem WILMA) und den sprachlichen Fähigkeiten (gemessen mit dem SGW) gefunden. Aus diesem Grund könnten weitere Untersuchungen mit diesen beiden Variablen von besonderer Bedeutung sein. Der SGW wurde zu t6 (Messzeitpunkt im zweiten Kindergartenjahr der ZEPPELIN-Kinder) nochmals in einer erweiterten Version durchgeführt. Neben dem Gesamtwert liegt dann auch ein Wert für die phonologische Bewusstheit der Kinder vor. Viele bestehende Studien im Kapitel 1.3 konnten einen relevanten Zusammenhang zwischen der phonologischen Bewusstheit und den mathematischen Kompetenzen nachweisen (vgl. Foster et al., 2015; Passolunghi et al., 2015 und Krajewski et al., 2008). In diesem Sinne würde es sich anbieten, den Wert der phonologischen Bewusstheit mit dem Testergebnis des WILMA zu vergleichen. Es könnte die Hypothese aufgestellt werden, dass sich zwischen der phonologischen Bewusstheit (gemessen mit dem SGW zu t6) und den mathematischen Kompetenzen (gemessen mit dem WILMA zu t6) eine hohe Korrelation zeigt.

Zu t6 des Projektes ZEPPELIN wurde der Test WILMA nochmals durchgeführt. Die Testergebnisse des WILMA deuten darauf hin, dass gewisse Aufgaben des Testverfahrens zu t5 teilweise noch nicht dem Entwicklungsstand der Kinder entsprechen (siehe Kapitel 5.1). Gerade deshalb wäre es spannend, in einer weiteren Untersuchung Testergebnisse des WILMA zu t6 beizuziehen. Unter anderem könnten die Unterschiede zwischen den Testergebnissen des WILMA zu t5 und t6 zu spannenden Erkenntnissen führen. Grosse Unterschiede würden vermuten lassen, dass die Kinder in diesem Alter einen Entwicklungsschritt machen, welcher für den Aufbau der numerischen Basiskompetenzen besonders relevant ist. Im Hinblick auf die neue Intervention „Lernort Familie 5+“ des Projektes ZEPPELIN könnte untersucht werden, ob Kinder mit der Intervention einen höheren Leistungszuwachs in den mathematischen Kompetenzen zeigen als Kinder ohne die Intervention. Vorausblickend stellt sich die Frage, inwiefern sich numerischen Basiskompetenzen (gemessen mit dem WILMA) auf Mathematikleistungen in der Primar- oder Sekundarschule auswirken.

## **6 Schlusswort**

Durch die vorliegende Masterarbeit konnte angeeignetes Wissen aus dem Studium und die Erfahrungen aus der Praxis verknüpft und erweitert werden. Es zeigt sich, dass im heilpädagogischen Berufsalltag eine kritische Hinterfragung von Testergebnissen und eine umfassende Diagnose der Kompetenzen eines Kindes dringend angezeigt ist. Nur so können kompetente Empfehlungen für die weitere Beschulung eines Kindes abgegeben und spezifische Fördermassnahmen eingeleitet werden.

Die Autorinnen sind erstaunt, wie viele relevante Schlüsse sie aufgrund der theoretischen Auseinandersetzung und der quantitativen Auswertung für ihre heilpädagogische Praxis ziehen konnten. Durch die Erweiterung des Fachwissens und die eigenen Erfahrungen während der Mithilfe im Projekt ZEPPELIN fühlen sich die Autorinnen in ihrer Arbeit als Heilpädagogin gestärkt. Sie freuen sich darauf, die Erkenntnisse in den Schulalltag einfließen zu lassen und sind überzeugt, dass die Kinder und ihr Umfeld davon profitieren werden.

## 7 Literaturverzeichnis

- Bayer, M., Moser, U. & Berweger, S. (2014). *Sprachgewandt Kindergarten und 1. Klasse – Handbuch* (2. unveränderte Aufl.). Zürich: Lehrmittelverlag.
- Benninghaus, H. (2007). *Deskriptive Statistik : Eine Einführung für Sozialwissenschaftler*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Benz, C., Peter-Koop, A. & Grüssing, M. (2015). *Frühe mathematische Bildung. Mathematiklernen der Drei- bis Achtjährigen*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Bildungsdirektion Kanton Zürich (2017). *Lernort Familie 5+*. Zugriff am 01.10.2018 unter [https://www.hfh.ch/fileadmin/files/documents/Dokumente\\_FE/5\\_21.3\\_LEO\\_Kurzbeschreibung.pdf](https://www.hfh.ch/fileadmin/files/documents/Dokumente_FE/5_21.3_LEO_Kurzbeschreibung.pdf)
- Brydges, C. R., Reid, C. L., Fox, A. M. & Anderson, M. (2012). A unitary executive function predicts intelligence in children. *Intelligence*, 40 (5), 458 – 469.
- Cameron Ponitz, C., McClelland, M. M., Matthews, J. S., & Morrison, F. J. (2009). A Structured Observation of Behavioral Self-Regulation and Its Contribution to Kindergarten Outcomes. *Developmental Psychology*, 45(3), 605 – 619.
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., Pagani, L., Feinstein, L., Engel, M., Brooks-Gunn, J., Sexton, H., Duckworth, K. & Japel, C. (2006). *School readiness and later achievement*. Zugriff am 17.09.2018 unter <http://discovery.ucl.ac.uk/10005971/1/Duckworth2007SchoolReadiness1428.pdf>
- Evers, W. & Walk, L. (2013). *Fex – Förderung exekutiver Funktionen. Wissenschaft, Praxis, Förderspiele*. Calbe: Wehrfritz.
- Fischer, U., Roesch, S. & Moeller, K. (2017). Diagnostik und Förderung bei Rechenschwäche. Messen wir, was wir fördern wollen?. *Lernen und Lernstörungen*, 6 (1), 25 – 38.
- Foster, M. E., Anthony, J. L., Clements, D. H. & Sarama, J. H. (2015). Process in the development of mathematics in kindergarten children from Title 1 schools. *Journal of Experimental Child Psychology*, 140, 56 – 73.
- Fritz, A. & Ricken, G. (2008). *Rechenschwäche*. München: E. Reinhardt.
- Funke, J. & Vaterrodt-Plünnecke, B. (2004). *Was ist Intelligenz?* (2. überarbeitete Aufl.). München: Verlag C.H. Beck.
- Ginsburg, H. P. & Oppen, S. (2004). *Piagets Theorie der geistigen Entwicklung* (8. völlig überarbeitete Aufl.). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Hassinger-Das, B., Jordan, N.C., Glutting, J., Casey, I. & Dyson, N. (2015). *Domain mediators of the relation between kindergarten number sense and first-grade mathematics achievement*. Zugriff am 17.09.2018 unter <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3883039/>
- Holling, H., Preckel, F. & Vock, M. (2004). *Intelligenzdiagnostik*. Göttingen: Hogrefe.
- Holling, H. & Vock, M. (2006). Intelligenzdiagnostik. In F. Petermann (Hrsg.), *Handbuch der Psychologischen Diagnostik* (S. 494 – 501). Göttingen: Hogrefe.
- Hug, T. & Poscheschnik, G. (2010). *Empirisch Forschen: Die Planung und Umsetzung von Projekten im Studium*. Konstanz: UVK.
- Jacobs, C. & Petermann, F. (2012). *Diagnostik von Rechenstörungen* (2. überarbeitete und erweiterte Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Janke, N. (2008). *Risikofaktoren der Höhe und Stabilität von kindlicher Intelligenz im Übergang zur Schule - eine entwicklungspsychologische Sichtweise*. Zugriff am 22.09.2018 unter <http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/dissts/Bremen/Janke2008.pdf>
- Janke, N., Daseking, M. & Petermann, F. (2008). Intelligenzdiagnostik im Kindergartenalter – ein Beitrag zur Validierung des SON-R 2½ -7. *Diagnostica*, 54 (4), 174 – 183.

- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C. & Locuniak, M. N. (2009). *Early Math Matters: Kindergarten Number Competence and Later Mathematics Outcomes*. Zugriff am 17.09.2018 unter [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2782699/?utm\\_content=buffer8675a&utm\\_medium=social&utm\\_source=twitter.com&utm\\_campaign=buffer](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2782699/?utm_content=buffer8675a&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer)
- Kannengieser, S. (2015). *Sprachentwicklungsstörungen: Grundlagen, Diagnostik und Therapie* (3. aktualisierte und erweiterte Aufl.) München: Elsevier.
- Kaufmann, L., Nuerk, H.-C., Graf, M., Krinzing, H., Delazer, M. & Willmes, K. (2009). *TEDI-MATH – Test zur Erfassung numerisch-rechnerischer Fertigkeiten vom Kindergarten bis zur 3. Klasse*. Bern: Huber, Hogrefe.
- Klaczewski, J., Brandenburg, J., Fischbach, A., Grube, D., Hasselhorn, M. & Büttner, G. (2015). Working memory functioning in children with poor mathematical skills: Relationships to IQ-achievement discrepancy and additional reading and spelling difficulties. *Zeitschrift für Psychologie*, 223(2), 83 – 92.
- Koglin, U., Janke, N. & Petermann, F. (2009). Werden IQ-Veränderungen vom Kindergarten- zum Schulalter durch psychosoziale Risikofaktoren beeinflusst?. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 41 (3), 132 – 141.
- Kohler, R. (2008). *Jean Piaget*. Bern: Haupt.
- Krajewski, K. (2008). Vorhersage von Rechenschwäche in der Grundschule. Hamburg: Verlag Dr. Kovač.
- Krajewski, K. & Ennemoser, M. (2013). Entwicklung und Diagnostik der Zahl-Größen-Verknüpfung zwischen 3 und 8 Jahren. In M. Hasselhorn (Hrsg.), *Diagnostik mathematischer Kompetenzen* (S. 41 – 66). Göttingen: Hogrefe.
- Krajewski, K. & Schneider, W. (2006). Mathematische Vorläuferfertigkeiten im Vorschulalter und ihre Vorhersagekraft für die Mathematikleistungen bis zum Ende der Grundschulzeit. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 53, 246 – 262.
- Krajewski, K., Schneider, W. & Nieding, G. (2008). Zur Bedeutung von Arbeitsgedächtnis, Intelligenz, Phonologischer Bewusstheit und früher Mengen-Zahlen-Kompetenz beim Übergang vom Kindergarten in die Grundschule. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 55, 100 – 113.
- Kuratli Geeler, S. (in Arbeit). *Mathematische Kompetenzentwicklung von Kindergartenkindern. Eine binationale Längsschnittstudie zur numerischen Entwicklung unter verschiedenen Bedingungen*. Universität Zürich.
- Lambert, K. (2015). *Rechenschwäche : Grundlagen, Diagnostik und Förderung*. Göttingen: Hogrefe.
- Lanfranchi, A., & Neuhauser, A. (2015). *Frühe Förderung ab Geburt: ZEPPELIN 0-3. Zürcher Equity Präventionsprojekt Elternbeteiligung und Integration. Zusammenfassung des Forschungsplans*. Zugriff am 22.09.18 unter [https://www.hfh.ch/fileadmin/files/documents/Dokumente\\_FE/5\\_21.3\\_A.14.1\\_Zusammenfassung.pdf](https://www.hfh.ch/fileadmin/files/documents/Dokumente_FE/5_21.3_A.14.1_Zusammenfassung.pdf)
- Lanfranchi, A., Neuhauser, A., Schaub, S., & Burkhardt, A. (2016). *ZEPPELIN Longitudinalstudie - Förderung ab Geburt: ZEPPELIN 5-9, Follow-up. Scientific-Part - Forschungsgesuch an den Schweizerischen Nationalfonds (SNF Nr. 10FI14\_170498)*: Unpublished paper, Zürich, Interkantonale Hochschule für Heilpädagogik (HfH).
- Lanfranchi, A., Neuhauser, A., Schaub, S., Burkhardt, S. C. A. & Ramseier, E. (2018). *Förderung ab Geburt: ZEPPELIN 0-3 und erstes Follow-up ZEPPELIN 5-9. Stand der Forschung in aller Kürze → ZEPPELIN-Stichprobenkinder 5-jährig: März 2018*. Zugriff am 22.09.2018. Verfügbar unter [https://www.hfh.ch/fileadmin/files/documents/Dokumente\\_FE/5\\_21.3\\_Stand\\_der\\_Forschung\\_20032018.pdf](https://www.hfh.ch/fileadmin/files/documents/Dokumente_FE/5_21.3_Stand_der_Forschung_20032018.pdf)
- Lorenz, J. H. (2016). *Kinder begreifen Mathematik: Frühe mathematische Bildung und Förderung* (2. Aufl.). Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.
- Mietzel, G. (2002). *Wege in die Entwicklungspsychologie. Kindheit und Jugend* (4. vollständig überarbeitete Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Moser Opitz, E. (2008). *Zählen, Zahlbegriff, Rechnen : Theoretische Grundlagen und eine empirische Untersuchung zum mathematischen Erstunterricht in Sonderklassen* (3. Aufl.). Bern: Haupt.
- Neuhauser, A., & Lanfranchi, A. (2010). Frühe Förderung ab Geburt: ZEPPELIN. *Schweizerische Zeitschrift für Heilpädagogik*, 16 (4), 16 – 20.

- Noël, M. (2009). Counting on working memory when learning to count and to add: A preschool study. *Developmental Psychology*, 45, 1630 – 1643.
- Passolunghi, M. C., Lanfranchi, S., Altoè, G. & Sallazzo, N. (2015). Early numerical abilities and cognitive skills in kindergarten children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 135, 25 – 42.
- Petermann, F. (2010). *Fallbuch SON-R 2½-7*. Göttingen: Hogrefe.
- Petermann, F. (2006). Intelligenzdiagnostik. *Kindheit und Entwicklung*, 15, 71 – 75.
- Petermann, F. & Köller, O. (2008). Intelligenzdiagnostik. *Diagnostica*, 54, 171 – 173.
- Piaget, J. (1992). *Das Erwachen der Intelligenz beim Kinde*. Stuttgart: Klett 1969.
- Piaget, J., (2016). *Meine Theorie der geistigen Entwicklung* (4. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Praet, M., Titeca, D., Ceulemans, A. & Desoete, A. (2013). Language in the prediction of arithmetic in kindergarten and Grade 1. *Learning and Individual Differences*, 27, 90 – 96.
- Primi, R., Ferrão, M. & Almeida, L. S. (2010). Fluid intelligence as a predictor of learning: A longitudinal multilevel approach applied to math. *Learning and Individual Differences*, 20, 446 – 451.
- Radatz, H. (2007). Die Geometrie nicht vernachlässigen!. In J.H. Lorenz & W. Schipper (Hrsg.), *Hendrik Radatz – Impulse für den Mathematikunterricht* (S.133 – 137). Braunschweig: Schroedel.
- Rasch, B., Frieze, M., Hofmann, W. & Naumann E. (2014). *Quantitative Methoden: Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler* (4. überarbeitete Aufl.) Berlin: Springer.
- Rindermann, H. (2006). Was messen internationale Schulleistungstudien? Schulleistungen, Schülerfähigkeiten, kognitive Fähigkeiten, Wissen oder allgemeine Intelligenz?. *Psychologische Rundschau*, 57 (2), 69 – 86.
- Roos, M. & Leutwyler, B. (2011). *Wissenschaftliches Arbeiten im Lehramtsstudium: Recherchieren, schreiben, forschen*. Bern: Huber.
- Rost, D. H. (2013). *Handbuch Intelligenz*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Schneider, W., Küspert, P. & Krajewski, K. (2016). *Die Entwicklung mathematischer Kompetenzen* (2. aktualisierte und erweiterte Aufl.). Paderborn: Ferdinand Schöningh.
- Schuchardt, K., Piekny, J., Grube, D. & Mähler, C. (2014). Einfluss kognitiver Merkmale und häuslicher Umgebung auf die Entwicklung numerischer Kompetenzen im Vorschulalter. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 46 (1), 24 – 34.
- Schweizer, K. (2006). Intelligenz. In K. Schweizer (Hrsg.), *Leistung und Leistungsdiagnostik* (S. 2 – 15). Heidelberg: Springer.
- Spitzer, M. & Kubesch, S. (2013). *Exekutive Funktionen – Basis für erfolgreiches Lernen*. Zugriff am 16.10.2018 unter [http://www.znl-fex.de/Fex\\_Broschuere.pdf](http://www.znl-fex.de/Fex_Broschuere.pdf)
- Steinmayr, R. & Meissner, A. (2013). Zur Bedeutung der Intelligenz und des Fähigkeitsselbstkonzeptes bei der Vorhersage von Leistungstests und Noten in Mathematik. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 27 (4), 273 – 282.
- Stockheim, D. (2015). Kapitel 17. Korrelationsanalysen. In K. Koch & S. Ellinger (Hrsg.), *Empirische Forschungsmethoden in der Heil- und Sonderpädagogik: Eine Einführung* (S. 137 – 144). Göttingen: Hogrefe.
- Tellegen, P.J., Laros, J.A. & Petermann, F. (2007). *SON-R 2 ½ - 7. Non-verbaler Intelligenztest. Testmanual mit deutscher Normierung und Validierung*. Göttingen: Hogrefe.
- Thiel, A. (2014). *Zahlbegriffsentwicklung und Zehnerübergang: Voraussetzungen und Probleme im mathematischen Anfangsunterricht*. Hamburg: Diplomica Verlag.
- Müller-Benedict, V. (2011). *Grundkurs Statistik in den Sozialwissenschaften*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Volksschulamt Kanton Zürich (2018). *Qualität in multikulturellen Schulen (QUIMS)*. Zugriff am 13.11.18 unter [https://vsa.zh.ch/internet/bildungsdirektion/vsa/de/schulbetrieb\\_und\\_unterricht/qualitaet\\_multikulturelle\\_schulen\\_quims.html](https://vsa.zh.ch/internet/bildungsdirektion/vsa/de/schulbetrieb_und_unterricht/qualitaet_multikulturelle_schulen_quims.html)



- Volksschulamt Kanton Zürich (2018). *Sprachen. Instrumentarium Sprachgewandt*. Zugriff am 15.10.18 unter [https://vsa.zh.ch/internet/bildungsdirektion/vsa/de/schulbetrieb\\_und\\_unterricht/fachbereiche\\_lp21/sprachen\\_ab2018\\_19/daz/instrumentarium\\_sprachgewandt.html](https://vsa.zh.ch/internet/bildungsdirektion/vsa/de/schulbetrieb_und_unterricht/fachbereiche_lp21/sprachen_ab2018_19/daz/instrumentarium_sprachgewandt.html)
- Von Aster, M.G. & Shalev, R.S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49, 868 – 873.
- Werner, B. (2009). *Dyskalkulie - Rechenschwierigkeiten: Diagnose und Förderung rechenschwacher Kinder an Grund- und Sonderschulen*. Stuttgart: Kohlhammer.
- WHO (2011). *ICF-CY: Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit bei Kindern und Jugendlichen*. Bern: Huber.
- Zentrum für Gehör und Sprache (2015). *Schule*. Zugriff am 15.10.2018 unter <https://www.zgsz.ch/angebot/schule-fuer-gehoer-und-sprache/schule/>

## 8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Vorgehen und wichtige Meilensteine der vorliegenden Masterarbeit	5
Abbildung 2 Dreischichtenmodell nach Carroll (1993, Abbildung modifiziert nach Holling et al., 2004, S. 28)	10
Abbildung 3 Die Zahl "zwei" gibt einen Abstand auf dem Zahlenstrahl an (Fritz und Ricken, 2008, S. 40)	17
Abbildung 4 Darstellung der verschiedenen Stufen der Entwicklungsmodelle im Abgleich mit den Kernkompetenzen (Fischer et al., 2017, S. 27)	18
Abbildung 5 Basisfunktionen für den Rechnerwerb (Jacobs & Petermann, 2012, S. 41)	20
Abbildung 6 Vorhersage der Mathematikleistungen in der 1. Klasse (obere Werte) und in der 4. Klasse (fettgedruckte untere Werte) aus den zwei Monate vor Schuleintritt erhobenen Prädiktoren, Pfeile geben die Richtung der Pfade mit den zugehörigen Koeffizienten wieder, nicht signifikante Pfade sind gestrichelt gedruckt (Krajewski & Schneider, 2006, S. 25)	23
Abbildung 7 Übersicht der in den Studien genannten Einflussfaktoren (unterste, vierte Ebene) auf die mathematischen Kompetenzen (oberste, erste Ebene), welche nach den ICF-Kriterien (WHO, 2011) gegliedert wurden (zweite und dritte Ebene)	26
Abbildung 8 Übersicht über die Messzeitpunkte (MZP), die Interventionen, ausgewählte Testungen und die Anzahl der vorliegenden Testergebnisse von der IG (Interventionsgruppe) und der KG (Kontrollgruppe) des Projektes ZEPPELIN (modifiziert nach Lanfranchi et al., 2016, S. 8)	36
Abbildung 9 Altersspanne und Durchschnittsalter zu den ausgewählten Messzeitpunkten (MZP) der Testungen	41
Abbildung 10 Schwache bis mittlere Korrelation	42
Abbildung 11 Starke Korrelation	42
Abbildung 12 Perfekte Korrelation	42
Abbildung 13 Nullkorrelation	42
Abbildung 14 Prüfung auf Normalverteilung SON-IQ (Intelligenzquotient, erhoben mit dem SON-R 2½ -7) zu t3	44
Abbildung 15 Prüfung auf Normalverteilung SON-IQ (Intelligenzquotient, erhoben mit dem SON-R 2½ -7) zu t5	44
Abbildung 16 Prüfung auf Normalverteilung WILMA (Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen) zu t5	45
Abbildung 17 Prüfung auf Normalverteilung SGW (Sprachgewandt, Test zur Erfassung sprachlicher Kompetenzen) zu t5	45
Abbildung 18 Diagramm zur Korrelation SON-IQ (Intelligenzquotient, erhoben mit dem SON-R 2½ -7) zu t3 und WILMA (Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen) zu t5 (Hypothese 1.1)	46
Abbildung 19 Diagramm zur Korrelation SON-IQ (Intelligenzquotient, erhoben mit dem SON-R 2½ -7) und WILMA (Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen) zu t5 (Hypothese 1.2)	47
Abbildung 20 Aufklärung der Varianz in den Testergebnissen des WILMA (Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen) durch den SON-IQ (Intelligenzquotient, erhoben mit dem SON-R 2½ -7) zu t3 bzw. t5	47
Abbildung 21 Diagramm zur Korrelation SON-HS (Handlungsskala, erhoben mit dem Intelligenztest SON-R 2½ -7, Subtests zum räumlichen Vorstellungsvermögen) und WILMA (Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen) zu t5 (Hypothese 1.3)	48
Abbildung 22 Diagramm zur Korrelation SON-DS (Denkskala, erhoben mit dem Intelligenztest SON-R 2½ -7) und WILMA (Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen) zu t5 (Hypothese 1.3)	48

Abbildung 23 Diagramm zur Korrelation WILMA (Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen) und Alter der Kinder in Monaten zu t5 (Hypothese 2.1)	49
Abbildung 24 Mittelwerte der Testergebnisse im WILMA (Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen) von vier Alterskategorien zu t5, dargestellt mit den jeweiligen Standardabweichungen	50
Abbildung 25 Diagramm zur Korrelation WILMA (Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen) und SGW (Test zur Erfassung sprachlicher Kompetenzen) zu t5 (Hypothese 2.2)	51
Abbildung 26 Diagramm zur Korrelation SON-IQ (Intelligenzquotient, erhoben mit dem SON-R 2½ -7) und Verhaltensbeobachtungen (Motivation, Konzentration, Kooperation und Verständnis der Instruktionen) während des SON-R 2½ -7 zu t3 (Hypothese 2.3)	52
Abbildung 27 Diagramm zur Korrelation SON-IQ (Intelligenzquotient, erhoben mit dem SON-R 2½ -7) und Verhaltensbeobachtungen (Motivation, Konzentration, Kooperation und Verständnis der Instruktionen) während des SON-R 2½ -7 zu t5 (Hypothese 2.3)	52
Abbildung 28 Übersicht der Korrelationskoeffizienten von den verschiedenen Variablen aller Hypothesen, gestrichelte Verbindungslinien und deren Korrelationskoeffizienten sind in keiner Hypothese enthalten	53
Abbildung 29 Material und ausgewählte Aufgaben des Subtests „Mosaik“ im SON-R 2 ½ - 7	73
Abbildung 30 Material und ausgewählte Aufgaben des Subtests „Kategorien“ im SON-R 2 ½ - 7	74
Abbildung 31 Material und ausgewählte Aufgaben des Subtests „Puzzles“ im SON-R 2 ½ - 7	74
Abbildung 32 Material und ausgewählte Aufgaben des Subtests „Analogien“ im SON-R 2½ -7	75
Abbildung 33 Material und ausgewählte Aufgaben des Subtests „Situationen“ im SON-R 2½ -7	75
Abbildung 34 Material und ausgewählte Aufgaben des Subtests „Zeichenmuster“ im SON-R 2½ -7	76
Abbildung 35 Material der gesamten Testbatterie WILMA	76
Abbildung 36 Beispielsaufgaben des Untertests 2 „Abzählen“ im WILMA	77
Abbildung 37 Aufgabe des Untertests 3 „Entscheidung arabische Zahl“ im WILMA	77
Abbildung 38 Beispielsaufgabe des Untertests 4 „Grössenvergleiche arabische Zahl“ im WILMA	77
Abbildung 39 Beispielsaufgabe des Untertests 5 „Transkodieren - Zahlen lesen“ im WILMA	77
Abbildung 40 Beispielsaufgabe des Untertests 6 „Ordnen nach numerischer Grösse“ im WILMA	77
Abbildung 41 Beispielsaufgabe des Untertests 7 „Ordnen nach numerischer Grösse - Zahlen“ im WILMA	78
Abbildung 42 Aufgabe des Untertests 8 „Zahlen - Grössen - Zuordnung“ im WILMA	78
Abbildung 43 Material für die Aufgaben des Untertests 9 „Numerische Inklusion“ im WILMA	78
Abbildung 44 Beispielsaufgabe des Untertests 10 „Additive Zerlegung“ im WILMA	78
Abbildung 45 Beispielsaufgabe des Untertests 11 „Rechnen mit Objektabbildungen“ im WILMA	78
Abbildung 46 Beispielsaufgabe aus dem Untertest 12 „Addition“ im WILMA	79
Abbildung 47 Beispielsaufgabe aus dem Untertest 13 „Unvollständige Addition“ im WILMA	79
Abbildung 48 Beispielsaufgabe des Untertests 14 „Unvollständige Subtraktion“ im WILMA	79
Abbildung 49 Beispielsaufgabe des Untertests 15 „Relation, Beziehungen zwischen Zahlen“ im WILMA	79
Abbildung 50 Beispielsaufgabe des Untertests 16 „Approximativer Grössenvergleich – Punktemengen“ im WILMA	79

Abbildung 51 Testmaterial Sprachgewandt (SGW)	80
Abbildung 52 Aufgabe 1 SGW (Sprachgewandt)	80
Abbildung 53 Aufgabe 2 SGW (Sprachgewandt)	80
Abbildung 54 Aufgabe 3 SGW (Sprachgewandt)	80
Abbildung 55 Aufgabe 4 SGW (Sprachgewandt)	80
Abbildung 56 Aufgabe 5 SGW (Sprachgewandt)	81
Abbildung 57 Testanleitung SGW (Sprachgewandt) mit Auswertungsseite Schwierigkeitsstufe 1	82
Abbildung 58 Einleitung SGW (Sprachgewandt) Schwierigkeitsstufe 1	83
Abbildung 59 Aufgabe 1 SGW (Sprachgewandt) Schwierigkeitsstufe 1	84
Abbildung 60 Aufgabe 2 (Nomen und Verben) SGW (Sprachgewandt) Schwierigkeitsstufe 1	85
Abbildung 61 Aufgabe 2 (Adjektive) SGW (Sprachgewandt) Schwierigkeitsstufe 1	86
Abbildung 62 Aufgabe 3 SGW (Sprachgewandt) Schwierigkeitsstufe 1	87
Abbildung 63 Aufgabe 4 SGW (Sprachgewandt) Schwierigkeitsstufe 1	88
Abbildung 64 Aufgabe 5 SGW (Sprachgewandt) Schwierigkeitsstufe 1	89
Abbildung 65 Auswertungsseite SGW (Sprachgewandt) Schwierigkeitsstufe 1	90

## 9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Abkürzungsverzeichnis .....	1
Tabelle 2 Übersicht der sechs Subtests im SON-R 2 ½-7 (vgl. Tellegen et al., 2007, S. 14 – 18) .....	28
Tabelle 3 Interpretation des SON-IQ nach Tellegen et al. (vgl. 2007, S. 127) .....	29
Tabelle 4 Modell zu SGW (Sprachgewandt): Sprachkomponenten und dazugehörige Aufgabenblöcke, modifiziert nach Bayer et al. (2014, S. 6) .....	33
Tabelle 5 Interpretation des Korrelationskoeffizienten nach Stockheim (vgl. 2015, S. 142) .....	43

## 10 Anhang

### 10.1 SON-R 2½ - 7

Im Folgenden sind die Materialien und ausgewählte Aufgaben der einzelnen Subtests des SON-R 2½ - 7 (Intelligenztest) aufgeführt. Dazu wurden jeweils eine Aufgabe des ersten Teils und eine Aufgabe des zweiten Teils des Subtests fotografiert. Das Material wird nach Petermann (vgl. 2010, S. 14) beschrieben.

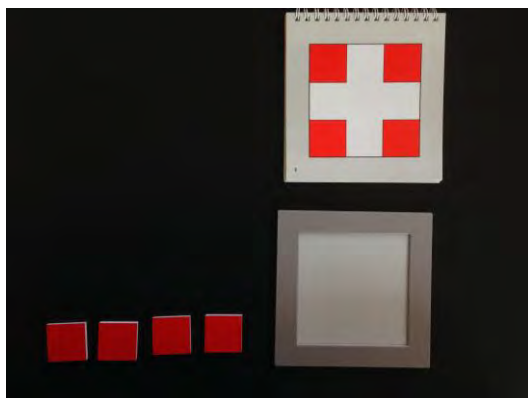
#### 1) Mosaik



Material:

- Testvorlagen
- Zwei graue Rahmen
- Kästchen mit Mosaiken

Ausgewählte Aufgabe von Teil 1



Ausgewählte Aufgabe von Teil 2

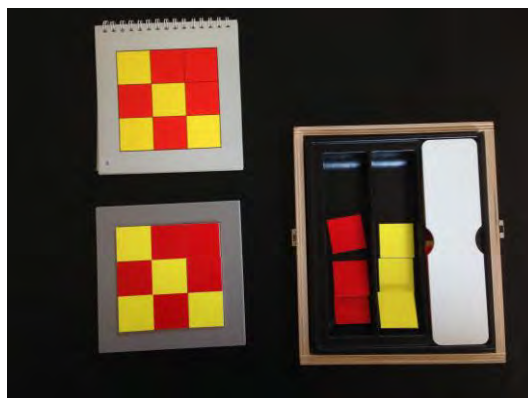
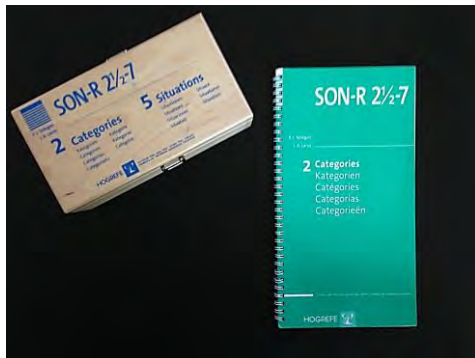


Abbildung 29 Material und ausgewählte Aufgaben des Subtests „Mosaik“ im SON-R 2½ - 7

## 2) Kategorien



Material:

- Testvorlagen
- Abdeckblatt
- Kartenkästchen

Ausgewählte Aufgabe von Teil 1



Ausgewählte Aufgabe von Teil 2



Abbildung 30 Material und ausgewählte Aufgaben des Subtests „Kategorien“ im SON-R 2 ½ - 7

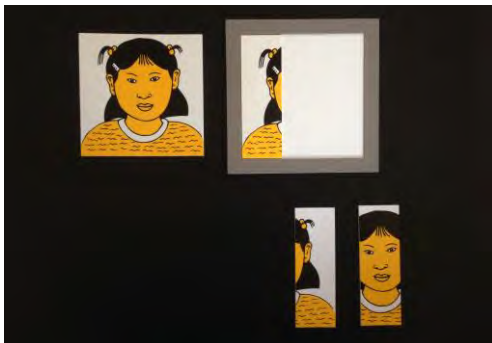
## 3) Puzzles



Material:

- Kasten mit Puzzlesets
- Rahmen

Ausgewählte Aufgabe von Teil 1



Ausgewählte Aufgabe von Teil 2

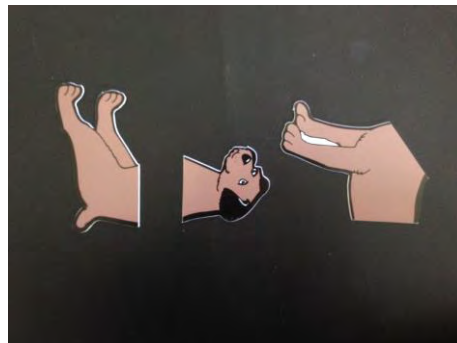


Abbildung 31 Material und ausgewählte Aufgaben des Subtests „Puzzles“ im SON-R 2 ½ - 7

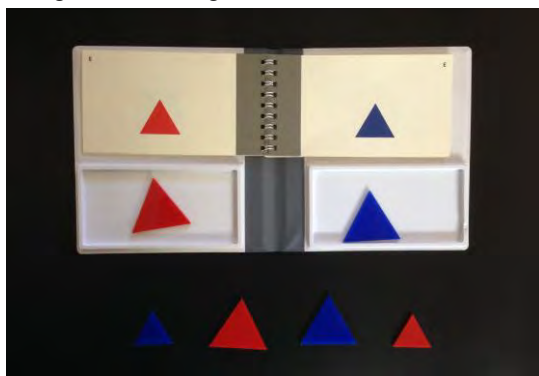
#### 4) Analogien



Material:

- Testvorlagen 1 und 2
- Abdeckblatt
- Kästchen mit Spielsteinen

Ausgewählte Aufgabe von Teil 1



Ausgewählte Aufgabe von Teil 2

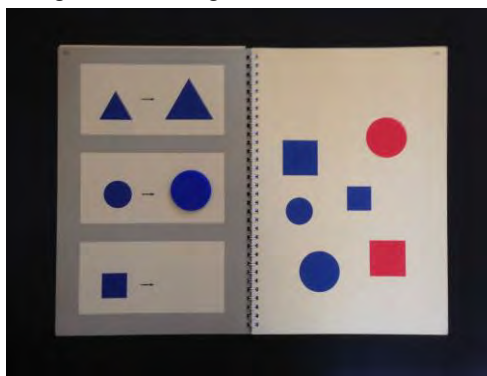


Abbildung 32 Material und ausgewählte Aufgaben des Subtests „Analogien“ im SON-R 2½ -7

#### 5) Situationen



Material:

- Testvorlagen
- Kasten mit Kartensatz
- Abdeckblatt

Ausgewählte Aufgabe von Teil 1



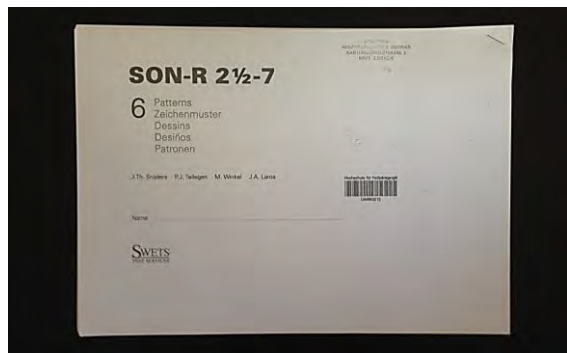
Ausgewählte Aufgabe von Teil 2



Abbildung 33 Material und ausgewählte Aufgaben des Subtests „Situationen“ im SON-R 2½ -7



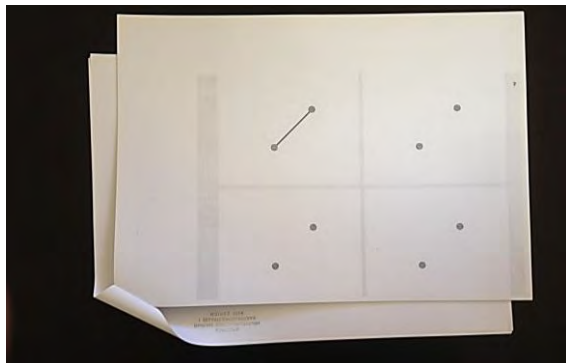
## 6) Zeichenmuster



Material:

- Testheft
- Zwei dicke Bleistifte
- Radiergummi

Ausgewählte Aufgabe von Teil 1



Ausgewählte Aufgabe von Teil 2

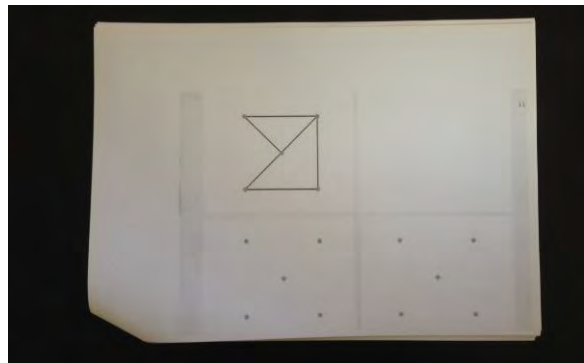


Abbildung 34 Material und ausgewählte Aufgaben des Subtests „Zeichenmuster“ im SON-R 2½ -7

## 10.2 WILMA

Im Folgenden sind die Materialien und ausgewählte Aufgaben der einzelnen Untertests des WILMA (Test zur Erfassung mathematischer Kompetenzen) aufgeführt.



Abbildung 35 Material der gesamten Testbatterie WILMA

Material:

- Testheft
- Moosgummi (A4 und Streifen)
- Legepunkte
- 10 Holzrondellen
- Karten mit abgebildeten Punkten
- Karten mit Zahlen
- Karten mit Bäumen
- Kuvert

### 1) Zählprinzipien

Für diese Aufgabe wird kein Material benötigt. Die Zählprinzipien der Kinder werden mittels verbalen Aufgabenstellungen überprüft.

## 2) Abzählen

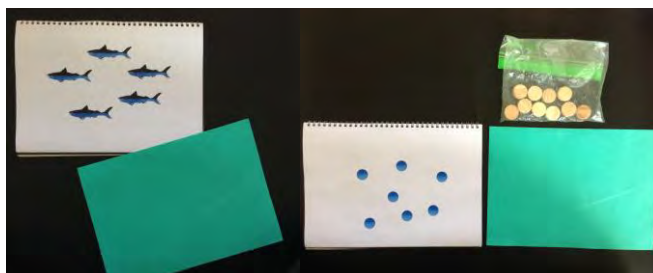


Abbildung 36 Beispielsaufgaben des Untertests 2 „Abzählen“ im WILMA

Material:

- Testheft
- Moosgummi (A4)
- 10 Holzrondellen

## 3) Entscheidung arabische Zahl



Abbildung 37 Aufgabe des Untertests 3 „Entscheidung arabische Zahl“ im WILMA

Material:

- Testheft

## 4) Grössenvergleiche arabische Zahl

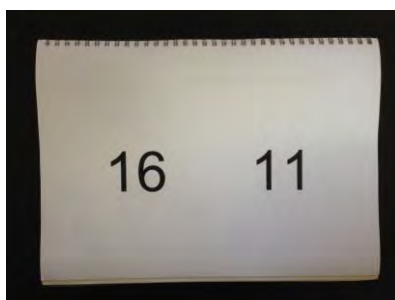


Abbildung 38 Beispielaufgabe des Untertests 4 „Grössenvergleiche arabische Zahl“ im WILMA

Material:

- Testheft

## 5) Transkodieren – Zahlen lesen



Abbildung 39 Beispielaufgabe des Untertests 5 „Transkodieren - Zahlen lesen“ im WILMA

Material:

- Testheft

## 6) Ordnen nach numerischer Grösse

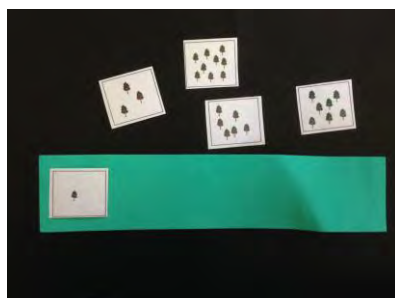


Abbildung 40 Beispielaufgabe des Untertests 6 „Ordnen nach numerischer Grösse“ im WILMA

Material:

- Karten mit Bäumen
- Moosgummi (Streifen)

7) Ordnen nach numerischer Grösse – Zahlen

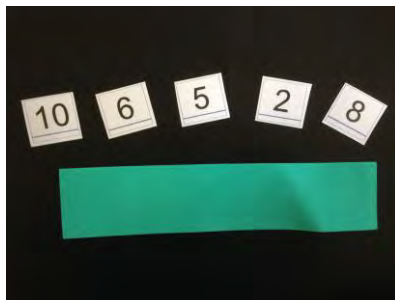


Abbildung 41 Beispielsaufgabe des Untertests 7 „Ordnen nach numerischer Grösse - Zahlen" im WILMA

Material:

- Karten mit Zahlen
- Moosgummi (Streifen)

8) Zahlen – Grössen – Zuordnung

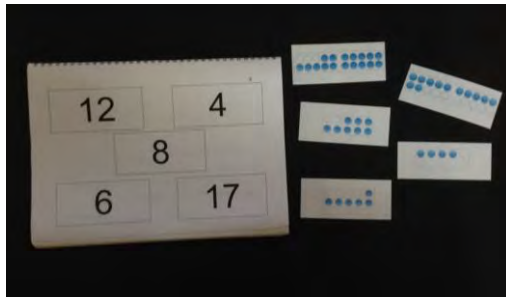


Abbildung 42 Aufgabe des Untertests 8 „Zahlen - Grössen - Zuordnung" im WILMA

Material:

- Testheft
- Karten mit abgebildeten Punkten

9) Numerische Inklusion



Abbildung 43 Material für die Aufgaben des Untertests 9 „Numerische Inklusion" im WILMA

Material:

- Legepunkte
- Kuvert

10) Additive Zerlegung



Abbildung 44 Beispielsaufgabe des Untertests 10 „Additive Zerlegung" im WILMA

Material:

- Testheft

11) Rechnen mit Objektabbildungen

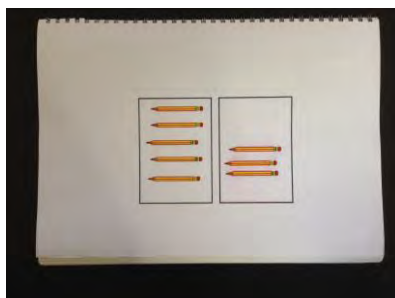


Abbildung 45 Beispielsaufgabe des Untertests 11 „Rechnen mit Objektabbildungen" im WILMA

Material:

- Testheft

12) Addition

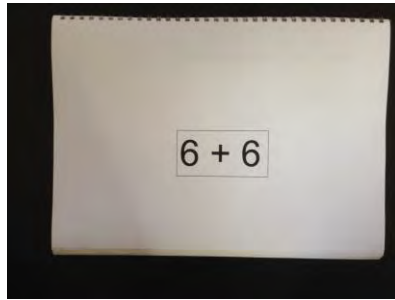


Abbildung 46 Beispielsaufgabe aus dem Untertest 12 „Addition“ im WILMA

Material:

- Testheft

13) Unvollständige Addition

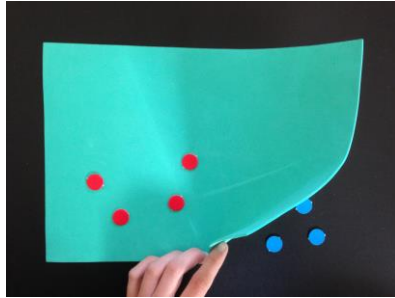


Abbildung 47 Beispielsaufgabe aus dem Untertest 13 „Unvollständige Addition“ im WILMA

Material:

- Moosgummi (A4)
- Legepunkte

14) Unvollständige Subtraktion

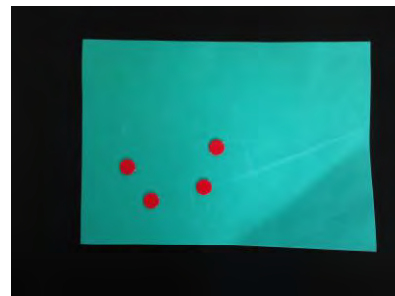


Abbildung 48 Beispielsaufgabe des Untertests 14 „Unvollständige Subtraktion“ im WILMA

Material:

- Moosgummi (A4)
- Legepunkte

15) Relation, Beziehungen zwischen Zahlen

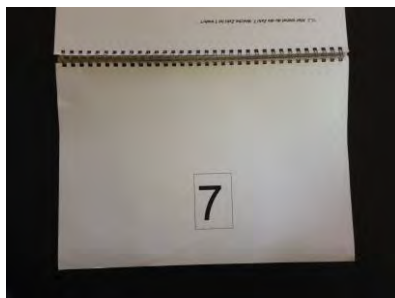


Abbildung 49 Beispielsaufgabe des Untertests 15 „Relation, Beziehungen zwischen Zahlen“ im WILMA

Material:

- Testheft

16) Approximativer Grössenvergleich – Punktemengen

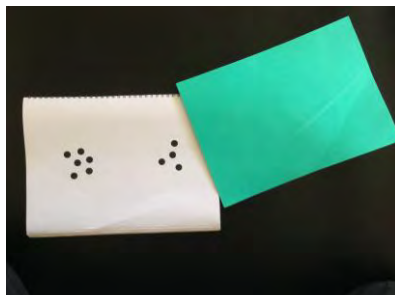


Abbildung 50 Beispielsaufgabe des Untertests 16 „Approximativer Grössenvergleich – Punktemengen“ im WILMA

Material:

- Testheft
- Moosgummi (A4)

### 10.3 SGW (Sprachgewandt)

Folgend sind die Materialien, einzelne Aufgaben und die Testanleitung des SGW (Sprachgewandt, Test zur Erfassung sprachlicher Kompetenzen) Schwierigkeitsstufe 1 abgebildet (vgl. Bayer et al., 2014, S. 11).



Abbildung 51 Testmaterial Sprachgewandt (SGW)

Material:

- Eine Testanleitung mit Auswertungsseite pro Kind
- Testinstrument
- Handbuch mit Audio CD

#### Aufgabe 1 *Gleich oder ungleich*



Abbildung 52 Aufgabe 1 SGW (Sprachgewandt)

#### Aufgabe 2 *Wortschatz*



Abbildung 53 Aufgabe 2 SGW (Sprachgewandt)

#### Aufgabe 3 *Präpositionen*



Abbildung 54 Aufgabe 3 SGW (Sprachgewandt)

#### Aufgabe 4 *Sätze nachsprechen*



Abbildung 55 Aufgabe 4 SGW (Sprachgewandt)

**Aufgabe 5 Sprachliche Routinen verstehen**



Abbildung 56 Aufgabe 5 SGW (Sprachgewandt)



sprach**gewandt**  
Kindergarten und 1. Klasse

# Testanleitung

mit Auswertungsseite

## Schwierigkeitsstufe 1

Vorname:	Name:
Geburtsdatum:	Testdatum:
Erstsprache(n):	

☐ 1. Kindergartenjahr      ☐ 2. Kindergartenjahr      - ☐ 1. Klasse der Primarstufe

Abbildung 57 Testanleitung SGW (Sprachgewandt) mit Auswertungsseite Schwierigkeitsstufe 1

## Einleitung

[Erste Seite im Testinstrument aufschlagen.]

[Als Einstieg wird das Kind zuerst mit den drei Hauptfiguren, die danach im Test immer wieder vorkommen, vertraut gemacht.]

«Zuerst stelle ich dir die drei Figuren hier vor. [Auf das ganze Bild zeigen.]

Das Mädchen heisst Paula. [Auf das Mädchen zeigen.]

Das ist ihr bester Freund Fabio. [Auf den Knaben zeigen.] Sie gehen zusammen in den Kindergarten/die Schule.

Und das hier [Auf den Hund zeigen.] ist Paulas Hund.»

«Weisst du noch, wie das Mädchen heisst? [Auf das Mädchen zeigen. Falls das Kind den Namen nicht mehr weiss, den Namen wiederholen.]

Weisst du noch, wie der Knabe heisst? [Auf den Knaben zeigen. Falls das Kind den Namen nicht mehr weiss, den Namen wiederholen.]

Wem gehört der Hund? [Auf den Hund zeigen. Falls das Kind es nicht mehr weiss, wiederholen, dass er Paula gehört.]»

«So, nun wollen wir mal sehen, was die drei so alles erleben.»

Abbildung 58 Einleitung SGW (Sprachgewandt) Schwierigkeitsstufe 1



## 1 Gleich oder ungleich (Audio-CD Track 1)

[Zu dieser Aufgabe gibt es keine Bilder im Testinstrument.]

### Beispiele

«Beim ersten Rätsel musst du ganz genau zuhören. Sind die beiden Wörter gleich oder verschieden?»

Nr.	Frage	richtige Antwort
1: Beispiel 1	«Was meinst du, sind «Hose und Hose» gleich oder sind sie verschieden?»	<b>(Sie sind) gleich.</b>
1: Beispiel 2	«Und «Hose und Rose» – sind sie gleich oder verschieden?»	<b>(Sie sind) verschieden.</b>

«Jetzt hörst du immer zwei Wörter ab CD. Hör gut zu und sage mir dann, ob die Wörter gleich oder ob sie verschieden sind.»

Nr.	Wörter ab Audio-CD und Frage	richtige Antwort	Kreuzen Sie an.	
			richtig	falsch
1.1	CD: Kind – Kino «Sind sie gleich oder verschieden?»	<b>verschieden</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2	CD: Sonne – Sonne «Sind ...?»	<b>gleich</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3	CD: Loch – losch «Sind ...?»	<b>verschieden</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.4	CD: vier – viel «Sind ...?»	<b>verschieden</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5	CD: Wand – Wald «Sind ...?»	<b>verschieden</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.6	CD: Wind – Wind «Sind ...?»	<b>gleich</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.7	CD: Haus – aus «Sind ...?»	<b>verschieden</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.8	CD: kaufen – laufen «Sind ...?»	<b>verschieden</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.9	CD: Sohn – schon «Sind ...?»	<b>verschieden</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.10	CD: nah – nach «Sind ...?»	<b>verschieden</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.11	CD: fort – fort «Sind ...?»	<b>gleich</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.12	CD: spielen – spülen «Sind ...?»	<b>verschieden</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tragen Sie im Feld SV1 (erster Aufgabenblock des Tests zum Sprachverständnis) die Anzahl richtiger Antworten ein (Punktemaximum: 12).			SV1	<input type="text"/>

Abbildung 59 Aufgabe 1 SGW (Sprachgewandt) Schwierigkeitsstufe 1

## 2 Wortschatz (Audio-CD Track 2)

[Schlagen Sie das Testinstrument nach dem Register «2: Wortschatz» auf.]

«Bei diesem Rätsel hörst du immer ein Wort ab CD. Hör gut zu und sage mir dann, welches Bild am besten zum gehörten Wort passt.»

<b>Nomen</b>			<i>Kreuzen Sie an.</i>	
Nr.	Wörter ab Audio-CD und Frage	richtiges Bild	richtig	falsch
2.1	CD: Puppe «Was meinst du, welches Bild passt am besten zu dem, was du gehört hast?»	<b>b</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2	CD: Schere «Was meinst du, welches Bild ...?»	<b>d</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.3	CD: Krone «Was meinst du, welches Bild ...?»	<b>b</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.4	CD: Rucksack «Was meinst du, welches Bild ...?»	<b>a</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.5	CD: Traktor «Was meinst du, welches Bild ...?»	<b>b</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.6	CD: Zange «Was meinst du, welches Bild ...?»	<b>d</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.7	CD: Spitzer «Was meinst du, welches Bild ...?»	<b>c</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.8	CD: Hals «Was meinst du, welches Bild ...?»	<b>b</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.9	CD: Biene «Was meinst du, welches Bild ...?»	<b>c</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tragen Sie im Feld SV2a (zweiter Aufgabenblock des Tests zum Sprachverständnis, Teil a Nomen) die Anzahl richtiger Antworten ein (Punktemaximum: 9).			<b>SV2a</b> <input type="text"/>	

<b>Verben</b>			<i>Kreuzen Sie an.</i>	
Nr.	Wörter ab Audio-CD und Frage	richtiges Bild	richtig	falsch
2.10	CD: schlafen «Was meinst du, welches Bild passt am besten zu dem, was du gehört hast?»	<b>d</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.11	CD: bauen «Was meinst du, welches Bild ...?»	<b>c</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.12	CD: falten «Was meinst du, welches Bild ...?»	<b>b</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.13	CD: anziehen «Was meinst du, welches Bild ...?»	<b>a</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.14	CD: streicheln «Was meinst du, welches Bild ...?»	<b>b</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.15	CD: knacken «Was meinst du, welches Bild ...?»	<b>c</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.16	CD: tragen «Was meinst du, welches Bild ...?»	<b>b</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tragen Sie im Feld SV2b (zweiter Aufgabenblock des Tests zum Sprachverständnis, Teil b Verben) die Anzahl richtiger Antworten ein (Punktemaximum: 7).			<b>SV2b</b> <input type="text"/>	

Abbildung 60 Aufgabe 2 (Nomen und Verben) SGW (Sprachgewandt) Schwierigkeitsstufe 1

Adjektive			Kreuzen Sie an.	
Nr.	Text ab Audio-CD und Frage	richtiges Bild	richtig	falsch
2.17	CD: traurig «Was meinst du, welches Bild passt am besten zu dem, was du gehört hast?»	c	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.18	CD: klein «Was meinst du, welches Bild...?»	c	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.19	CD: müde «Was meinst du, welches Bild...?»	d	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.20	CD: langsam «Was meinst du, welches Bild...?»	d	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.21	CD: sauer «Was meinst du, welches Bild...?»	a	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.22	CD: fröhlich «Was meinst du, welches Bild...?»	c	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.23	CD: hellblau «Was meinst du, welches Bild...?»	d	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tragen Sie im Feld SV2c (zweiter Aufgabenblock des Tests zum Sprachverständnis, Teil c Adjektive) die Anzahl richtiger Antworten ein (Punktemaximum: 7).			SV2c <input type="text"/>	

7

Abbildung 61 Aufgabe 2 (Adjektive) SGW (Sprachgewandt) Schwierigkeitsstufe 1

### 3 Präpositionen verstehen (Audio-CD Track 3)

[Schlagen Sie das Testinstrument nach dem Register «3: Präpositionen verstehen» auf.]

«Bei diesem Rätsel hörst du immer einen Satz ab CD. Hör gut zu und sage mir dann, welches Bild am besten zum gehörten Satz passt.»

Nomen		richtiges Bild	Kreuzen Sie an.	
Nr.	Text ab Audio-CD und Frage		richtig	falsch
3.1	CD: Paula steht auf dem Stuhl. «Was meinst du, welches Bild passt am besten zu dem, was du gehört hast?»	<b>b</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.2	CD: Fabio steht hinter dem Stuhl. «Was meinst du, welches Bild...?»	<b>d</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.3	CD: Unter dem Auto sitzt der Hund. «Was meinst du, welches Bild...?»	<b>c</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.4	CD: Die Katze sitzt vor dem Auto. «Was meinst du, welches Bild...?»	<b>a</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.5	CD: Neben dem Stuhl sitzt der Hund. «Was meinst du, welches Bild...?»	<b>d</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.6	CD: Die Mutter von Paula steht mit einem frisch gebackenen Kuchen hinter dem Haus. «Was meinst du, welches Bild...?»	<b>c</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.7	CD: Vor dem Haus auf der Treppe schläft eine schwarz-weiss gefleckte Katze in der Sonne. «Was meinst du, welches Bild...?»	<b>c</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tragen Sie im Feld SV3 (dritter Aufgabenblock des Tests zum Sprachverständnis) die Anzahl richtiger Antworten ein (Punktemaximum: 7).			<b>SV3</b>	<input type="text"/>

#### 4 Sätze nachsprechen (Audio-CD Track 4)

[Schlagen Sie das Testinstrument nach dem Register «4: Sätze nachsprechen» auf.]

«Jetzt hörst du jemanden, der etwas vorspricht. Hör gut zu und wiederhole danach das Gesagte so genau wie möglich.» [Jeder Satz wird jeweils zwei Mal vorgesprochen.]

Nr.	Text ab Audio-CD und Anweisung	Schlüsselwort	Kreuzen Sie an.	
			richtig	falsch
4.1	CD: Der Junge tanzt. «Wiederhole.»	<b>tanzt</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.2	CD: Das Mädchen versteckt sich. «Wiederhole.»	<b>sich</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.3	CD: Der Hund wird gefüttert. «Wiederhole.»	<b>gefüttert</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.4	CD: Der Bus ist gerade weggefahren. «Wiederhole.»	<b>weggefahren</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.5	CD: Unter der Treppe hat sich eine kleine Maus versteckt. «Wiederhole.»	<b>versteckt</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.6	CD: Die Mutter gibt Paula ein grosses Stück Kuchen. «Wiederhole.»	<b>gibt</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tragen Sie im Feld SV4 (vierter Aufgabenblock des Tests zum Sprachverständnis) die Anzahl richtiger Antworten ein (Punktemaximum: 6).			<b>SV4</b> <input type="text"/>	

Abbildung 63 Aufgabe 4 SGW (Sprachgewandt) Schwierigkeitsstufe 1

## 5 Sprachliche Routinen verstehen (Audio-CD Track 5)

[Schlagen Sie das Testinstrument nach dem Register «5: Sprachliche Routinen verstehen» auf.]

«Bei diesem Rätsel hörst du ab CD, was eine Person – also ein Kind oder ein Erwachsener – sagt. Hör gut zu und sage mir dann, welches Bild am besten zu dem passt, was du gehört hast.»

Nr.	Text ab Audio-CD und Frage	richtiges Bild	Kreuzen Sie an.	
			richtig	falsch
5.1	CD: Herzlichen Glückwunsch zum Geburtstag! «Was meinst du, welches Bild passt am besten zu dem, was du gehört hast?»	<b>d</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.2	CD: Pass auf, dass du nicht herunterfällst! «Was meinst du, welches Bild ...?»	<b>a</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.3	CD: Es tut mir leid, entschuldige bitte. «Was meinst du, welches Bild ...?»	<b>c</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.4	CD: Lass das sein! «Was meinst du, welches Bild ...?»	<b>c</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.5	CD: Hast du dir weh getan? «Was meinst du, welches Bild ...?»	<b>b</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.6	CD: Was hätten Sie gerne? «Was meinst du, welches Bild ...?»	<b>b</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tragen Sie im Feld SV5 (fünfter Aufgabenblock des Tests zum Sprachverständnis) die Anzahl richtiger Antworten ein (Punktemaximum: 6).			<b>SV5</b> <input type="text"/>	

Abbildung 64 Aufgabe 5 SGW (Sprachgewandt) Schwierigkeitsstufe 1

## Auswertungsseite

Tragen Sie die Anzahl Punkte der einzelnen Aufgabenblöcke ein.

### Sprachverständnis

<input type="text"/>	<b>SV1:</b> Gleich oder ungleich
<input type="text"/>	<b>SV2a:</b> Wortschatz Nomen
<input type="text"/>	<b>SV2b:</b> Wortschatz Verben
<input type="text"/>	<b>SV2c:</b> Wortschatz Adjektive
<input type="text"/>	<b>SV3:</b> Präpositionen verstehen
<input type="text"/>	<b>SV4:</b> Sätze nachsprechen
<input type="text"/>	<b>SV5:</b> Sprachliche Routinen verstehen
<b>Summe:</b>	
<input type="text"/>	<b>Testrohwert (SGW 1)</b>
<input type="text"/>	<b>Niveau</b>

Der Testrohwert führt zu einer Niveauteilung der Fähigkeiten des Kindes im Bereich des Sprachverständnisses (siehe Handbuch S. 16 und 17).  
Aufgrund des Testrohwerkes beziehungsweise des dazugehörigen Niveaus lassen sich allfällige Massnahmen für das Kind ableiten (siehe Handbuch S. 20 ff.).

Abbildung 65 Auswertungsseite SGW (Sprachgewandt) Schwierigkeitsstufe 1