technische universität dortmund

fakultät rehabilitationswissenschaften

ENTWICKLUNG UND ERFORSCHUNG INKLUSIVER BILDUNGSPROZESSE

Masterthesis

Lernverläufe von basalen mathematischen Fähigkeiten in der Primarstufe

Eine Normierungs- und Praktikabilitätsstudie von Zahlenstrahltests in LEVUMI

vorgelegt von

Isabell Hammerschmidt

Isabell.hammerschmidt@tu-dortmund.de

LABG 2009

Matrikelnr. 149664

Betreuende:	**Prof. Dr. Markus Gebhardt**
	Prof. Dr. Jörg-Tobias Kuhn
ausgegeben am:	**29.11.2017**
eingereicht am:	**20.02.2018**

I Inhaltsverzeichnis

II Abbildungsverzeichnis

III Tabellenverzeichnis

IV Abkürzungsverzeichnis

Aufl.	Auflage
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CBM	Curriculum Based Measurement
df	Anzahl der Freiheitsgrade
ebd.	ebenda
engl.	englisch
etc.	et cetera
FB DE	Förderbedarf Deutsch
FSP ES	Förderschwerpunkt emotionale und soziale Entwicklung
FSP GG	Förderschwerpunkt geistige Entwicklung
FSP KM	Förderschwerpunkt körperliche und motorische Entwicklung
FSP LE	Förderschwerpunkt Lernen
FSP SB	Förderschwerpunkt Sprache
Hrsg.	Herausgeber
IRT	Item-Response Theory
KMK	Kultusministerkonferenz
KTT	klassische Testtheorie
Lj.	Lebensjahr
LVD-M	Lernverlaufsdiagnostik Mathematik für zweite bis vierte Klassen
M	Mittelwert
MSB NRW	Ministerium für Schule und (Weiter)bildung des Landes Nordrhein-Westfalen
MIL NRW	Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen
MZP	Messzeitpunkt
NRW	Nordrhein-Westfalen
P_i	Schwierigkeitsindex
SD	Standardabweichung
s.o.	siehe oben
u.a.	unter anderem
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel
ZGV	Zahl-Größen-Verknüpfung

V Gestaltung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit orientiert sich an dem „Leitfaden zur Abfassung von Prüfungsarbeiten im Fach Rehabilitationspsychologie“ von Herrn Heinrich Tröster. Zitation und tabellarische Darstellungen stützen sich auf den im Jahr 2018 überarbeiteten Leitfaden. Kleinere Bemerkungen werden jedoch durch Fußnoten kenntlich gemacht.

Im Rahmen einer gendersensiblen Schreibweise werden sowohl männliche und weibliche Personenformen mittels des Binnen-I deutlich gemacht als auch genderneutrale Formen verwendet.

Auf dem beigefügten Datenträger befindet sich, neben der vorliegenden Arbeit als PDF-Dokument, die Syntax, mittels der vorgenommene Schritte in SPSS nachvollzogen werden können.

VI Abstract

The study at hand examines the application of number line tests in inclusive school settings. Number line tests refer to two newly constructed testing procedures for curriculum-based measurement (CBM) on the LEVUMI online platform. CBM presents an opportunity to measure the individual learning trajectory of students by ensuring that teachers receive quick and reliable feedback regarding deficits and stagnation in the learning process of their students. Therefore, CBM provides a reliable basis for interventions within the process of inclusion. Data regarding practicality, item difficulty and usage of the testing procedures for students with special educational needs was gathered at two separate measurements within a timeframe of three weeks following the fall break. The number line tests in the range of numbers of up to 20, and up to 100 were performed at the primary second grade level with a sample size of n=325 students. The study showed that the testing procedure in the range of numbers of up to 100 were particularly challenging for children at the second grade level. Potential improvements to the testing method were discussed following the evaluation of the data.

Zusammenfassung

Die vorliegende Studie untersucht den Einsatz von Zahlenstrahltests in inklusiven schulischen Settings. Dabei handelt es sich um zwei neu konstruierte Testverfahren zur Lernverlaufsmessung der Onlineplattform LEVUMI. Eine Möglichkeit zur Überprüfung der individuellen Lernentwicklung von SchülerInnen stellt die Lernverlaufsdiagnostik dar. Mit ihrer Hilfe erhalten Lehrkräfte schnelle und zuverlässige Rückmeldungen bezüglich Lernrückständen und Stagnationen im Lernprozess der SchülerInnen. Damit stellt die Lernverlaufsdiagnostik eine gute Handlungsgrundlage für Interventionen in der Inklusion dar. Zu zwei Messzeitpunkten wurden nach den Herbstferien in einem Abstand von drei Wochen Daten erhoben, die auf die Praktikabilität, Itemschwierigkeit und den Einsatz der Testverfahren bei Lernenden mit Förderbedarf Rückschlüsse geben sollen. Die Zahlenstrahlschätzaufgaben im Zahlenraum bis 20 sowie im Zahlenraum bis 100 wurden dafür im Primarbereich in der zweiten Jahrgangsstufe mit einer Stichprobengröße von n=325 SchülerInnen durchgeführt. Die Untersuchung ergab, dass insbesondere das Testverfahren im Zahlenraum bis 100 sehr hohe Anforderungen an Kinder der zweiten Jahrgangsstufe stellt. An die Auswertung der gewonnen Daten anschließend werden Möglichkeiten zur Verbesserung des Testverfahrens diskutiert.

1. Einleitung

Der strukturelle und kulturelle Wandel auf bildungspolitischer Ebene verlangt ein Umdenken aller Beteiligten. Im Zuge der Inklusion werden vermehrt SchülerInnen mit sonderpädagogischem Förderbedarf in Regelschulen unterrichtet. Hierdurch ergeben sich Chancen, aber auch Herausforderungen. Neben intrapersonalen Faktoren wie einer offenen Einstellung des Lehrpersonals, bedarf es Mitteln und Wegen, um diesen Kindern eine entsprechende Förderung zu bieten sowie ihren Ansprüchen auf qualitativ hochwertige Bildung gerecht zu werden. Die traditionellen statusdiagnostischen Schulleistungstests scheinen diesen Anforderungen nicht mehr gerecht zu werden. Eine Möglichkeit, die Lehrkräfte in ihrem pädagogischen Handeln zu unterstützten, stellt die Lernverlaufsdiagnostik dar. Mittels dieser ist es möglich über einen längeren Zeitraum die Lernentwicklung aller SchülerInnen zu überprüfen.

Die Onlineplattform LEVUMI ist nach den Prinzipien der Lernverlaufsdiagnostik aufgebaut. Das gemeinsame Forschungsprojekt der Wissenschaftler Prof. Dr. Gebhardt, Prof. Dr. Mühling und Prof. Dr. Diehl verfolgt das Ziel, kostenlose und einfach handhabbare Testverfahren für die Praxis anzubieten, mit denen die Lernverläufe der SchülerInnen abgebildet werden können. In der vorliegenden Arbeit wurden zwei dieser Testverfahren zur Erfassung der Lernverläufe basaler mathematischer Kompetenzen erprobt. Dabei handelt es sich um Zahlenstrahltests unterschiedlicher Niveaustufen im Zahlenraum bis 20 sowie bis 100. Anhand der erhobenen Daten, mit einer Stichprobengröße n=325 SchülerInnen der zweiten Jahrgangstufe, soll eine Beurteilung der Testverfahren hinsichtlich ihres Einsatzes in der Praxis erfolgen. Die Berechnung der Itemschwierigkeit sowie die Praktikabilität der Testverfahren geben für dieses Vorhaben wichtige Anhaltspunkte.

Um das Forschungsanliegen zu begründen, wird zunächst die Relevanz des Themas hervorgehoben (Kapitel 2.). Anschließend werden die theoretischen Grundlagen dargestellt, in denen wichtige Bezugspunkte für die hier vorliegende Arbeit erläutert werden (Kapitel 3.). Hierfür wird zunächst eine Einführung in den Zahlbegriff gegeben (Kapitel 3.1.). Das Kapitel 3.2. gliedert sich in die Begriffsbestimmung und Entwicklung basaler mathematischer Kompetenzen, zudem wird das Kompetenzmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung nach Krajewski vorgestellt. Da die Grundlagen schulischer Bildung im Fach Mathematik von SchülerInnen mit und ohne sonderpädagogischen Förderbedarf auf unterschiedlichen Lehrplänen basieren, folgt eine Auseinandersetzung mit den curricularen Vorgaben der Primarstufe, der Förderschwerpunkte *Lernen* sowie *geistige Entwicklung* (Kapitel 3.3./3.3.1.). Aufgrund der Tatsache, dass das Testverfahren den Zahlenstrahl als Darstellungsmittel nutzt, wird dieser neben anderen Veranschaulichungsmitteln erläutert (Kapitel 3.3.2.). Der theoretische Teil schließt mit Ausführungen zur Diagnostik im schulischen Kontext ab (Kapitel 3.4.).

Die Zielsetzung, Fragestellung sowie daraus abgeleitete Hypothesen, die dieser Arbeit zugrunde liegen, werden im vierten Kapitel aufgeführt. Das fünfte Kapitel setzt sich aus der Beschreibung des Forschungsprojekts LEVUMI, der Auswertungs- und Erhebungsmethode sowie der Stichprobe zusammen. Im sechsten Kapitel erfolgt eine Darstellung der Ergebnisse, die anschließend diskutiert werden (Kapitel 7.). Zum Abschluss wird ein Fazit gezogen und ein Ausblick auf mögliche Anschlussforschungen gegeben (Kapitel 8.).

2. Relevanz des Themas

Mit der Ratifizierung der UN-Behindertenrechtskonvention verpflichtete sich Deutschland bereits im Jahre 2009 die Rechte von Menschen mit Behinderungen zu stärken und gesellschaftliche Chancengleichheit zu steigern. Zweck des in Kraft getretenen Übereinkommens ist es,

> *[...] den vollen und gleichberechtigten Genuss aller Menschenrechte und Grundfreiheiten durch alle Menschen mit Behinderung zu fördern, zu schützen und zu gewährleisten und die Achtung der ihnen innewohnenden Würde zu fördern.* (Beauftragte der Bundesregierung für die Belange von Menschen mit Behinderungen, 2017, S. 8)

Die Vertragsunterzeichnung geht damit einher, dass die Bundesländer das Recht von Menschen mit Behinderung auf Bildung anerkennen und ihnen einen lebenslangen Zugang zu integrativer, qualitativ hochwertiger sowie unentgeltlicher Bildung an Grund- und weiterführenden Schulen ermöglichen (ebd.). Folglich streben die deutschen Bundesländer gravierende Veränderungen im Schulsystem an und setzen diese in unterschiedlichen Formen bereits um (Ahrbeck, 2014). Ziel der Bestrebungen ist es, dass vermehrt SchülerInnen sowohl mit als auch ohne Behinderung gemeinsam beschult werden. Spezielle Beschulungen (im Sinne des Besuchs einer Förderschule) sollen zum Ausnahmefall werden (ebd.).

Während in der deutschen Übersetzung von einem „integrativen Bildungssystem“ die Rede ist, wird in der englischen Originalfassung von einem „*inclusive* education system“ gesprochen (Trumpa & Franz, 2014, S. 12). Dieser Sachverhalt hat zu einer öffentlichen Auseinandersetzung geführt, da sich die beiden Bezeichnungen fundamental hinsichtlich ihres Grundverständnisses unterscheiden. Der Begriff der Integration wird mit der Anpassung des Individuums konnotiert, der in diesem Verständnis als andersartig gilt. Inklusion hingegen meint, dass eine Anpassung des Systems an die Individuen erfolgt und Vielfalt[1] als etwas Natürliches anerkannt wird (Böttinger, 2016). Die KMK fordert in diesem Zuge einen respektvollen Umgang und eine entsprechende Haltung gegenüber der Vielfalt von Kindern und Jugendlichen (KMK, 2015). Daher wird der Begriff der Inklusion dem der Integration vorgezogen, wobei das Konzept der Inklusion bis heute nicht an allen Schulen vorzufinden ist (Friedmann, 2014).

---

[1] Neben dem Diversitätsaspekt „Behinderung“, werden auch weitere Dimensionen wie „Geschlecht“, „Ethnizität“ und „sozioökonomischer Status“ dem Inklusionsbegriff zugeordnet (vgl. Reich, 2015, S. 27f).

Die vorhandenen schulamtlichen Daten (2016) weisen auf die Dringlichkeit zur Auseinandersetzung mit dieser Thematik hin. Während im Jahr 1991 der „Integrationsanteil“ in NRW bei 2,6 % in der Primarstufe, 0,5% in der Sekundarstufe I und 0,0% in der Sekundarstufe II lag, war bis zum Jahr 2016 ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen. Im Jahr 2016 wurden in NRW insgesamt 40,5 Prozent der SchülerInnen mit sonderpädagogischem Förderbedarf in Regelschulen unterrichtet (MSB NRW, 2017). Die genaue Verteilung lautet wie folgt: Primarstufe 41,1%/Sekundarstufe I 39,9%/Sekundarstufe II 42,6%. Auffallend hoch ist der inkludierte Anteil von Kindern mit dem FSP LE in der Primarstufe mit 72,4% gefolgt von Lernenden mit dem FSP ES (49,5%). Demgegenüber besuchten 2016 lediglich 22,8 % der SchülerInnen mit dem FSP GG eine Grundschule. Aktuelle Daten für das Jahr 2017 liegen derzeit noch nicht vor, dennoch ist mit einem stetigen Anstieg inklusiv beschulter SchülerInnen zu rechnen.

Dass sich eine inklusive Beschulung positiv auf die Leistungsentwicklung der SchülerInnen mit sonderpädagogischem Förderbedarf auswirkt, konnte bereits in mehreren Untersuchungen bestätigt werden (Gebhardt, 2015). Die Entwicklungen hin zu einer „Schule für alle“ werden in bildungspolitischen Kreisen momentan stark diskutiert – die Gesellschaft spaltet sich in Befürworter und Gegner der inklusiven Beschulung (Becker, 2016). Laut Becker erfolgt vor allem aus der Praxis durch Lehrerinnen und Lehrer der Regelschulen deutliche Kritik, welche „Inklusion angesichts der starken Mehrfachbelastung erst einmal als Prokrustesbett empfinden“ (ebd. S. 2). Andere Untersuchungen zeigen, dass Lehrende sowie auch Eltern der Inklusion neutral bis positiv gegenüberstehen (Gebhardt, Schwab, Nusser & Hessels, 2015a). Jedoch gibt es auch hier Tendenzen, die zeigen, dass die Inklusion von Kindern mit dem FSP LE, dem der Kinder mit dem FSP ES vorgezogen wird (Schwab et al., 2012). Insbesondere Lehrkräfte, die bereits viele Jahre im Schuldienst tätig sind, stehen der Inklusion von SchülerInnen mit dem FSP GG skeptisch gegenüber (Gebhardt, 2015). Eine große Herausforderung stellt vor allem die Leistungsheterogenität und die zusätzlichen Anforderungen an das Lehrpersonal dar (ebd.). Zudem wird bemängelt, dass es innerhalb der Schulen an Ressourcen fehle und der Ausbildungsstand der Regelschullehrkräfte nicht adäquat sei (Gebhardt, Heine & Sälzer, 2015b). Während Kooperation und gute Zusammenarbeit als Grundpfeiler der Inklusion gelten (Preuss-Lausitz, 2011), zeigt die Realität, dass allein in NRW 2193 Lehrerstellen unbesetzt bleiben und insbesondere an Grundschulen ein besorgniserregender Lehrkräftemangel herrscht (MSB NRW, 2018). Weiterhin zeigen neueste Hochrechnungen, dass im Jahr 2025 bundesweit ca. 35.000 LehrerInnen im Primarbereich fehlen (Bertelsmann Stiftung, 2018). Folglich gleicht das Bild eines doppelbesetzten Klassenzimmers (durch SonderpädagogIn und RegelschullehrerIn) eher einer

Utopie. Durch den herrschenden Personalmangel entstehen zusätzliche Aufgaben für die Regelschullehrkräfte. Aufgrund der heterogenen Schülerschaft bedarf es einer individualisierten Überprüfung der Lernprozesse, um *rechtzeitig* intervenieren zu können. Aus dieser recht prekären Lage ergibt sich die Notwendigkeit, einfache Testverfahren für die schulische Praxis zu entwickeln, die gut in den Schulalltag integrierbar sind und Rückschlüsse auf die Lernentwicklung der einzelnen SchülerInnen geben können. Dieses Ziel verfolgt auch die Onlineplattform LEVUMI (Lernverlaufsmonitoring). Dabei handelt es sich um eine Möglichkeit, um Lehrkräfte in ihrem pädagogischen Handeln zu unterstützen und rechtzeitig „Lernlücken und Stagnationen“ (Gebhardt et al., 2016a, S. 444) bei SchülerInnen aufzudecken.

Grundsätzlich gilt es, dem Anspruch aller SchülerInnen auf eine qualitativ hochwertige Bildung nachzukommen und sie unter Berücksichtigung der individuellen Lernausgangslage bestmöglich zu fördern. Aus diesem Grund ist es das Ziel dieser Arbeit, einen kleinen Beitrag bei der Normierung des Testverfahrens zur Erfassung basaler mathematischer Kompetenzen für den inklusiven Bereich zu leisten. Dafür wird der schulische Einsatz erstmalig erprobt und einer ersten Prüfung bezüglich der Itemschwierigkeit und Praktikabilität unterzogen. In diesem Zuge soll eine Einschätzung des Anforderungsprofils und mögliche Verbesserungen der Konstruktion in Betracht gezogen werden. Die Ergebnisse der SchülerInnen mit und ohne Förderbedarf werden aufeinander bezogen und hinsichtlich möglicher Unterschiede verglichen.

3. Theoretischer Hintergrund

Zunächst bedarf es einer theoretischen Fundierung dieser Arbeit, um zu einem späteren Zeitpunkt, aufbauend auf der durchgeführten Studie, zu stringenten und schlüssigen Erkenntnissen zu gelangen. Dafür ist es notwendig in einem ersten Schritt den Zahlbegriff abzugrenzen und die Entwicklung und Bedeutung mathematischer Kompetenzen darzulegen. Dafür wird das Modell nach Krajewski beschrieben. An passender Stelle soll es Verweise auf die Empirie geben, um die theoretischen Grundlagen zu unterfüttern. Da es sich bei dem durchgeführten Projekt um ein Testverfahren für die Primarstufe handelt, wird näher auf den Mathematikunterricht in eben dieser eingegangen. Unter dem Aspekt der Inklusion werden neben dem Lehrplan für Grundschulen auch die Richtlinien der Förderschulen Lernen und Geistige Entwicklung einbezogen. Abschließend wird die pädagogische Diagnostik im schulischen Kontext mit dem Schwerpunkt der Lernverlaufsdiagnostik dargestellt.

3.1. Der Zahlbegriff

„Die Frage, was eine Zahl ist und wie sie zu denken ist, beschäftigt die Menschen schon seit Jahrtausenden.“ (Moser-Opitz, 2008, S. 15)

In der Literatur wird unter dem Aspekt des Zahlbegriffs immer wieder auf zwei zentrale Terminologien verwiesen: die „*Kardinalzahl* und *Ordinalzahl*“ (Schuler, 2013, S. 43), welche im folgendem näher erläutert werden.

Ordinalzahlaspekt: Der Ordinalzahlaspekt lässt sich unterteilen in Zählzahl und Ordnungszahl. Die Zählzahl wird definiert durch die Abfolge der natürlichen Zahlen, die beim Zählen durchlaufen wird („eins, zwei, drei, vier,...“) (Urff, 2013). Es kann hier eine Vorläufer- und Nachfolgezahl ausgemacht werden (Schulz, 2009). Die Ordnungszahl gibt den Rangplatz einer Zahl innerhalb einer Zahlreihe an (bspw. „Der Erste“) (ebd.).
Kardinalzahlaspekt: Die Kardinalzahl gibt die „Mächtigkeit von Mengen“ (Schuler, 2013, S. 43) wieder. Das letzte Zahlwort gibt die Gesamtmenge der Elemente an (bspw. „7 Bonbons“) (Lorenz, 2012). Die folgende Abbildung stellt dies graphisch dar:

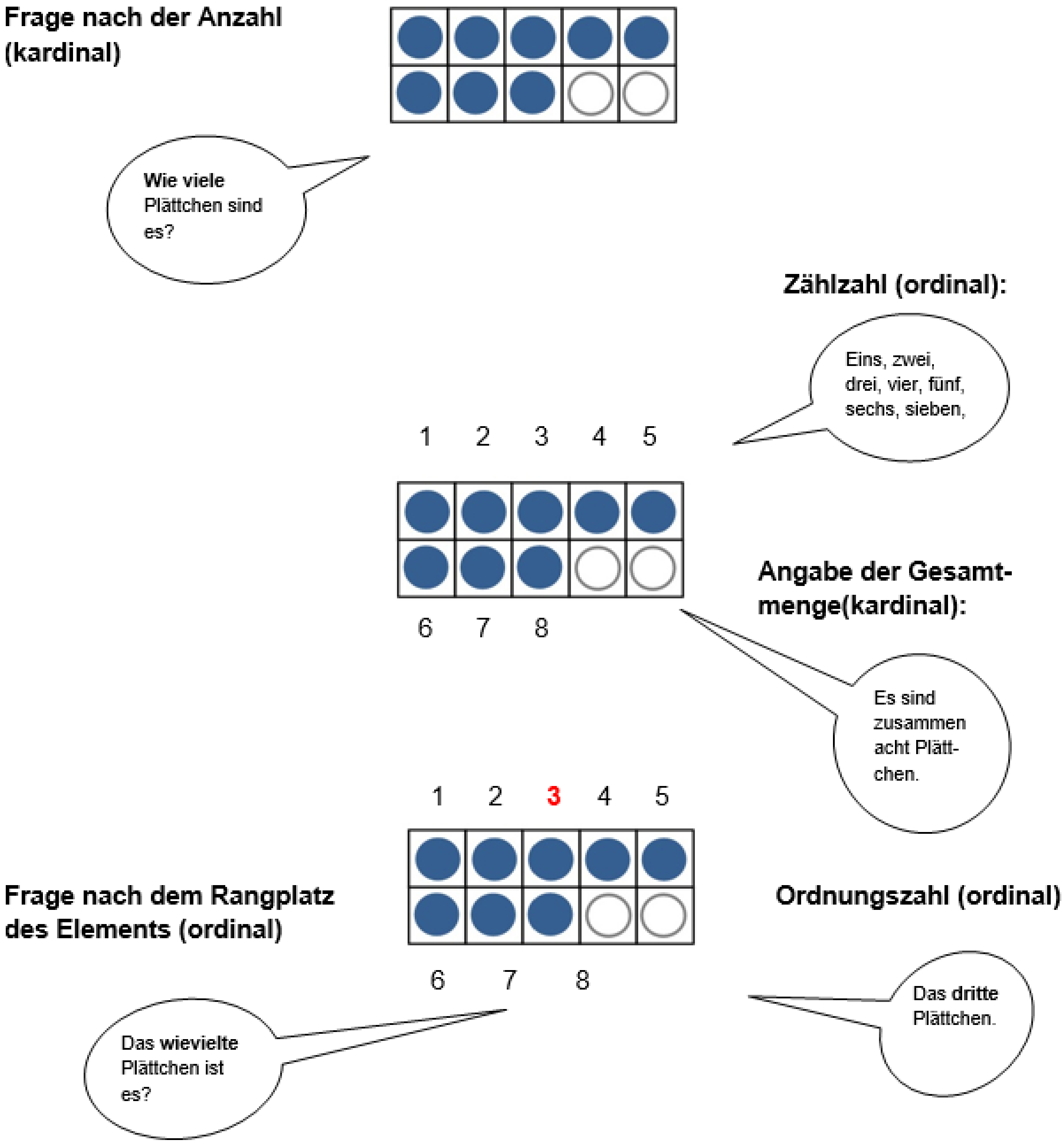


Abbildung 1: Kardinal- und Ordinalzahl
(eigene Darstellung in Anlehnung an Deutsches Zentrum für Lehrerbildung Mathematik)

Die Frage nach dem Erwerb des Zahlbegriffs kann nicht abschließend beantwortet werden. Bereits 1942 versuchte der Entwicklungspsychologe Jean Piaget dieser Frage auf den Grund zu gehen. Gemeinsam mit Szeminska leitete er aus einer Untersuchung zur Zahleninvarenz mit Kindern verschiedenen Alters ab, dass sich der Ordinal- und Kardinalzahlbegriff parallel entwickeln. So heißt es in Piagets Werk: „Die Zahl, so können wir also schließen, ist eine Synthese aus der Inklusion von Klassen und Ordnungsbeziehungen. Sie hängt gleichzeitig von einer algebraischen Struktur und von einer Ordnungsstruktur ab. Ein

Strukturtypus allein reicht zur Erklärung nicht aus." (Piaget, 1973, S. 47f, zitiert nach Wember, 2003, S. 56). Fast vier Jahrzehnte wurde diese Annahme nicht hinterfragt und sogar als Referenz mathematikdidaktischer Begründungen zur Einführung in die Mengenlehre genutzt. In den Folgejahren wurden die Forschungsergebnisse Piagets und Szeminskas sowohl aus fachlicher, als auch aus methodischer Sicht kritisiert (Rittmeyer & Schäfer, 2014). Durch anschließende Forschungen von Brainerd (1973) sowie Gelman und Gallistel (1986) konnte nachgewiesen werden, dass Kinder Aufgabenstellungen mit ordinalem Aspekt früher lösen können als Aufgaben, die dem Kardinalzahlaspekt entsprechen (Gasteiger, 2010). Daraus entsteht die Schlussfolgerung, dass sich das *kardinale* Verständnis erst später ausbildet. Heutzutage wird meist nicht zwischen verschiedenen Zahlbegriffen unterschieden. Stattdessen wird darauf verwiesen, dass es unterschiedliche Aspekte innerhalb des Zahlbegriffs gibt. Neben dem Kardinal- und Ordinalzahlaspekt, nennen Radatz und Schipper (1983, S. 49) noch vier weitere Aspekte: den „Maßzahl-, Operator-, Rechenzahl und Codierungsaspekt" (zitiert nach Schuler, 2013, S. 44). Da die letztgenannten Zahlaspekte in der vorliegenden Arbeit keine wesentliche Rolle spielen, soll auf eine genauere Erläuterung verzichtet werden. Im Zentrum der Diskussionen der verschiedenen Zahlentheorien steht bis heute die mathematisch-didaktische Fragestellung, welche Bedeutung den beiden wesentlichen Aspekten, dem Kardinal- und Ordinalzahlaspekt, im Unterricht zugesprochen werden soll (Moser-Opitz, 2008). Ziel der Mathematik ist es, ein Zahlverständnis bei den Kindern im Erstunterricht anzubahnen. Dies wird laut Urff (2013, S. 54) nicht durch den „Aufbau *eines* Zahlbegriffs" vollzogen, sondern durch die Vernetzung verschiedener Zahlbegriffsaspekte[2]. In den Schulbüchern lässt sich dies durch unterschiedliche Herangehensweisen und Veranschaulichungsmittel wiederfinden (Schuler, 2013).

3.2. Mathematische Kompetenzen - Entwicklung und Begriffsklärung

Die Entwicklung und Verknüpfung tragfähiger Zahlbegriffsaspekte ist maßgeblich für den Erwerb basaler mathematischer Kompetenzen. Aufbauend auf der Darstellung zum Zahlbegriff erfolgt in diesem Kapitel ein Einblick in den Stand der Theorie und Empirie bezüglich der Entwicklung basaler mathematischer Kompetenzen. Des Weiteren erfolgt eine Abhandlung dessen, was unter „basalen mathematischen Kompetenzen" verstanden wird. Vorab muss jedoch die Klärung des Begriffs „Kompetenz" vorgenommen werden. Da der Ausdruck in verschiedenen Disziplinen und je nach Verwendungszweck unterschiedlich konnotiert wird, ist eine Abgrenzung zu anderen Termini unabdingbar.

[2] s.o. Aspekte des Zahlbegriffs

3.2.1. Basale mathematische Kompetenzen

In der Vergangenheit wurden Fortschritte in der Entwicklung und Leistung eher mit den Begriffen „Fähigkeiten“, „Fertigkeiten“ und Kenntnissen“ in Verbindung gebracht, heutzutage wird jedoch vermehrt von „Kompetenzen“ gesprochen (Gasteiger, 2010). Während „Kenntnisse“ im bayrischen Lehrplan im Wissensbereich manifestiert sind, handelt es sich bei „Fähigkeiten“ laut Tenorth und Tippelt (2007) „um Voraussetzungen im Sinne einer genetischen Anlage (Disposition)“ (ebd.). „Fähigkeiten“, wie auch „Fertigkeiten“ sind im Bereich des Könnens zu verorten. Bei „Fertigkeiten“ handle es sich um ein „eingeschliffenes, fast müheloses Können“ (Westphalen, 1987, zitiert nach Gasteiger, 2010, S. 20). Bis heute gibt es jedoch keine allgemeingültige Übereinkunft, was unter dem Begriff „Kompetenz“ zu verstehen ist (Erpenbeck, 2014). Der Versuch Weinerts den Begriff „Kompetenz“ zu definieren lautet:

> *Dabei versteht man unter Kompetenzen die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundene motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können […].* (Weinert, 2011, S. 27f; zitiert nach Ostertag, 2014, S. 5)

In dieser Definition wird Kompetenz als eine Eigenschaft verstanden, die Individuen besitzen, aber auch erwerben können. Die zuvor abgegrenzten Begriffe werden in dieser Auffassung vereint und stellen die Grundvoraussetzung für Problemlösungsverfahren dar (Gasteiger, 2010). Die Definition gilt als Referenzzitat im deutschen Schulsystem und es gibt viele Bemühungen Kompetenzmodelle und Bildungsziele auf Grundlage dessen zu stützten. Die Empfehlungen der KMK können diesem Anspruch nicht gänzlich gerecht werden (Klieme, 2004). Andere AutorInnen definieren Kompetenz als Folge erworbenen Wissens und sehen in ihr die „Handlungsfähigkeit“ (Erpenbeck, 2014, S. 21) eines Individuums. Der Aspekt der „verfügbaren Fähigkeiten“[3] wird nicht berücksichtigt. Unter Berücksichtigung des hier nach Weinert dargestellten Kompetenzbegriffs, wird der Versuch unternommen basale mathematische Kompetenzen näher zu umschreiben. Des Weiteren dient er als Grundverständnis für das nachfolgende Kapitel zur Entwicklung mathematischer Kompetenzen in der frühen Kindheit.

Unter den Experten gibt es keinen Konsens darüber, was unter basalen mathematischen Kompetenzen zu fassen ist. Erschwert wird dieser Eingrenzungsvorgang durch die Vielzahl

---

[3] Meint hier eine angeborene Fähigkeit

verwendeter Begrifflichkeiten, wie zum Beispiel „Vorläuferfähigkeiten“, „Grundkompetenzen“, „Basiswissen“, „Vorerfahrungen“, „Zahlvorwissen“, „Basiskompetenzen“ usw. (De Vries, 2008, S. 4). Häufig wird die Bezeichnung „Vorläuferfähigkeiten“ dem Elementarbereich zugeordnet, „Basiskompetenzen“ werden hingegen als notwendige Grundlage gegen Ende der Grundschulzeit bzw. Schulzeit gesehen. Dabei handelt es sich um ein Mindestmaß an Kompetenzen „über die **alle** Schüler und Schülerinnen **aller** Bildungsgänge am Ende der allgemeinen Schulpflicht mindestens und dauerhaft verfügen müssen“ (Drüke-Noe et al., 2011, S. 1). Während einige Autoren wie Lorenz und Roßbach die Bezeichnungen „Basiskompetenzen“ und „Vorläuferfertigkeiten“ synonym verwenden, fasst Steinweg den Begriff „Basiskompetenzen“ weiter und sieht darin *„inhaltbezogene und prozessbezogene Kompetenzen*“ (Schuler, 2013, S. 30). Seiner Meinung nach suggeriert das Substantiv „Vorläufer“, dass mathematische Bildung im Elementarbereich trivial und ungeordnet vonstattengeht (ebd.). Schuler verweist an dieser Stelle darauf, dass es somit auch möglich sei, bei den erworbenen Kompetenzen in der Grundschule mit Blick auf die Sekundarstufe von Vorläuferfertigkeiten zu sprechen und dadurch die Eigenständigkeit einer Institution in Frage zu stellen. Aus diesem Grund werden in der vorliegenden Arbeit die Bezeichnungen „basale mathematische Fähigkeiten“ und „Basiskompetenzen“, unabhängig von der Institution, dem Begriff der „Vorläuferfähigkeiten“ vorgezogen.

Grundsätzlich lassen sich mathematische Kompetenzen in den pränumerischen und numerischen Bereich einteilen. Oft beschränken sich die basalen Kompetenzen auf den pränumerischen Bereich (ebd.). Jedoch gibt es auch hier je nach AutorIn unterschiedliche Auffassungen. Schulz (2009) zählt zu den pränumerischen Kompetenzen die „Klassifikation“ [4], die „Seriation“[5], die „Stück-für-Stück-Zuordnung[6]“ und die „Invarenz[7]“(396 f). Petermann und Jacobs (2007) nennen das Ordnen und Gruppieren, die Mengenerfassung sowie das Bilden von Reihenfolgen als vorschulische mathematische Basiskompetenz. Götz, Lingel und Schneider (2013) sehen in basal mathematischen Kompetenzen eine notwendige Voraussetzung für Rechenoperationen im schulpflichtigen Alter. Die Verinnerlichung dieser Kompetenzen steht im engen Zusammenhang mit dem Erwerb des Zahlbegriffs und ist somit grundlegend für das mathematische Verständnis (Schuler, 2013). Die Entwicklung basaler mathematischer Kompetenzen vollzieht sich eher im Elementarbereich, jedoch ist

---

[4] Fähigkeit, Gleichheiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Gegenständen zu erkennen und diese zu ordnen (vgl. Schulz, 2009, S.396).

[5] Ordnung von Gegenständen nach bestimmten Eigenschaften (vgl. ebd.)

[6] Zuordnung eines Elements einer bestimmten Menge zu einem anderen Element einer anderen Menge .Gleich- und Ungleichheiten können damit ermittelt werden (vgl. ebd.).

[7] Gleichbleibende Menge bei Veränderung der Qualität/Darstellung (vgl.ebd.).

eine durchgehende Förderung über die gesamte Schullaufbahn mit Erweiterung des Zahlenraums erforderlich (Götz et al., 2013).

Laut Ennemoser, Krajewski und Schmidt (2011) setzen sich Basiskompetenzen aus „grundlegenden Mengen-Zahlen-Kompetenzen und Konventions- und Regelwissen zusammen“ (Gebhardt, Oelkrug & Tretter, 2013, S. 131). Krajewski (2005) stellt insbesondere zahlen- und mengenbezogene Kompetenzen in den Vordergrund und verweist in ihren Werken darauf, dass ein mehrfach belegter Zusammenhang zwischen dieser basalen Kompetenz und dem schulischen Erfolg eines Kindes in der Primarstufe besteht. Über diese These besteht unter den AutorInnen weitestgehend Konvergenz. Die Verinnerlichung, dass eine Zahl für eine bestimme Menge steht (Mengen-Zahlen-Kompetenz), ist für die Entwicklung eines Zahlenverständnisses nötig und damit der Schlüssel zum Durchdringen des numerischen Bereichs (Selter, Prediger, Nührenbörder & Hußmann, 2014). In etlichen Werken wird ein defizitäres Verständnis im Bereich der Mengen-Zahlen-Kompetenz als Ursache für auftretende *Rechenschwächen* im schulpflichtigen Alter gesehen. Internationale Studien, vorrangig im englischen und belgischen Sprachraum, belegen einen signifikanten Einfluss auf mathematische Schulleistungen.

Definition Rechenschwäche:

Als „rechenschwach“ werden Personen bezeichnet, die aus „*klinisch diagnostischer Sicht* trotz einer im Normalbereich liegenden Intelligenz (IQ > 85) Rechenleistungen [zeigen], die deutlich unterhalb der alters- und klassentypischen Leistungen liegen“ (Kuhn, 2017). Eine Dyskalkulie (Rechenstörung) liegt vor, wenn zudem eine deutliche Diskrepanz zwischen dem individuellen Intelligenzniveau und den Rechenleistungen besteht (ebd.).

Im deutschsprachigen Raum untersuchte vor allem Kristin Krajewski mit ihrer Forschergruppe die Beziehung zwischen vorschulischer Mengen-Zahlen-Kompetenz und mathematischen Leistungserfolgen bis zur neunten Klasse. In ihrer Forschung im Elementarbereich konnten 47-67% der Kinder identifiziert werden, die am Ende der ersten bzw. zweiten Klasse im Fach Mathematik zu den Leistungsschwächsten zählten. Zudem konnte nachgewiesen werden, dass auch die SchülerInnen in höheren Klassen unter dem Durchschnitt lagen, sofern sie bereits im Kindergarten eine unzureichende Mengen-Zahlen-Kompetenz aufwiesen. Selbst gegen Ende der neunten Klasse konnten die Einflüsse vorschulischer Kompetenzen nachgewiesen werden (Lambert, 2015). Obwohl Längsschnittstudien wie die hier beschriebene eher rar gesät sind, kann festgehalten werden, dass basale mathematische Kompetenzen einen frappierenden Einfluss auf die gesamte schulische Laufbahn ausüben

(Grüßing, 2009).
Zu den arithmetischen Basiskompetenzen am Ende der Grundschulzeit zählen u.a. neben dem Verständnis für Stellenwertsysteme, worunter das Orientieren in Zahlenräumen fällt, das Verstehen und Anwenden der vier Grundrechenarten: Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division (Fritz & Ehlert, 2014).

3.2.2. Entwicklung mathematischer Kompetenzen in der frühen Kindheit

Zur Entwicklung mathematischer Kompetenzen gibt es eine schier unendliche Fülle an Werken, die sich mit dieser Thematik beschäftigen. Ausgehend vom Säuglingsalter bis hin zur Adoleszenz werden verschiedene Theorien und Möglichkeiten des Erwerbs dargestellt und mit empirischen Belegen untermauert. Die hier aufgeführte Annäherung beschränkt sich jedoch nur auf die frühe Kindheit bis zum Schuleintritt.

Bereits im Säuglingsalter verfügen Kinder über Kompetenzen im Umgang mit Mengen, wie unterschiedliche ForscherInnen übereinstimmend mit sogenannten Habituationsexperimenten überprüft haben. Dabei wurde gemessen, wie lange ein Neugeborenes einen ihm bekannten sowie vollkommen unbekannten Anblick fixiert. Während die Blickdauer bei bekannten Reizen nur von Kürze ist (Habituationsphase), verharrt sie bei denen für sie neuen Reizen (Dishabituationsphase) (Gasteiger, 2010). Antell und Keating (1983) konnten in ihrer Studie nachweisen, dass Säuglinge bereits in den ersten Lebenswochen dazu in der Lage sind zwei bis drei Objekte voneinander zu diskriminieren. Eine Unterscheidung mehrerer Elemente, z.B. vier von sechs, ist in diesem Stadium noch nicht möglich (Lambert, 2015). Bei der Untersuchung wurden den Säuglingen verschiedene Bilder mit *zwei* Objekten gezeigt, bis eine Gewöhnung feststellbar war, z.B. durch Abwenden des Blickes. Im Anschluss wurden den Probanden Bilder mit *drei* Objekten gezeigt, wobei ein deutlich höheres Interesse bei den Säuglingen bestand (Krajewski, 2005, S. 50). Sie schlussfolgerten daraus, dass bereits wenige Tage alte Säuglinge über eine intuitive Kompetenz zur Verarbeitung von Numerositäten beziehungsweise über ein abstraktes numerisches Verständnis verfügen. Diese Annahme bleibt in wissenschaftlichen Diskursen jedoch umstritten (Ostertag, 2015). Andere AutorInnen bezweifeln auf Grundlage weiterer Forschungsbefunde, dass Säuglinge über erste angeborene Zahlenkonzepte verfügen und verweisen darauf, dass sie nur die räumliche Ausdehnung vergleichen würden, nicht aber die Anzahl der Objekte (Krajewski, 2005). Das „Subitizing“ (lat. Subito = plötzlich), ein von Wynn geprägter Begriff, beschreibt die Fähigkeit kleinere Mengen zeitgleich zu erfassen. Während WissenschaftlerInnen wie Gallistel und Gelman bei diesem Phänomen von einem angeborenen Abzählmechanismus sprechen, ist Lorenz (2012) der Auffassung, dass es sich dabei lediglich um einen Wahrnehmungsvorgang handle, bei dem „mit Hilfe [eines] visuellen Systems" eine Anzahl von bis zu vier Elementen simultan erfasst wird (S. 17f). Dabei handle es sich weniger um einen „Sinn für diskrete Anzahlen [sondern] eher [um] die Fähigkeit zur Unterscheidung kontinuierlicher Größen" (Krajewski, Grüßing & Peter-Koop, 2009, S. 20).

In neueren Studien gingen Feigenson, Carey und Hauser (2002) der Frage nach, ob Säuglinge das Konzept von „mehr als" oder „weniger als" verstehen. Dafür versteckten sie vor den Augen des Kindes Kekse unterschiedlicher Größe und Anzahl unter zwei blickdickten Dosen. Kleinkinder im Alter von 10 bis 12 Monaten krabbelten ausnahmslos bei einer Anzahl von bis zu vier Keksen zu der Dose, unter der die größere Anzahl von Keksen versteckt war. Bei einer höheren Anzahl von Keksen (bspw. 3 zu 6), konnte kein Muster erkannt werden und die Kinder entschieden sich zufällig für eine Dose. Daraus leiteten sie ab, dass Kleinkinder unter einem Jahr bereits über ein basales Verständnis von „mehr als" beziehungsweise „weniger als" verfügen und zumindest eine kleine Menge mental repräsentieren können. (Lambert, 2015, S. 17).

Grundsätzlich verweisen viele Befunde darauf, dass basale Kompetenzen im Umgang mit Mengen angeboren sind (Jacobs & Petermann, 2005). Resnick leitetet aus ihren Untersuchungen ebenfalls ab, dass Kleinkinder „protoquantitive Schemata" besitzen, was als „intuitives Mengenwissen" zu verstehen ist (Voß, 2014, S. 34). Dabei handelt es sich um eine Fähigkeit, die zunächst ohne numerisches Verständnis abläuft und sich parallel zum Erwerb von Zählprinzipien entwickelt. Bis zum zweiten Lebensjahr sind Kinder in der Lage Veränderungen in der Menge wahrzunehmen (Vergleichsschema). Diese Annahme wird ebenfalls durch die zuvor dargestellte Untersuchung von Feigenson, Carey und Hauser (2002) gestützt. Ab einem Alter von zwei Jahren können Kinder Mengenveränderungen mit Begrifflichkeiten wie „mehr als zuvor" bzw. „weniger als zuvor" oder „genau so viel" beschreiben. Sie wissen, dass eine Mengenveränderung durch Wegnahme oder Hinzufügen durch Elemente vollzogen wird (Zunahme-Abnahme-Schema) (Schulz, 2009, 400ff). Die Kompetenz zur Teile-Ganzes-Relation ist ab einem Alter von vier Jahren möglich. Zu diesem Zeitpunkt erlangen die Kinder eine Vorstellung darüber, dass eine Gesamtmenge in Teilmengen zerlegt werden kann, bzw. aus diesen zusammengesetzt werden kann. Durch das Teile-Ganzes-Schema werden die Pforten für das spätere Verständnis der Grundrechenarten Addition und Subtraktion geöffnet (ebd.). Mit etwa fünf Jahren sind Kinder in der Lage ähnlich schnell Mengenvergleiche vorzunehmen wie Erwachsene (Weißhaupt & Peucker, 2009).

Resnick vertritt des Weiteren die Theorie, dass Kinder über einen *mentalen Zahlenstrahl* (engl. mental number line) verfügen. Dabei handelt es sich um eine mentale Repräsentation der Zahlenfolge in Verknüpfung mit Mustern von Elementen (z.B. Augenzahl auf Würfel). Das innere Bild verhilft die Anzahl ohne abzuzählen zu ermitteln. Neben der Reihenfolge werden auch Beziehungen zwischen den Zahlen durch den mentalen Zahlenstrahl verinnerlicht (Voß, 2014).

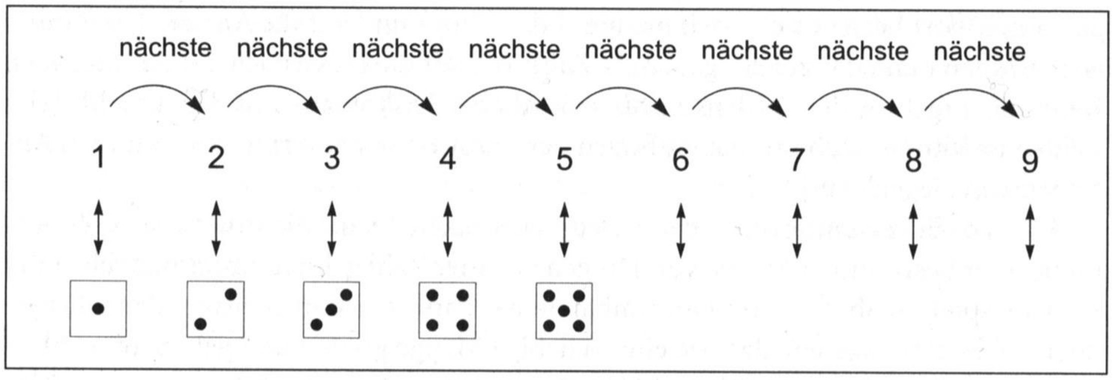


Abbildung 2: Mentaler Zahlenstrahl
(Resnick, 1983, S. 110, zitiert nach Weißhaupt & Peucker, 2009, S. 61)

Huntley-Fenner und Cannon (2000) teilen diese Ansicht und erbrachten in einer Untersuchung erste Nachweise für die Existenz eines mentalen Zahlenstrahls. Dafür zeigten sie Kindern im Alter zwischen fünf bis sieben Jahren verschiedene Mengenabbildungen (Abbildungen mit 5, 7, 9 und 11 Elementen). Im Anschluss wurden die Kinder dazu angehalten die gezeigten Abbildungen auf einen Zahlenstrahl zu übertragen. Die vorgenommenen Platzierungen im Zahlenstrahl glichen mehrheitlich der tatsächlichen Proportionierung im Zahlenstrahl (ebd.).

Die Weiterentwicklung mathematischer Basiskompetenzen bei Klein- und Vorschulkindern geht mit der Entwicklung der Sprache einher. Bereits ab dem zweiten Lebensjahr (2,6 Lj.) sind Kleinkinder in der Lage mathematische Begrifflichkeiten, wie die Zahlwortreihe, nachzusprechen. Der Erwerb geschieht vorrangig über Zählspiele in der Eltern-Kind-Interaktion, wobei die „außersprachliche Bedeutung“ (Lorenz, 2012, S. 22) zunächst nicht erschlossen wird. Sofern Kinder über verbale Zählfertigkeiten disponieren, konnte in neueren Studien ermittelt werden, dass Kinder auch auf Grundlage von numerischen Verhältnissen das Konzept „mehr“ beziehungsweise „weniger“ anwenden können und somit über ein *ordinales* Zahlenverständnis verfügen (Lambert, 2015, S. 29). Die Frage nach dem *Kardinalitäts*verständnis bei Kindern ist deutlich schwieriger zu ermitteln. Hierfür werden in der Regel „How Many“-Aufgaben (ebd.) verwendet. Allerdings wird bei diesem Aufgabenformat recht schnell das Schema durchschaut und die letztgenannte Zahl genannt. Ob an dieser Stelle aber tatsächlich ein Verständnis dafür besteht, dass diese Zahl die Mächtigkeit der Mengen wiedergibt, konnte bisher nicht abschließend geklärt werden. Auffallend ist jedoch, dass Kinder entweder *alle* oder nahezu *keine* der „How Many"-Aufgaben richtig lösen. Daraus ergibt sich die Vermutung, dass es keinen fließenden Übergang beim Erwerb des kardinalen Verständnisses gibt (S. 30). Laut Selter et al. (2014) wird durch die Aufforderung „Nimm fünf Kugeln weg" bzw. „Nimm die fünfte Kugel weg" deutlich, ob die Kinder den Unterschied zwischen dem kardinalen und ordinalen Zahlaspekt verstanden haben (S. 40).

Vilette (2002) untersuchte in einer Studie, inwiefern 4,5-jährige Kinder in der Lage sind, einfache Additions-, Subtraktions- und Inversionsaufgaben zu lösen. In über 90% der Fälle deckten die Kinder unmögliche Ergebnisse auf. Somit wird hier die These gestützt, dass Kinder dieses Alters ein abstraktes Verständnis von Addition und Subtraktion aufweisen. Im Alter von zwei Jahren lag die richtige Antwortrate bei 64%. Jedoch gelangen ihnen lediglich sehr banale Additionsaufgaben (z.B. 1+1), Kompetenzen im Bereich des Lösens von Subtraktions- und Inversionsaufgaben konnten hingegen nicht ermittelt werden. Des Weiteren hängt die richtige Antwortrate von der Präsentationsform der Aufgaben ab, wie zahlreiche Studien belegen. Vierjährige Kinder können nonverbal-konkrete Aufgaben deutlich leichter lösen, als verbal-mathematische. Während Vierjährige also noch auf konkret-reale Veranschaulichungsformen angewiesen sind, ist dies bei Sechsjährigen nicht mehr der Fall. Zudem fiel es den Kindern leichter Additionsaufgaben als Subtraktionsaufgaben zu lösen (ebd.).

In der Literatur wird eine Vielzahl von internationalen Untersuchungen dargestellt, die sich mit den arithmetischen Kompetenzen zu Beginn der Grundschulzeit beschäftigen. Im deutschen Sprachraum überprüfte Schmidt (1982) die mathematischen Kompetenzen von 1138 Kindern unmittelbar nach dem Schuleintritt. Bei den durchgeführten Einzelinterviews wurden die Kompetenzen zur „verbale[n] Zählfähigkeiten, das Zuordnen von Zahlen zu vorgegebenen Mengen, das Zuordnen von Mengen zu vorgegebenen Zahlen sowie das Ziffernschreiben und –lesen" (Voß, 2014, S. 27) erfasst. Resümierend lässt sich festhalten, dass in etwa die Hälfte aller Kinder bis 29 zählen konnte. Ein Drittel der SchülerInnen war in der Lage die Ziffern 0 bis 9 fehlerfrei zu schreiben. Mit Ausnahme der Zahlen 6, 8 und 9 war es über 90% der untersuchten ErstklässlerInnen möglich, die Zahlen im Zahlenraum bis 10 einwandfrei vorzulesen. Andere ForscherInnen, wie Herr Selter oder Herr Schipper, gelangten zu ähnlichen Erkenntnissen (ebd.). Mit diesen empirischen Befunden geht die Tatsache einher, dass Kinder bereits zum Schuleintritt über unterschiedlich ausgeprägte Kompetenzen verfügen, die es im Erstunterricht aufzudecken gilt.

Eng verbunden mit dem Erwerb mathematischer Basiskompetenzen ist die Ausbildung der Zählfertigkeiten[8] (Möller & Sasse, 2005). Eine explizite Trennung ist kaum möglich. Aus diesem Grund soll das Modell von Fuson vorgestellt werden. Fuson geht in ihrem theoretischen Modell davon aus, dass Kinder im Laufe der Entwicklung Zählkompetenzen erwerben. Diese Theorie steht in Abgrenzung zu Gelmans und Galistos Annahme, die das Zählwissen als angeboren sehen (Voß, 2013, S. 39). Der Erwerb wird nach Fuson durch Imitationen in verschiedenen Situationen stufenweise vollzogen.

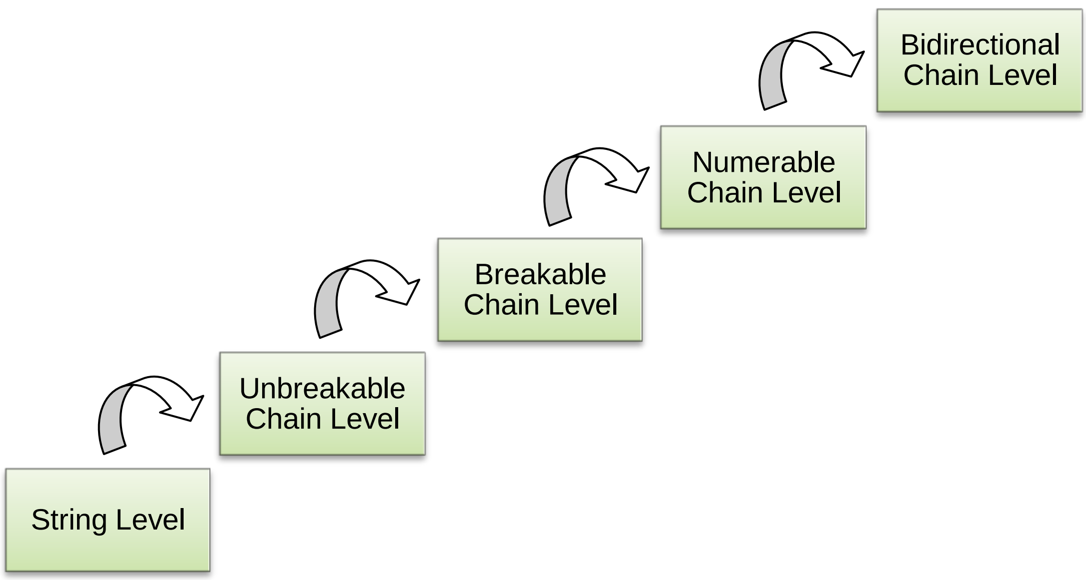


Abbildung 3: Entwicklung der Zählkompetenz (eigene Darstellung)

In der ersten Stufe (String Level) erlernen die Kinder die Zahlwortreihe verbal zu äußern. Dabei lernen sie diese auswendig und tragen sie wie ein Gedicht vor. Die einzelnen Zahlwörter werden noch nicht unterschieden, sondern zu einem Ganzen zusammengeschliffen: „einszweidreivierfünf". Ihnen ist es noch nicht möglich diese Zahlwortreihe auf konkrete Situationen des Abzählens zu übertragen. Diese Phase ist recht kurz und kann nicht bei allen Kindern beobachtet werden. Auf der zweiten Niveaustufe (Unbreakable Chain Level) werden die Zahlwörter voneinander diskriminiert und auf Abzählsituationen übertragen. Es gelingt den Kindern eine „Eins-zu-Eins-Zuordnung" vorzunehmen (3,5 bis 4. Lj.). Während des

[8] In diesem Kontext wird von Fertigkeiten gesprochen, da in der Literatur darauf verwiesen wird.

Abzählprozesses zeigen sie auf das Objekt, wobei sie stets bei der Zahl „1“ beginnen müssen. Zudem kann es vorkommen, dass Objekte doppelt gezählt oder ausgelassen werden. Fuson spricht in diesem Kontext von einer „mental number list“, auf die die Kinder zurückgreifen. Zudem vertritt sie die Meinung, dass auf dieser Ebene die Entwicklung des Kardinalitätsverständnisses beginnt, was jedoch nach wie vor umstritten ist. Auf die Frage „Wie viele?“ lernen die Kinder das letztgesprochene Zahlwort zu nennen. Die dritte Stufe (Breakable Chain Level) zeichnet sich dadurch aus, dass es den Kindern möglich ist, ab einer höheren ihnen bekannten Zahl weiterzuzählen. Hier zeigen sich leichte Parallelen zum Teile-Ganzes-Schema des protoquantitativen Systems nach Resnick. Unterstützt wird der Abzählungsprozess zunächst durch das Ordnen der Gegenstände, bspw. das Weglegen bereits gezählter Objekte (4,5 Lj.). Sobald mehr Sicherheit besteht, reicht das kurze Antippen der Objekte, wobei es häufiger zu Fehlern kommen kann. Schlussendlich reicht das bloße Fixieren mit den Augen, um den Abzählprozess zu vollziehen. Die Kinder entwickeln in dieser Stufe auch die Kompetenz des Rückwärtszählens sowie die Bestimmung des Vorgängers und Nachfolgers. Auf der Stufe des Numerable Chain Levels gelingt den Kindern ein deutlich flexiblerer Umgang mit den Zahlen. Sie sind in der Lage von einer beliebigen Zahl aus mit dem Zählen zu beginnen. Die Zahlwortreihe wird gelöst von konkreten Objekten betrachtet. Dies geht einher mit der Erkenntnis, dass Zahlwörter aus „zählbaren Elementen“ (Weißhaupt & Peucker, 2009, S. 64) bestehen, wodurch der Weg für Additions- und Subtraktionsverfahren geebnet wird. Auf der letzten Stufe (Bidirectional Chain Level) ist das Vorwärts- und Rückwärtszählen sehr viel schneller von jeder beliebigen Zahl möglich. Zudem gelingt es den Kindern Strategien anzuwenden, wie das Rechnen in Zweierschritten (5,5-6 Lj.). Einfache Rechnungen können vollzogen werden. Die Kinder erlangen das Konzept des Teile-Ganzes-Schema und verstehen, dass eine bestimmte Anzahl (z.B. 5) von einer anderen Anzahl (z.B. 7) eingeschlossen wird. Mit dieser Kompetenz können beliebige Zahlen zu einer Gesamtmenge zusammengesetzt werden, beziehungsweise in Teilmengen unterteilt werden (Fritz, Ricken, 2009/Weißhaupt & Peucker, 2009/Gasteiger 2010/Lorenz 2012/Lambert 2015/Hildenbrand 2016).

Fuson merkt an, dass es möglich ist, dass ein Kind die Zahlwortreihe bis 10 sicher beherrscht, es jedoch nicht in der Lage ist 10 Elemente abzuzählen, sondern nur eine geringere Menge. Dies hängt damit zusammen, dass Kinder in verschiedenen Zahlenräumen in ihrer „konzeptuellen Entwicklung unterschiedlich weit sind“ (Weißhaupt & Peucker, 2009, S. 58). Dieses Phänomen zeigt sich auch auf der dritten Stufe Fusons, in der Kinder an einem beliebigen Punkt anfangen zu zählen. Lautet die Startzahl bspw. „acht“, so bedeutet dies nicht automatisch, dass sie wissen, welche *Menge* hinter der Startzahl steht (Krajewski, 2005). Erschwert wird der Prozess des Zählens durch Anzahl und Anordnung der zu zählenden Objekte. Mit zunehmender Routine erlangen die Kinder das Wissen, dass man die Quantität von Objektens durch Zählen wiedergeben bzw. ermitteln kann (Hildenbrand, 2016).

Zum Abschluss dieses Kapitels soll auf die Notwendigkeit von Kompetenzmodellen verwiesen werden, um möglichst sinnvoll den Prozess des Kompetenzerwerbs zu begleiten und zu unterstützen. Wie im Kapitel 3.2.1. dargestellt wirkt sich eine defizitäre Entwicklung mathematischer Basiskompetenzen auf die Leistungen in der Schule aus. Basiskompetenzen werden in den fachwissenschaftlichen Kreisen als unabdingbare Voraussetzungen für das „Verständnis und Durchführen von Rechenoperationen“ erachtet (Götz et al., 2013). Vorhandene Längsschnittstudien lassen den Verdacht aufkommen, dass es während der Grundschulzeit nicht möglich ist, gravierende Kompetenzunterschiede zwischen den SchülerInnen auszugleichen (Hildenbrand, 2016). Gerade der Übergang zwischen den Institutionen – dem Elementar- und Primarbereich sowie der Übergang in die Sekundarstufe I – stellt dabei oftmals eine Herausforderung dar. Wie beschrieben, weisen die Kinder zu Beginn der Primarstufe unterschiedliche Lernvoraussetzungen auf, mit denen es im Erstunterricht umzugehen gilt (Grüßing, 2009). Des Weiteren besteht eine Konvergenz dahingehend, dass Defizite in der Entwicklung basaler mathematischer Kompetenzen dauerhaft signifikanten Einfluss auf die Leistungsentwicklung der Kinder nehmen können. Für diagnostische Verfahren zur Kompetenzerfassung sind daher zuverlässige Modelle geboten. Erst in den vergangenen Jahren ist es gelungen, aufbauend auf die oben beschriebenen Forschungsbefunde nach Resnick, Fuson etc., erste empirisch überprüfte und theoretisch fundierte Entwicklungsmodelle zu konzipieren (Schneider, Küspert & Krajewski, 2016). Im Folgenden wird das Entwicklungsmodell früher mathematischer Kompetenzen nach Krajewski dargestellt. Ebenfalls sehr bekannt ist das Modell nach Fritz und Ricken, welches jedoch aufgrund des begrenzten Rahmens der Arbeit nicht näher beschrieben werden kann.

3.2.3. Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung nach Krajewski

Kristin Krajewski konzipierte das Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung (ZGV), welches die mathematische Kompetenzentwicklung von der Geburt bis zum Grundschulalter beschreibt. Dabei durchlaufen Kinder Meilensteine, die „durch eine zunehmend tiefere Verknüpfung von Zahlwörtern und Ziffern mit Mengen bzw. Größen gekennzeichnet sind“ (ebd., S. 25). Der Aufbau des Modells (2003, 2005, 2007) (Krajewski & Schneider 2006) stimmt mit Befunden aus Längsschnittstudien zur Entwicklung früher mathematischer Kompetenzen überein, zudem dient das Modell als Grundlage für die Testverfahren „MBK-0“

und „MBK-1“ sowie für das Trainingsprogramm „Mengen, zählen, Zahlen“ zur Überprüfung und Förderung basaler mathematischer Kompetenzen (ebd.). Das Kompetenzmodell orientiert sich dabei an den entwicklungspsychologischen Ansätzen nach Resnick und Fuson, geht an einigen Stellen aber auch darüber hinaus bzw. grenzt sich davon ab (Küspert & Krajewski, 2014, S. 204). Dabei wird vor allem der Ansatz Fusons in Frage gestellt. Die Autorin verwendete ursprünglich die Begrifflichkeiten „Mengen- und Zahlenwissen“ sowie „Mengen-Zahlen-Kompetenz“. In ihrer überarbeiteten Version spricht sie hingegen von „Zahl-Größen-Kompetenz“. Hier schließt die Bezeichnung „Größe“ neben Volumen- und Flächenangaben (Menge), auch „Größen“ wie Gewicht und Zeit mit ein. Wie in Abbildung 4 ersichtlich, erstreckt sich das Konstrukt zur ZGV über drei Ebenen.

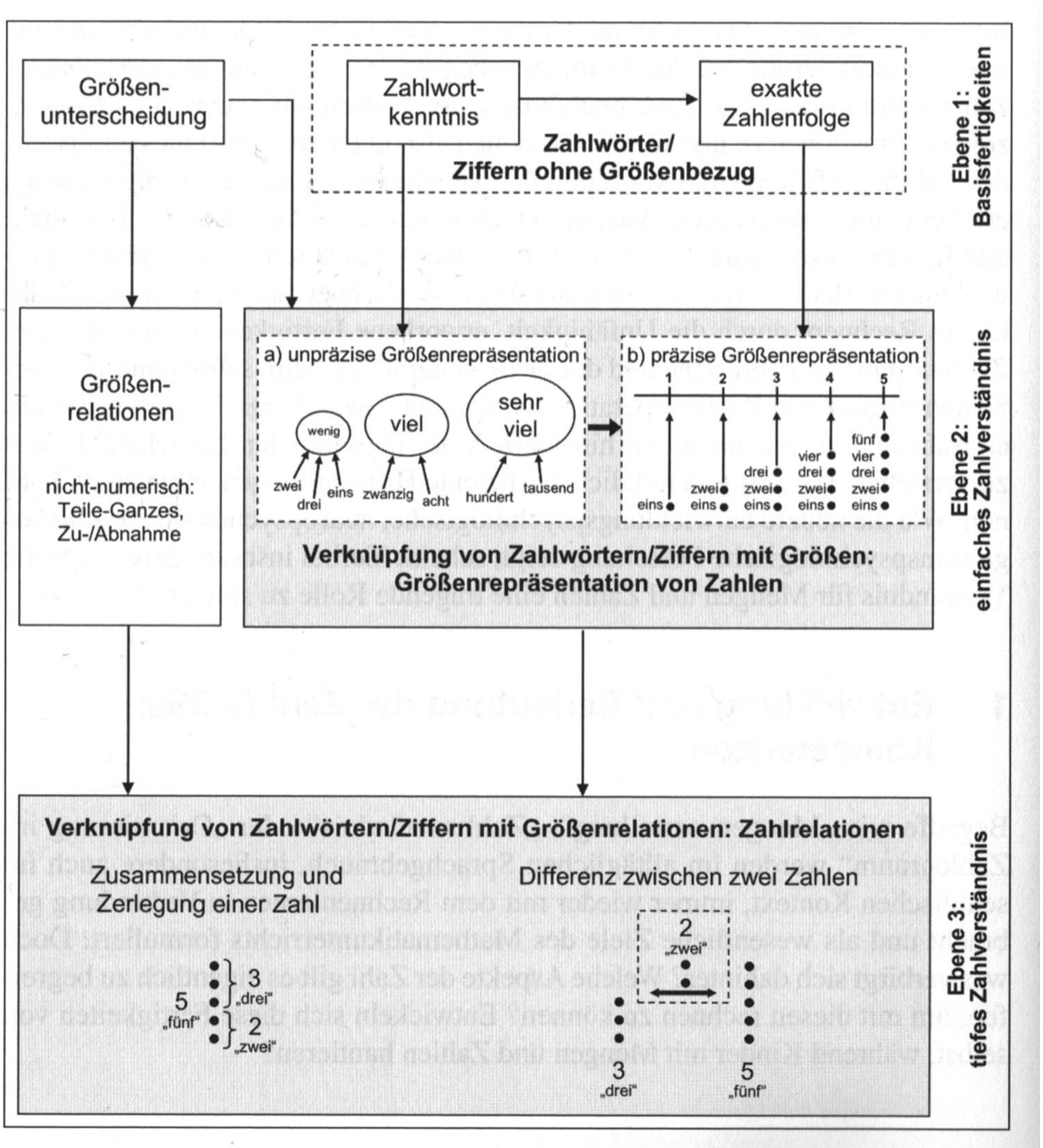


Abbildung 4: Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung nach Krajewski (Scheider, Küspert & Krajewski 2016, S. 25)

Ebene I: Die erste Kompetenzebene bezieht sich auf zwei Basisfertigkeiten[9]. Zum einen auf die Wahrnehmung von Größen- und Mengenunterschieden, zum anderen auf das Benennen von Zahlwörtern. Eine Verbindung zwischen diesen beiden Basisfertigkeiten besteht zu diesem Zeitpunkt noch nicht, sie entwickeln sich unabhängig voneinander. Säuglinge sind bereits kurz nach der Geburt in der Lage unpräzise Größen- und Mengenunterscheidungen (vgl. Resnick: Vergleichsschema) vorzunehmen. Dies geschieht aufgrund der Ausdehnung, der Größe und des Volumens der Mengen. Mit Ausbildung der Sprache wird dieser Vorgang mittels der Aussagen „wenig/viel" oder „weniger/mehr" unterstützt (Lambert, 2015, S. 50). Dabei wird noch keine Verbindung zu Zahlen erschlossen, es handelt sich somit um eine pränumerische Kompetenz. Ab einem Alter von zwei bis drei Jahren erlernen Kleinkinder das Aufsagen der Zahlwortreihe. Diese Basisfertigkeit vollzieht sich vorrangig durch die Eltern-Kind-Interaktion, indem die Kinder ihnen Gesagtes reproduzieren. Zunächst noch recht fehlerhaft gelingt ihnen das Aufsagen der exakten Zahlwortreihe zunehmend besser. Auf dieser Kompetenzebene sind die Kinder nicht imstande eine Verbindung zwischen Zahlen und Größen vorzunehmen. Die Zahlwortreihe wird ähnlich wie ein Gedicht vorgetragen, ohne die Bedeutung dieser zu erfassen. Demnach beherrschen sie zu diesem frühen Zeitpunkt noch nicht das Kardinalitätsprinzip. Jedoch gelingt es ihnen bereits auf dieser Ebene Vorgänger und Nachfolger in der ihnen bekannten Zahlwortreihe zu identifizieren.

> *Es bleibt festzuhalten, dass Kinder schon sehr früh über Mengen- bzw. Größenwahrnehmungen verfügen und basale Fertigkeiten hinsichtlich der Zahlwortfolge aufbauen, dabei jedoch keinerlei Zahl-Größen-Bezüge verstehen können oder gar selbst herstellen. Eine erste Annäherung beider Bereiche kennzeichnet nach Krajewski das Erreichen der Kompetenzebene 2.* (Scheider et al., 2016, S. 27)

Ebene II: Auf der zweiten Ebene wird nach Krajewski der wichtigste Meilenstein erreicht: Das Verknüpfen von Zahlwörtern mit Mengen und Größen. Die Entwicklung der Kompetenz der „*Mengen-/Größenbewusstheit von Zahlen*" (ebd.), vollzieht sich ab einem Alter von drei Jahren über zwei Phasen. In der ersten Phase bilden die Kinder ein „unpräzises Anzahlkonzept" (Ostertag, 2015, S. 13). Dabei ordnen sie Zahlworte noch recht grob Mengen zu, indem sie Mengenkategorien wie „sehr viel", „viel" und „wenig" bilden. Dabei verbinden die Kinder Zahlwörter wie „eins" oder „zwei" mit dem Begriff „wenig", andere Zahlwörter wie „zwanzig" oder „tausend" werden mit „viel" bzw. „sehr viel" assoziiert. Diese Kategorisierung wird unterstützt durch die alltäglichen Erfahrungen, die die Kinder beim Zählen sammeln. So bemerken sie, dass sie beim Zählen bis „neun" deutlich mehr Zeit benötigten, als bis zur

[9] In diesem Zusammenhang, werden jene Begrifflichkeiten verwendet, die die Autorin ausgewählt hat. Anstelle von „Kompetenzen" ist an dieser Stelle die Rede von „Fertigkeiten".

„zwei". Anzumerken ist, dass in dieser Phase Zahlwörter nicht mehr nur als eine auswendiggelernte Wortabfolge erkannt werden. Eine grobe Vernetzung zwischen der Quantifizierung von Mengen und Zahlwörtern ist in diesem Stadium vorhanden. Eine genaue Unterteilung der Zahlwörter hinsichtlich ihrer Größe ist insbesondere dann noch nicht möglich, wenn diese aufeinanderfolgen (Unterscheidung von „elf" und „zwölf" hinsichtlich ihrer Größe).

Mit zunehmender Routine erreichen die Kinder die zweite Phase und damit ein „präzises Anzahlkonzept beziehungsweise präzise Größenrepräsentationen" (Krajewski, 2013, S. 158). Durch tägliche Spiele innerhalb der Eltern-Kind-Interaktion, aber auch im Elementarbereich lernen die Kinder, dass die Dauer des Abzählens innerhalb einer unpräzisen Mengenkategorie (z.B. „viel") je nach Zahlwort variiert. So stellen sie fest, dass sie bis zur „zwanzig" länger zählen müssen als bis zur „neunzehn". Mit dieser Erkenntnis gelingt es ihnen, die zuvor grob gefassten Mengenkategorien weiter zu unterteilen. Damit ist eine genaue Zahl-Größen-Zuordnung möglich: Die Kinder durchschauen, dass jede Menge mit einer bestimmten Zahl korrespondiert. Damit durchdringen die Kinder das Kardinalzahlprinzip, bzw. verfügen über eine präzise Größenrepräsentation. Diese Kompetenzentwicklung ist maßgeblich für die Vermittlung mathematischer Inhalte im Grundschulunterricht, da mit dem „Erwerb des präzisen Anzahlkonzeptes hier schon die Weichen [ge]stellt [werden] zu einem wirklich belastbaren und arithmetisch nutzbaren Zahlbegriff" (Schneider et al., 2016, S. 29). Da die Kinder im alltäglichen Spielen vermehrt im Zahlenraum bis 10 zählen, wird in diesem Bereich entsprechend früher ein präzises Anzahlkonzept ausgebildet, als in höheren Zahlenräumen. Ein genauer Größenvergleich steht unter der Prämisse, dass die Kinder fähig sind innerhalb eines bestimmten Zahlenraums die Zahlwortreihe fehlerfrei aufzusagen.

Neben der Entwicklung der „*Mengen-/Größenbewusstheit von Zahlen*" (ebd.), erlangen die Kinder ein Verständnis der Mengeninvarianz: Eine Menge bleibt unverändert, solange nichts hinzugefügt bzw. weggenommen wird. Sie begreifen zudem, dass sich durch das Hinzufügen von Elementen die Menge vergrößert sowie das Entfernen von Objekten zur Abnahme dieser führt. An dieser Stelle ist die Bewusstseinsbildung für das Teile-Ganzes-Schema von besonderer Bedeutung. Kinder nehmen somit Veränderungen in der Zusammensetzung und Zerlegung von Gesamtmengen und Größen wahr und können diese mit „mehr" und „weniger" umschreiben, jedoch kann dabei noch kein Zahlbezug hergestellt werden.

Ebene III: Auf der letzten Ebene des Kompetenzmodells wird ab einem Alter von vier Jahren (kleiner Zahlenraum), ferner aber eher mit sechs Jahren ein weiterer Meilenstein erreicht: Verbindung des Anzahlkonzeptes mit Mengen- und Größenrelationen. Schneider et al. (2016) formulieren es folgendermaßen:

> *Dies lässt sich konkret so vorstellen, dass sie die bereits gut gefestigten Erfahrungen, dass sich Mengen in zwei oder sogar mehrere kleinere Mengen aufteilen lassen […], nun mit dem präzisen Anzahlkonzept […] verknüpfen und erkennen, dass sich diese festgestellten Beziehungen zwischen Mengen bzw. Größen durch Zahlen eindeutig darstellen lassen. Ihr Zahlverständnis, dass sich bislang auf die exakte Zuordnung einer Menge zu einer Zahl (Größenrepräsentationen der Zahlen, Ebene 2) und die Seriation dieser Anzahlen (Größenordnung der Zahlen, Ebene 2) beschränkte, erweitert sich nun dahingehend, dass Zahlen in ein Teil-Ganzes-Schema eingeordnet werden können und damit die Zahlzerlegung gelingt.* (S. 31)

Kinder sind mittels dieser Kompetenzentwicklung erstmals in der Lage zu verstehen, dass eine Menge, genauso wie eine Zahl, in kleinere Zahlen zerlegt und wieder zusammengesetzt werden kann. Des Weiteren erlangen sie das Wissen darüber, dass eine dritte Zahl die Differenz zwischen zwei Zahlen darstellt und erfassen somit Zahlbeziehungen. Mit diesem Erkenntnisgewinn werden Zahlen erstmalig auch als Mittel zur Darstellung von Mengenrelationen genutzt. Insbesondere bei so genannten Vergleichsaufgaben[10] ist die Verfügbarkeit dieser Kompetenz notwendig. Dabei haben Grundschulkinder häufig Schwierigkeiten bei einem solchen Aufgabentypus, was als Indiz dafür gilt, dass sie diesen Meilenstein noch nicht erreicht haben (Krajewski & Schneider, 2006/Krajeweski et al., 2008/Krajewski, 2013/Küspert & Krajewski, 2014/Hildenbrand, 2016/Schneider et al, 2016).

Obwohl es sich um ein Modell zum Erwerb früher mathematischer Kompetenzen handelt (Geburt bis Vorschulalter), kann es auch im Grundschulbereich Aufschluss über etwaige noch nicht erreichte Kompetenzen geben. Durch entsprechende Testverfahren ist es möglich die Entwicklungsebene der Kinder zu ermitteln, um darauf aufbauend adäquate Maßnahmen zu ergreifen. Die Entwicklung der ZGV ist entsprechend diesem Modell der Grundstein für das Verständnis mathematischer Rechenoperationen. Dabei ist ein linearer Erwerb nicht zwingend notwendig und hängt vom jeweiligen Zahlenraum ab. Während in kleineren Zahlenräumen häufig recht früh die dritte Kompetenzebene erreicht wird, fällt die ZGV bei größeren Zahlen noch deutlich schwerer. Dies zeigt sich insbesondere beim Übergang in das zweite Schulbesuchsjahr mit Erweiterung des Zahlenraums bis 100. So ist es möglich, dass im Zahlenraum bis 20 bereits die dritte Ebene erreicht wurde, jedoch das Verständnis für die Mächtigkeit von höheren Zahlen wie z.B. „77“ und „78“ fehlt. Krajewski merkt in diesem Kontext an, dass die SchülerInnen sich „bei der Erarbeitung des Hunderter-

---

[10] Du hast sechs Bonbons. Ich habe vier Bonbons. Wie viele Bonbons hast du **mehr** als ich? (vgl. Schneider et al, 2016, S.31)

raums im zweiten Schuljahr erst allmählich auf dieses Niveau hocharbeiten müssen" (Schneider et al., 2016, S. 33). Mit Erweiterung des Zahlenraums ist auch davon auszugehen, dass sich die Zuordnung der Zahlen zu Mengenkategorien verschieben wird. Während im Zwanzigerraum die Zahl „achtzehn" sicherlich der Kategorie „viel" zugeschrieben wird, findet ein Wahrnehmungswechsel bei höheren Zahlenräumen statt und wird im Zahlenraum bis 1000 sicherlich mit „wenig" assoziiert. Diese Gegebenheiten müssen bei der Überprüfung des Entwicklungsstandes unbedingt berücksichtigt werden, um zu keinen fehlerhaften Einschätzungen zu gelangen (ebd.).

3.3. Mathematik im Primarbereich

„Als ein wesentliches Ziel des Mathematikunterrichts in der Primarstufe kann vor allem der Aufbau anschlussfähiger mathematischer Kompetenzen angesehen werden, die eine tragfähige Basis für den Mathematikunterricht der Sekundarstufe bilden" (Grüßing, 2009, S. 59). Dieses Zitat nach Grüßing ist sicherlich im vollen Umfang zutreffend, jedoch ist es ebenso wichtig, unter Berücksichtigung der heterogenen Schülerschaft, im mathematischen *Erst*unterricht einen sinnvollen Anschluss zu schaffen. Dabei wurde in dieser Arbeit vermehrt auf die Notwendigkeit der Förderung basaler mathematischer Kompetenzen verwiesen. Es handelt sich um einen kumulativen Prozess, in dem neues Wissen mit bisherigen Erfahrungen vernetzt, vertieft und erweitert wird. Mit Verweis auf den durchgeführten Test im zweiten Schuljahr wird in diesem Kapitel lediglich auf die prägnanten Inhalte und die Kompetenzvermittlung in der Schuleingangsphase eingegangen. Dafür werden zunächst rechtliche Grundlagen anhand des Lehrplans NRWs aufgezeigt. Bei den inhaltsbezogenen Kompetenzen im Bereich „Zahlen und Operationen" mit dem Schwerpunkt „Zahlvorstellungen", werden für den Kontext der Arbeit einige wichtige Kompetenzerwartungen aufgelistet, die die SchülerInnen am *Ende* der Schuleingangsphase aufweisen sollen:

Die Schülerinnen und Schüler

- *stellen Zahlen im Zahlenraum bis 100 unter Anwendung der Struktur des Zehnersystems dar (Prinzip der Bündelung, Stellenwertschreibweise)*
- *wechseln zwischen verschiedenen Zahlendarstellungen und erläutern Gemeinsamkeiten und Unterschiede an Beispielen*
- *nutzen Strukturen in Zahldarstellungen zur Anzahlerfassung im Zahlenraum bis 100*
- *orientieren sich im Zahlenraum bis 100 durch Zählen (in Schritten) sowie durch Ordnen und Vergleichen von Zahlen*

- *entdecken und beschreiben Beziehungen zwischen Zahlen mit eigenen Worten (z.B. ist Vorgänger/Nachfolger von, ist die Hälfte/das Doppelte von, ist um 3 größer)"* (MSB NRW, 2016a, S. 61)

Bedingt durch den Föderalismus in der Bundesrepublik Deutschland, ist Bildung Ländersache, was sich in den unterschiedlichen Lehrplänen und Richtlinien der einzelnen Bundesländer niederschlägt. Dennoch wurden als Reaktion auf die Ergebnisse internationaler Schulleistungsuntersuchungen, wie PISA und IGLU, bundesweit geltende Bildungsstandards festgelegt (Heckt & Jürgens, 2005). Diese dienen zur Qualitätssicherung in Schulen. Mit Beschluss der Bildungsstandards im Jahr 2004 sind die Schulen aller Länder verpflichtet, diese Standards in den Lehrplänen und der schulischen Arbeit zu implementieren (KMK, 2004). Der im Jahr 2008 in Kraft getretene Lehrplan des Landes NRW orientiert sich stark an den vorgegebenen Bildungsstandards, sodass auf eine genauere Darstellung an dieser Stelle verzichtet werden kann.

Wie aus den dargestellten Kompetenzerwartungen des Lehrplans zu entnehmen ist, sollen die SchülerInnen am Ende der zweiten Klasse in der Lage sein, sich im Zahlenraum bis 100 unter Anwendung verschiedener Strategien zu orientieren. Diese Kompetenzaneignung vollzieht sich etappenweise. Zunächst lernen die Kinder, neben dem Erwerb der Ziffernschreibweise, einen sicheren Umgang im Zahlenraum bis 10. Unterschiedliche Hilfsmittel (vgl. Kapitel 3.3.2), werden dabei zur Verfügung gestellt um den Lernprozess zu unterstützen. Gegen Schulhalbjahr erfolgt die Zahlbereichserweiterung bis 20 und erst im zweiten Schuljahr wird der Zahlenraum bis 100 erschlossen. Die methodische Vorgehensweise bleibt dabei nach Schipper (1983) weitestgehend identisch. Demnach wird vor jeder Zahlbereichserweiterung an die Vorkenntnisse der SchülerInnen angeknüpft. Neben Wiederholung bekannter Zahlen und Beherrschung der Grundrechenarten Addition und Subtraktion in den jeweiligen Zahlenräumen, sollen auch Zahl- und Größenvorstellungen gefestigt werden. Dies kann laut Schipper mit Fragen wie „Wieviel sind…? Wo liegt...auf dem Zahlenstrahl?" (ebd., S. 91) unterstützt werden. Zudem müssen „Ankerpunkte" (ebd.) geschaffen werden, an denen sich die SchülerInnen orientieren können. Im Zahlenraum bis 10 wird immer wieder die „Kraft der *5*" hervorgehoben. Mit Erweiterung des Zahlenraumes bis 100 sind insbesondere die Zehnerzahlen von großer Bedeutung und stellen Orientierungspunkte dar. Im Anschluss kann die Feinstruktur des Zahlenraumes gefüllt werden. Übungen zur Bündelung, zum Stellenwertsystem und zur Ordnung der Zahlen sollten dabei durchgeführt werden (ebd.). Dass die Zehnerzahl eine ganz besondere Stellung im Anfangsunterricht einnimmt, ist auch an der immer wiederkehrenden Ergänzung zum Zehner – bekannt unter

„Verliebten Zahlen"[11] – erkennbar. Diese Zahlenkombinationen sollten gegen Ende der ersten Klasse sofort abrufbar sein. Mit zunehmender Routine werden auch leichte Rechenaufgaben, deren Ergebnis stetig präsent ist, als „*arithmetische Fakten*" (Landerl & Kaufmann, 2008, S. 77) im Langzeitgedächtnis abgespeichert.

3.3.1. Inklusiver Mathematikunterricht

Neben den natürlichen Leistungsunterschieden innerhalb der Klassen, werden im Zuge des Gemeinsamen Lernens auch immer mehr Kinder mit sonderpädagogischem Förderbedarf an Grundschulen beschult. Biologische, psychologische und soziale Faktoren nehmen nach aktuellem Erkenntnisstand bei diesem Personenkreis u.a. Einfluss auf die Verarbeitung von Informationen und deren Abspeicherung im Langzeitgedächtnis (Siegemund, 2016, S. 25).

Im Wesentlichen werden alle Schülerinnen und Schüler, die keinen Förderbedarf im Bereich „geistige Entwicklung" oder „Lernen" vorweisen, „zielgleich" unterrichtet (MSB NRW, n.d.). Dies bedeutet, dass ihrer schulischen Bildung (trotz Förderbedarf, jedoch ggf. mit Nachteilsausgleich) die Lehrpläne und Leistungserwartungen der allgemeinbildenden Schule zugrunde gelegt werden (Terfloth & Bauersfeld, 2015; MSB NRW, n.d.). Können Schülerinnen und Schüler aufgrund einer „geistigen Behinderung" oder einer „nachhaltigen Lernstörung" die Ziele der allgemeinen Schule nicht erreichen, werden sie „zieldifferent" unterrichtet. Ihre Förderung basiert auf den entsprechenden „Sonderschullehrplänen" sowie ihrer individuellen Förderplänen (Terfloth & Bauersfeld, 2015). In der Regel erfolgt eine Feststellung des sonderpädagogischen Förderbedarfs im Bereich Lernen erst dann, wenn ein Kind die Schuleingangsphase im dritten Jahr besucht.
Insbesondere Kinder mit dem FSP LE sowie FSP GG benötigen in der Regel andere Zugangsweisen zu mathematischen Inhalten. Die Richtlinien für den FSP LE aus dem Jahr 1977 sehen vor, dass Kinder durch das Durchlaufen verschiedener Lernstufen mathematische Kompetenzen erlangen. Die erste Lernstufe bezieht sich auf die Förderung basaler Kompetenzen. Mengen werden dabei an konkreten Gegenständen zunächst ohne Bezug zu Ziffern und Zahlen erarbeitet (MSB NRW, 2016b). Zudem wird der Zahlenraum bis sechs durch den handelnden Umgang mit Mengen erschlossen. Der Umgang mit höheren Zahlen ist für viele SchülerInnen aus dem Grunde schwierig, da eine simultane Anzahlerfassung nicht mehr möglich ist. Das Vermitteln von Zahlbeziehungen spielt dabei eine herausragende Rolle. In der zweiten Lernstufe wird der Zahlenraum bis 20 erweitert und erst mit Erreichen der dritten Lernstufe wird der Hunderterraum eingeführt (ebd.). Moser Opitz (2016) spricht sich für eine „ganzheitliche Erarbeitung des Zahlenraums" (S. 258) aus. Sie distan-

[11] z.B.: Verliebte Zahlen: 6+ 4; Verliebte Zahlen: 7+3 usw.

ziert sich von dem Vorgehen, Zahlen Schritt für Schritt mit unterschiedlichen Darstellungsformen[12], einzuführen. Durch das konkrete Darstellen von Zahlen an Alltagsgegenständen sei eine Übertragung in den numerischen Bereich nur schwer verständlich. Stattdessen solle die Arbeit mit dem Zwanzigerfeld gefördert werden. Entgegen der Annahme, dass dies zur Überforderung bei Kindern mit FB führen könnte, zeigt eine Untersuchung von Moser Opitz an Förderschulen, dass ein ganzheitliches Angebot, deutlich effektiver ist (ebd.). Ziel im FSP LE ist es, neben der Entwicklung rechnerischer Fähigkeiten, einen sicheren Umgang mit Mengen zu erreichen. Insgesamt werden 9 Lernstufen in den Richtlinien beschrieben, die sich an den zu absolvieren Schulbesuchsjahren orientieren (MSB NRW, 2015). Demnach liegt die Vermittlung mathematischer Inhalte bei SchülerInnen mit dem FSP LE circa ein Schuljahr hinter denen der Regelschule. SchülerInnen mit dem FSP LE weisen eine „deutlich von der Altersnorm abweichende Leistungs- und Verhaltensform […]“ auf, was auf einen „Intelligenzrückstand“ zurückzuführen ist (ebd., S. 9).

Auch bei SchülerInnen mit dem FSP GG besteht ein kausaler Zusammenhang zwischen einer verminderten allgemeinen Intelligenz und der Leistungsentwicklung (Siegemund, 2016). Die veralteten Richtlinien für den FSP GG (1980) sind grundsätzlich eher vage formuliert und lassen den Lehrkräften viel Interpretations- und Handlungsspielraum. Insbesondere der Förderung lebenspraktischer Kompetenzen wird viel Bedeutung zugemessen. Zum mathematischen Bereich gibt es nur recht oberflächliche Empfehlungen. Dort heißt es, dass die SchülerInnen entsprechend ihrer individuellen Fähigkeiten in dem „Umgang mit Mengen, Zahlen und Größen“ eingeführt werden sollen (MSB NRW, 2014, S.21). Dass im FSP GG die Mathematik nur eine untergeordnete Rolle spielt, zeigt eine 2011 durchgeführte Studie in der Schweiz. Dort wurde ermittelt, dass lediglich 3,8% der Schulzeit für die Vermittlung mathematischer Inhalte genutzt wurde. Rituale hingegen machten einen prozentualen Anteil von 16,5% aus. Es kann begründet davon ausgegangen werden, dass die Lage in deutschen Förderschulen[13] eine ähnliche ist (Moser Opitz, Garrote & Ratz , 2014). Masterpieri und Scruggs (2007) heben jedoch die Bedeutung der Mathematik für Menschen mit geistiger Behinderung hervor:

> *“Students with disabilities will also need to gain proficiency in mathematics to fully participate in society. For this to occur, teachers must be fluent in a variety of teaching techniques that will allow students with diverse learning needs to meet their greatest potential in math. […] Most children begin school already familiar with many elementary number concepts. These concepts are represented by words like <u>more, less, none,</u>*

[12] z.B. die Zahl 2 mit Socken, die Zahl 3 mit Kleeblatt etc.
[13] Ob mathematische Inhalte für SchülerInnen mit dem FSP GG auch an Grundschulen eine untergeordnete Rolle spielen, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden.

> *none left, together, how many and each These concepts are necessary for the development of more complex understanding.[…] The "National Council of Teachers of Mathematics" highlights the need for students to mathematic basic facts and operations"* (S. 327ff, *Hervorhebung durch die Autoren).*

Sie verweisen darauf, dass Kinder mit geistiger Behinderung häufig vor Schuleintritt bereits Mengen klassifizieren können, beziehungsweise bei vorhandener Lautsprache über Konzepte bezüglich der Begrifflichkeiten „mehr", „weniger" und „nichts" verfügen. Grundsätzlich ist es sehr schwierig im GG Bereich allgemeingültige Aussagen bezüglich des Erreichens mathematischer Kompetenzen zu treffen. Es ist immer abhängig von der Person und der Schwere der Behinderung. Bashah, Outhred und Bochner (2003) haben in einer kleineren Studie mit 30 SchülerInnen mit dem FSP GG sondiert, dass die Kinder im Alter von sieben bis 18 Jahren in der Lage waren bis 20 zu zählen. Die Zählentwicklung vollzog sich dabei in ähnlichen Phasen wie bei Kindern ohne Beeinträchtigung (Moser Opitz et al., 2014). Je nach Grad der Behinderung ist es jedoch auch möglich, dass sie den pränumerischen Bereich nicht überschreiten werden (Suhrweier, 2009).

Grundsätzlich setzen die individuellen Lernausgangslagen der SchülerInnen mit und ohne Förderbedarf einen inklusionsorientierten (Mathematik-)Unterricht voraus. Dies schließt „das Schaffen eines Lernumfeldes, das entdeckendes mathematisches Lernen fördert und die lernzielorientierte Vermittlung von Grundwissen" ein (Sikora & Voß, 2016, S. 101). Entdeckendes-mathematisches Lernen meint, dass die Kinder in einer geeigneten Lernumgebung Kompetenzen erwerben und diese nicht nur von der Lehrkraft vermittelt bekommen (Moser-Opitz, 2008). Der Lernprozess wird u.a. durch innere Differenzierung, die Nutzung verschiedener Abstraktionsniveaus und das Verwenden von Veranschaulichungsmitteln unterstützt (Sikora & Voß, 2016). Das Modell EIS - enaktiv (handelnd), ikonisch (bildlich) und symbolisch (formal) - nach Bruner stellt dabei eine Möglichkeit dar, unterschiedliche Abstraktionsniveaus im Unterricht zu verwirklichen (De Vries, 2006). Jedoch ist die Darstellung *aller* Ebenen in höheren Zahlenräumen wenig sinnvoll (Sikora & Voß, 2016).

3.3.2. Veranschaulichungsmittel im Mathematikunterricht

Im Zuge mathematikdidaktischer Forschungen wurde eine Vielzahl von Darstellungsmitteln entwickelt, die eine anregende und unterstützende Funktion für Kinder im Lernprozess beinhalten sollten. Nach Krajewski machen diese Darstellungsmittel einen beachtlichen Anteil bei der Förderung rechenschwacher Kinder aus (Lambert, 2015). Der Gebrauch dieser Materialien im schulischen Kontext sowie bei Dyskalkulietherapien soll die Kinder zum Handeln anregen und mathematische Strukturen visualisieren (Lorenz, 2012). Viele dieser Materialien weisen erhebliche Vorteile auf, während andere auch Schwierigkeiten mit sich bringen. Grundsätzlich sollten Anschauungsmittel das Zahlengerüst als dekadisches System repräsentieren. Des Weiteren sollten sie in verschiedenen Zahlenräumen nutzbar sein und von der enaktiven Ebene in die ikonische Ebene übertragbar sein (Sikora & Voß, 2016). Im Rahmen dieser Arbeit ist es nicht möglich die schier unerschöpfliche Liste diverser Veranschaulichungsmittel darzustellen. Es ist lediglich möglich eine kleine Auswahl näher zu betrachten, bevor im Anschluss das Augenmerk auf den *Zahlenstrahl* gelegt wird. Grundsätzlich ist beim Gebrauch von Darstellungsmitteln darauf zu achten, dass diese nicht selbsterklärend sind sondern der richtige Umgang erlernt werden muss. Dafür sollte man den Kindern ausreichend Zeit geben, damit die Materialien eine „Lern*hilfe*" und kein „Lern*hemmnis*" darstellen (Höhtker & Selter, 1995, S. 1). Sikora und Voß raten aus diesem Grund zur Verwendung von Materialien, die für die jeweiligen Zahlenräume erweiterbar sind. Zudem sei es sinnvoll Mittel zur „strukturierten Mengendarstellung" sowie „Zahlenreihen, -strahlen und -striche" einzusetzen.

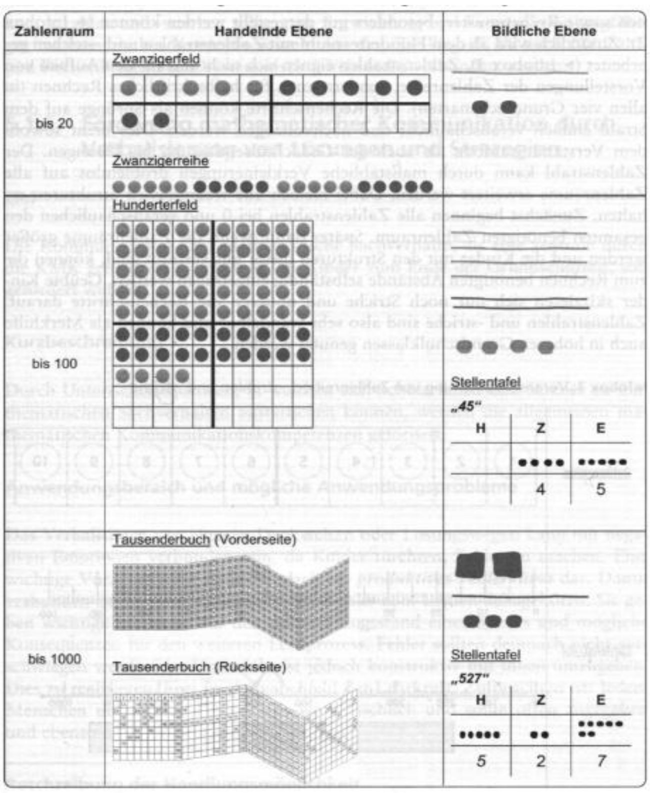


Abbildung 5: Veranschaulichung der strukturierten Mengendarstellungen (Sikora & Voß, 2016, S. 117)

Eine gute Darstellungsmöglichkeit von Mengen ergibt sich durch den Gebrauch von Wendeplättchen (Einer), Streifen (Zehner) und Felder (Hunderter), welche zumeist von der einen Seite rot und von der anderen blau sind, um Rechenoperationen anschaulich zu machen. Diese Materialien ermöglichen Erfahrungen im Umgang mit Mengen, außerdem werden Besonderheiten des Zahlsystems, wie das Stellenwertsystem und das Prinzip der Zerlegung und Bündelung veranschaulicht. Wie in der Abbildung zu erkennen ist, stellt die Übertragung auf Papier mittels Punkten (Einer), Strichen (Zehner) und Quadraten (Hunderter) keine Probleme dar. In allen Zahlenräumen wird die „Kraft der 5“ bzw. „Kraft der 10“ hervorgehoben (ebd.). Sehr bekannt und häufig in den Klassenräumen vorzufinden, ist das so genannte DIENES Material. Hier werden anstatt Plättchen und Feldern Würfel und Blöcke verwendet. Das System bleibt aber dennoch das Gleiche. Es wird angenommen, dass dieses Material Kinder dabei unterstützt basale mathematische Kompetenzen zu erlangen. Auf anschauliche Weise wird mittels der Materialien das Stellenwertverständnis durch die Prinzipien des Bündelns und Entbündelns von Einer und Zehner gefördert (Lambert, 2016). Der Einsatz erfolgt in der Regel ab der zweiten Klasse mit Einführung in den Hunderterraum.

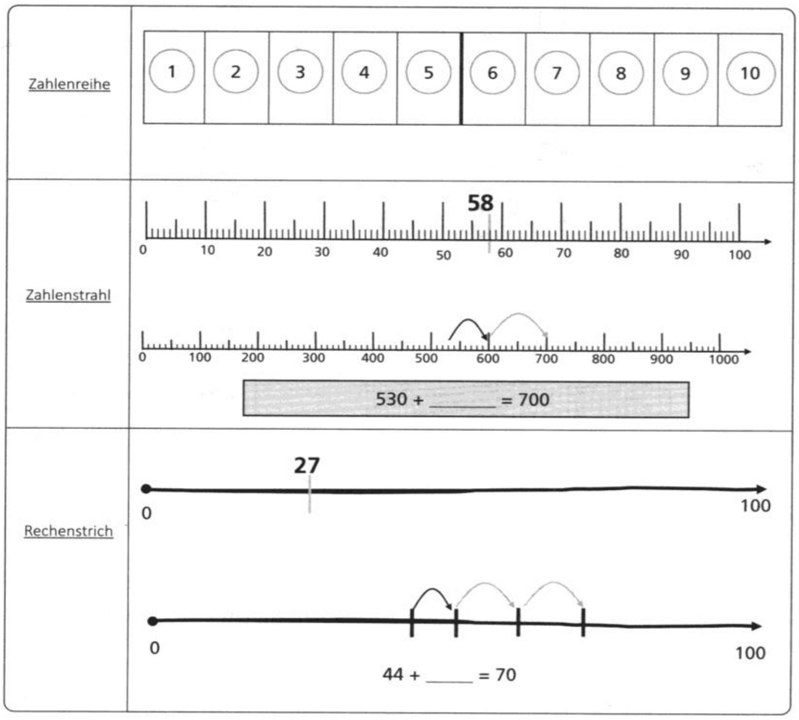


Abbildung 6: Veranschaulichung von Zahlenreihen, -strahlen und -strichen (Sikora & Voß, 2016, S. 118)

Weiterhin sollten im Unterricht Zahlenreihen, -strahlen und -striche genutzt werden, um Zahlbeziehungen innerhalb der Zahlenräume zu verdeutlichen. Während es sich im Zahlenraum bis 10 bzw. 20 anbietet, mit Zahlenreihen analog zum Zwanzigerfeld zu arbeiten, wird in höheren Zahlenräumen auf den Zahlenstrahl und –strich zurückgegriffen, da sich diese problemlos erweitern lassen. Mit diesen Mitteln werden nicht nur Zahlbeziehungen verdeutlicht, sie eignen sich auch für das halbschriftliche Rechnen. Sprünge auf dem Zahlenstrahl/Rechenstrich verdeutlichen einzelne Rechenschritte, was sowohl eine Gedächtnishilfe ist als auch das Verständnis für Rechenoperationen fördert. Bei sicherem Umgang mit den Hilfsmitteln, können die Abstände selbstständig eingetragen werden (Sikora & Voß, 2016). Die Kompetenz Orientierung auf dem Zahlenstrahl wird nach Krajewski der Ebene 2 zugeordnet (Krajewski, 2014).

Sofern ein Kind die Zahlbeziehungen noch nicht verinnerlicht hat, wird dies bei der Verwendung des Zahlenstrahls schnell deutlich. Es zeigt sich darin, dass die SchülerInnen beim Zählprozess auf die einzelnen Markierungen tippen, um vorwärts und rückwärts zu zählen. Der Zahlenstrahl fungiert demnach als Fingerersatz (Lorenz, 2012). Zwar ist es ihnen möglich, die Zahlenreihe richtig wiederzugeben, jedoch hat sich dem Kind noch nicht erschlossen in welcher Beziehung die Zahlen zueinander stehen (Defitowski, 2014). Strategien, wie das Orientieren an Ankerpunkten (5er-10er-Struktur) können nicht angewendet werden (Fritz et al., 2015). Demnach animiert der Zahlenstrahl (skaliert/leer) zum zählenden Rechnen, und die Förderung des Zahlbegriffsverständnisses gelingt nicht (Lambert, 2015). Besonders geeignet um zu erfassen, inwiefern Kinder Strategien wie das Orientieren an Ankerpunkten verinnerlicht haben, ist das Zahlen finden an einem *leeren* Zahlenstrahl (Rechenstrich). Bei einem leeren Zahlenstrahl, gibt es keine Skalierung, die die korrekten Abstände, der einzelnen Zahlen markiert (siehe Abbildung). Dieter Klaudt (n.d.) hat in einem Versuch Kinder der ersten Klassen die Positionen der Zahlen 0, 5, 11, 19 und 20 auf einem leeren Zahlenstrahl finden lassen.

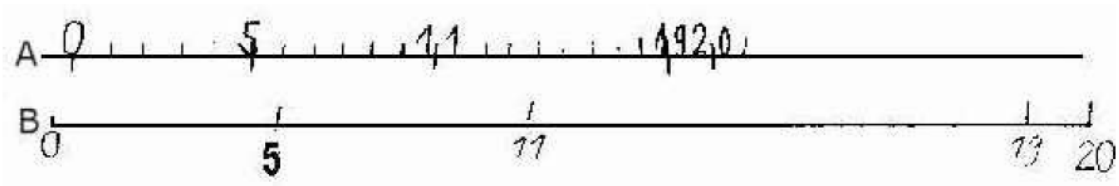


Abbildung 7: Papier-Bleistift Konstruktion des Zahlenstrahls (Klaudt, n.d., S. 1)

Die Abbildung offenbart zwei unterschiedliche Strategien. Kind A wendet bei der Aufgabe Zählstrategien an und nimmt eine eigene Skalierung vor. Das ist ein Beweis dafür, dass die Beziehungen und Strukturen innerhalb der Zahlreihe noch nicht erschlossen sind

(Defitowski, 2014). Kind B nutzt hingegen „operative Strategien“ (ebd.) und greift auf sein vorhandenes Wissen bezüglich Zahlrelationen zurück. Welche Strategien verwendet werden, lässt sich jedoch nur während des Konstruktionsprozesses bzw. im Anschluss durch Interviews herausfinden (Klaudt, n.d).

In einer darauffolgenden Fallstudie untersuchte Klaudt (2005) anhand eines computerbasierten Tests erneut die Strategien am leeren Zahlenstrahl bis 20. Dafür wurde das System so programmiert, dass die Mausbewegung der Kinder bei der Auswertung des Tests nachvollziehbar ist, um im Anschluss das Vorgehen der Kinder zu interpretieren. Infolgedessen konnten u.a. die Strategien „Zählstrategie ab Null“, „Suche ab der Vorgabezahl“, „Direktstrategien“ und „Suche ohne Strategie“ (Klaudt, 2005, S.198ff) identifiziert werden. Bei der „*Zählstrategie ab Null*“ beginnt der Proband das Zählen ab Null anhand von eigens vorgenommen „Einerschritten“ und durchläuft damit die Zahlenreihe, bis zur geforderten Zahl. Bei der Auswertung zeigte sich jedoch, dass ein Großteil der Probanden, die diese Strategie anwendeten zu kleine Zählschritte vornahmen und sich nicht an der Gesamtlänge des Zahlenstrahls orientierten. Mittels der Strategie „*Suche nach der Vorgabezahl*“ orientiert sich der Proband an eigens festgelegten Ankerzahlen und nutzt dafür sein Wissen über Zahlrelationen. Kinder, die die „*Direktstrategie*“ nutzen, steuerten mit der Maus direkt auf die vermutete Stelle im Zahlenstrahl. Bei diesen Kindern scheint das mentale Bild des Zahlenstrahls so ausgeprägt zu sein, dass sie es direkt auf das Display übertragen können. Bei den Kindern, die scheinbar wahllos auf dem Zahlenstrahl klickten, konnte keine Strategie beobachtet werden („*Suche ohne Strategie*“). Inwiefern die mentale Zahlenvorstellung bei diesen Probanden ausgeprägt ist, lässt sich nicht eindeutig bestimmen, jedoch erzielten sie im Schnitt schlechtere Ergebnisse (ebd.).

Selter und Höhtker (1995) sprechen sich dafür aus im Zahlenraum bis 100 (2. Klasse) zunächst mit einer Hunderterkette zu arbeiten, um die 10er-Struktur und Zahlbeziehungen besser hervorzuheben. Erst wenn dieses Wissen verfestigt ist, sei es sinnvoll, Übungen am leeren Zahlenstrahl durchzuführen. Den SchülerInnen ist es zu diesem Zeitpunkt erst möglich abgespeichertes Wissen auf den Zahlenstrahl zu übertragen. Zunächst werden noch „*Hilfszahlen* zur Orientierung“ (S. 6) angegeben, welche mit zunehmendem Verständnis selbst ermittelt werden können. Bei einer durchgeführten Studie wurden SchülerInnen so schrittweise zu der Aufgabe geführt, in einem leeren Zahlenstrahl vorgegebene Zahlen ein-zuordnen. Dabei kam es den Autoren nicht auf eine genau „100%ige Zeichengenauigkeit“ an, vielmehr sollten die richtige Tendenzen[14] klar erkennbar sein (ebd., S. 8).

> *Der leere Zahlenstrahl […] erwächst aus Abstraktionen von Handlungen der Hunderterkette; er stellt gewissermaßen die Perlenschnur dar, auf der die Kinder die (ungefähren) Orte von bestimmten Perlen lokalisieren bzw. bestimmten Orten die entsprechenden Zahlen zuordnen sollen. Zunächst hält der leere Zahlenstrahl noch Skalierungen als Orientierungspunkte bereit, während die Schüler später auf einem selbst zu zeichnenden Strich Zahlen […] bzw. Rechenoperationen […] darstellen.* (Sundermann & Selter 1995, zitiert nach Höhtker & Selter, 1995, S. 3)

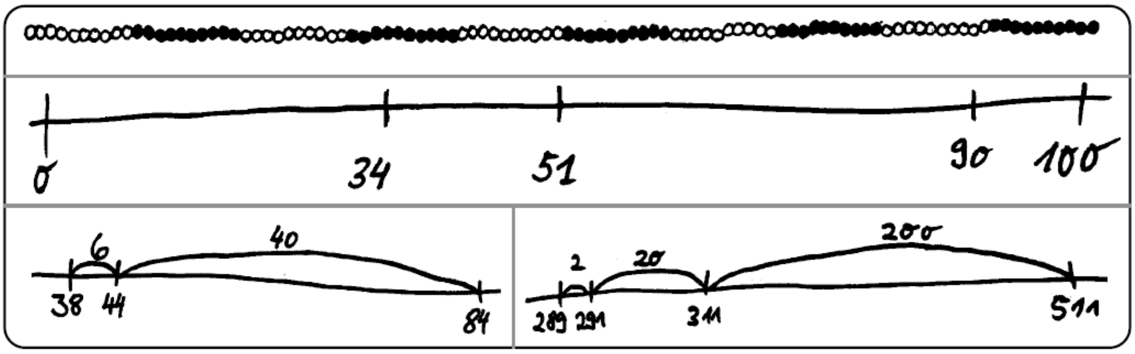


Abbildung 8: Hunderterkette und leerer Zahlenstrahl
(Höhtker & Selter, 1995, S. 3)

Im Wesentlichen orientiert sich der Zahlenstrahl am ordinalen Zahlaspekt. Probleme ergeben sich jedoch darin, dass es ein Dilemma zwischen dem ordinalen und kardinalen Zahlaspekt gibt (Lorenz, 1998). Dies ergibt sich daraus, dass der kardinale Zahlaspekt nur schwer erkennbar ist und Zahlzwischenräume nicht der Anzahl der Strichzahlen entsprechen. Während der Ordinalzahlaspekt durch das Durchlaufen der Zahlenreihe am Zahlenstrahl sichtbar wird (eins, zwei, drei…), zeigt sich der Kardinalzahlaspekt darin, dass strukturierte Mengen (5er/10er Strukturen) am Zahlenstrahl genutzt werden (Klaudt, 2005, S. 29). Zudem muss ein Verständnis aufgebaut werden, dass der Zahlenstrahl von links nach rechts „zu lesen“ ist, was für Kinder mit Rechts-Links-Orientierungsstörungen erhebliche Probleme mit sich bringt (ebd., S. 152f/Kaufmann & Wessolowski, 2006). Abhilfe verschafft ein vertikaler Zahlenstrahl, bei dem eine Verwechslung von „oben“ und „unten“ nahezu ausgeschlossen ist (Lorenz, 1998).

Darüber hinaus werden Zahlenstrahlschätzaufgaben genutzt, um zu erfassen, wie die individuellen Vorstellungen des Zahlenraums bei Kindern aufgebaut sind (Kuhn et al., 2013).

[14] z.B. auf einem Zahlenstrahl sollte die 8 deutlich näher an der 10 liegen, als an der 0.

Nach einer Studie von Geary, Hoard, Nugent und Byrd-Craven (2008) wiesen rechenschwache Kinder, ähnlich wie Vorschulkinder, eher eine logarithmische Vorstellung des Zahlenraums auf. Im Gegensatz dazu zeigte die Kontrollgruppe lineare Zahlenraumvorstellungen (ebd.). Befunde weisen darauf hin, dass sich bei Kindern mit Dyskalkulie der mentale Zahlenstrahl (vgl. Resnick) erst verzögert entwickelt und sich dies in Zahlenstrahlschätzaufgaben widerspiegelt (Fischer & Möller, 2014).

3.4. Diagnostik im schulischen Kontext

In pädagogischen Handlungsfeldern ist die Diagnostik (griech. „diagignoskein“ = „genau erkennen“) ein fester Bestandteil des Berufsbildes (Lonnemann & Hasselhorn, 2017). Dabei beschränkt sich diese Aufgabe im (inklusiven) Unterricht nicht alleine auf SonderpädagogInnen, sondern bezieht auch RegelpädagogInnen ein (Schäfer & Rittmeyer, 2015). Nach Kretschmann (2006a) kann die Diagnostik zu verschiedenen Zwecken eingesetzt werden: „Zur Optimierung pädagogischer Angebote, zur Schullaufbahnlenkung und zur Schulentwicklung“ (Breitenbach, 2014. S. 45). Neben Monitoring, Klassifikation und Bedingungsanalysen zählt auch die Leistungsmessung zu den diagnostischen Aufgaben, bei der „Daten für Notengebungen und Selektion (Schullaufbahn) gewonnen werden“ (Mischke, 2005, S. 65).

In jüngster Zeit tauchte die Frage nach geeigneter Diagnostik auf, welche auf bildungspolitischer Ebene kontrovers diskutiert wurde (Rittmeyer & Schäfer, 2014). In der Vergangenheit wurde überwiegend der aktuelle Entwicklungsstand mittels klassischer Status- und Selektionsdiagnostik in Bezug zur Altersnorm gesetzt (ebd.). Im Zuge der Inklusionsdebatte wurde jedoch vermehrt die Aufgabe der individuellen Förderung in den Mittelpunkt gestellt. Damit verliert die klassische Diagnostik an Gewicht, vielmehr soll Leistungsmessung mittels der Lernverlaufsdiagnostik (Kapitel 3.4.2.) erfolgen, in der Lern- und Entwicklungsverläufe im Zentrum pädagogischer Aufmerksamkeit stehen. Im Beschluss der Kultusministerkonferenz (2011) heißt es: „Eine inklusive Unterrichtsgestaltung beruht auf einer den Lernprozess begleitenden pädagogischen Diagnostik und einer kontinuierlichen Dokumentation der Lernentwicklung“ (S. 11).

Während einige Autoren der Statusdiagnostik eine exkludierende Funktion zusprechen (Feuser, 2016), sehen andere darin einen zusätzlichen Handlungsbereich neben der Lernverlaufsdiagnostik in der Inklusion. Schulleistungstests, die den Ist-Stand des Schülers erfassen, ermöglichen einen alters- und klassenbezogenen Vergleich in Bezug auf die Teilkompetenzen. Stärken und Schwächen der SchülerInnen können damit identifiziert werden (Gebhardt et al., 2016b, S. 4). Obwohl mit der Statusdiagnostik eine Etikettierung und Stigmatisierung einhergeht, wird darüber aber auch ein Anspruch auf Ressourcen ermöglicht. Damit entsteht die „paradoxe Situation, dass eine Stigmatisierung in Kauf genommen werden muss, um Unterstützung zu bekommen" (Luder et al, 2016, S. 333). Im Sinne der inklusiven Diagnostik sollte eine „(mehr)dimensionale Annäherung" angestrebt werden, bei der die Vorteile beider Pole (Statusdiagnostik und Lernverlaufsdiagnostik) auszuschöpfen sind (Schäfer & Rittmeyer, 2015).

In Deutschland wurden zur Erfassung der individuellen Lernausgangslage verschiedene Verfahren zur Diagnose mathematischer Kompetenzen und Leistungen konzipiert (Lonnemann & Hasselhorn, 2017). Bei der Serie Deutscher Mathematiktests (DEMAT) handelt es sich um Schulleistungstests zur Überprüfung mathematischer Kompetenzen innerhalb einer Klassenstufe, die sich an der klassischen Testtheorie (KTT) orientieren. Die Reihe ist bereits für die Jahrgangstufen eins bis sechs sowie die neunte Klasse verfügbar (Lonnemann & Hasselhorn, 2017). DEMAT 1+ sowie DEMAT 2+ wurden „von der Arbeitsgruppe um Kristin Krajewski sowie Wolfgang Schneider" konzipiert (Schneider et al., 2016, S. 155). Die curricular validen Testverfahren können als Gruppentests durchgeführt werden und gelten als ökonomisch (Krajewski et al, 2002). Das Instrument beinhaltet zwei Parallelbögen und kann innerhalb einer Schulstunde durchgeführt werden. Da es sich an den Mathematiklehrplänen aller Bundesländer orientiert, wird empfohlen die Tests frühestens am Ende des Schuljahres der jeweiligen Klassenstufe oder zu Anfang der nachfolgenden durchzuführen (Krajewski et al, 2016). Dadurch ist es möglich nachzuvollziehen, ob das Kind die im Curriculum vereinbarten Ziele in ähnlicher Weise erreicht hat, wie der Großteil der anderen Kinder, oder ob es „über bzw. unter dem durchschnittlichen Leistungsniveau" liegt (Lonnemann & Hasselhorn, 2017, S. 327). Da mit dem Instrument einmalig die aktuellen Leistungsstände der Kinder geprüft und eingeschätzt werden, handelt es sich um eine Statusdiagnostik.

Im DEMAT 1+ werden 8 mathematische Inhaltsbereiche überprüft – u.a. steht in einer Kurzbeschreibung zum Bereich Zahlenraum: „Verständnis für das Anordnen von Zahlen am Zahlenstrahl: *Zwei Zahlen, die durch Pfeile am Zahlenstrahl bis (20) gekennzeichnet sind, sollen benannt werden. Für drei weitere vorgegebene Zahlen ist der Platz am Zahlenstrahl zu finden*." (Schneider & Krajewski, 2005, S. 158).

3.4.1. Gütekriterien von Diagnoseverfahren

Formelle, standardisierte Testverfahren zeichnen sich in der Diagnostik durch Gütekriterien aus. Zu den Hauptgütekriterien zählen die Reliabilität, die Objektivität und die Validität. Diese Merkmale sind von hohem Stellenwert für die „Qualität diagnostischer Urteile" (Lonnemann & Hasselhorn, 2017, S. 323).

Unter der *Reliabilität* (Zuverlässigkeit) wird der Grad der Genauigkeit verstanden, mit dem ein Merkmal gemessen wird. Die Bestimmung erfolgt über den Reliabilitätskoeffizienten, der durch die Wiederholungs-, Halbierungs- oder Paralleltest Methode ermittelt werden kann (Ingenkamp & Lissmann, 2005). Ein Testverfahren zeichnet sich durch das Gütekriterium *Objektivität* aus, wenn die Ergebnisse unabhängig vom Messenden sind. Das heißt, zwei oder mehrere Untersucher sollten bei Verwendung des gleichen Instruments zur Messung desselben Merkmals zu den gleichen Ergebnissen kommen (Heller, 1984). Die *Validität* (Gültigkeit) drückt aus, ob ein Testverfahren, tatsächlich das misst, was es messen soll. Um die Gültigkeit eines Verfahrens zu überprüfen, ist es notwendig Kriterien aufzustellen. Je nach Wahl des Kriteriums, können vier Varianten von Gültigkeiten unterschieden werden: „die Inhalts-, Übereinstimmungs,- Vorhersage- und Konstruktgültigkeit (Ingenkamp & Lissmann, 2005, S. 57). Im Kontext der Leistungsbeurteilung nennen Lonnemann und Hasselhorn (2017) auch die *Normierung* als zentrales Gütekriterium. Normierungsdaten ermöglichen die Einordnung individueller Leistungen in ein größeres Bezugssystem. Dadurch ist es möglich zu ermitteln, ob die Leistung eines Kindes über, unter oder ähnlich zu der Referenzpopulation liegt. In inklusiven Settings ist insbesondere bei leistungsschwächeren SchülerInnen von einem Vergleich innerhalb der sozialen Bezugsnorm (z.B. Vergleich innerhalb der Klasse) abzusehen, da dies negative Auswirkungen auf die Motivation und das Selbstkonzept der SchülerInnen hat (Gebhardt et al., 2016a). Daher ist es ratsam ein Ergebnis in Bezug zu Kriterien zu setzten (kriteriumsorientiert). Dabei werden „*individuelle Testergebnisse zu vorher gesetzten Kriterien in Beziehung gesetzt*" (Inngenkamp & Lissmann, 2005, S. 156). Weiterhin werden in der Literatur, neben den eben aufgezählten, folgende Nebengütekriterien genannt, die in der pädagogischen Diagnostik relevant sind (ebd.):

- Vergleichbarkeit
- Ökonomie
- Nützlichkeit
- Zumutbarkeit
- Unverfälschbarkeit
- Testfairness

3.4.2. Curriculum Based Measurement und Lernverlaufsdiagnostik

Während die Funktionen und Ziele der Statusdiagnostik im Kapitel 3.4 bereits skizziert wurden, sollen im Folgenden die wichtigsten Grundzüge der Lernverlaufsdiagnostik bzw. des „Curriculum Based Measurement“ (CBM) dargestellt werden, welche nach Walter (2009) eine „alternative Vorgehensweise zu den Schulleistungstests“ ist (Breitenbach, 2014, S. 102).

Das CBM wurde in den 70er-Jahren von Stanley Deno und seiner Arbeitsgruppe im sonderpädagogischen Kontext entwickelt. Dabei handelt es sich um eine Methode, die die Lernverläufe der SchülerInnen bzw. „die Beherrschung der im aktuellen Unterricht tatsächlich vermittelten Inhalte“ (Klauer, 2011, S. 208) erfassen soll. Auf diesem Wege sei eine schnelle Feststellung und Dokumentation des Lehr-Lern-Erfolgs möglich. Im Gegensatz zur summativen Evaluation, in der Lernerfolge erst gegen Ende eines Lernprozesses ermittelt werden, zeichnet sich das CBM durch eine formative Evaluation aus. Dies heißt, dass Lernentwicklungen regelmäßig dokumentiert werden und somit der Lernverlauf sichtbar gemacht wird (Breitenbach, 2014). Walter verwendet konvergierend zum CBM-Verfahren den Begriff der „Lernfortschrittsdiagnostik“, da es darum gehe „die Lernentwicklung und den Lernfortschritt einzelner Kinder wie ganzer Klassen zu dokumentieren“ (Klauer, 2011, S. 208). Jedoch zeigen Befunde, dass nicht immer Lernfortschritte zu verzeichnen sind. Häufig kommt es auch zu Stagnationen oder rückläufigen Entwicklungen im Lernprozess. Daher scheint der Begriff der Lernverlaufsdiagnostik angemessener, da er jegliche Lernentwicklungen einschließt (Klauer, 2011).

Der Ansatz der Lernverlaufsdiagnostik zielt darauf ab, durch kontinuierliche Dokumentation der Lernentwicklung, wichtige Informationen und Rückschlüsse bezüglich des Lernverlaufs der SchülerInnen aufzuzeigen. Die Lehrkraft kann auf dieser Basis die Effektivität bisheriger Fördermaßnahmen evaluieren und bei Bedarf Änderungen vornehmen. Zudem ist es mit dieser Methode möglich, frühzeitig leistungsschwächere Kinder auszumachen und entsprechende Maßnahmen zur Förderung zu ergreifen, um Lernlücken möglichst schnell zu schließen (Breitenach, 2014). Des Weiteren kann mittels der Lernverlaufsdiagnostik neben Dokumentation der Lernentwicklung auch eine Überprüfung der zu erreichenden Lernziele vorgenommen werden. Sollten diese nicht erreicht worden sein, ist es die Aufgabe der Lehrkräfte „möglichst zeitnah […] Interventionen bzw. eine Modifikation der Vermittlungsmethodik in Unterricht und Förderung“ (Gebhardt et al, 2016b, S. 3) vorzunehmen. Damit geht ein Perspektivwechsel einher, da die „Ursachen unzureichender Schülerleistungen nicht primär im Kind, sondern in einer nicht passgenauen Unterrichtsgestaltung zu finden sind“

(Voß, 2017, S. 40). Wenn SchülerInnen auf entsprechende Förderungen nicht „ansprechen“, ist vom sogenannten „Non Responder“ (Gebhardt et al, 2016a, S. 444) die Rede. Eine erneute Anpassung der Fördermaßnahmen ist in diesem Falle notwendig. Häufig zählen Kinder mit einem erhöhten Risiko für einen sonderpädagogischem Förderbedarf im Bereich Lernen zu dieser Gruppe. In der Regel werden zusätzliche Förderangebote erst dann ergriffen, wenn bereits ein sonderpädagogischer Förderbedarf im Rahmen eines AO-SF Verfahren festgestellt wurde. Dies geschieht normalerweise erst dann, wenn ein/e SchülerIn die Schuleingangsphase im dritten Jahr besucht (MIL NRW, 2018). Präventive Maßnahmen erfolgen hingegen nur selten. Die Lernverlaufsdiagnostik hat sich als wirksam erwiesen, um präventive Maßnahmen in den Unterricht einfließen zu lassen (ebd.).

Die monatlich bis wöchentlich eingesetzten Testverfahren beanspruchen nur wenige Minuten der Unterrichtszeit und sind somit zeitökonomisch. Neben den Hauptgütekriterien müssen lernverlaufsdiagnostische Verfahren ebenso Nebengütekriterien aufweisen, die einen einfachen Einsatz im Schullalltag ermöglichen. Im Gegensatz zur Statusdiagnostik wird bei der Lernverlaufsmessung nur *eine* Teilkompetenz über einen längeren Zeitraum gemessen („monatlich bis wöchentlich“) (ebd.). Dabei ist die „*Homogenität* der Testschwierigkeit“ (Klauer, 2011, S. 209) zentrales Merkmal der Testmaterialien. Daher wird auf die Verwendung paralleler Testversionen zurückgegriffen, die so konzeptualisiert sind, dass „sie entweder aus einem gemeinsamen Itempool (Aufgabenpool) gezogen werden, oder aus ähnlich schweren Items (Zum Beispiel Testversion A: 2 + 3 =_ oder B: 3 + 2 = _) aufgebaut sind“ (Gebhardt et al. 2016a, S. 445). Computerbasierte Testverfahren haben sich als vorteilhaft erwiesen, da die Darstellungs- und Auswertungsweise um ein vielfaches einfacher ist, als bei Paper-Pencil-Tests (ebd., S. 447).

Laut Fuchs (2004) bestehen zwei Konstruktionsmöglichkeiten für Lernverlaufsdiagnostik: Zum einen der Ansatz der „Curriculum Sampling“ und zum anderen der Ansatz des „robusten Indikators“ (ebd.). Bei ersterem werden unter Einbezug des Lehrplans die Kompetenzerwartungen am Ende eines Schuljahres in Teilmengen unterteilt und Paralleltests entwickelt (Mühling et al., 2017, S. 559). Bei dem Ansatz des „robusten Indikators“ wird versucht Aufgabentypen zu verwenden, die eine gute Repräsentation der zu erreichenden Kompetenzen darstellen und „hoch mit den relevanten Leistungen korrelieren“ (ebd.). Unter Berücksichtigung zielgleicher und zieldifferenter Beschulung, sollte die zweite Variante unter der Prämisse gewählt werden, dass die Lehrkraft „zwischen verschiedenen Niveaustufen eines robusten Indikators wählen kann“ (Gebhardt et al, 2016a, S. 446.).

Während z.B. das „laute Lesen“ einen solchen „robusten Indikator“ für die Lesekompetenz der SchülerInnen darstellt, ist es äußert schwierig im mathematischen Bereich „robuste Indikatoren“ ausfindig zu machen (Breitenbach, 2015). Daher wird hier eher das „systematische Aufstellen von Aufgabengruppen empfohlen, die all diejenigen Teilfertigkeiten repräsentieren, die am Ende eines Lernprozesses oder eines Schuljahres beherrscht werden sollen“ (ebd.). Das computerbasierte lehrzielorientierte Verfahren „Die Lernverlaufsdiagnostik - Mathematik für zweite bis vierte Klassen (LVD-M)“ bedient sich dieser Technik (Strathmann, 2014, S. 203f). Die Autoren beschränken sich bei den zu überprüfenden Teilkompetenzen auf die vier Grundrechenarten. Das Verfahren LVD-M ermöglicht mittels kurzer Einzeltests die Erfassung der Lernverläufe in den Jahrgängen zwei bis vier. Dabei werden per Zufallsgenerator zu jedem Messzeitpunkt neue Aufgaben aus einem Pool von insgesamt 24 möglichen Aufgaben ausgewählt, die in Form von Arbeitsblättern auf dem Computer dargestellt werden. Grundsätzlich ermöglicht das Programm sowohl eine statusdiagnostische als auch eine verlaufsdiagnostische Anwendung. Die Ergebnisse können im Kontext mit der individuellen Norm, der sozialen Norm und der lehrzielorientierten Norm gesetzt werden. Bei der individuellen Norm werden die Leistungen in Bezug zur individuellen Entwicklung der Person gestellt – die Leistungen werden mit früheren verglichen. Für die soziale Bezugsnorm stehen „bundesweit erhobene Normdaten zur Verfügung“ (ebd., S. 203). Mit der lehrzielorientierten Norm können die Leistungen der Klasse oder des einzelnen Schülers im Hinblick auf das zu erreichende Lehrziel am Ende des Schuljahres analysiert werden (ebd.).

4. Zielsetzung und Fragestellung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde das neu entwickelte Testverfahren der Onlineplattformen LEVUMI zur Erfassung basaler mathematischer Kompetenzen im schulischen Kontext erprobt. Ziel der Arbeit ist es, die Zahlstrahltests *„Niveaustufe 2 - Positionen finden im Zahlenraum bis 20“* und *„Niveaustufe 3 - Positionen finden im Zahlenraum bis 100“* einer Prüfung bezüglich der Itemschwierigkeit zu unterziehen. Weiterhin erfolgt eine Bewertung hinsichtlich der Chancengleichheit für Kinder mit (sonderpädagogischem) Förderbedarf. Da das Testverfahren *erstmalig* angewandt wurde, konnten erste Daten für die Normierungsstichprobe erhoben werden. Die Ergebnisse der Stichprobe sollen Rückschlüsse darauf geben, ob die Testkonstruktion und das Anforderungsprofil angemessen sind oder Anpassungsbedarf besteht. In diesem Zuge wird auch die Praktikabilität im Schulalltag in den Blick genommen.

Für dieses Vorhaben wird eine Unterteilung in vier Fragestellungen vorgenommen, von denen die letzte Fragestellung zwei Perspektiven in den Blick nimmt.

Forschungsfrage 1: Wie stellt sich die Schwierigkeit der einzelnen Items im Zahlenstrahltest bis 20 und im Zahlenstrahltest bis 100 dar?

Forschungsfrage 2: Ist eine Veränderung der Ergebnisse aller SchülerInnen zwischen MZP 1 und MZP 2 bei beiden Tests feststellbar?

H_0: Es gibt keine Veränderung der Ergebnisse.

H_1: Es gibt eine Veränderung der Ergebnisse.

Forschungsfrage 3: Unterscheiden sich die Ergebnisse der Kinder mit (sonderpädagogischem) Förderbedarf von den Ergebnissen der Kinder ohne (sonderpädagogischen) Förderbedarf?

H_0: Die Ergebnisse der Kinder mit (sonderpädagogischem) Förderbedarf unterscheiden sich nicht von den Ergebnissen der Kinder ohne (sonderpädagogischen) Förderbedarf.

H_1: Die Ergebnisse der Kinder mit (sonderpädagogischem) Förderbedarf unterscheiden sich von den Ergebnissen der Kinder ohne (sonderpä dagogischen) Förderbedarf.

Forschungsfrage 4: Unterscheiden sich die Ergebnisse der Kinder mit FSP LE & FSP GG von den Ergebnissen der Kinder ohne sonderpädagogischen Förderbedarf zum ersten Messzeitpunkt?

H_0: Die Ergebnisse der Kinder mit FSP LE & FSP GG unterscheiden sich nicht von den Ergebnissen der Kinder ohne sonderpädagogischen Förderbedarf.

H_1: Die Ergebnisse der Kinder mit FSP LE & FSP GG unterscheiden sich von den Ergebnissen der Kinder ohne sonderpädagogischen Förderbedarf.

Forschungsfrage 5: Besteht Bedarf zur Weiterentwicklung und Erhöhung der Praktikabilität? Sind darüber hinaus Anpassungen im Hinblick auf das Anforderungsprofil und die Konstruktion des Testverfahrens notwendig?

5. Methodisches Vorgehen

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit der methodischen Vorgehensweise zur Beantwortung der beschriebenen Forschungsfragen. Unter dem Kapitel Studiendesign (5.2.) wird näher auf die Erhebungs- und Auswertungsmethode eingegangen. Daran anschließend erfolgt eine Beschreibung der Stichprobe und Testdurchführung. Um dies in einen sinnvollen Kontext einzubetten, wird dafür zunächst die Onlineplattform LEVUMI (Kapitel 5.1.), die sich der Lernverlaufsdiagnostik bedient, vorgestellt.

5.1. LEVUMI

Bei der Onlineplattform LEVUMI (**Le**rn-**V**erla**u**fs-**M**on**i**toring) handelt es sich um ein Forschungsprojekt der Wissenschaftler Markus Gebhardt (TU Dortmund), Kirsten Diehl (Europa-Universität-Flensburg) und Andreas Mühling (Universität Kiehl). Das kostenlose rechnergestützte Instrument dient der Unterstützung von Lehrenden, die mit Hilfe der Plattform die Lernverläufe der SchülerInnen nachvollziehen können. Bis Dato bestehen Messverfahren in den Bereichen Deutsch und Mathematik, die sich durch ihre kurze Durchführungsdauer und einfache Handhabbarkeit auszeichnen. Das Forscherteam verfolgt zudem das Ziel, durch die Onlineplattform „die Forschung zur Lernverlaufsmessung und speziell auch zu ihrer Akzeptanz bei den Lehrkräften“ (Mühling et al., 2017, S. 558) voranzubringen. Durch die Erprobung in der Praxis sollen außerdem die verfügbaren Daten Rückschlüsse auf die diagnostischen Maßnahmen geben, um ggf. Verbesserungen an diesen vorzunehmen. Mit der Konzipierung der Messverfahren sollen gezielte Fördermaßnahmen entwickelt werden, die in der Intervention durch Lehrkräfte im Unterricht verankert werden können.

Derzeit befindet sich LEVUMI noch in der Pilotphase, jedoch besteht bereits reges Interesse seitens des Lehrpersonals. LEVUMI wird schon von über 100 LehrerInnen benutzt (ebd.). Bisher sind die Testverfahren der Lernverlaufsdiagnostik überwiegend nach der KTT entwickelt. Nach aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen sollten Diagnoseverfahren jedoch aufgrund der Überprüfung der „Dimensionalität, Messinvarenz und Änderungssensibilität“ (Mühling et al, 2017, S. 560) nach dem Konzept der Item Response Theory (IRT) konstruiert werden. Bei LEVUMI sind die einzelnen Testverfahren nach eben diesem Ansatz entwickelt. Das heißt, „dass versucht wird, die Tests für Schülerinnen und Schüler mit sonderpädagogischem Förderbedarf und ohne sonderpädagogischen Förderbedarf oder Migrationshintergrund fair zu konstruieren“ (Gebhardt et al, 2016a, S. 446). Zur Messung der Leseflüssigkeit gibt es bereits „Testreihen für Silben, Wörter und Pseudowörter“ (ebd.). Weitere Testverfahren sind geplant bzw. werden derzeit in der Praxis erprobt. So wie auch der Zahlenstrahltest im mathematischen Bereich. Dafür konnte „die Einordnung von Zahlen auf dem Zahlenstrahl als robuster Indikator für das Stellenwertsystem“ (Mühling, 2017, S. 560) ermittelt werden. Grundsätzlich ist es bei diesen Testverfahren möglich, verschiedene Niveaustufen auszuwählen.

Wichtigste Voraussetzung zur Nutzung der Plattform ist ein internetfähiges Gerät, an dem die SchülerInnen die Tests absolvieren können. Die computergestützte Lernverlaufsdiagnostik bietet verschiedene Möglichkeiten der Darstellung und Auswertung. Dadurch werden Lehrkräfte entlastet und erhalten direkte Rückschlüsse auf den Lernverlauf. Die Tests der Onlineplattform LEVUMI sind so programmiert, dass jede/r Schüler/in bei der Durchführung des Tests eine Version mit unterschiedlich angeordneten Items aus einem Aufgabenpool erhält. Zum *ersten* Messzeitpunkt haben alle Kinder die gleiche Anordnung der Items. Erst ab der zweiten Testung variiert die Anordnung zufällig. Mit dieser Technik entstehen mehrere Paralleltests, wodurch eine Itemanalyse hinsichtlich eines homogenen Schwierigkeitsgrades möglich ist. Es sollte dabei bedacht werden, dass entweder alle Aufgaben eines Tests für den einzelnen Schüler bzw. die einzelne Schülerin ähnlich schwer sind oder aber die unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen der Aufgaben bei der „Ziehung“ berücksichtigt werden. Denn ein zufällig generierter Test mit „höhere[m] Anteil an schwierigeren Aufgaben“ kann ein Grund dafür sein, dass der Getestete bei einer späteren Messung schlechter abschneidet (ebd., S. 447).

Auf der Internetseite von LEVUMI ist es den Lehrkräften möglich ein Profil ihrer Klasse anzulegen. Jedes Kind wird mit seinen individuellen Merkmalen wie Geschlecht, Migrationshintergrund, Alter und Förderbedarf erfasst. Die Übersicht der Lernverläufe kann einzeln für die SchülerInnen oder die Klasse abgerufen werden.

5.2. Studiendesign

Die schülerzentrierten Tests, welche die basalen mathematischen Kompetenzen überprüfen, orientieren sich am Curriculum der Grundschule und basieren auf aktueller entwicklungspsychologischer Theorie. Dabei handelt es sich um „3-Minuten-Zahlstrahl-Aufgaben“. Die Zahlenstrahltests, die im Rahmen dieser Arbeit an Grundschulen erstmalig eingesetzt wurden, bewegen sich auf *Niveaustufe 2* (Zahlenraum bis 20) und auf *Niveaustufe 3* (Zahlenraum bis 100). Das Aufgabenformat bleibt dabei unverändert: Positionen (der Zahlen) auf dem Zahlenstrahl finden.

<u>Zahlenstrahltest – Niveaustufe 2 - Positionen finden im Zahlenraum bis 20</u>

Der Test ist als Zahlenstrahlschätzaufgabe konstruiert. Im Display des Tablets/Computers erscheint ein *leerer* Zahlenstrahl, dessen Enden mit 0 und 20 markiert sind. Nachdem eine mündliche Instruktion durch den Testleiter gegeben wird und eine Demonstration der Beispielaufgabe erfolgt, begeben sich die SchülerInnen an die ihnen zugewiesenen Geräte. Der Test beginnt, wenn die Beispielaufgabe gelöst und der Button „Jetzt starten“ angetippt wird. Ab hier ist es Aufgabe der SchülerInnen die entsprechende Zahl, welche oberhalb des Zahlenstrahls angezeigt wird, auf dem Strahl zu verorten. Sobald auf eine Stelle innerhalb des Zahlenstrahls getippt wird, erscheint ein roter Strich, der die ausgewählte Stelle markiert. Eine Korrektur ist durch das Antippen einer anderen Stelle möglich. Über den Button „Weiter“ gelangt man zu der nächsten Zahlenstrahlschätzaufgabe. Das Testverfahren besteht aus 19 möglichen Items, die es innerhalb von 3 Minuten zu absolvieren gilt. Mögliche Zahlen, die auf dem Zahlenstrahl zu finden sind, lauten: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 und 19. Sofern alle Items durchlaufen sind oder aber die Zeit von 3 Minuten abgelaufen ist, erscheint der Drache „LEVUMI“ auf dem Display und signalisiert, dass der Test beendet ist. Im Test wurde eine Streuung von 10% programmiert. Demzufolge wird es als richtig gewertet, wenn z.B. bei der gesuchten Zahl „4“ der Vorgänger „3“ oder der Nachfolger „5“ angetippt werden. Die Reihenfolge der Items bei der ersten Testung lautet für alle SchülerInnen wie folgt: 7; 6; 3; 17; 16; 5; 1; 2; 19; 10; 18; 13; 8; 4; 9; 14; 15; 11; 12.

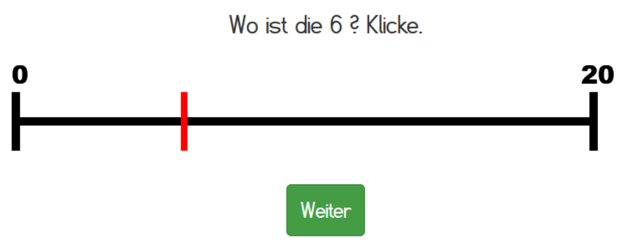


Abbildung 9: Zahlenstrahltest - Zahlenraum bis 20

Zahlenstrahltest – Niveaustufe 3 - Positionen finden im Zahlenraum bis 100

Der Test ist als Zahlenstrahlschätzaufgabe konstruiert. Im Display des Tablets/Computers erscheint ein *leerer* Zahlenstrahl, dessen Enden mit 0 und 100 markiert sind. Der Zahlenstrahl unterscheidet sich nicht von dem im Zahlenraum bis 20 (gleiche Länge, keine weiteren Skalierungen). Nachdem eine erneute mündliche Instruktion durch den Testleiter gegeben wird, beginnen die Kinder mit der Beispielaufgabe und starten den Test. An dieser Stelle ist es wieder Aufgabe der SchülerInnen die entsprechende Zahl, welche oberhalb des Zahlenstrahls angezeigt wird, auf dem Strahl zu lokalisieren. Sobald auf eine Stelle innerhalb des Zahlenstrahls getippt wird, erscheint ein roter Strich, der die ausgewählte Stelle markiert. Eine Korrektur ist durch das Antippen einer anderen Stelle möglich. Über den Button „Weiter“ gelangt man zu der nächsten Zahlenstrahlschätzaufgabe. Das Testverfahren besteht aus 20 möglichen Items, die es innerhalb von 3 Minuten zu absolvieren gilt. Mögliche Zahlen, die auf dem Zahlenstrahl zu finden sind, lauten: 5, 9, 13, 15, 22, 27, 32, 36, 40, 45, 53, 59, 61, 67, 73, 77, 84, 86, 91 und 98. Sofern alle Items durchlaufen sind oder aber die Zeit von 3 Minuten abgelaufen ist, erscheint der Drache „LEVUMI“ auf dem Display und signalisiert, dass der Test beendet ist. Im Test wurde eine Streuung von 10% programmiert. Demzufolge wird bei der gesuchten Zahl, z.B. „15“ auch eine Abweichung von 5 in beide Richtungen (10-20) als richtige Antwort gewertet. Die Reihenfolge der Items bei der ersten Testung lautet für alle SchülerInnen wie folgt: 22; 59; 98; 53; 45; 9; 86; 84; 15; 13; 5; 27; 32; 77; 67; 61; 40; 91; 73; 36.

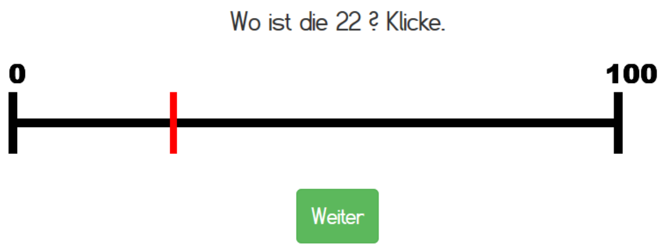


Abbildung 10: Zahlenstrahltest - Zahlenraum bis 100

Auswertungsmethoden

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt mit den Programmen SPSS 25 und Microsoft Office Excel 2007. Neben der Berechnung der Itemschwierigkeit wird der t-Test für Gruppenvergleiche angewendet. Qualitative Ergebnisse werden auf Grundlage der Beobachtungen festgehalten.

Itemschwierigkeit

Gedankenexperiment: „Angenommen, man würde unbeabsichtigt heute einen relativ schweren und morgen einen relativ leichten Test zur gleichen Thematik erheben, so würde vermutlich eine deutliche Leistungsverbesserung zu verzeichnen sein, ohne dass sich die Leistung tatsächlich verbessert haben müsste.“ (Klauer, 2014. S. 9)

Tests der Lernverlaufsdiagnostik müssen demnach gleich schwer sein und dasselbe erfassen (ebd.). Eine homogene Testschwierigkeit stellt ein zentrales Merkmal der Lernverlaufsdiagnostik dar. Idealerweise besteht ein Test der Lernverlaufsdiagnostik „aus einer Reihe exakt gleichschwerer Tests“ (Wilbert & Linnemann, 2011, S, 228). Hierbei bietet sich die Variante des Paralleltests an, da ein und derselbe Test nicht mehrfach angewandt werden kann (Klauer, 2014). Da die Tests bei wiederholter Anwendung theoretisch durch den Lernzuwachs der Kinder leichter werden, hat es sich nach Klauer und Strathmann bewährt, die Itemschwierigkeit anhand der ersten beiden Messzeitpunkte zu bestimmen. Dadurch wird allerdings auch suggeriert, dass der Lernzuwachs zwischen MZP 1 und MZP 2 „vergleichsweise gering“ ist (Klauer, 2014, S. 10).

Obwohl Autoren wie Wilbert (2014) argumentieren, „dass Messmodelle basierend auf der Item Response-Theorie (IRT) die geeignete testtheoretische Grundlage zur Entwicklung eines Verfahrens zur Lernverlaufsdiagnostik sind“ (S. 287) und LEVUMI für die Skalierung der Tests eben dieses Konzept verwendet (Gebhardt et al, 2016a), erfolgt die Berechnung der Itemschwierigkeit mittels der KTT. Eine Überprüfung der Itemschwierigkeit mittels der IRT wäre zu umfangreich und kann in der vorliegenden Arbeit nicht realisiert werden.

Die Berechnung der Itemschwierigkeit erfolgt nach Kelava und Moosbrugger (2012) anhand des *Schwierigkeitsindex* P_i . „Der Schwierigkeitsindex P_i eines Items i ist der Quotient aus der bei diesem Item tatsächlich erreichten Punktsumme aller n Probanden und der maximal erreichbaren Punktsumme, multipliziert mit 100“ (ebd., S. 76). Bei einer einfachen Kodierung (0 = falsche Antwort und 1 = richtige Antwort) ergibt sich folgende Formel für die Berechnung der Itemschwierigkeit:

$$P_i = \frac{n_R}{n_B} \, x \; 100 \qquad \triangleq \qquad P_i = \frac{Anzahl\ richtiger\ Antworten}{Anzahl\ gesamter\ Antworten} \, x \; 100$$

Items, die aus Zeitgründen nicht bearbeitet oder vom Getesteten übersprungen wurden, werden nicht mitgezählt. Demnach setzt sich n_B aus der Anzahl richtiger und falscher Antworten zusammen. Dies ergibt sich daraus, dass bei MZP 2 eine zufällige Anordnung der Items vorgenommen wird und nicht nachvollziehbar ist, welche Items ausgelassen und welche Items aus Zeitmangel nicht bearbeitet wurden.

Durch das Multiplizieren des Quotienten mit dem Faktor 100, entstehen Werte im Bereich von „P_i zwischen 0 und 100“ (ebd., S. 77). Je höher der Schwierigkeitsindex pro Item ausfällt, desto mehr wurde das Item von Probanden richtig gelöst. Somit drückt die „numerische Höhe des Schwierigkeitsindex P die >Leichtigkeit< eines Items“ (ebd.) aus und ist damit klar zum Schwierigkeitsparameter in der IRT abzugrenzen. Items, die im mittleren Schwierigkeitsbereich (P_i=50) liegen, eignen am ehesten, um differenzierte Erkenntnisse bezüglich der Merkmalsausprägung bei den Getesteten zu liefern. In der Regel werden Items im Wertebereich von P_i=20 und P_i=80 bevorzugt (ebd.; Heller, 1984). Besteht die Absicht, „auch zwischen Probanden mit extremen Merkmalsausprägungen zu differenzieren“ (Moosbrugger & Kelava, 2015, S. 87), sollten auch Items mit einem Schwierigkeitsindex von $5 \leq P_i \leq 20$ bzw. $80 \leq P_i \leq 95$ einbezogen werden. Um präzise Aussagen bezüglich der Schwierigkeit der Items treffen zu können, ist eine Einteilung des numerischen Wertebereichs in leicht, mittel und schwer vonnöten. Dafür wird der Wertebereich P_i=100 gedrittelt.

Leichte Items: $100 \geq P_i \geq 67$
Mittelschwere Items: $66 \geq P_i \geq 34$
Schwere Items: $33 \leq P_i \leq 1$

Um eine Selektion von ungeeigneten Items vornehmen zu können, müssen neben der Bestimmung der Itemschwierigkeit auch Berechnungen zur Itemvarianz und Itemtrennschärfe erfolgen (ebd.).

<u>t-Test</u>

Der t-Test ist, wie auch die Varianzanalyse, ein Verfahren, das zur Berechnung der statistischen Signifikanz genutzt wird. Mittels dieser Methode kann überprüft werden, ob „Unterschiede zwischen Kennwerten (meistens Mittelwerten)“ (Sinner & Kuhl, 2015, S. 151) innerhalb einer Gruppe (z.B. Klasse) oder „Werten anderer Gruppen nur zufällig oder aber systematisch (signifikant) sind“ (ebd.). Anders formuliert überprüft der t-Test, ob zwischen zwei Gruppen oder innerhalb einer Gruppe systematische Unterschiede in ihren Mittelwerten vorliegen oder nicht (Rasch et al., 2014). Der Mittelwert wird durch die „Summe aller Datenwerte dividiert durch deren Anzahl“ (Voß, 2015, S. 124) berechnet. Die Differenz der Gruppenmittelwerte stellt dabei eine wichtige numerische Größe dar (Rasch et al., 2014).

Der t-Test dient somit zur Überprüfung von aufgestellten Hypothesen. Zur „Erklärung der Mittelwertdifferenzen“ (ebd., S. 35) bestehen zwei Möglichkeiten. Unterschiede können entweder rein zufällig sein (Nullhypothese H0) oder aber es besteht ein signifikanter Unterschied (Alternativhypothese H_1). Laut Raithel (2008) wird „bei einem statistisch signifikanten Zusammenhang, […] die Nullhypothese, der zufolge keine Assoziation zwischen den Variablen besteht, zurückgewiesen. Stattdessen wird ein systematischer Zusammenhang und damit die Alternativhypothese angenommen“ (S. 123).

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt durch folgende Schreibweise:

(t[df] = t-Wert; p = Sig (2-seitig))

Bei SPSS werden eben diese Werte tabellarisch dargestellt, die es zu interpretieren gilt. Der berechnete t-Wert findet sich unter der Spalte T (Sinner & Kuhl, 2015). Unter *df* werden die *Freiheitsgrade* angezeigt, die angeben, in welchem Maße die Verteilung beliebig geändert werden kann, ohne dass sich das „arithmetische Mittel der Verteilung ändert“ (ebd., S. 151). Der Wert unter der Spalte „Sig (2-seitig)“ gibt die Wahrscheinlichkeit für ein Ergebnis an. In der vorliegenden Arbeit wird ein Signifikanzniveau von $p \leq .05$ gewählt. Das bedeutet, dass ab einer Irrtumswahrscheinlichkeit (p) $\leq .05$ von einem signifikanten Ergebnis ausgegangen wird (Raithel, 2008). Für den Kontext dieser Arbeit sind der t-Test für zwei unabhängige Stichproben und der t-Test für zwei abhängige Stichproben relevant.

Zur Überprüfung, ob es Veränderungen in den Ergebnissen zwischen MZP 1 und MZP 2 gibt, wird der t-Test für zwei abhängige Stichproben gewählt. Das Vorhaben, die Ergebnisse der Kinder mit (sonderpädagogischem) Förderbedarf mit den Ergebnissen der Kinder ohne (sonderpädagogischen) Förderbedarf zu vergleichen, erfolgt mit dem t-Test für zwei unabhängige Stichproben. Anhand des Levene-Tests zur Varianzgleichheit wird entschieden, ob die Daten aus der Spalte „Varianzen sind gleich“ oder „Varianzen sind nicht gleich“ entnommen werden (Martens, 2003)

Die Gruppe der Kinder mit Förderbedarf umfasst dabei die Kinder, die im Rahmen eines AO-SF-Verfahrens einen diagnostizierten sonderpädagogischen Förderbedarf haben. Gleichermaßen werden zu dieser Gruppe auch Kinder mit einem Förderbedarf im Bereich Deutsch gezählt. Dies wird mit der Annahme begründet, dass Schwierigkeiten im mathematischen Bereich die Folge eines mangelnden Sprachverständnisses sein können. Häufig wird in der Literatur konstatiert, dass Mathematik im direkten Zusammenhang zur Sprache steht (Werner, 2009).

<u>Praktikabilität</u>

Die Praktikabilität eines Testverfahrens der Lernverlaufsdiagnostik ist in besonderem Maße wichtig. Grundsätzlich dient die Lernverlaufsdiagnostik dazu, Lehrkräfte in ihrem pädagogischen zu Handeln unterstützen und nicht zusätzlich zu belasten, sodass eine reibungslose Anpassung in den Schullalltag vonnöten ist. Die Praktikabilität der beiden Testverfahren der Onlineplattform LEVUMI wird anhand der Nebengütekriterien *Vergleichbarkeit*, *Ökonomie* und *Nützlichkeit* eines Tests (Bundschuh, 2005) bewertet.

Die Vergleichbarkeit eines Tests wird durch die Nutzung von Paralleltests ermöglicht. Ein Test ist dann ökonomisch, wenn er einfach handhabbar, günstig und kurz ist (inkl. Vor- und Nachbereitung) und in Gruppensettings angewendet werden kann. Von einem nützlichen Test spricht man, wenn es keine oder nur wenige Tests zur Erfassung des vorgesehenen Merkmals gibt und ein „hohes praktisches Bedürfnis zur Untersuchung [diesbezüglich] besteht“ (Ingenkamp & Lissmann, 2005, S. 60). Klausmeier und Ripple (1975) sprechen sich dafür aus folgende Faktoren zu bedenken:

> „(1) die Zeit, die die Durchführung des Tests beansprucht;
> (2) das Ausmaß an Vorbereitung oder Training, das die Anwendung, Auswertung und Interpretation des Tests erfordert;
> (3) den Zeitaufwand für die Auswertung der Tests;
> (4) die Schwierigkeit der Interpretation der Testergebnisse;
> (5) die Kosten;
> (6) die äußere Aufmachung des Tests“ (S. 57, zitiert nach Bundschuh, 2005, S.110)

5.3. Stichprobe

Im Zeitraum vom 16.11.2017 – 19.12.2017 wurden an insgesamt fünf Grundschulen im Raum Essen (4) und Mülheim (1) die Testungen zu den basalen Mathematikkompetenzen in den Klassen der *zweiten* Jahrgangsstufe durchgeführt. Die Schulen sind im gesamten Stadtgebiet Essens verteilt. Dabei liegt bspw. eine Schule im Essener Stadtteil mit Erneuerungsbedarf (*Essen-Altendorf).* Von n=90 getesteten Kindern dieser Schule weisen n=71 SchülerInnen (79%) einen Migrationshintergrund auf. Zudem erfolgten Testungen an Schulen in *Essen Kupferdreh*, *Essen Bochold, Essen Kray* und *Mülheim Broich.* Von den 19 untersuchten Klassen lernen acht Klassen jahrgangsübergreifend. Somit wurde in diesen Klassen nur die Hälfte der SchülerInnen getestet, da die andere Hälfte im ersten Schulbesuchsjahr ist. Lediglich eine Schule forderte eine vorherige Einverständniserklärung durch die Eltern, mit einer recht geringen Rücklaufquote von 30% (n=48 SchülerInnen). Auf eine klassenweise Darstellung der Stichprobe wird verzichtet, da dies für das Forschungsvorhaben keine explizite Rolle spielt und die Anzahl der Klassen (19) vergleichsweise hoch ist.

Insgesamt beläuft sich die Stichprobe auf n=325 SchülerInnen, von denen lediglich n=290 ein weiteres Mal getestet werden konnten. Von diesen n=325 Getesteten sind n=181 (55,7%) weiblichen und n=144 (44,3%) männlichen Geschlechts. Insgesamt haben n=143 (44,0%) SchülerInnen einen Migrationshintergrund. Dementsprechend liegt laut Angaben des Lehrpersonals bei n=182 (56,0%) Kindern kein Migrationshintergrund vor. Das Alter der Zweitklässler reicht von 6;1 (73 Monate) bis 9;2 (110 Monate) Jahren. Von der Gesamtstichprobe haben n=26 (8,0%) Kinder einen Förderbedarf im Bereich Deutsch. Darunter ist zu verstehen, dass sich diese Kinder im Deutschspracherwerb befinden. Des Weiteren haben n=31 (9,5%) SchülerInnen einen diagnostizierten Förderschwerpunkt:

- FSP LE: 11 (3,4%) SchülerInnen
- FSP GG: 6 (1,8%) SchülerInnen
- Anderer Förderbedarf: 14 (4,3%) SchülerInnen
    - FSP SB: 7 (2,2%) SchülerInnen
    - FSP ES: 6 (1,8%) SchülerInnen
    - FSP KM: 1 (0,3%) Schüler

5.4. Testdurchführung

Dieser Abschnitt beschreibt neben der eigentlichen Testdurchführung die vorab getätigten Maßnahmen. Dafür wird eine Unterteilung in „Vorbereitungen“ und „Durchführung“ unternommen.

Vorbereitungen

Für die Stichprobengewinnung wurde im Internet nach möglichen Schulen gesucht, die sich für die Testung eignen. Die Auswahl erfolgte nach dem Kriterium des Gemeinsamen Lernens. Sofern auf den Schulhomepages kein Verweis bezüglich des Gemeinsamen Lernens gefunden werden konnte, wurden diese direkt „aussortiert“. Angefragt wurde nur in jenen Schulen, die ein erstes positives Bild diesbezüglich vermittelten. Nach telefonischem Kontakt mit mehreren Schulen vor den Herbstferien konnte überwiegend ein hohes Interesse für LEVUMI geweckt werden. Auf Bitten der Schulen erhielten diese Informationsschreiben über die Onlineplattform und das Testverfahren. Insgesamt erklärten sich sechs Schulen bereit, an der zweimaligen Testung teilzunehmen. Da die Durchführung erst nach den Herbstferien angesetzt war, musste aufgrund zeitlicher Engpässe einer Schule abgesagt werden.

Nach Rücksprache mit den Schulen stellte sich recht schnell heraus, dass eine unzureichende technische Ausstattung vorliegt. Zu diesem Zeitpunkt verfügte lediglich eine Schule über einen nutzbaren Internetzugang sowie über einigen Laptops. Um den Test möglichst unter gleichen Bedingungen durchzuführen, wurde seitens der Universität Dortmund 15 Tablets bestellt und ein mobiler WLAN-Router zur Verfügung gestellt. Bei den Tablets wurde bereits vor den Testungen der Ton abgestellt, um mögliche Unruhen zu vermeiden. Zudem musste eine Verbindung mit dem WLAN-Router hergestellt werden.

Einige Tage vor der jeweiligen Testung wurden seitens der Schulen entsprechende Listen verschickt, die all diejenigen Informationen über die Lernenden enthielten, die benötigt wurden (Geschlecht, Migrationshintergrund, Alter, Förderbedarf). Diese Informationen wurden bei LEVUMI eingepflegt und entsprechende Klassen angelegt. Das System stellt nach Eingabe der Daten, jedem Kind einen Login-Code bereit. Im Anschluss wurde unter der Rubrik „Neuer Test“ die Zahlstrahltests *„Niveaustufe 2 und 3 – Positionen finden“* ausgewählt. Damit der Test am Tag der Durchführung tatsächlich verfügbar ist, musste noch ein Messzeitpunkt in der Zukunft ausgewählt werden (z.B. „Neuer Messzeitpunkt in sieben Tagen“). Zudem wurden Klebezettel mit Namen und Codes der jeweiligen SchülerInnen beschriftet, um den Ablauf der Durchführung zu vereinfachen.

Durchführung

In den Schulen wurde zunächst der Raum für die Testung vorbereitet. Je nach Möglichkeit der Schule, wurde auf eine ruhige, störungsfreie und möglichst reizarme Umgebung Acht gegeben (nicht im Flur, nicht in der Schulbücherei). Diese Bedingung konnte bis auf eine Ausnahme, bei der die Testung in der Schulbücherei stattfand, eingehalten werden. Zudem wurden bereits vor Eintreffen der Kinder die Tablets an die Plätze gelegt und mittels der Klebezettel markiert. So war es der Testleiterin schnell möglich, die Zugangscodes einzugeben und die Kinder waren in der Lage, das für sie eingestellte Tablet selbstständig zu finden. Zusätzlich ermöglicht diese Vorgehensweise eine optimale Sitzordnung der Kinder, sodass sie sich möglichst wenig gegenseitig ablenken bzw. voneinander abgucken konnten. Bevor die Gruppen durch die Testleiterin aus den Klassenräumen geholt wurden, meldete diese die SchülerInnen mit den individuellen Zugangscodes an, damit es zu keinen weiteren Verzögerungen während der Testdurchführung kommt. Alle Testungen fanden im Zeitraum der ersten Stunde (ca. 8:10 Uhr) bis zur vierten Stunde (ca. 11:45 Uhr) statt.

Nachdem die SchülerInnen (max. 14) aus den Klassen geholt und zum Durchführungsraum geleitet wurden, bat die Testleiterin darum, dass sich alle im Kreis aufstellen. Nach einer

Vorstellungsrunde der Kinder, machte sich der Drache LEVUMI, wie auch die Testleiterin bekannt. Damit alle Gruppen ähnliche Testvoraussetzungen hatten, wurde bei jeder Testung der Durchführungshinweis „Wörtliche Instruktionen für den Zahlenstrahltest - „Positionen finden“ vorgelesen. Jedoch wurde eine Änderung in der Anweisung vorgenommen (siehe Anhang), indem die Kinder gefragt wurden, ob sie wüssten, was ein Zahlenstrahl sei. Zudem wurde der Text sprachlich überarbeitet. Mit dem 15. Tablet erfolgte eine Demonstration, wie das Gerät zu bedienen ist und die Aufgabenstellung lautet. Da die SchülerInnen zwei Tests hintereinander absolvierten (Zahlenraum bis 20 bzw. 100), wurden sie darum gebeten, nach Beendigung des ersten Tests „abzutauchen“ (Kopf auf den Tisch legen). Dadurch wurde der Testleitung wortlos signalisiert, dass der zweite Test am Tablet aufgerufen werden kann. Bevor die Kinder angewiesen wurden, ihre Plätze einzunehmen, gab es Möglichkeiten für Rückfragen.

Die SchülerInnen starteten den Test auf ein Zeichen durch die Testleiterin. Erst nachdem alle Kinder „abgetaucht“ waren, wurde auf die Besonderheiten des zweiten Tests aufmerksam gemacht. Sofern Probleme bei der Bedienung des Gerätes auftraten, griff die Testleitung ein. Jedoch wurden keine Hilfestellungen bezüglich der Lösung gegeben. Die Testdurchführung betrug in etwa 20 Minuten pro Gruppe. Nach drei Wochen wurde die Testung mit unterschiedlich angeordneten Items bei beiden Tests wiederholt.

6. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Testung werden chronologisch zu den bereits im vierten Kapitel aufgestellten Fragestellungen aufgeführt. Zunächst werden die quantitativen Ergebnisse dargestellt. Es schließen sich die qualitativen Ergebnisse an, die auf den Ansätzen der teilnehmenden Beobachtung beruhen. Diese sind vorrangig für die vierte Fragestellung bedeutend und werden im 7. Kapitel diskutiert.

Quantitative Ergebnisse

Forschungsfrage 1: Wie stellt sich die Schwierigkeit der einzelnen Items im Zahlenstrahltest bis 20 und im Zahlenstrahltest bis 100 dar?

Die nachfolgenden Tabellen stellen die Itemschwierigkeit der Zahlstrahltests *„Niveaustufe 2 – Positionen finden im Zahlenraum bis 20*“ und *„Niveaustufe 3 – Positionen finden im Zahlenraum bis 100 “* zum ersten und zweiten Messzeitpunkt dar. Der Schwierigkeitsindex P_i wurde nach den gängigen Regeln auf volle Einer gerundet.

Tabelle 1: Itemschwierigkeit MZP 1 - "Niveaustufe 2 - Positionen finden im Zahlenraum bis 20“

Item	R-Antworten	Gesamtantworten (R+F)	Schwierigkeitsindex P_i	Kategorie
1	301	310	**97**	**leicht**
2	276	310	**89**	**leicht**
3	212	314	**68**	**leicht**
4	173	303	**57**	**mittel**
5	153	316	**48**	**mittel**
6	130	313	**42**	**mittel**
7	99	311	**32**	**schwer**
8	102	305	**33**	**schwer**
9	112	298	**38**	**mittel**
10	150	309	**49**	**mittel**
11	114	278	**41**	**mittel**
12	102	275	**37**	**mittel**
13	118	306	**39**	**mittel**
14	99	289	**34**	**mittel**
15	94	287	**33**	**schwer**
16	99	310	**32**	**schwer**
17	126	312	**40**	**mittel**
18	178	307	**58**	**mittel**
19	239	311	**77**	**leicht**
M	151	303	**50**	**mittel**

Für das Testverfahren „Positionen finden im Zahlenraum bis 20“ ergibt sich zum ersten Messzeitpunkt eine durchschnittliche Itemschwierigkeit von P_i=50 für die Gesamtstichprobe. Diese liegt somit genau im mittelschweren Bereich. Von den n=325 SchülerInnen haben im Schnitt n=303 SchülerInnen eine Antwort abgegeben, mit einer richtigen Antwortrate von n=151. Die Werte des Schwierigkeitsindex reichen von P_i=32 bis P_i=97. Beachtet man die Einteilung in leichte, mittelschwere und schwere Items zeigt sich für diese Berechnung, dass vier Items der Kategorie leicht zuzuordnen sind. Elf Items weisen einen mittleren Schwierigkeitsgrad auf. Drei Items gelten nach der vorgenommenen Einteilung als schwer. Für die Items „1“ (P_i=97) und „2“ (P_i=89) konnte ein sehr hoher Schwierigkeitsindex berechnet werden. Der niedrigste Wert zeigt sich bei Item „7“ und bei Item „16“ mit P_i=32. In der Schwierigkeitsrange von 0 bis 100 liegt das Item „10“ mit einem Schwierigkeitsindex von P_i=49 sehr mittig. Die Items, die als schwer kategorisiert wurden, liegen mit P_i=32 (Item „7“ und Item „16“) und P_i=33 (Item „8“ und Item „15“) genau an der Grenze zu mittelschweren Items ($34 \leq P_i \leq 66$).

Die tabellarisch dargestellte Reihenfolge der Items entspricht nicht dem tatsächlichen Ablauf während des ersten Messzeitpunktes (siehe Kapitel 5.2.), bei dem alle Kinder den gleichen Test absolviert haben. Würde man die Items entsprechend ihrer Position im Test auflisten, wäre ersichtlich, dass ein sukzessiver Abstieg in der Spalte „Gesamtantworten“ vorzufinden ist. Dies hängt damit zusammen, dass einige Kinder aufgrund der vorgegebenen Zeit von drei Minuten nicht alle Items bearbeitet haben.

Tabelle 2: Itemschwierigkeit MZP 2 - „Niveaustufe 2 - Positionen finden im Zahlenraum bis 20"

Item	R-Antworten	Gesamtantworten (R+F)	Schwierigkeitsindex P_i	Kategorie
1	279	285	**98**	**leicht**
2	249	285	**87**	**leicht**
3	175	286	**61**	**mittel**
4	158	271	**58**	**mittel**
5	135	284	**48**	**mittel**
6	122	286	**43**	**mittel**
7	107	287	**37**	**mittel**
8	85	276	**31**	**schwer**
9	116	274	**42**	**mittel**
10	139	278	**50**	**mittel**
11	100	261	**38**	**mittel**
12	95	256	**37**	**mittel**
13	98	276	**36**	**mittel**
14	85	272	**31**	**schwer**
15	80	265	**30**	**schwer**
16	82	284	**29**	**schwer**
17	113	286	**40**	**mittel**
18	155	277	**56**	**mittel**
19	208	286	**73**	**leicht**

M	136	278	**49**	**mittel**

Wie man bereits an der Gesamtzahl abgegebener Antworten erkennen kann, haben weniger SchülerInnen bei der zweiten Testung teilgenommen (n=290), was sich auch auf den Durchschnitt abgegebener und richtiger Antworten auswirkt (n=278). Mit einer durchschnittlichen Itemschwierigkeit von P_i 49, besteht eine Abweichung von einem Punkt zum ersten Messzeitpunkt. Der Wertebereich erstreckt sich von P_i=30 bis P_i=98. Tendenziell zeigt sich eine ähnliche Darstellung der Itemschwierigkeit. Bei Item „7“ gab es eine Verschiebung des Schwierigkeitsindex um 5 Punkte, sodass das Item zum zweiten Messzeitpunkt als mittelschwer gewertet wurde. Bei der vorliegenden Berechnung wird ebenfalls das Item „14“ (P_i=31), neben den Items „15“, „16“, „7“ und „8“, als schwer klassifiziert. Dieses Item stellte aber bereits zum ersten Messzeitpunkt einen „Grenzgänger“ mit P_i=34 dar. Zwar bestehen z.T. auch bei anderen Items Abweichungen bezüglich des Schwierigkeitsindex, jedoch sind diese so gering, dass es zu keinen weiteren Verschiebungen innerhalb der Kategorien leicht, mittelschwer und schwer kommt.

Tabelle 3: Itemschwierigkeit MZP 1 - „Niveaustufe 3 - Positionen finden im Zahlenraum bis 100"

Item	**R-Antworten**	**Gesamtantworten (R+F)**	**Schwierigkeitsindex P_i**	**Kategorie**
5	109	289	**38**	**mittel**
9	57	295	**19**	**schwer**
13	58	290	**20**	**schwer**
15	43	310	**15**	**schwer**
22	37	307	**12**	**schwer**
27	59	288	**20**	**schwer**
32	64	290	**22**	**schwer**
36	55	272	**20**	**schwer**
40	93	277	**34**	**mittel**
45	85	302	**28**	**schwer**
53	100	310	**33**	**schwer**
59	99	311	**32**	**schwer**
61	111	282	**39**	**mittel**
67	90	280	**32**	**schwer**

73	86	268	**32**	**schwer**
77	75	283	**27**	**schwer**
84	49	289	**17**	**schwer**
86	53	298	**18**	**schwer**
91	45	273	**16**	**schwer**
98	71	310	**23**	**schwer**
M	72	290	**25**	**schwer**

Der durchschnittliche Schwierigkeitsindex für den Zahlstrahltest auf der *dritten Niveaustufe* liegt zum ersten Messzeitpunkt bei P_i=25. Im Schnitt wurden 290 Antworten (R-Antworten + F-Antworten) pro Item abgegeben, von denen 72 richtig gelöst wurden. Für die Gesamtstichprobe ergeben sich Werte von P_i=12 bis P_i=39. Insgesamt werden von den geprüften 20 Items 17 der Kategorie schwer zugeordnet. Mit P_i=12 weist das Item „22“, das von n=37 SchülerInnen richtig gelöst wurde, den geringsten Schwierigkeitsindex auf. Keines der Items liegt im Wertebereich von 67 $\leq P_i \leq$ 100, sodass für diesen Messzeitpunkt kein Item der Kategorie leicht zugeordnet werden kann. Für die Items „5“ (P_i=38), „40“ (P_i=34) und „61“ (P_i=39) wurde ein mittlerer Schwierigkeitsgrad berechnet.

Auch hier werden die Items entsprechend ihrer natürlichen Abfolge im Zahlenraum bis 100 dargestellt. Eine Abbildung entsprechend der Reihenfolge der Items zum ersten Messzeitpunkt befindet sich im Anhang.

Tabelle 4: Itemschwierigkeit MZP 2 - „Niveaustufe 3 - Positionen finden im Zahlenraum bis 100"

Item	**R-Antworten**	**Gesamtantworten (R+F)**	**Schwierigkeitsindex P_i**	**Kategorie**
5	109	262	**42**	**mittel**
9	60	276	**22**	**schwer**
13	40	264	**15**	**schwer**
15	36	266	**14**	**schwer**
22	32	279	**11**	**schwer**
27	43	264	**16**	**schwer**
32	48	255	**19**	**schwer**
36	66	248	**27**	**schwer**
40	81	251	**32**	**schwer**

45	71	278	**26**	**schwer**
53	80	276	**29**	**schwer**
59	80	281	**28**	**schwer**
61	82	255	**32**	**schwer**
67	96	255	**38**	**mittel**
73	70	248	**28**	**schwer**
77	84	252	**33**	**schwer**
84	55	269	**20**	**schwer**
86	48	274	**18**	**schwer**
91	52	253	**21**	**schwer**
98	61	281	**22**	**schwer**
M	65	264	**25**	**schwer**

Die Berechnung der Itemschwierigkeit für den Zahlenstrahltest im Zahlenraum bis 100 verdeutlicht, dass bei drei Items eine Verschiebung der Kategorisierung stattgefunden hat. Dabei handelt es sich um die Items „40“, „61“ und „67“. Die beiden erstgenannten weisen einen Schwierigkeitsindex von P_i=32 auf und sind somit schwer, liegen aber noch an der Grenze zum mittelschweren Bereich. Während bei Item “40“ eine Differenz von P_i=2 besteht, weist das Item „61“ eine Abweichung des Schwierigkeitsindex von sieben Punkten zum ersten Messzeitpunkt auf (vgl. MZP 1 P_i=39). Das Item „67“ kann mit P_i=38 zum zweiten Messzeitpunkt der Kategorie mittelschwer zugeordnet werden. Der Wertebereich des Schwierigkeitsindex reicht von P_i=11 bis P_i=42 und liegt somit drei Punkte über dem zum ersten Messzeitpunkt, wobei der durchschnittliche Schwierigkeitsindex P_i=25 unverändert bleibt. Mit n=32 richtigen Antworten weist das Item „22“, ähnlich wie zu MZP 1, den niedrigsten Schwierigkeitsindex von P_i=11 auf.

Forschungsfrage 2: Ist eine Veränderung der Ergebnisse aller SchülerInnen zwischen MZP 1 und MZP 2 bei beiden Tests feststellbar?

H_0: Es gibt keine Veränderung der Ergebnisse.

H_1: Es gibt eine Veränderung der Ergebnisse.

<u>Ergebnisse des Tests *„Niveaustufe 2 – Positionen finden im Zahlenraum bis 20“*</u>

Der Vergleich beider Messzeitpunkte hinsichtlich der Ergebnisse wurde mit Hilfe des t-Tests für abhängige Stichproben ermittelt. Der Mittelwert der Ergebnisse aller SchülerInnen liegt bei .50 (SD=.23) zum ersten Messzeitpunkt. Bei MZP 2 beträgt der Mittelwert .49 (SD=24). Für den untersuchten Sachverhalt ergeben sich die Werte (t[289] = .532; p = .595). Die Berechnungen zeigen, dass es keine signifikanten Veränderungen der Ergebnisse zwischen dem ersten und zweiten Messzeitpunkt gibt. Die Nullhypothese kann damit *nicht* abgelehnt werden. Zum ersten Messzeitpunkt wurden von den SchülerInnen im Durchschnitt neun Items richtig gelöst, während zum zweiten Messzeitpunkt acht Items richtig bearbeitet wurden.

<u>Ergebnisse des Tests *„Niveaustufe 3 – Positionen finden im Zahlenraum bis 100“*</u>

Zwischen dem ersten Messzeitpunkt (M=.26; SD=.18) und dem zweiten Messzeitpunkt (M=.24; SD=.18) ergibt sich beim Zahlenstrahltest bis 100 ein signifikanter Mittelwertunterschied (t[289] = 2.046; p = .042). Die Nullhypothese, der zufolge keine Verknüpfung zwischen den Variablen besteht, wird somit zurückgewiesen und die Alternativhypothese angenommen. Bei MZP 1 und MZP 2 wurden durchschnittlich vier Items von der Gesamtstichprobe richtig gelöst.

Forschungsfrage 3: Unterscheiden sich die Ergebnisse der Kinder mit (sonderpädagogischem) Förderbedarf von den Ergebnissen der Kinder ohne (sonderpädagogischen) Förderbedarf zum ersten Messzeitpunkt?

H_0: Die Ergebnisse der Kinder mit (sonderpädagogischem) Förderbedarf unterscheiden sich nicht von den Ergebnissen der Kinder ohne (sonderpädagogischen) Förderbedarf.

H_1: Die Ergebnisse der Kinder mit (sonderpädagogischem) Förderbedarf unterscheiden sich von den Ergebnissen der Kinder ohne (sonderpädagogischen) Förderbedarf.

<u>Ergebnisse des Tests *„Niveaustufe 2 – Positionen finden im Zahlenraum bis 20“*</u>

Zwischen der Untersuchungsgruppe 1 (Kinder mit Förderbedarf n=57) und der Untersuchungsgruppe 2 (Kinder ohne Förderbedarf n=268) ergibt sich ein signifikanter Mittelwertunterschied (t[96.621] = 3.613; p = .000). Es besteht demnach bei MZP 1 ein systematischer Unterschied zwischen den Ergebnissen der SchülerInnen mit und ohne (sonderpädagogischen) Förderbedarf. Die Nullhypothese wird abgelehnt und die Alternativhypothese angenommen. Die Gruppe der Kinder ohne Förderbedarf (M=.51; SD=.24) hat durchschnittlich neun Items richtig gelöst. Demgegenüber hat die Gruppe der Kinder mit Förderbedarf (M=.40; SD=.19) im Schnitt sieben Items richtig gelöst.

Ergebnisse des Tests *„Niveaustufe 3 – Positionen finden im Zahlenraum bis 100“*

Der t-Test für unabhängige Stichproben ergab zum ersten Messzeitpunkt beim Test im Zahlenraum bis 100 das Ergebnis (t[323] = .957; p = .339). Es gibt somit keinen signifikanten Unterschied zwischen den Ergebnissen der Kinder ohne Förderbedarf und den Ergebnissen der Kinder mit (sonderpädagogischem) Förderbedarf bei diesem Test. Dieses Ergebnis führt zu der Annahme der Nullhypothese. Der Mittelwert beträgt für die Gruppe der Kinder ohne Förderbedarf .25 (SD=.18), mit durchschnittlich fünf richtig gelösten Items. Für die Gruppe der Kinder mit (sonderpädagogischem) Förderbedarf wurde ein Mittelwert von .23 (SD.15) berechnet. Diese Gruppe löste im Schnitt vier Items richtig. Daraus ergibt sich eine Mittelwertdifferenz von .03.

Forschungsfrage 4: Unterscheiden sich die Ergebnisse der Kinder mit FSP LE & FSP GG von den Ergebnissen der Kinder ohne sonderpädagogischen Förderbedarf zum ersten Messzeitpunkt?

H_0: Die Ergebnisse der Kinder mit FSP LE & FSP GG unterscheiden sich nicht von den Ergebnissen der Kinder ohne sonderpädagogischen Förderbedarf.

H_1: Die Ergebnisse der Kinder mit FSP LE & FSP GG unterscheiden sich von den Ergebnissen der Kinder ohne sonderpädagogischen Förderbedarf.

Ergebnisse des Tests *„Niveaustufe 2 – Positionen finden im Zahlenraum bis 20“*

Bei den Kindern mit FSP LE & FSP GG (n=17) beträgt der Mittelwert .43 (SD=.18). Der Mittelwert der SchülerInnen ohne Förderbedarf beläuft sich auf .51 (SD=.24). Zwischen den Untersuchungsgruppen ergibt sich kein signifikanter Mittelwertunterschied (t[19.515] = 1.712; p = .103). Die Nullhypothese kann aufgrund dessen *nicht* abgelehnt werden und wird beibehalten. Kinder ohne sonderpädagogischen Förderbedarf haben im Schnitt neun Items richtig gelöst. Die Gruppe der Kinder mit dem FSP GG/LE haben durchschnittlich sieben Items korrekt bearbeitet.

Ergebnisse des Tests *„Niveaustufe 3 – Positionen finden im Zahlenraum bis 100“*

Mittels des t-Tests für unabhängige Stichproben konnte für den Zahlenstrahltest bis 100 für diese beiden Untersuchungsgruppen kein signifikanter Mittelwertunterschied berechnet werden (t[283] = .333; p = .739). Auch hier kann die Nullhypothese nicht verworfen werden. Die Gruppe der Kinder ohne sonderpädagogischen Förderbedarf (M=.25; SD=.18) bearbeiteten durchschnittlich fünf Items richtig. Demgegenüber erzielten die Kinder mit FSP LE & GG (M=.24; SD=.16) vier richtige Antworten.

Qualitative Ergebnisse

Forschungsfrage 5: Besteht Bedarf zur Weiterentwicklung und Erhöhung der Praktikabilität? Sind darüber hinaus Anpassungen im Hinblick auf das Anforderungsprofil und die Konstruktion des Testverfahrens notwendig?

Allgemeine Anmerkungen

Die Onlineplattform LEVUMI ist simpel aufgebaut. Nach kurzer Einarbeitungszeit und unter Verwendung einer bestehenden Anleitung bezüglich der Bedienung des Programms ist ein müheloses und zügiges Anlegen der Daten der SchülerInnen möglich. Im Schnitt werden für das Eingabe der erforderlichen Daten einer Klasse 15-20 Minuten benötigt. Auch die Auswahl der Zahlenstrahltests stellt kein Problem dar, denn die entsprechenden Rubriken sind unmissverständlich gekennzeichnet. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Onlineplattform den Lehrkräften kostenlos zur Verfügung steht und lediglich ein Account beantragt werden muss. Die Testverfahren laufen jedoch nur über den Webbrowser „Mozilla Firefox“. Somit muss dieser auf den verwendeten Geräten installiert werden.

Für die Testdurchführung wurden mangels technischer Ausstattung in den Schulen Tablets der Technischen Universität Dortmund genutzt. Der Umgang mit den Tablets setzte eine hohe Augen-Hand-Koordination voraus, da die Kinder möglichst genau mit ihren Fingern auf die entsprechende Stellen im Zahlenstrahl tippen müssen.

Mit einer Anzahl von 15 Tablets ist es möglich, eine Klasse innerhalb einer Schulstunde gruppenweise zu testen. Die Lehrkraft muss hierfür gut organisiert sein und im Vorhinein Vorbereitungen, wie Sitzanordnung und Bereithaltung des Schüler-Accounts, treffen. Da die Ergebnisse der Testung automatisch gespeichert werden und unter dem Lehrkräfte-Account abgerufen werden können, entsteht kein zeitlicher Aufwand für die Auswertung. Die Lernverlaufskurve zeigt die Entwicklung des Schülers an. Hierdurch wird auf recht einfache Weise dargestellt, an welcher Stelle Stagnationen oder rückläufige Entwicklungen festzustellen sind. Dies ermöglicht das schnelle und gezielte Intervenieren der LehrerInnen.

Grundsätzlich schienen die LehrerInnen recht offen gegenüber dem Forschungsprojekt, da sich viele eine Hilfe für den schulischen Alltag erhoffen. Lediglich eine Lehrkraft äußerte Kritik, da sie der Ansicht war, dass man mit einer Darstellungsweise, in diesem Fall dem Zahlstrahl als robuster Indikator für das Stellenwertsystem, nicht auf die basalen mathematischen Kompetenzen aller SchülerInnen schließen könne. Dafür seien verschiedenen Veranschaulichungsmittel und -wege nötig, da diese Schule im Sinne der individuellen Förderung allen Kindern unterschiedliche Materialien anbietet.

<u>Beobachtungen während der Testsituation</u>

Obwohl die Kinder einer ihnen fremden Person gegenüberstanden, vermittelten sie einen sehr motivierten Eindruck und ließen sich ohne Ausnahme auf die Situation ein. Die Tatsache, dass mit Tablets gearbeitet wurde, schien die Motivation positiv zu beeinflussen. Der Großteil der Kinder wusste zum ersten Messzeitpunkt nicht, was ein Zahlenstrahl ist. Pro Gruppe konnten nur etwa zwei bis drei Kinder einen Zahlenstrahl beschreiben. In der Regel äußerten die restlichen SchülerInnen ihre Zustimmung durch einvernehmliches Nicken und verdeutlichten so, dass sie sich an einen Zahlenstrahl erinnern. Die Erklärungen bezogen sich ausnahmslos auf den skalierten Zahlenstrahl. Sobald den Kindern der Zahlenstrahl auf dem Display des Tablets gezeigt wurde, warfen einige Kinder ein, dass dieser „falsch" oder „kaputt" sei, da dieser keine Markierungen (ausgenommen Anfang und Ende) enthalte. Bei ca. drei Gruppen äußerten Kinder im Stehkreis nach Erklärung der Aufgabenstellung ihre Bedenken: „Wie soll ich das nur machen?"/„Ich kann das nicht!".

Die Methode des „Abtauchens" nach Beendigung des Tests erwies sich als sinnvoll, da es so zu weniger Störungen oder Aussagen wie „Ich bin fertig!" kam und die anderen Kinder konzentriert weiterarbeiten konnten. Dennoch gab es hin und wieder Zwischenrufe, die aufgrund unterschiedlicher (meist technischer) Probleme erfolgten. So hatten Kinder teilweise Schwierigkeiten bei der Bedienung des Tablets und drückten zu lang, zu leicht oder zu fest

Abbildung 11: Zahlenstrahltest - Aufgabenstellung

mit ihrem Finger auf das Display, sodass dieses nicht reagierte. Weiterhin „verschwand“ häufig der zu absolvierende Test, da die Kinder unabsichtlich auf den „Home Button“ des Tablets drückten und ihnen somit das Menü angezeigt wurde. Zudem wurden teilweise Bereiche des Displays durch Doppelberührung markiert, sodass auch hier ein Fortfahren des Tests nicht möglich war. In diesen Fällen war stets ein Eingreifen der Testleitung erforderlich, damit möglichst wenig Zeit für die Bearbeitung der Aufgaben verging. Bei einer Gruppengröße von bis zu 14 Kindern, kam es jedoch auch zu Verzögerungen, da nicht selten zeitgleich technische Probleme auftraten. Bei einigen Kindern zeigten sich insbesondere zu Beginn des Zahlstrahltests Probleme mit der Aufgabenstellung. So versuchten sie bei der Anweisung: „Wo ist die 12? Klicke.“, auf die arabische Zahl in der Fragestellung zu tippen, anstatt die Zahl im Zahlenstrahl zu markieren. Des Weiteren wurde nach der ersten Sitzung die Bildschirmeinstellung der Tablets geändert, da sich bereits nach einer Minute der Ruhezustand einschaltete und eine erneute Entsperrung vorgenommen werden musste. Weitere Störungen entstanden dadurch, dass die SchülerInnen häufig zu lange auf „Weiter“ klickten und somit Aufgabenstellungen übersprungen wurden. In diesen Fällen haben die SchülerInnen den Bildschirm nach einem „Zurück-Button“ abgesucht, um keine Fragestellung auszulassen. Insgesamt konnte ein sehr pfleglicher Umgang mit den technischen Geräten beobachtet werden. Jedoch verfügten einige Kinder über deutlich mehr Erfahrung im Umgang mit dem Tablet als andere, was anhand der Bedienung sichtbar wurde. Das Kuscheltier LEVUMI nahmen alle SchülerInnen gut an. Es durfte während der Testung von Kindern, die ängstlich oder aber sehr aufgeregt wirkten, mit an den Platz genommen werden.

Während der Testdurchführung konnten verschiedenste Strategien zur Bewältigung der Aufgaben beobachtet werden. Im Zahlenraum bis 20 war bei einigen Kindern erkennbar, dass sie Ankerpunkte zur Orientierung nutzten oder aber gezielte Markierungen vornahmen. Dies konnte im Zahlenraum bis 100 nur sehr selten beobachtet werden. Überwiegend nahmen die Kinder ihre Finger, zur Skalierung des Zahlenstrahls zur Hilfe. Dafür tippten sie in regelmäßigen Abständen auf dem Zahlenstrahl, um zur geforderten Zahl zu gelangen. Dabei fingen sie in der Regel bei „1“ an und durchliefen die Zahlenreihe. Ein Großteil der Kinder unterstützte diesen Prozess durch das Aufsagen der Zahlwortreihe im Flüsterton. Diese Strategie konnte bei beiden Zahlenstrahltests vernommen werden, wobei insbesondere im Zahlenraum bis 100 Probleme auftaten. Ein Abzählen in Einerschritten gestaltete sich am 100er Zahlenstrahl sehr schwierig. Während bei einigen ein Lernprozess feststellbar war, versuchten es andere Kinder durchgehend mit dieser Methode. Zudem fiel auf, dass die vorgenommenen Skalierung durch Einerschritte im Zahlenraum bis 20 sowie im Zahlenraum bis 100 gleich groß waren. So wurden die Intervalle nicht im Verhältnis zur Gesamtlänge des Zahlenstrahls eingeteilt. Zwei Situationen fielen dabei besonders häufig auf:

Beispielsituation 1: Das Kind soll die Zahl „61“ auf dem Zahlenstrahl verorten. Es beginnt bei „1“ und durchläuft die Zahlenreihe, während es mit dem Finger auf den Zahlenstrahl tippt. Bei der Zahl „40“ ist das Kind bereits am Ende des Zahlenstrahls angekommen und bemerkt, dass dort die Zahl „100“ das Ende des Zahlenstrahls markiert. Das Kind setzt den Finger kurz ab, überlegt, und setzt die Zahl an einer scheinbar willkürlichen Stelle.

Beispielsituation 2: Das Kind soll die Zahl „79“ auf dem Zahlenstrahl positionieren. Es beginnt bei „1“ und durchläuft die Zahlenreihe mittels Einerschritten. Bei der Zahl „50“, ist es bereits aufgrund zu großer Einerschritte an dem Ende des Zahlenstrahls angekommen. Es setzt bei 0 (Anfang des Zahlenstrahl) seine Zahlwortreihe fort (51, 52, 53, …) und markiert die Stelle, an der es bei der Zahl „79“ angekommen ist.

Während der Durchführung wurden vereinzelte Aussagen wie „Das ist aber schwer!“ oder „Ich weiß gar nicht, wo die Zahl liegt!“ vernommen. Zwei Kinder mussten nach der Testsituation getröstet werden, da sie sich den Anforderungen nicht gewachsen fühlten. Aufgrund der Überforderung konnten sie ihre Tränen nicht zurückhalten. Eine solche Situation trat direkt in der ersten Testung auf, sodass in den folgenden nochmals verstärkt darauf geachtet wurde, die Kinder positiv zu bestärken und ihnen den Leistungsdruck zu nehmen.

7. Diskussion

Die Ergebnisse der empirischen Untersuchung werden in diesem Kapitel vor dem Hintergrund der theoretischen Ansätze diskutiert und interpretiert. Um den Ausgangspunkt der Diskussion deutlich zu machen, wird zunächst auf die jeweilige Fragestellung eingegangen, bevor das Ergebnis interpretiert und mit theoretischen Grundlagen verknüpft wird.

Die erste Fragestellung dient dazu, die Itemschwierigkeit der einzelnen Items für den Test *„Niveaustufe 2 – Positionen finden im Zahlenraum bis 20“* und den Test *„Niveaustufe 3 – Positionen finden im Zahlenraum bis 100*“ zu ermitteln. Dabei soll in Erfahrung gebracht werden, welche Items leicht, mittelschwer und schwer sind. Um den Rahmen dieser Arbeit einzuhalten, wurde die Berechnung mittels der KTT vorgenommen, obwohl sich das Konzept der IRT, unter Berücksichtigung der Vielfalt der SchülerInnen, in der Lernverlaufsdiagnostik als geeigneter erwiesen hat.

Die Analyse der Itemschwierigkeit erscheint für den Kontext der Arbeit wichtig, da es sich um neu konstruierte Testverfahren handelt, die bisher weder erprobt, noch hinsichtlich ihrer Schwierigkeit überprüft worden sind. Bei den vorliegenden Werten handelt es sich somit um *erste* Berechnungen bezüglich der Itemschwierigkeit.

Für den Test auf *Niveaustufe 2* (Zahlenraum bis 20) wurde eine durchschnittliche Itemschwierigkeit von P_i=50 (MZP 1) und P_i=49 (MPZ 2) ermittelt. Bei dem Test auf der dritten Niveaustufe beläuft sich der Schwierigkeitsindex auf P_i=25 (MZP1 & MZP 2). Da sich kaum Veränderungen zwischen den Messzeitpunkten bezüglich des durchschnittlichen Schwierigkeitsindex zeigen, ist zunächst anzunehmen, dass die Bearbeitung der Tests zu beiden Zeitpunkten ähnlich schwer war und sich so mit den Aussagen Klauers und Strathmanns (Kapitel 5.2.) deckt.

Durch die abweichende Anordnung der Items zum ersten und zweiten Messzeitpunkt wurden die jeweiligen Items von unterschiedlich vielen Probanden beantwortet. Für den ersten Messzeitpunkt ergibt sich bei Item eins („7“) (Test: Zahlenraum bis 20) eine hohe Antwortrate (n=311), während das letzte Item („12“), vermutlich aufgrund von Zeitmangel, lediglich von n=275 beantwortet wurde. Diese Tatsache nimmt möglicherweise Einfluss auf den errechneten Schwierigkeitsindex, da falsche Antworten bei einer kleineren Stichprobengröße größere Auswirkungen auf den Schwierigkeitsindex (abfallend) haben. Des Weiteren ist es denkbar, dass die Kinder bei zunehmendem Zeitdruck willkürlich Antworten gegeben haben, um alle Items zu beantworten. Da die Items zum zweiten Messzeitpunkt für jede/n SchülerIn unterschiedlich angeordnet werden (laut Testkonstruktion)[15], kann es hierdurch zu Schwankungen des Schwierigkeitsindex kommen (z.B. Zahlenraum bis 20: MZP 1, Item „7“ P_i=32; MZP 2, Item „7“ P_i=37 & Zahlenraum bis 100: MZP 1, Item „13“ P_i=20; MZP 2, Item „13“ P_i=15)[16]. Im ersten Beispiel fand eine Erhöhung des Schwierigkeitsindex statt. Dies kann sowohl zufällig bedingt, als auch das Resultat dreiwöchiger schulischer Förderung sein. Das zweite Beispiel, Item „13“, zeigt einen geringeren Schwierigkeitsindex zu MZP 2. Es können lediglich Vermutungen angestellt werden, dass dies entweder mit der Testkonstruktion (zufällig angeordnete Items zum MZP 2) in Verbindung steht oder aber durch die kleinere Stichprobe zu MZP 2 (n=290) bedingt wird.

Grundsätzlich liegen alle Items, bis auf zwei Ausnahmen, zum ersten und zweiten Messzeitpunkt des Zahlenstrahltests *„Niveaustufe 2 – Positionen finden im Zahlenraum bis 20“* in dem von Heller sowie Moosbrugger und Kelava bevorzugt definierten Wertebereich von

[15] Bei der Diskussion der fünften Fragestellung wird auf diesen Sachverhalt nochmals eingegangen.
[16] Siehe Tabellen 1-4 / Kapitel 6

P_i=20 bis P_i=80. Lediglich Item „1" und „2" weisen Werte über P_i≤80 auf. Zu beiden Messzeitpunkten kann mehr als die Hälfte der Items der Kategorie mittelschwer zugeordnet werden. Zum zweiten Messzeitpunkt liegen vier Items im schweren und drei Items im leichten Bereich des Schwierigkeitsindex. So zeigt sich unter der vorliegenden Stichprobenerhebung keine homogene Itemschwierigkeit für den Zahlenstrahltest auf der zweiten Niveaustufe.

Die Itemschwierigkeit zum zweiten Testverfahren (*„Niveaustufe 3 - Positionen im Zahlenraum bis 100"*) zeichnet sich durch geringere Werte im Bereich des Schwierigkeitsindex aus und stellte demnach höhere Anforderungen an die getesteten Probanden. Zum ersten Messzeitpunkt wurde anhand der ermittelten Werte folgende Einteilung vorgenommen: 17 schwere Items (0≤P_i≤33) und drei mittelschwere Items (34≤66). Zum zweiten Messzeitpunkt ergibt sich eine Kategorisierung von 18 schweren Items und zwei mittelschweren Items. Damit liegt zum MZP 2 eine homogen schwere Testschwierigkeit vor, mit Ausnahme der Items „5" (P_i=42) und „67"(P_i=38).

Wie bereits im theoretischen und methodischen Teil der Arbeit beschrieben, ist die Homogenität der Testschwierigkeit ausschlaggebend für die tatsächliche Erfassung der Lernentwicklung. Beinhaltet der Aufgabenpool Items unterschiedlicher Schwierigkeitsgrade, so ist es möglich, dass bei zufällig generierter Ziehung die SchülerInnen mehr schwierige Items als zu vorherigen Messzeitpunkten erhalten und damit schlechter abschneiden.
Die Testverfahren der Onlineplattform LEVUMI wurden unter Berücksichtigung des bildungspolitischen Entschlusses der Inklusion entwickelt. Sie haben das Ziel die Lernverläufe aller SchülerInnen, somit auch jener mit sonderpädagogischem Förderbedarf sowie Migrationshintergrund, zu erfassen. Kelava und Moosbrugger raten in diesem Falle dazu, Items mit einem Schwierigkeitsindex von 80 ≤ P_i ≤ 95 einzubeziehen (vgl. Kapitel 5.2.). Diese Werte konnten im Test der *dritten Niveaustufe* nicht erzielt werden und liegen mit P_i=11 bis P_i=42 (MZP 2) deutlich unter dem vorgegebenen Wert. Der Test der *zweiten Niveaustufe* beinhaltet zwei Items, die in diesen Bereich fallen. Grundsätzlich ist anzunehmen, dass insbesondere der Zahlenstrahltest im Zahlenraum bis 100 für alle SchülerInnen (mit und ohne sonderpädagogischem Förderbedarf bzw. Migrationshintergrund) zu hohe Anforderungen stellte. Um genauere Einschätzungen bezüglich der Itemschwierigkeit für Kinder mit sonderpädagogischem Förderbedarf zu erhalten, müsste diese noch einmal gesondert berechnet werden. Dennoch ist es der Kerngedanke der Forschergruppe des Projekts LEVUMI, dass Stagnationen und rückläufige Entwicklungen frühzeitig bemerkt werden. Die Testverfahren dienen somit als präventive Maßnahme für leistungsschwächere Kinder und jene, die ein erhöhtes Risiko für den FSP LE aufweisen. Es bleibt jedoch fraglich, ob die

Lernverläufe der Kinder mittels dieses Testverfahrens adäquat erfasst werden können, wenn der Schwierigkeitsgrad derartig hoch ist.

Dass insbesondere die Anforderungen des Zahlenstrahltests im Zahlenraum bis 100 laut Schwierigkeitsindex (zu) hoch waren, liegt vermutlich auch an dem Zeitpunkt der Testungen (16.11.2017 – 19.12.2017). So gaben Lehrkräfte Auskünfte darüber, dass bis zu den Herbstferien eine Wiederholung des Zahlenraumes bis 20 vorgenommen wurde. Erst nach bzw. kurz vor den Herbstferien fand die Erweiterung des Zahlenraumes bis 100 im Unterricht statt. Wie im Kapitel 3.3. beschrieben, lauten die curricularen Vorgaben für die Regelschule, dass erst am Ende der Schuleingangsphase eine Orientierung im Zahlenraum bis 100 zu erwarten ist. Für den FSP LE bedeutet dies, dass erst in der dritten Lernstufe (im dritten Schulbesuchsjahr) mit einer Erarbeitung des Zahlenraumes bis 100 zu rechnen ist. Die Zahl „5“ erzielte im Zahlenraum bis 100 mit n=109 richtigen Antworten zu beiden Messzeitpunkten den höchsten Schwierigkeitsindex. Das Item schien den Kindern somit am leichtesten zu fallen. Grund dafür könnte sein, dass sie den Zahlenraum bis 20 sicher anwenden können und wissen, dass die Zahl „5“ nah an der 0 liegt.

Da anhand der Daten nicht ersichtlich wird, dass die Kinder im Zahlenraum bis 100 Orientierungszahlen nutzten (vgl. Kapitel 3.3.2.), kann vermutet werden, dass die Strukturen noch nicht erarbeitet wurden. So zeigt sich beispielsweise für das Item „53“ eine richtige Antwortrate von n=100 (P_i=33) zum ersten und n=80 (P_i=29) zum zweiten Messzeitpunkt. Viele Kinder scheinen noch nicht verinnerlicht zu haben, dass „50“ die Hälfte von „100“ ist und demnach in der Mitte des Zahlenstrahls zu positionieren ist. Auch das Item „98“ liefert Indizien für diese Annahme. Mit einer richtigen Lösungsrate von n=71 und n=61 (P_i=23/P_i=22) konnten demnach nur etwa ein Fünftel der Kinder darauf schließen, dass die Zahl „98“ in der Nähe der Zahl „100“ liegt. Die niedrigsten Schwierigkeitsindexe wurde zu beiden Messzeitpunkten für das Item „22“ (P_i=12/P_i=11) und „86“ (P_i=18/P_i=18) ermittelt. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte sein, dass diese Zahlen recht mittig zwischen „0“ und „50“ bzw. „50“ und „100“ liegen und demnach von den SchülerInnen aufgrund unzureichender Orientierung im Zahlenraum nicht verortet werden konnten. Dagegen spricht jedoch, dass andere Zahlen wie „36“ oder „73“ einen höheren Schwierigkeitsindex erzielten.

Die Itemschwierigkeit wird ebenfalls durch die Streuung beeinflusst, die in den vorliegenden Tests bei 10% liegt. Um sich ein Urteil über die Kompetenzen der SchülerInnen zu bilden und präzise Aussagen darüber zu tätigen, an welchen Stellen besonders große Schwierigkeiten bestehen, müsste man die Zahlen betrachten, die die Kinder tatsächlich angetippt haben.

Wie bereits erwähnt, handelt es sich um erste Berechnungen der Itemschwierigkeit, die demnach eher als grobe Orientierung zu betrachten sind. Weitere Analysen mit anderen Stichproben sind ratsam, um zu präzisen Ergebnissen zu gelangen. Grundsätzlich können mit der vorliegenden Untersuchung auch keine Aussagen darüber getroffen werden, welche Items aus dem Aufgabenpool selektiert werden sollten, da lediglich die Itemschwierigkeit nach der KTT berechnet wurde. Für weitere Schritte wäre die Bestimmung der Trennschärfe und Itemvarianz notwendig bzw. eine Berechnung nach dem Ansatz der IRT.

Weiterhin wurde in dieser Arbeit untersucht, ob eine Veränderung der Ergebnisse aller SchülerInnen von MZP 1 zu MZP 2 vorliegt. Die Berechnungen erfolgten mittels des t-Tests für unabhängige Stichproben. Dabei wurden die Ergebnisse beider Testverfahren getrennt hinsichtlich etwaiger Veränderungen getrennt voneinander untersucht.

Test „*Niveaustufe 2 – Positionen finden im Zahlenraum bis 20*“: Für den Test im Zahlenraum bis 20 konnte keine signifikante Veränderung der Ergebnisse zwischen MZP 1 und MZP 2 berechnet werden. Damit bleibt die Nullhypothese, die besagt, dass es keine Veränderungen gibt, erhalten. Die vorliegende Mittelwertdifferenz (MZP 1: M=.50/MZP 2: M=.49) kann demnach auch zufällig bedingt oder auf die Stichprobengröße zurückzuführen sein. Zudem muss bedacht werden, dass zwischen MZP 1 und MZP 2 lediglich drei Wochen liegen und demnach keine deutlichen Veränderungen angenommen werden konnten. Zudem legen die Äußerungen („Der Zahlenstrahl ist falsch“) während der Testsituation nah, dass die Kinder noch keine Erfahrungen im Umgang mit einem leeren Zahlenstrahl haben. Außerdem wurde während der dreiwöchigen Pause zwischen den Messzeitpunkten keine Intervention durchgeführt, sodass die Kinder keine gezielte Förderung zur Verbesserung ihrer basalen mathematischen Kompetenzen erhielten. Es wurde jedoch vermutet, dass zumindest leichte Tendenzen zur Verbesserung erkennbar sind, da die Kinder das Instrument bereits kennen und wissen, wie es zu bedienen ist.

Test „*Niveaustufe 3 – Positionen finden im Zahlenraum bis 100*“: Der Blick auf die Ergebnisse des t-Tests bei dem zweiten Testverfahren lässt erkennen, dass in diesem Falle eine signifikante Veränderung vorliegt. Die Alternativhypothese, die von einer Veränderung der Ergebnisse ausgeht, kann bei diesem Test angenommen werden. Der Blick auf die errechneten Mittelwerte zeigt, in welche Richtung sich die Veränderung vollzieht. Während der Mittelwert zum ersten Messzeitpunkt bei .26 liegt, wurde für den zweiten Messzeitpunkt der Mittelwert .24 berechnet. Damit ist ersichtlich, dass sich die Ergebnisse der SchülerInnen zum zweiten Messzeitpunkt *verschlechtert* haben. Ein möglicher Grund dafür könnte sein, dass die Kinder zum zweiten Testzeitpunkt bereits stark demotiviert waren. Bereits bei der ersten Testung wurden Kommentare registriert, die darauf schließen lassen, dass der Test zu hohe Anforderungen an die Kinder stellt. Des Weiteren fanden in einer Schule Testungen während der Nikolausfeier statt. Hier besteht die Möglichkeit, dass die Kinder den Test so schnell wie möglich absolvieren wollten, um wieder an der Nikolausfeier teilnehmen zu können. Zudem befanden sich vereinzelte Lernende vor der Testung in Konfliktsituationen, die ebenfalls negative Auswirkung auf das Testergebnis haben könnten. Möglicherweise standen die SchülerInnen in der Testsituation unter einem zu hohen Leistungsdruck, der durch die begrenzte Zeit und die hohen Anforderungen verstärkt wurde. Außerdem wurden zum zweiten Messzeitpunkt die Items des Testverfahrens zufällig angeordnet. Somit kann nicht nachvollzogen werden, ob möglicherweise vermehrt schwierigere Items zu Beginn des Tests gestellt wurden. Gebhardt et al. (2016a) verweisen in diesem Zusammenhang darauf, dass dies bei der Ziehung der Items mit unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden berücksichtigt werden müsse. Somit wäre es möglich, dass auch dieser Faktor Einfluss auf das Ergebnis hat. Wie bereits erwähnt, wurde der 100er Raum zur Zeit der Testdurchführung erst erarbeitet. Dies könnte ein Grund dafür sein, dass laut Mittelwertberechnungen nur etwa ein Viertel der Items richtig beantwortet wurde. Die geringe Quote richtiger Lösungen könnte ein Indiz dafür sein, dass Zahlbeziehungen noch nicht erschlossen wurden oder aber ein unzureichendes Intervallverständnis vorliegt.

In zukünftigen Untersuchungen sollten bessere Absprachen mit den Lehrkräften erfolgen, damit die Kinder nicht zu ungünstigen Zeitpunkten, wie z.B. Festlichkeiten, ausgeschlossen werden. Auch wäre es sinnvoll, die Testungen während der ersten beiden Schulstunden durchzuführen, da sehr wahrscheinlich die Konzentrationsfähigkeit im Laufe des Tages abnimmt.

Unter Betrachtung der Ergebnisse des ersten und zweiten Testverfahrens wird nochmals deutlich, dass das erste Testverfahren wesentlich geringere Anforderungen an die SchülerInnen stellte und scheinbar ein höheres Stellenwertverständnis im Zahlenraum bis 20 vorliegt.

Weiterhin wurde der Frage nachgegangen, ob sich die Ergebnisse der SchülerInnen mit (sonderpädagogischem) Förderbedarf von den Ergebnissen der Kinder ohne (sonderpädagogischen) Förderbedarf unterscheiden (Forschungsfrage 3). Zudem wurden ebenfalls Lernenden im Deutschspracherwerb zu der Gruppe mit Förderbedarf gezählt. Für diese Vorhaben wurde der erste Messzeitpunkt gewählt, da an diesem mehr SchülerInnen teilgenommen haben (n=325) und somit die Stichprobengröße geeigneter scheint. Die Gruppe der Lernenden mit Förderbedarf beläuft sich auf n=57. N=268 weisen keinen (sonderpädagogischen) Förderbedarf auf.

Test „*Niveaustufe 2 – Positionen finden im Zahlenraum bis 20*“: Der t-Test für unabhängige Stichproben ergab für das Testverfahren im Zahlenraum bis 20 einen signifikanten Unterschied zwischen den Ergebnissen der Probanden mit und ohne Förderbedarf. Dies zeigt sich auch an der Summe richtig beantworteter Items. Lernende ohne Förderbedarf konnten im Schnitt neun Items richtig lösen, während SchülerInnen mit Förderbedarf nur sieben Items richtig beantworteten. Der signifikante Unterschied der Ergebnisse kann durch vielerlei Faktoren bedingt sein. Grundsätzlich werden keine hohen sprachlichen Kompetenzen für den eigentlichen Zahlenstrahltest vorausgesetzt. Dennoch erfolgt vorab eine mündliche Instruktion, in der das Aufgabenformat erklärt wird. Wenn die Kinder aufgrund von sprachlichen Problemen nicht verstehen können, was bspw. bei Lernenden im Deutschspracherwerb der Fall sein könnte, wirkt sich das möglicherweise negativ auf ihr Testergebnis aus. Des Weiteren umfasst die Gruppe der SchülerInnen mit (sonderpädagogischem) Förderbedarf elf Kinder mit FSP LE und sechs Kinder mit FSP GG, die zieldifferent unterrichtet werden. Wie in der Theorie bereits dargestellt, wird für SchülerInnen mit dem FSP LE erst auf der zweiten Lernstufe der Zahlenraum bis 20 erschlossen. Demnach sind die anderen Kinder im Unterrichtsstoff weiter vorgedrungen (Beginn des Zahlenraumes bis 100), während die Lernenden mit dem FSP LE den Zahlenraum bis 20 erst erschließen und festigen müssen. Kinder mit dem FSP GG sollen entsprechend ihrer Möglichkeiten gefördert werden. Dadurch kann keine pauschale Aussage getroffen werden, über welche Kompetenzen die Kinder zu diesem Zeitpunkt verfügen (müssten). So ist es möglich, dass Kompetenzen im pränumerischen Bereich, im Zahlenraum bis 5 oder in einem höheren Zahlenraum bestehen. Auch die anderen Förderschwerpunkte (ESE, KM und Sprache) könnten Grund dafür sein, dass ein signifikanter Unterschied besteht. Wie im qualitativen Ergebnisteil erwähnt, sind für die Bedienung des Tablets Kompetenzen im Bereich der Visuomotorik erforderlich. Kinder mit Wahrnehmungsstörungen oder aber eingeschränkten körperlich motorischen Fähigkeiten könnte der Umgang mit dem Tablet vor große Herausforderungen stellen. Des Weiteren könnten eine geringe Frustrationstoleranz, Konzentrationsschwierigkeiten oder aber eine langsame Arbeitsgeschwindigkeit Faktoren zur der Beeinflussung der Testergebnisse sein.

Test „*Niveaustufe 3 – Positionen finden im Zahlenraum bis 100*“: Der Vergleich der beiden Untersuchungsgruppen hinsichtlich der Ergebnisse für das Testverfahren im Zahlenraum bis 100 zeigte keinen signifikanten Unterschied zum ersten Messzeitpunkt. Damit wird die

Nullhypothese angenommen, da die vorzufindende Mittelwertdifferenz zufällig bedingt sein kann. Kinder mit Förderbedarf lagen mit durchschnittlich vier richtig beantworteten Items knapp unter dem Wert der Kinder ohne Förderbedarf mit fünf richtigen Items. Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass der Test für beide Gruppen gleichermaßen schwer zu bewältigen war. Bei Kindern ohne Förderbedarf ist laut curricularen Vorgaben erst am Ende der Schuleingangsphase mit der Nutzung von Strukturen in Zahldarstellungen zur Anzahlerfassung im Zahlenraum bis 100 zu rechnen (vgl. Kapitel 3.3.). Zudem bestätigen die Aussagen des Lehrpersonals, dass im Unterricht bis dato kein sicherer Umgang im Zahlenraum bis 100 erlangt wurde. In diesem Zusammenhang wurde erwähnt, dass sich die Kompetenzvermittlung des Arbeitens am Zahlenstrahl über mehrere Schuljahre erstreckt. Damit scheinen *ähnlich*e Ausgangsbedingungen für beide Gruppen zu bestehen. Wobei an dieser Stelle angemerkt werden muss, dass Schülerinnen ohne Förderbedarf im Zahlenraum bis 20 bessere Ergebnisse erzielen (s.o.). Sie scheinen Kompetenzen zur Orientierung im Zahlenraum bis 20 noch nicht auf andere Zahlenräume übertragen zu können. Dies deckt sich mit der Aussage Krajewskis und Fusons. So merkt Fuson an, dass Lernende in verschiedenen Zahlenräumen in ihrer „konzeptuellen Entwicklung unterschiedlich weit sind“ (Weißhaupt & Preucker, 2009, S. 58). Auch Krajewski geht davon aus, dass sich die Kinder je nach Zahlenraum auf unterschiedlichen Ebenen des ZGV-Modells befinden und eine allmähliche Erarbeitung des Zahlenraumes notwendig ist (vgl. Kapitel 3.2.2./3.2.3.). An dieser Stelle sollte nochmals erwähnt werden, dass sich die Untersuchung nur auf MZP 1 bezieht. Ob sich die vorgefundenen Ergebnisse mit MZP 2 decken, kann somit nur vermutet, nicht aber mit Sicherheit beantwortet werden.

In einem weiteren Schritt (Forschungsfrage 4) wurde untersucht, ob bei Kindern mit dem FSP LE & GG Unterschiede zu den Ergebnissen von SchülerInnen ohne sonderpädagogischen Förderbedarf vorliegen. Damit wurde die Untersuchungsgruppe noch weiter eingegrenzt. Die Stichprobengröße beläuft sich auf n=17 (elf mit FSP LE & sechs mit FSP GG) und n=268 (Anzahl der SchülerInnen ohne sonderpädagogischen Förderbedarf). Kinder mit anderen Förderschwerpunkten (bzw. Förderbedarf Deutsch) werden, ggf. mit Nachteilsausgleich, zielgleich unterrichtet (vgl. Kapitel 3.3.1.). Demnach müssten die Ergebnisse dieser Kinder *ähnlich* zu der Untersuchungsgruppe ohne Förderbedarf sein. Eine Überprüfung dessen wurde in der vorliegenden Arbeit nicht vorgenommen. Diese Forschungsfrage verfolgt das Interesse, ob zieldifferenter Unterricht signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse der Kinder mit FSP LE/GG hat. Für den Vergleich wurde auch hier der erste Messzeitpunkt gewählt, da an diesem mehr SchülerInnen teilgenommen haben.

Der t-Test für unabhängige Stichproben ergab für beide Testverfahren (Zahlenraum bis 20 und Zahlenraum bis 100) keine signifikanten Unterschiede in den Testergebnissen der beiden Untersuchungsgruppen (vgl. Kapitel 6.). Diese Tatsache ist vermutlich auf die proportional kleine Stichprobengröße der Lernenden mit FSP LE/GG (n=17) im Gegensatz zur Vergleichsgruppe (n=268) zurückzuführen. Zudem hatten in der Gruppe der SchülerInnen mit sonderpädagogischem Förderbedarf vier Kinder eine Integrationsassistenz, die sie während der Testung begleiteten. Die IntegrationsassistentInnen wurden vorab über den Ablauf informiert und darum gebeten, lediglich bei Fragen bezüglich der Bedienung des Gerätes zu helfen. Dennoch ist es möglich, dass sie den SchülerInnen auch Antworten vorgaben, bzw. ihnen zur richtigen Lösung verhalfen. Auch könnte es sein, dass unter der Gruppe der Lernenden ohne diagnostizierten Förderbedarf vereinzelte SchülerInnen ein erhöhtes Risiko für den FSP LE aufweisen. Wie im Kapitel 3.3.1. erwähnt, wird in der Regel erst ab dem dritten Jahr in der Schuleingangsphase ein Verfahren zur Feststellung des sonderpädagogischen Förderbedarfs im Bereich LE eingeleitet.

Da bereits bei SchülerInnen ohne Förderbedarf erhebliche Schwierigkeiten bei Bewältigung der Tests auftraten, ist davon auszugehen, dass die Testverfahren für einige Kinder mit FSP GG bzw. LE nicht geeignet sind. Bei der theoretischen Fundierung wurde darauf verwiesen, dass sich im inklusiven Unterricht Darstellungsmethoden auf enaktiver, ikonischer und symbolischer Ebene anbieten. Bei dem Zahlenstrahl handelt es sich um eine bildliche Darstellungsweise des Zahlenraumes, dieser ist entsprechend der ikonischen Ebene zuzuordnen. Damit die Funktion und der Aufbau des Zahlenstrahls verstanden werden, bedarf es einer guten Einführung des Veranschaulichungsmittels, damit dieses kein Lernhemmnis darstellt (vgl. Kapitel 3.3.2.). Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Darstellungsform für Kinder mit einer geistigen Beeinträchtigung zu abstrakt ist. Um zu aussagekräftigeren Ergebnissen zu gelangen, müsste die Stichprobengröße erweitert werden.

Grundsätzlich gilt jedoch, dass der kategorische Ausschluss der Kinder, allein aufgrund der Stigmatisierung „geistige Behinderung“, der falsche Weg wäre. Sicherlich dienen die Testverfahren der Onlineplattform LEVUMI vor allem als präventive Maßnahme für SchülerInnen, die ein erhöhtes Risiko im Bereich Lernen aufweisen. Dennoch ist es möglich, dass auch Kinder mit einer leichten geistigen Behinderung von derartigen Testverfahren profitieren. Lehrkräfte können in diesem Fall am besten entscheiden, ob eine Teilnahme sinnvoll ist oder andere diagnostische Wege zur Überprüfung der Leistungsentwicklung hinzugezogen werden müssen. In der vorliegenden Untersuchung lagen keine genauen Informationen bezüglich der Schwere der Behinderung vor, sodass jede/r Schüler/in teilnehmen durfte. Es wäre beispielwese möglich für leistungsschwächere Kinder niedrigere Niveaustufen anzubieten. Aufgrund kognitiver Beeinträchtigungen ist mit einer verzögerten Entwicklung der basalen mathematischen Kompetenzen zu rechnen (vgl. Kapitel 3.2.2.). Es besteht ein erhöhtes Risiko dafür, dass der numerische Bereich durch diese Lernenden nicht erschlossen werden kann. Jedoch verdeutlichen die Untersuchungen von Bashah, Outhred und Bochner (2003), dass keine pauschale Aussage bezüglich der Kompetenzen möglich ist (vgl. Kapitel 3.3.1.). So waren einige SchülerInnen mit dem FSP GG in der Untersuchungsgruppe in der Lage bis 20 zu zählen. Sie wiesen eine ähnliche Zählentwicklung wie Kinder ohne Beeinträchtigung auf, die jedoch zeitlich verzögert ist. Den Worten Masterpieris und Scruggs (2007) (vgl. Kapitel 3.3.1.) soll mittels dieser Auslegung nochmal Nachdruck verliehen werden: "Students with disabilities will also need to gain proficiency in mathematics to fully participate in society. For this to occur, teachers must be fluent in a variety of teaching techniques that will allow students with diverse learning needs to meet their greatest potential in math.[…]" (S. 327ff)

Abschließend erfolgt eine Bewertung hinsichtlich der Praktikabilität der Testverfahren. Dafür werden die Nebengütekriterien *Vergleichbarkeit*, *Ökonomie* und *Nützlichkeit* der Tests betrachtet. In diesem Zusammenhang werden das Anforderungsprofil sowie die Konstruktion kritisch reflektiert und Verbesserungsvorschläge aufgeführt.

Ökonomie der Testverfahren: Zunächst sollte positiv hervorgehoben werden, dass es sich bei der Onlineplattform LEVUMI um ein kostenloses Programm für LehrerInnen handelt. Schaut man sich normierte Verfahren, z.B. die der Testzentrale, an, so wird ersichtlich, dass dafür teilweise hohe Summen verlangt werden. Da den Schulen nur ein begrenztes Budget zur Verfügung steht, ist es häufig nicht möglich alle Bereiche (Mathematik, Lesen, Rechtschreibung etc.) abzudecken. LEVUMI umfasst mehrere Kategorien und beschränkt sich nicht nur auf einen Kompetenzbereich. Die Tatsache, dass die Testverfahren noch nicht normiert sind, stellt dabei keinen Nachteil dar. Die Lehrenden können durch eigene Anwendung am besten entscheiden, ob die Testverfahren zu den unterrichtlichen Inhalten passen und damit eine sinnvolle Basis für die Diagnostik bilden.

Wie bereits im qualitativen Ergebnisteil erwähnt, wird für die Eingabe der erforderlichen Daten einer Klasse etwa 15-20 Minuten benötigt. Damit hält sich der zeitliche Aufwand in einem vertretbaren Rahmen. Es handelt sich um eine einmalige Maßnahme. Im Anschluss können etwaige Testverfahren für die SchülerInnen freigeschaltet werden. Eine kurze und verständliche Beschreibung zu den einzelnen durchzuführenden Schritten ist auf der Internetseite hinterlegt. Für die Lesetests gibt es bereits ein Handbuch für Lehrkräfte, welches

Interpretations- und Durchführungsanweisungen beinhaltet. Bisher steht ein solches Lehrerhandbuch noch nicht für die Zahlenstrahltests zur Verfügung. Dies wäre jedoch sicherlich von Vorteil, damit die Lehrenden eine Richtlinie für den Gebrauch und die Anwendung der Testverfahren hätten. Außerdem würde dies auch die Interpretation der Ergebnisse vereinfachen und somit den Ansprüchen eines ökomischen Tests gerechter werden. Grundsätzlich versucht LEVUMI die Ergebnisdarstellung mittels Lernverlaufsgraphen der jeweiligen Kinder simpel zu gestalten. Bei einer Klassengröße von ca. 25 Kindern ist es jedoch nicht einfach den Überblick zu behalten. In der vorliegenden Arbeit wurden lediglich zu zwei Messzeitpunkten Daten erhoben. Schon hier fiel die Interpretation der Graphen schwer, da sich die farblich gekennzeichneten Lerngraphen zum Teil nicht deutlich genug voneinander absetzten. Es ist wahrscheinlich, dass die Übersichtlichkeit nach 10-15 Messzeitpunkten nicht mehr zureichend gegeben ist. .

Sofern ausreichend technische und räumliche Ressourcen in der Schule verfügbar sind, ist das Instrument als Gruppentest einsetzbar. In diesem Fall wurden die Testverfahren mit einer Gruppenstärke von bis zu 14 Probanden durchgeführt. Klaudt verweist darauf, dass während der Durchführung die Testleitung durch die Beobachtung der Kinder wichtige Hinweise bezüglich ihrer Nutzung von Strategien im Zahlenstrahl erhält. Aufgrund der gesammelten Erfahrungen kann in diesem Zusammenhang festgestellt werden, dass eine kleinere Gruppengröße (max. 10 Lernende) deutlich effektiver wäre. So könnte vermehrt auf die Anwendung von Strategien (vgl. Kapitel 3.3.2.) geachtet und schneller bei technischen Problemen eingegriffen werden. Die Unterteilung der Klasse in kleinere Gruppen setzt jedoch auch voraus, dass die Durchführung im Rahmen des Teamteachings erfolgt. Da es sich um Speedtests handelt (à 3 Minuten), wird wenig Unterrichtszeit für die eigentliche Durchführung benötigt. Jedoch muss an dieser Stelle berücksichtigt werden, dass die Vorbereitung ebenfalls Zeit in Anspruch nimmt (Schüler-Account eingeben, Plätze zuweisen). Schätzungsweise wird für die Testung einer ganzen Kasse eine Schulstunde benötigt. Im Kollegium sollte entschieden werden, ob ein wöchentlicher oder monatlicher Einsatz des Testverfahrens sinnvoller ist, je nachdem wie viel Unterrichtszeit für die Lernverlaufsmessung bereitgestellt werden kann. Im Kapitel „Testdurchführung“ wurde darauf aufmerksam gemacht, dass zu dem Zeitpunkt der Testung keine internetfähigen Endgeräte an den Schulen vorhanden waren. Im Zuge der Modernisierungsmaßnahmen wurden ausgewählte Schulen zu Beginn dieses Jahres mit Tabletkoffern ausgestattet. Zudem wurden die Lehrkräfte im Umgang mit digitalen Medien geschult. Sofern keine Tablets verfügbar sind, besteht die Möglichkeit, Tablets im Schulmedienzentrum (AKSMZ) der Stadt Essen auszuleihen. Dies setzt jedoch das Interesse und das Engagement der LehrerInnen voraus.

Vergleichbarkeit der Testverfahren: Wie bereits mehrfach erwähnt erfolgt ab dem zweiten Messzeitpunkt eine zufällige Reihenfolge der Items – laut Testkonstruktion. Dadurch werden mehrere Parallelformen gebildet, wodurch das „Abgucken“ von Ergebnissen anderer SchülerInnen erschwert wird. Außerdem wird damit die Vergleichbarkeit zwischen den Ergebnissen eines Kindes zu verschiedenen Messzeitpunkten erhöht. Die berechnete Schwierigkeit der einzelnen Items zeigt jedoch, dass im Zahlenraum bis 20 keine Homogenität der Testschwierigkeit vorliegt und dies dementsprechend bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden muss. Des Weiteren sollte bedacht werden, dass die SchülerInnen unterschiedliche Erfahrungen im Umgang mit Tablets haben. Somit wäre eine Schulung für alle Lernenden ratsam, in der sie ein Gefühl dafür erlangen, wie lang und fest das Display berührt werden muss, damit es reagiert. Andernfalls wäre es möglich, dass das Testergebnis geringer ausfällt, verglichen mit dem tatsächlichen Potential des Kindes.

Bei der tabellarischen Darstellung der Itemschwiergkeit wurden die einzelnen Items entsprechend ihrer natürlichen Zahlenfolge aufgelistet. Sortiert man die Items jedoch nach der tatsächlichen Anordnung zum ersten Messzeitpunkt, so ist erkennbar, dass die Zahlen unter der Spalte Gesamtantworten sukzessiv abnehmen. Dies hängt sehr wahrscheinlich mit der Zeitvorgabe von drei Minuten zusammen, da infolgedessen Items unbeantwortet bleiben. Zum zweiten Messzeitpunkt dürfte dieses Phänomen *eigentlich* nicht auftreten, da die Items für jedes Kind unterschiedlich angeordnet werden. Bei Sichtung der Ergebnisse ist jedoch erkennbar, dass auch zum zweiten Messzeitpunkt die Gesamtantworten entsprechend der Anordnung zu MZP 1 abnehmen. Dadurch ergibt sich die Annahme, dass zum zweiten Messzeitpunkt die Items nochmals in der gleichen Reihenfolge wie zu MZP 1 angezeigt wurden. Während der Testsituation war dies aufgrund der hohen Teilnehmerzahl nicht nachvollziehbar. Damit würde ein Fehler in der Konstruktion vorliegen, der möglicherweise auch Einfluss auf die Ergebnisse (Forschungsfrage 1-4) genommen hat. Eine entsprechende Darstellung, in der die Items entsprechend der Reihenfolge abgebildet wurden, ist im Anhang beigefügt.

Nützlichkeit der Testverfahren: Aus den Ergebnissen der Forschungsfragen eins bis vier wird abgeleitet, dass die Anforderungen der Testverfahren für Lernende der zweiten Schulstufe zu hoch sind. Zudem liegen bisher keine Interventionsmaßnahmen für eine anschließende Förderung leistungsschwächerer SchülerInnen vor. Sofern die (möglicherweise modifizierten) Zahlenstrahltests zukünftig Anwendung in der Praxis finden, sollte in einem nächsten Schritt überlegt werden, welche Maßnahmen zur Intervention ergriffen werden können. Generell stellt sich die Frage, ob mittels der bisherigen Testkonstruktion tatsächlich eine Überprüfung des Stellenwertverständnisses erfolgen kann. Daher wird zunächst auf die benötigten Kompetenzen zur Bewältigung des Testverfahrens eingegangen. In diesem Zuge wird der Versuch unternommen, eine Einordnung im Kompetenzmodell nach Krajewski vorzunehmen und das Anforderungsprofil zu bewerten. Anschließend werden mögliche Änderungen der Konstruktion vorgeschlagen.

Zahlenstrahlschätzaufgaben dienen zur Erfassung der individuellen Vorstellungen des Zahlenraumes der Lernenden. Des Weiteren wird bei der Verwendung eines Zahlenstrahls ersichtlich, ob SchülerInnen bereits Zahlrelationen verinnerlicht haben. Im theoretischen Teil der Arbeit wurde darauf verwiesen, dass sich der Zahlenstrahl im Wesentlichen am ordinalen Zahlaspekt orientiert. Der Kardinalzahlaspekt kann anhand der Verwendung von strukturierten Mengen (5er/10er Strukturen) erfasst werden. Bei der Testdurchführung konnte beobachtet werden, dass der Großteil der Probanden die „Zählstrategie ab Null“ anwandte. Nur die wenigsten nutzen selbstgesetzte Ankerpunkte bzw. Zahlbeziehungen, um zu richtigen Ergebnissen zu gelangen (Strategie „Suche nach Vorgabezahl“). Ebenso wurde darauf verwiesen, dass das Arbeiten am (leeren) Zahlenstrahl einer langen Einführung bedarf, bevor die Lernenden selbstständig Markierungen in einem leeren Zahlenstrahl vornehmen können. Darüber hinaus benötigen die SchülerInnen ein Intervallverständnis und müssen die Gesamtlänge des Zahlenstrahls in Beziehung zur gesuchten Zahl setzen. Das Vorgehen mittels Einerschritten (ordinal) führte bei dem Testverfahren im Zahlenraum bis 100 nicht zur richtigen Platzierung der Zahl. Demnach wird ein kardinales Verständnis für die Bearbeitung der Aufgaben vorausgesetzt. Weiterhin müssen die Kinder Zahlrelationen erfassen und über ein proportionales Verständnis verfügen. Somit werden für die Zahlenstrahlschätzaufgaben Kompetenzen der zweiten und dritten Ebene des Modells nach Krajweski[17] benötigt. Während der Testsituation konnten hingegen fast ausschließlich Kompetenzen der ersten Ebene beobachtet werden. Dies schließt aber nicht aus, dass die SchülerInnen bereits über Kompetenzen in höheren Ebenen verfügen. Den Kindern war es überwiegend möglich die Zahlwortreihe bis 20 bzw. bis 100 zu durchlaufen. In der Regel fingen sie dafür bei der Zahl eins an. Es wird aber dennoch davon ausgegangen, dass die Kinder ab einer ihnen bekannten Zahl beliebig weiterzählen können (vgl. Fuson) und das Durchlaufen der Zahlwortreihe ab eins lediglich als Orientierungsstütze im Zahlenstrahl diente. Zudem konnte oft beobachtet werden, dass sie ein Verständnis von „mehr“ und

[17] Die Kompetenz, sich im Zahlenraum orientieren zu können, liegt nach Krajewski auf Ebene 2 (vgl. Kapitel 3.3.2.). Für die vorliegenden Tests sind jedoch ebenfalls Kompetenzen der dritten Ebene notwendig.

„weniger“ im Zahlenraum bis 100 aufweisen (die Zahl 40 liegt vor der Zahl 61). Es war ihnen scheinbar nicht möglich, dieses Wissen auf den Zahlenstrahl zu übertragen.

Im Zahlenstrahltest bis 20 konnten bessere Ergebnisse erzielt werden. Dies liegt zum einen daran, dass hier mittels der „Zählstrategie ab Null“ eine höhere Erfolgsquote zu verzeichnen war. Zum anderen ist der Zahlenraum bis 20 bereits im Unterricht thematisiert worden. Somit wäre es möglich, dass die Kinder für diesen Zahlenraum auf einen mentalen Zahlenstrahl zurückgreifen können (vgl. Resnick). Nach Krajewski wird in kleineren Zahlenräumen die dritte Ebene früher erschlossen, während das Verständnis für höhere Zahlen noch nicht verinnerlicht wurde. Diese Aussage deckt sich mit den vorliegenden Daten. Sie verweist darauf, dass sich die SchülerInnen bei der Erarbeitung des Hunderterraums im zweiten Schuljahr erst allmählich auf das Niveau der dritten Ebene hocharbeiten müssen(vgl. Kapitel 3.2.3.).

Auf Grundlage der Ergebnisse könnte man zu dem Entschluss kommen, dass ein Großteil der Kinder über ein unzureichendes Stellenwertverständnis verfügt. Diese Interpretation wäre insofern falsch, als dass noch gar nicht mit Materialien gearbeitet wurde, die die Förderung des Stellenwertverständnisses unterstützt. So bietet sich bspw. das Hunderterfeld für das Erschließen der Zahlbeziehungen an, da dort die dekadische Struktur des Zahlenraums visualisiert wird. Weiterhin müssen die Prinzipien des Bündelns und Entbündelns (z.B. mit Dines-Material) verinnerlicht werden (vgl. Kapitel 3.3.2.). Daraus lässt sich ableiten, dass der Zahlenstrahltest zu Beginn des zweiten Schuljahres deutlich zu früh durchgeführt wurde, da die eben genannten Inhalte noch nicht ausreichend im Unterricht behandelt wurden. Zusätzlich ist zu vermuten, dass die SchülerInnen bisher noch nicht mit einem leeren Zahlenstrahl gearbeitet haben. So zeigte auch der Blick in die Schülbücher[18] der zweiten Klasse, dass diese nur eine rudimentäre Rolle spielen bzw. deutlich später (gegen Mitte/Ende des Schuljahres) eingesetzt werden, um Rechenoperationen zu vollziehen. Dabei steht nicht im Vordergrund genaue Skalierungen vorzunehmen. Vielmehr sollen die Lernenden angeben können, welche Position die Zahlen in der Zahlenfolge haben (20 vor 32; 77 nach 45) usw.). Die Arbeitsgruppe um Herrn Selter (vgl. Kapitel 3.3.2.) verwies bei ihren Untersuchungen ebenfalls darauf, dass lediglich Tendenzen der richtigen Positionierung von Zahlen erkennbar sein sollen. Infolgedessen ergeben sich Verbesserungsvorschläge für die Konstruktion der Testverfahren:

[18] Flex und Flo & Welt der Zahl

- Orientierungspunkte im Zahlenraum angeben
  - Zahlenraum bis 20: 0, 5, 10, 15, 20
  - Zahlenraum bis 20: 0, 10, 20
  - Zahlenraum bis 100: 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100
  - Zahlenraum bis 100: 0, 25, 50, 75, 100
  - Zahlenraum bis 100: 0, 50, 100
- Skalierungen ohne Zahlbeschriftung
- Skalierungen mit und ohne Zahlbeschriftungen
- Vorgabe von Zahlen, die pro Item variieren

Bisher werden den SchülerInnen lediglich die Anfangs- bzw. Endpunkte angezeigt. Eine Möglichkeit das Schwierigkeitsniveau zu senken besteht darin, im Zahlenstrahl Orientierungspunkte anzugeben. Die oben dargestellten Ankerpunkte variieren in ihrer Anzahl und haben somit Einfluss auf den Schwierigkeitsgrad des Tests. Grundsätzlich ist es auch denkbar, verschiedene Niveaustufen innerhalb eines Zahlenraumes anzubieten. Für Kinder, die mehr Struktur benötigen, bietet sich die Darstellung der Zahlenintervalle in 5er/10er Schritten an. SchülerInnen, die bereits ein gefestigteres Stellenwertverständnis aufweisen, benötigen unter Umständen auch nur eine Zahlbeschriftung in der Mitte des Zahlenstrahls. Weiterhin wäre es möglich, auf Zahlbeschriftungen zu verzichten und lediglich Markierungen vorzugeben. Auch könnte das Testverfahren auch so konstruiert werden, dass pro Item unterschiedliche Markierungen auf dem Zahlenstrahl festgelegt werden. Die Kinder müssten in diesem Fall die Position der Zahl innerhalb der Intervalle verorten. Dadurch würde ersichtlich, ob sich die SchülerInnen im Zahlenraum orientieren können und wissen, in welchem Bereich die Zahl liegt (Bsp. „Wo ist die Zahl 78 auf dem Zahlenstrahl? Klicke.“ Vorgegebene Zahlen: 33; 56; 83). In diesem Fall würde es als richtig gewertet, wenn die Kinder den Strich zwischen der „56“ und „83“ setzen und dieser im besten Falle näher an der „83“ liegt.

Wird davon abgesehen Orientierungspunkte zu setzen, sollte die programmierte Streuung von 10% erhöht werden. Eine Abweichung von einer Zahl bzw. fünf Zahlen in beide Richtungen erscheinen an einem leeren Zahlenstrahl recht gering. So wird bei der bisherigen Testsituation ein Antippen der Zahl „7“ bei der gesuchten Zahl „9“ als falsch gewertet, obwohl erkennbar ist, dass die Zahl näher zur „10“ als zur „0“ gesetzt wurde.

Ein weiterer Vorschlag lautet, dass die Darstellung des Zahlenstrahls geändert wird. Um eine richtige Positionierungen der Zahlen vornehmen zu können, muss ein Verständnis für den Aufbau des Zahlenstrahls vorhanden sein. Dieses beinhaltet, dass im Zahlenstrahl die Zahlen nach rechts aufsteigen bzw. die Zahlen nach links kleiner werden. Vereinzelte SchülerInnen werden jedoch selbst nach Erläuterung des Aufbaus Schwierigkeiten haben, sofern sie eine Rechts-Links-Orientierungsstörung aufweisen (vgl. Kapitel 3.3.2.). Anhand des *vertikalen* Zahlenstrahls könnten sich diese Lernenden vermutlich besser orientieren. Bereits im Kapitel 6. wurde erwähnt, dass die SchülerInnen zum Teil die Aufgabe missverstanden und auf die Zahl in der Aufgabenstellung geklickt haben. In diesem Falle sollte eine Modifikation der Arbeitsanweisung in Betracht gezogen werden. So könnte sie z.B. lauten: „Wo ist die Zahl 12 auf dem Zahlenstrahl? Klicke.“. Zwar würde die Anweisung in diesem Fall länger, aber auch präziser. Weiterhin wäre es möglich, eine Sperre zu programmieren, damit Items nicht übersprungen werden. Die Tatsache, dass zum Teil doppelt auf „Weiter“ geklickt wurde, versetzte viele Kinder in Aufregung. Hier muss auch bedacht werden, dass mittels dieser Maßnahme die Ratewahrscheinlichkeit erhöht werden könnte. Des Weiteren sollten die Testverfahren an das Bildschirmformat der Tablets angepasst werden, damit unnötiges Scrollen vermieden wird.

8. Zusammenfassung und Ausblick

Ziel dieser Arbeit war es, die neu konstruierten Testverfahren zur Erfassung der Lernverläufe basaler mathematischer Kompetenzen der Onlineplattform LEVUMI einer Prüfung hinsichtlich des Schwierigkeitsgrades und der Praktikabilität zu unterziehen. Dafür wurden die Zahlenstrahltests *„Niveaustufe 2 – Positionen finden im Zahlenraum bis 20“* sowie *„Niveaustufe 3 – Positionen finden im Zahlenraum bis 100“* in den zweiten Jahrgängen inklusiver schulischer Settings erprobt.

Zunächst wurde die Relevanz des Themas begründet und auf die derzeitige Situation im Primarbereich eingegangen. In einem nächsten Schritt wurden Begrifflichkeiten geklärt und die Entwicklung grundlegender mathematischer Kompetenzen dargestellt. Hierfür wurde das Kompetenzmodell nach Krajewksi hinzugezogen. Des Weiteren wurden curriculare Vorgaben sowie Darstellungsmittel der schulischen Praxis aufgeführt und ein besonderes Augenmerk auf den Zahlenstrahl gelegt. Bevor der methodische Teil der Arbeit erläutert wurde, erfolgte eine Beschreibung von Diagnosemöglichkeiten im schulischen Kontext. Der empirische Teil beinhaltete die Berechnungen der Itemschwierigkeit, Gruppenvergleiche der SchülerInnen mit und ohne sonderpädagogischen Förderbedarf sowie qualitative Ergebnisse, die auf den Beobachtungen während der Testdurchführung beruhten. Anschließend wurden die gewonnenen Daten diskutiert und mit theoretischen Bezugspunkten verknüpft. Die prägnantesten Ergebnisse werden im Folgenden zusammengefasst dargestellt

Insgesamt zeigt sich eine relativ hohe Itemschwierigkeit für beide Testverfahren. Im Zahlenraum bis 100 scheinen die Items mit einem durchschnittlichen Schwierigkeitsindex von P_i=25 besonders hohe Anforderungen an die SchülerInnen zu stellen. Im Zahlenraum bis 20 war der Schwierigkeitsindex mit P_i=50 höher, dementsprechend konnten mehr Items richtig bearbeitet werden. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass der Zahlenraum bis 100 zu Beginn des zweiten Schuljahres noch nicht ausreichend im Mathematikunterricht behandelt wurde.

Weiterhin konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Messzeitpunkten im Zahlenstrahltest bis 20 ermittelt werden. Es wird angenommen, dass dies durch die geringen zeitlichen Abstände zwischen den Testungen bedingt wurde. Im Zahlenraum bis 100 zeigte der t-Test eine Verschlechterung der Ergebnisse aller SchülerInnen. Ein Grund hierfür könnte der Schwierigkeitsgrad der abgefragten Items sein. Generell wird angenommen, dass die gesamte Testkonstruktion negativen Einfluss auf die Leistungen der Lernenden nahm. Die Tatsache, dass keine systematischen Unterschiede zwischen den Ergebnissen der SchülerInnen mit und ohne (sonderpädagogischen) Förderbedarf im Zahlenstrahltest bis 100 festgestellt wurden, verdeutlicht, dass der Test an alle Kinder gleichermaßen komplexe Anforderungen stellte. Hingegen zeigen die Ergebnisse im Zahlenraum bis 20 einen signifikanten Unterschied, der unter anderem auf die curricularen Vorgaben zurückzuführen ist. Kinder ohne Förderbedarf waren zu diesem Zeitpunkt bereits tiefer und weiter im Unterrichtsstoff vorgedrungen. Der Vergleich der gewonnen Daten der Untersuchungsgruppe mit FSP LE & GG und den SchülerInnen ohne Förderschwerpunkt zeigt bei beiden Testverfahren keine systematischen Unterschiede. Dies ist vermutlich auf die geringe Stichprobengröße zurückzuführen.

Die Praktikabilität der Onlineplattform LEVUMI lässt sich zunächst einmal sehr positiv bewerten, da die digitale Erfassung der Daten LehrerInnen entlastet und der zeitliche Rahmen für die Testverfahren angemessen erscheint. Kritischer müssen die vorliegenden Testverfahren bewertet werden. Neben kleineren technischen Problemen stellt vor allem die Konstruktion ein Hindernis dar. Hier wäre es ratsam eine Anpassung vorzunehmen und den Kindern mehr Hilfestellungen z.B. mittels Ankerpunkten zu geben.

Aus den hier dargestellten Erkenntnissen ergeben sich neue Forschungsdesiderate, die in einem nächsten Schritt untersucht werden könnten. Zunächst wäre es möglich, die hier verwendeten Testverfahren zu einem *späteren* Zeitpunkt im Schuljahr (eventuell auch in dritten Klassen) erneut durchzuführen, wenn die SchülerInnen bereits tiefer in der Materie vorgedrungen sind. Weiterhin wäre es möglich, die Testverfahren hinsichtlich des Aufbaus zu modifizieren (Ankerpunkte mit/ohne Zahlbeschriftung) und in den Klassen der zweiten Jahrgangsstufe nochmals durchzuführen. Im Anschluss könnte ein Vergleich gezogen werden, ob der Schwierigkeitsindex steigt und damit der Test für alle SchülerInnen besser zu bewältigen sein wird. Zudem gäbe es die Option, zwischen den Messzeitpunkten gezielte Interventionsmaßnahmen zur Förderung des Stellenwertverständnisses einzubinden. An die Tests anschließend, sollte das System LEVUMI, den Lehrkräften Verweise auf geeignete Materialien geben.

Grundsätzlich erscheint ein Testverfahren am Zahlenstrahl dann sinnvoll, wenn im Unterricht viel mit diesem Darstellungsmittel gearbeitet wird und die Kinder den Aufbau verstanden haben. Sollten die Kinder keinerlei bzw. wenig Erfahrungen mit diesem Material aufweisen, kann es nicht den gewünschten Zweck erfüllen. In diesem Falle sollten die Lehrkräfte auf andere Materialien zurückgreifen, um das Stellenwertverständnis zu überprüfen.

VII Literaturverzeichnis

Ahrbeck, Bernd (2014). *Inklusion. Eine Kritik*. Stuttgart: Kohlhammer.

Beauftragte der Bundesregierung für die Belange von Menschen mit Behinderungen (2017). Die UN-Behindertenrechtskonvention. Übereinkommen für die Rechte von Menschen mit Behinderungen. [Online]. Verfügbar unter: https://www.behindertenbeauftragte.de/SharedDocs/Publikationen/UN_Konvention_deutsch.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [28.01.2018]

Becker, Maria (2016): Inklusive Deutschdidaktik. In: FRANZ, Kurt/PAYRHUBER, Franz-Josef (Hrsg.): *Kinder- und Jugendliteratur. Ein Lexikon*. Meitingen: Corian Verlag.

Böttinger, T (2016). *Inklusion. Gesellschaftliche Leitidee und schulische Aufgabe*. Stuttgart: Kohlhammer.

Bertelsmann Stiftung (2018). Studie - Lehrermangel an Grundschulen verschärft sich. [Online]. Verfügbar unter: lehrermangel-in-grundschulen-verschaerft-sich [05.02.2018)

Breitenbach, E. (2014). *Psychologie in der Heil- und Sonderpädagogik*. Stuttgart: Kohlhammer.

Breitenbach, E. (2015). *Lernverlaufsdiagnostik oder Curriculumbasiertes Messen.* [Online]. Verfügbar unter: http://www.praxis-foerderdiagnostik.de/curriculumbasiertes_messen/

Bundschuh, K. (2005). *Einführung in die sonderpädagogische Diagnostik*. 6. Aufl. München: Ernst Reinhardt.

De Vries, C. (2006). *Mathematik an der Schule für Geistigbehinderte. Grundlagen und Übungsvorschläge für Diagnostik und Förderung*. Dortmund: Verlag modernes Lernen.

De Vries, C. (2008). *Diagnostik und Förderung mathematischer Basiskompetenzen*. [Online]. Verfügbar unter: oops.uni-oldenburg.de/1014/1/vridia10.pdf [13.01.2018]

Defitowski, J.(2014). *Rechenschwierigkeiten im Mathematikunterricht der Grundschule. Entwicklung des mathematischen Lernprozesses*. Hamburg: Diplomica.

Drüke-Noe, C., Möller, G., Pallack, A., Schmidt, S., Schmidt, U., Sommer, N. & Wynands, A. (2011), Basiskompetenzen Mathematik. [Online]. Verfügbar unter: http://bso.bildung.hessen.de/links/basiskompetenzen_internet.pdf [16.01.2018]

Erpenbeck, J. (2014). Stichwort „Kompetenzen“*. DieZeitschrift,* 2, 20-21.

Feuser, G. (2016). Zur endlosen Geschichte der Verweigerung uneingeschränkter Teilhabe an Bildung – durch die Geistigbehindert-Macher und Kolonisatoren. In E. Fischer & R. Markowetz (Hrsg.), *Inklusion im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung*. Stuttgart: Kohlhammer.

Fischer, U. & Moeller, K. (2014). Aktuelle Befunde zu Zahlenstrahltrainings - Verschiedene Ansätze und deren Wirklichkeit. In G. Schulte-Körne (Hrsg.), *Legasthenie und Dyskalkulie. Neue Methoden zur Diagnostik und Förderung*. (S. 33-47). Bochum: Verlag Dieter Winkler.

Friedmann, N. (2014). *Integration vs. Inklusion. Die Möglichkeit der praktischen Umsetzung im Elementarbereich*. Hamburg: Diplomica.

Fritz, A. & Ehlert, A. (2014). Mathematik in der Sekundarstufe 1. Basiskompetenzen erfassen – Problembereiche aufzeigen. In G. Schulte-Körne (Hrsg.), *Legasthenie und Dyskalkulie. Neue Methoden zur Diagnostik und Förderung.* (S. 21-32) Bochum: Dr. Dieter Winkler.

Fritz, A., Ricken, G. & Gerlach, M. (2015). *Handreichung zur Durchführung der Diagnose Kalkulie. Diagnose und Trainingsprogramm für rechenschwache Kinder*. Berlin: Cornelsen.

Gasteiger, H. (2010). *Elementare mathematische Bildung im Alltag der Kindertagesstätte. Grundlegung und Evaluation eines kompetenzorientierten Förderansatzes.* Münster: Waxmann.

Gebhardt, M, Oelkrug, K. & Tretter, T. (2013). Das mathematische Leistungsspektrum bei Schülerinnen und Schülern mit sonderpädagogischem Förderbedarf in der Sekundarstufe. Ein explorativer Querschnitt der fünften bis neunten Klassenstufe in Münchener Förderschulen, Empirische Sonderpädagogik, 5 (2), 130-143.

Gebhardt, M. (2015). *Gemeinsamer Unterricht von Schülerinnen und Schülern mit und ohne sonderpädagogischen Förderbedarf - Ein empirischer Überblick*. [Online]. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/278243948_Gemeinsamer_Unterricht_von_Schulerinnen_und_Schulern_mit_und_ohne_sonderpadagogischen_Forderbedarf_Ein_empirischer_Uberblick [28.01.2018]

Gebhardt, M., Schwab, S., Nusser, L. & Hessels, M. (2015a). Einstellungen und Selbstwirksamkeit von Lehrerinnen und Lehrern zur schulischen Inklusion in Deutschland – eine Analyse mit Daten des Nationalen Bildungspanels Deutschlands (NEPS). *Empirische Pädagogik*, 2, 212-229.

Gebhardt, M., Heine, J. & Sälzer, C.(2015b). *Schulische Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern ohne sonderpädagogischem Förderbedarf im gemeinsamen Unterricht.*[Online]. Verfügbar unter: http://www.joerg-henrik-heine.de/jhh/Publikationen_files/Gebhardt%20et%20al.%20-%202015%20-%20Schulische%20Kompetenzen%20von%20Schu%CC%88lerinnen%20und%20Schu%CC%88le.pdf [31.01.2018]

Gebhardt, M., Diehl, K. & Mühling, A. (2016a). Online-Lernlaufsvermessung für alle Schülerinnen und Schüler in inklusiven Klassen. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 66, 444-453.

Gebhardt, M., Diehl, K. & Mühling, A. (2016b). *Lern-Verlaufs-Monitoring. LEVUMI Lehrerhandbuch*. [Online]. Verfügbar unter: https://www.levumi.de/assets/LEVUMI_Lehrerhandbuch-e4be8726eacb0121247626010d57c010.pdf [02.02.2018]

Götz, L., Lingel, K. & Schneider, W. (2013). Diagnostik mathematischer Kompetenzen in der Sekundarstufe 1 am Beispiel der Deutschen Mathematiktests für die fünften und sechsten Klassen (DEMAT 5+; DEMAT6+). In M. Hasselhorn, A.Heinze, W.Schneider & U.Trautwein (Hrsg.), *Diagnostik mathematischer Kompetenzen. Test und Trends. Band 11*.(S. 241-260). Göttingen: Hogrefe.

Grüßing, M. (2009). Mathematische Kompetenzentwicklung zwischen Elementar- und Primarbereich: Zusammenfassung und Forschungsdesiderata. In A. Heinze & M. Grüßing (Hrsg.), *Mathematiklernen vom Kindergarten bis zum Studium. Kontinuität und Kohärenz als Herausforderung für den Mathematikunterricht*. (S. 53-58). Münster: Waxmann.

Heckt, D. & Jürgens, E. (2005). Was bedeuten Bildungsstandards für die Grundschule. In F. Hellmich (Hrsg.), *Lehren und Lernen nach IGLU - Grundschulunterricht heute.* (S. 43-56). Oldenburg: Didaktisches Zentrum.

Hildenbrand, C. (2016). *Förderung früher mathematischer Kompetenzen. Eine Interventionsstudie zu den Effekten unterschiedlicher Förderkonzepte*. Münster: Waxmann.

Höhtker & Selter (1995). Von der Hunderterkette zum leeren Zahlenstrahl. Orientierungsübungen am leeren Zahlenstrahl. [Online]. Verfügbar unter: http://www3.math.uni-paderborn.de/~hartmut/AndereTexte/Selter_Hunderterkette_MKR.pdf [27.01.2018]

Ingenkamp, K. & Lissmann, U. (1988). *Lehrbuch der Pädagogischen Diagnostik.* Weinheim & Basel: Beltz.

Jacobs, C. & Petermann, F. (2003). *Diagnostik von Rechenstörungen*. Göttingen: Hogrefe.

Jacobs, C. & Petermann, F. (2007). *Rechenstörungen*. Göttingen: Hogrefe.

Kaufmann, S. & Wesseolowski (2006). Rechenstörungen. Diagnose und Förderbausteine. Bobingen: Kessler Druck.

Klaudt, D. (n.d.). *Operieren am mentalen Zahlenstrahl.* [Online]. Verfügbar unter: http://www.mathematik.uni-dortmund.de/ieem/BzMU/BzMU2006/Sektions/klaudt_dieter.pdf [27.01.2018]

Klaudt, D. (2005). *Zahlvorstellungen und Operieren am mentalen Zahlenstrahl. Eine Untersuchung im mathematischen Anfangsunterricht zur computergestützten Eigenkonstruktion mit Hilfe einer LOGO-Umgebung*. Dissertation. Pädagogische Hochschule Ludwigsburg.

Klauer, K. (2011). Lernverlaufsdiagnostik - Konzept, Schwierigkeiten und Möglichkeiten. *Empirische Sonderpädagogik.* 3, 207-224.

Klauer, K. (2014). Formative Leistungsdiagnostik: Historischer Hintergrund und Weiterentwicklung zur Lernverlaufsdiagnostik. In In M. Hasselhorn, W. Schneider & U. Trautwein (Hrsg), *Lernverlaufsdiagnostik*. Test und Trends. Band 12. (S. 1-18).Göttingen: Hogrefe.

Klieme, E. (2004). Was sind Kompetenzen und wie lassen sie sich messen? *Pädagogik*, 6, 10-13.

Krajewski, K., Küspert, P. & Schneider, W. (2002). DEMAT 1+. *Deutscher Mathematiktest für erste Klassen. Manual*. Göttingen: Beltz Test GmbH.

Krajewski, K. (2005). Vorschulische Mengenbewusstheit von Zahlen und ihre Bedeutung für die Früherkennung von Rechenschwäche. In M. Hasselhorn, H. Marx & W. Schnei der (Hrsg.), *Diagnostik von Mathematikleistungen. Test und Trends. Band 4*. (S. 49-70). 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., Renner, A., Niedling, G. & Scheider, W. (2008). Frühe Förderung von mathematischen Kompetenzen im Vorschulalter. In H. Roßbach & H. Blossfeld (Hrsg.), *Frühpädagogische Förderung in Institutionen. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft .* Sonderheft 11. (S. 91-104). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Krajewski, K., Grüßing, M. & Peter-Koop, A. (2009). Die Entwicklung mathematischer Kompetenzen bis zum Beginn der Grundschulzeit. In A. Heinze & M. Grüßing (Hrsg.), *Mathematiklernen vom Kindergarten bis zum Studium. Kontinuität und Kohärenz als Herausforderung für den Mathematikunterricht*. (S. 17-34). Münster: Waxmann.

Krajewski, K. (2013). Wie bekommen die Zahlen einen Sinn? Ein entwicklungspsychologisches Modell der zunehmenden Verknüpfung von Zahlen und Größen. In M. von Aster & J.H. Lorenz (Hrsg.), *Rechenstörungen bei Kindern. Neurowissenschaft, Psychologie, Pädagogik*. (S. 155- 180) Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Krajewski, K. (2014). Förderung des Zahlverständnisses. In G. Lauth, M. Grünke & J. Brunstein (Hrsg.), *Interventionen bei Lernstörungen. Förderung, Training und Therapie in der Praxis*. 2. Aufl. (S. 199-208). Göttingen: Hogrefe.

Kuhn, J., Raddatz, J., Holling, H. & Dobel, C. (2013). Dyskalkulie vs. Rechenschwäche: Basisnumerische Verarbeitung in der Grundschule. *Lernen und Lernstörungen*, 2 (4), 229-247.

Kuhn, J. (2017). Rechenschwäche – eine interdisziplinäre Einführung. In A. Fritz, S. Schmidt & G. Ricken (Hrsg.), *Handbuch Rechenschwäche. Lernwege, Schwierigkeiten und Hilfen bei Dyskalkulie.* 3. Aufl. Weinheim & Basel: Beltz.

Kultusministerkonferenz (2011). Inklusive Bildung von Kindern und Jugendlichen mit Behinderungen in Schulen. [Online]. Verfügbar unter: http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2011/2011_10_20-Inklusive-Bildung.pdf [31.01.2018]

Kultusministerkonferenz (2015). *Empfehlungen zur Arbeit an der Grundschule*. [Online]. Verfügbar unter: http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2015/Empfehlung_350_KMK_Arbeit_Grundschule_01.pdf [24.01.2018]

Küspert, P. & Krajewski, K. (2014). Mathematische Kompetenz. In A. Lohaus & M. Glüer (Hrsg.), *Entwicklungsförderung im Kindesalter. Grundlagen, Diagnostik und Intervetion.* Göttingen: Hogrefe.

Lambert, K. (2015). *Rechenschwäche - Grundlagen, Diagnostik und Förderung*. Göttingen: Hogrefe.

Landerl, K. & Kaufmann, L. (2008). *Dyskalkulie*. München: Ernst Reinhardt.

Langfeldt, H (1984). Die klassische Testtheorie als Grundlage normorientierter (standradisierter) Schulleistungstests. In K. Heller (Hrsg.), *Leistungsdiagnostik in der Schule*. 4. Aufl. (S. 65-97). Bern: Hans Huber Bern.

Lorenz, H. (1998). *Anschauung und Veranschaulichungsmittel im Mathematikunterricht.* 2.Aufl. Göttingen: Hogrefe.

Lorenz, J. (2012). *Kinder begreifen Mathematik. Frühe mathematische Bildung und Förderung*. Stuttgart: Kohlhammer.

Luder, R., Kunz, A. & Diezi-Duplain, P. (2016). Diagnostik. In I. Hedderich, J. Hollenweger, G: Biewer & R. Markowetz (Hrsg.), *Handbuch Inklusion und Sonderpädagogik.* (S. 331-337). Regensburg: Julius Klinkhardt.

Martens, J. (2003). Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. 2. Aufl. München: Oldenbourg.

Mastropieri, M. & Scruggs, T. (2007). *The Inclusive Classroom. Strategies for effective instruction*. New Jersey: Pearson.

Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen (2018). *Geltende Gesetze und Verordnungen (SGV. NRW).* [Online]. Verfügbar unter: https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_bes_text?anw_nr=2&gld_nr=2&ugl_nr=223&bes_id=7587 [05.02.2018]

Ministerium für Schule und Bildung (n.d). *Schulwesen - Sonstige Fragen und Antworten*. [Online]. Verfügbar unter: https://www.schulministerium.nrw.de/docs/Schulsystem/Inklusion/FAQ/FAQSonstige/index.html [26.01.2018]

Ministerium für Schule und Bildung (2017). Statistische Daten und Kennziffern zur Inklusion – 2016/17. [Online]. Verfügbar unter: https://www.schulministerium.nrw.de/docs/bp/Ministerium/Service/Schulstatistik/Amtliche-Schuldaten/Inklusion_2016.pdf [28.01.2018]

Ministerium für Schule und Bildung (2018). *Unterversorgung*. [Online]. Verfügbar unter: https://www.schulministerium.nrw.de/docs/Schulpolitik/Unterrichtsversorgung/index.Html [29.01.2018]

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2014). *Sonderschule. Schule für Geistigbehinderte. Richtlinien und Lehrpläne. Unveränderter Nachdruck*. 1. Aufl. 1980. Frechen: Ritterbach.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2015). *Sonderschule. Schule für Lernbehinderte. Richtlinien*. Unveränderter Nachdruck. 1. Aufl. 1977. Frechen: Ritterbach.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2016a). *Richtlinien und Lehrpläne für die Grundschule in Nordrhein-Westfalen*. Unveränderter Nachdruck. 1. Aufl. 2008. Erftstadt: Ritterbach.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2016b). *Sonderschule. Schule für Lernbehinderte. Mathematik. Richtlinien und Beispielplan.* Unveränderter Nachdruck. 1. Aufl. 1977. Erftstadt: Ritterbach.

Mischke, W. (2005). Diagnostik und Förderplanung in der Grundschule. In F. Hellmich (Hrsg.), *Lehren und Lernen nach IGLU- Grundschulunterricht heute.* (S. 57-70) Oldenburg: Didaktisches Zentrum.

Möller,R. & Sasse, A.(2005). Entwicklung mathematischer Kompetenzen. *Sache, Wort, Zahl*, 33, 30-40.

Moosbrugger, H. & Kelava, A. (2012). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion.* Berlin und Heidelberg: Springer.

Moser Opitz, E. (2008). *Zahlen-Zahlbegriff-Rechnen*. 3. Aufl. Bern: Haupt.

Moser Opitz, E., Garrote, A. & Ratz, C. (2014). Mathematische Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. *Sonderpädagogische Förderung heute*, 1, 19-31.

Moser Opitz, E. (2016). Lernbereich Mathematik. Erstrechnen. In U. Heimlich & F. Wember (Hrsg.), *Didaktik des Unterrichts im Förderschwerpunkt Lernen. Ein Handbuch für Studium und Praxis*. (S. 253- 265). Stuttgart: Kohlhammer.

Mühling, A., Gebhardt, M. & Diehl, K. (2017). Formative Diagnostik durch die Onlineplattform LEVUMI. *Informatik Spektrum*, 6, 556-561.

Ostertag, C. (2015). *Rechenschwierigkeiten vorbeugen. Kinder mit Lernschwierigkeiten in der Entwicklung ihrer frühen mathematischen Kompetenzen unterstützen*. Frankfurt am Main: Peter Lang.

Prediger, S. (2016). *Inklusion im Mathematikunterricht: Forschung und Entwicklung zur fokussierten Förderung statt rein unterrichtsmethodischer Bewältigung*. [Online]. Verfügbar unter: http://www.mathematik.uni-dortmund.de/~prediger/veroeff/16-GFD-Inklusion-Prediger-Webversion.pdf [28.01.2018]

Preuss-Lausitz, U. (2011). Integration und Inklusion von Kindern mit Behinderungen – Ein Weg zur produktiven Vielfalt in einer gerechten Schule. In H. Faulstich-Wieland (Hrsg.), *Umgang mit Heterogenität und Differenz*. (S. 161-182). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Raithel, J. (2008). *Quantitative Forschung: Ein Praxiskurs*. 2. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Rasch, B., Friese, M., Hofmann, W. & Naumann, E. (2014). *Quantitative Methoden 1. Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftle*r. 4. Aufl. Berlin & Heidelberg: Springer.

Reich, K. (2015). Inklusion – Grundlagen. In H. Schäfer & C. Rittmeyer (Hrsg.), *Handbuch Inklusive Diagnostik*. (S. 23-42). Weinheim & Basel: Beltz.

Rittmeyer, C. & Schäfer, H. (2014). *Diagnostik in Schule und Unterricht. Ein synthetischer qualitativ-quantitativer Ansatz für die Handlungsfelder Deutsch, Mathematik und Verhalten*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Schipper, R. (1983). *Handbuch für den Mathematikunterricht an Grundschulen*. Hannover: Schroedel.

Schneider, W. & Krajewski, K. (2005). Deutsche Mathematiktests für erste und zweite Klassen (DEMAT 1+ und DEMAT 2+). In M. Hasselhorn, H. Marx & W. Schneider (Hrsg.), *Diagnostik von Mathematikleistungen. Test und Trends. Band 4*. (S. 153-166). Göttingen: Hogrefe.

Schneider, W., Küspert, P. & Krajewski, K. (2016). *Die Entwicklung mathematischer Kompetenzen*. 2. Aufl. Paderborn: Schöningh.

Schuler, S. (2013). *Mathematische Bildung im Kindergarten in formal offenen Situationen. Eine Untersuchung am Beispiel von Spielen zum Erwerb des Zahlbegriffs*. Münster: Waxmann.

Schulz, A. (2009). Zahlen begreifen lernen. In A. Fritz, G. Ricken & S. Schmidt (Hrsg.), *Handbuch Rechenschwäche*. (S. 396-412). 2 Aufl. Weinheim & Basel: Beltz.

Schwab, S., Gebhardt, M., Tretter, T., Rossmann, P., Reicher, H., Ellmeier, B., Gmeiner, S. & Gasteiger-Klicepra, B. (2012). Auswirkungen schulischer Integration auf Kinder ohne Behinderung – eine empirische Analyse von LehrerInneneinschätzungen. *Heilpädagogische Forschung*, 1, 54-65.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2004). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich*. [Online]. Verfügbar unter: http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_10_15-Bildungsstandards-Mathe-Primar.pdf [20.01.2018]

Selter, C., Prediger, S., Nührenbörger, M. & Hußmann, S. (Hrsg.) (2014). *Mathe sicher können. Handreichungen für ein Diagnose- und Förderkonzept zur Sicherung mathematischer Basiskompetenzen. N2 Auszug- Zahlen ordnen und vergleichen.* Berlin: Cornelsen.

Siegemund, S. (2016). *Kognitive Lernvoraussetzungen und mathematische Grundbildung von Schülerinnen und Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung.* Oberhausen: Athena.

Sikora, S. & Voß, S. (2016). Inklusionsorientierter Mathematikunterricht. In B. Hartke (Hrsg.), *Handlungsmöglichkeiten schulische Inklusion. Das Rügener Modell kompakt*. (S. 99-147). Stuttgart: Kohlhammer.

Sinner, D. & Kuhl, J. (2015). t-Test. In K. Koch & S. Ellinger (Hrsg.), *Empirische Forschungsmethoden in der Heil- und Sonderpädagogik.* Göttingen: Hogrefe.

Strathmann, A. (2014). Lernverlaufsdiagnostik Mathematik für zweite bis vierte Klassen (LVD-M). In M. Hasselhorn, W. Schneider & U. Trautwein (Hrsg), *Lernverlaufsdiagnostik*. Test und Trends. Band 12. (S. 203-220). Göttingen: Hogrefe.

Suhrweier, H. (2009). *Geistige Behinderung: Psychologie, Pädagogik, Therapie*. Weinheim & Basel: Beltz.

Terfloth, K. & Bauersfeld, S. (2015): *Schüler mit geistiger Behinderung unterrichten. Didaktik für Förder- und Regelschule.* 2. Aufl. München: Ernst Reinhardt.

Trumpa, S. & Franz, E. (2014). Inklusion: Aktuelle Diskussionslinien auf Makro-, Meso- und Mikroebene des Bildungssystems. In E. Franz, S.Trumpa & I. Esslinger-Hinz (Hrsg.), *Inklusion: Eine Herausforderung für die Grundschulpädagogik.* (S.12-23). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Urff, C. (2013). *Digitale Lernmedien zur Förderung grundlegender mathematischer Kompetenzen.* Dissertation. Pädagogische Hochschule Ludiwigsburg.

Weißhaupt, S. & Peucker, S. (2009). Entwicklung arithmetischen Vorwissens. In A. Fritz, G. Ricken & S. Schmidt (Hrsg.), *Handbuch Rechenschwäche*. (S. 52-76). 2 Aufl. Weinheim & Basel: Beltz.

Wember, F (2003). Die Entwicklung des Zahlbegriffs aus psychologischer Sicht. In A. Fritz, G. Ricken & S.Schmidt (Hrsg.), *Rechenschwäche. Lernwege, Schwierigkeiten und Hilfen bei Dyskalkulie*. (S. 48-64). Weinheim, Basel & Berlin: Beltz.

Werner, B (2009). *Dyskalkulie - Rechenschwierigkeiten. Diagnose und Förderung rechenschwacher Kinder an Grund- und Sonderschulen.* Stuttgart: Kohlhammer.

Wilbert, J. & Linnemann, M. (2011). Kriterien zur Analyse eines Tests zur Lernverlaufsdiagnostik, *Empirische Sonderpädagogik,* 3, 225-242.

Wilbert, J. (2014). Instrumente zur Lernverlaufsmessung: Gütekriterien und Auswertungsherausforderungen. In M. Hasselhorn, W. Schneider & U. Trautwein (Hrsg), *Lernverlaufsdiagnostik*. Test und Trends. Band 12. (S. 281-308).Göttingen: Hogrefe.

Voß, S. (2013). Curriculumbasiertes Messverfahren im mathematischen Erstunterricht. Zur Güte und Anwendbarkeit einer Adaption US-amerikanischer Verfahren im deutschen Schulsystem. Dissertation. Saarbrücken: Südwestdeutscher Verlag für Hochschulschriften.

Voß, S. (2017). Datenbasierte Förderentscheidungen. In B. Hartke (Hrsg.), *Handlungsmöglichkeiten schulische Inklusion. Das Rügener Modell kompakt.* (S. 33-56). Stuttgart: Kohlhammer.

Tabelle 5: MZP 1 - Reihenfolge der Items (zu MZP1 – Zahlenraum bis 20)

Item	**R-Antworten**	**Gesamtantworten (R+F)**	**Schwierigkeitsindex P_i**	**Kategorie**
7	99	311	**32**	**schwer**
6	130	313	**42**	**mittel**
3	212	314	**68**	**leicht**
17	126	312	**40**	**mittel**
16	99	310	**32**	**schwer**
5	153	316	**48**	**mittel**
1	301	310	**97**	**leicht**
2	276	310	**89**	**leicht**
19	239	311	**77**	**leicht**
10	150	309	**49**	**mittel**
18	178	307	**58**	**mittel**
13	118	306	**39**	**mittel**
8	102	305	**33**	**schwer**
4	173	303	**57**	**mittel**
9	112	298	**38**	**mittel**
14	99	289	**34**	**mittel**
15	94	287	**33**	**schwer**
11	114	278	**41**	**mittel**
12	102	275	**37**	**mittel**
M	151	303	**50**	**mittel**

Tabelle 6: MZP 2 - Reihenfolge der Items (zu MZP 1 - Zahlenraum bis 20)

Item	R-Antworten	Gesamtantworten (R+F)	Schwierigkeitsindex P_i	Kategorie
7	107	287	**37**	**mittel**
6	122	286	**43**	**mittel**
3	175	286	**61**	**mittel**
17	113	286	**40**	**mittel**
16	82	284	**29**	**schwer**
5	135	284	**48**	**mittel**
1	279	285	**98**	**leicht**
2	249	285	**87**	**leicht**
19	208	286	**73**	**leicht**
10	139	278	**50**	**mittel**
18	155	277	**56**	**mittel**
13	98	276	**36**	**mittel**
8	85	276	**31**	**schwer**
4	158	271	**58**	**mittel**
9	116	274	**42**	**mittel**
14	85	272	**31**	**schwer**
15	80	265	**30**	**schwer**
11	100	261	**38**	**mittel**
12	95	256	**37**	**mittel**
M	136	278	**49**	**mittel**

Tabelle 7: MZP 1 - Reihenfolge der Items (zu MZP 1 - Zahlenraum bis 100)

Item	R-Antworten	Gesamtantworten (R+F)	Schwierigkeitsindex P_i	Kategorie
22	37	307	**12**	**schwer**
59	99	311	**32**	**schwer**
98	71	310	**23**	**schwer**
53	100	310	**33**	**schwer**
45	85	302	**28**	**schwer**
9	57	295	**19**	**schwer**
86	53	298	**18**	**schwer**
84	49	289	**17**	**schwer**
15	43	310	**15**	**schwer**
13	58	290	**20**	**schwer**
5	109	289	**38**	**mittel**
27	59	288	**20**	**schwer**
32	64	290	**22**	**schwer**
77	75	283	**27**	**schwer**
67	90	280	**32**	**schwer**
61	111	282	**39**	**mittel**
40	93	277	**34**	**mittel**
91	45	273	**16**	**schwer**
73	86	268	**32**	**schwer**
36	55	272	**20**	**schwer**
M	72	290	**25**	**schwer**

Tabelle 8: MZP 2 – Reihenfolge der Items (zu MZP 1 - Zahlenraum bis 100)

Item	**R-Antworten**	**Gesamtantworten (R+F)**	**Schwierigkeitsindex P_i**	**Kategorie**
22	32	279	**11**	**schwer**
59	80	281	**28**	**schwer**
98	61	281	**22**	**schwer**
53	80	276	**29**	**schwer**
45	71	278	**26**	**schwer**
9	60	276	**22**	**schwer**
86	48	274	**18**	**schwer**
84	55	269	**20**	**schwer**
15	36	266	**14**	**schwer**
13	40	264	**15**	**schwer**
5	109	262	**42**	**mittel**
27	43	264	**16**	**schwer**
32	48	255	**19**	**schwer**
77	84	252	**33**	**schwer**
67	96	255	**38**	**mittel**
61	82	255	**32**	**schwer**
40	81	251	**32**	**schwer**
91	52	253	**21**	**schwer**
73	70	248	**28**	**schwer**
36	66	248	**27**	**schwer**
M	65	264	**25**	**schwer**

Wörtliche Instruktionen für den Zahlenstrahltest – „Position finden“:

Während des ersten Teils der Erklärung den Kindern noch nicht das Tablet geben. Hier hat nur die Lehrkraft ein Tablet in der Hand.

„Der kleine Drache LeVuMi möchte heute gerne wissen, wie gut du dich schon mit Zahlen auskennst. LeVuMi hat dafür einen Zahlenstrahl mitgebracht. ***Weißt du, was ein Zahlenstrahl ist? (Abweichung vom Original)*** *LeVuMi fragt sich, wie gut du Zahlen auf dem Zahlenstrahl finden kannst.*
Dazu arbeiten wir gleich zusammen an einem Tablet. Am Tablet siehst du nacheinander verschiedene Zahlen und immer einen Zahlenstrahl. Deine Aufgabe ist es, auf dem Zahlenstrahl zu zeigen, wo die Zahl liegt. Mit deinem Finger kannst du die passende Stelle auswählen. Pass auf, dass du nicht aus Versehen auf eine andere Stelle auf den Zahlenstrahl tippst. Du hast 3 Minuten lang Zeit, so viele Aufgaben zu lösen, wie du schaffst. Konzentriere dich gut, damit du keine Fehler machst. In drei Wochen komme ich noch einmal wieder und du darfst noch einmal mit LeVuMi arbeiten. Dann zeigt LeVuMi dir, ob du dich schon etwas besser mit dem Zahlenstrahl auskennst als heute.

[Jetzt ein Tablet zeigen und gleichzeitig erklären] *Ich zeige dir jetzt am Tablet, wie du es benutzten kannst. Hier siehst du ein Beispiel. Du sieht immer einen leeren Zahlenstrahl. Der Zahlenstrahl geht von 0 bis (10/20/100)* [Anfangs- und Endzahl des Zahlenstrahls zeigen]. *In diesem Beispiel sollst du zeigen, wo die (2/4/20) auf dem Zahlenstrahl liegt. Dafür tippst du mit dem Finger auf genau die Stelle auf dem Zahlenstrahl. Wer möchte das mal ausprobieren?“*

Eine Schülerin oder einen Schüler auf den Zahlenstrahl tippen lassen. Achtung: Jetzt noch nicht auf ‚weiter‘ klicken.

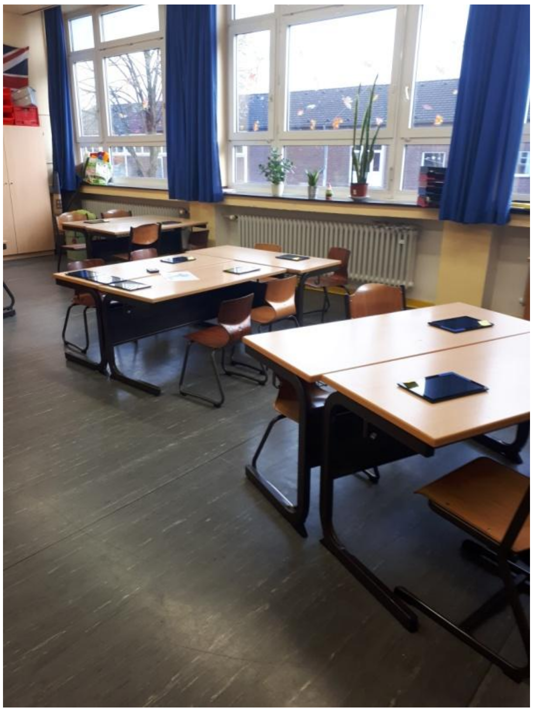
„Ok. Wenn du geklickt hast, siehst du eine rote Linie. Wenn du dir sicher bist, dass die Zahl bei der roten Linie liegt, kannst du auf ‚weiter‘ klicken. Wenn du dich noch einmal umentscheiden möchtest, kannst du einfach noch einmal auf den Zahlenstrahl tippen. Überprüfe bei jedem Zahlenstrahl, ob die rote Linie wirklich dort liegt, wo du die Stelle der Zahl vermutest. Wenn du dir sicher bist, klickst du auf ‚weiter‘. Dann erscheint die nächste Aufgabe. Wenn du die richtige Lösung mal nicht weißt, kannst du auch ohne eine Stelle auszuwählen auf ´weiter´ klicken. Das Tablet achtet für dich auf die Zeit. Wenn die Zeit um ist, wirst du Levumi in groß sehen. Hast du noch Fragen?“ [Fragen klären]

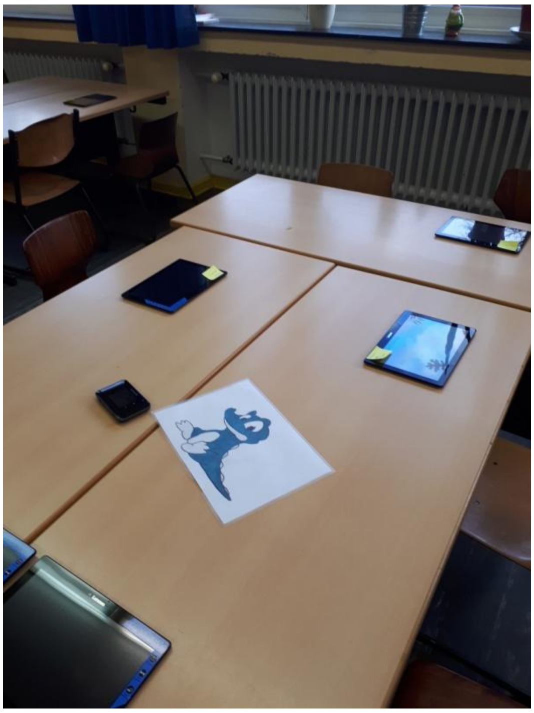
„Wenn jetzt keine Fragen mehr da sind, darfst du selbst das Beispiel einmal ausprobieren.“ [Jetzt den Kindern jeweils ein Tablet reichen und ausprobieren lassen. Bitte stets überprüfen, dass jedes Kind am richtigen bzw. eigenen Account arbeitet!]

„Dann kannst du jetzt auf Start klicken. Danach zeigt LeVuMi dir direkt den ersten Zahlenstrahl.“

Der Drache LEVUMI

Eindrücke der Räume, in denen getestest wurde








IX Eidesstattliche Versicherung

Hammerschmidt, Isabell — 149664

Name, Vorname — Matr.-Nr.

Ich versichere hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende ~~Bachelorarbeit~~/Masterarbeit* mit dem Titel

Lernverläufe von basalen mathematischen Fähigkeiten in der Primarstufe – Eine Normierungs- und Praktikabilitätsstudie von Zahlenstrahltests in LEVUMI

selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erbracht habe. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

20.02.2018 — I. Hammerschmidt

Ort, Datum — Unterschrift

*Nichtzutreffendes bitte streichen

Belehrung:

Wer vorsätzlich gegen eine die Täuschung über Prüfungsleistungen betreffende Regelung einer Hochschulprüfungsordnung verstößt, handelt ordnungswidrig. Die Ordnungswidrigkeit kann mit einer Geldbuße von bis zu 50.000,00 € geahndet werden. Zuständige Verwaltungsbehörde für die Verfolgung und Ahndung von Ordnungswidrigkeiten ist der Kanzler/die Kanzlerin der Technischen Universität Dortmund. Im Falle eines mehrfachen oder sonstigen schwerwiegenden Täuschungsversuches kann der Prüfling zudem exmatrikuliert werden. (§ 63 Abs. 5 Hochschulgesetz - HG -)

Die Abgabe einer falschen Versicherung an Eides statt wird mit Freiheitsstrafe bis zu 3 Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.

Die Technische Universität Dortmund wird gfls. elektronische Vergleichswerkzeuge (wie z.B. die Software „turnitin“) zur Überprüfung von Ordnungswidrigkeiten in Prüfungsverfahren nutzen.

Die oben stehende Belehrung habe ich zur Kenntnis genommen:

20.02.2018 — I. Hammerschmidt

Ort, Datum — Unterschrift