

# Lernen und Lernstörungen

## Effekte des Calcularis-Trainings. Teil 2: Veränderungen psychosozialer Merkmale --Manuskript-Entwurf--

<b>Manuskriptnummer:</b>	
<b>Artikeltyp:</b>	Empirische Arbeit (Fokus Forschung)
<b>Bereich/Kategorie:</b>	Dyskalkulie/Rechenstörung
<b>Schlüsselwörter:</b>	Rechenschwäche, Intervention, psychische Auffälligkeiten, Mathematikangst, Rechenstraining
<b>Korrespond. Autor:</b>	Larissa Rauscher, Dipl.-Psych. Universität Potsdam Potsdam, GERMANY
<b>Erstautor:</b>	Larissa Rauscher, Dipl.-Psych.
<b>Reihenfolge der Autoren:</b>	Larissa Rauscher, Dipl.-Psych. Juliane Kohn Tanja Käser Karin Kucian Ursina McCaskey Anne Wyschkon Svenja Moraske Günter Esser Michael von Aster
<b>Zusammenfassung:</b>	<p>Ziel der vorliegenden Studie ist die Überprüfung des Einflusses eines computerisierten Rechenstrainings (Calcularis) auf psychische Auffälligkeiten, Selbstbewertungen der eigenen Leistungsfähigkeit und Leistungsängste. 68 rechenschwache Kinder wurden zufällig einer von drei Studienbedingungen (Calcularis-(CG), Wartekontroll-(WKG), nicht-mathematikbezogene Kontrolltrainingsgruppe (KTG)) zugeordnet. Generell bestätigte sich eine größere emotionale Belastung der rechenschwachen Kinder.</p> <p>Die Ergebnisse zur unmittelbaren Wirksamkeit zeigten eine deutlich stärkere Reduktion der Mathematikangst bei Kindern der CG im Vergleich zur WKG, während sich keine Unterschiede zwischen den Trainingsgruppen ergaben. Zudem verbesserten sich die Gruppen gleichermaßen in Bezug auf die Selbsteinschätzung und Einstellung zum Fach Mathematik und das kognitive Selbstkonzept.</p> <p>Längerfristig, fünf Monate nach Trainingsabschluss, zeigte sich eine vergleichbare Verbesserung beider Trainingsgruppen hinsichtlich der sozio-emotionalen Merkmale, während die psychischen Auffälligkeiten auf einem stabilen Niveau blieben. In Bezug auf die Selbsteinschätzung und Einstellung zum Fach Mathematik wies die KTG eine stärkere Verbesserung auf als die CG. Die Befunde werden unter Berücksichtigung besonderer Stichprobencharakteristika, wie dem hohen Anteil komorbider Schwächen der Schriftsprache in der KTG, diskutiert. Erstmals wurde vorliegend die Reduktion der Mathematikangst in Folge eines Rechenstrainings nachgewiesen.</p>

Effekte eines computerisierten Rechentrainings

## ***1 Titelseite***

**Effekte des *Calcularis*-Trainings.**

**Teil 2: Veränderungen psychosozialer Merkmale**

## **2 Zusammenfassung**

Ziel der vorliegenden Studie ist die Überprüfung des Einflusses eines computerisierten Rechentrainings (*Calcularis*) auf psychische Auffälligkeiten, Selbstbewertungen der eigenen Leistungsfähigkeit und Leistungsängste. 68 rechenschwache Kinder wurden zufällig einer von drei Studienbedingungen (*Calcularis*-(CG), Wartekontroll-(WKG), nicht-mathematikbezogene Kontrolltrainingsgruppe (KTG)) zugeordnet.

Generell bestätigte sich eine größere emotionale Belastung der rechenschwachen Kinder.

Die Ergebnisse zur unmittelbaren Wirksamkeit zeigten eine deutlich stärkere Reduktion der *Mathematikangst* bei Kindern der CG im Vergleich zur WKG, während sich keine Unterschiede zwischen den Trainingsgruppen ergaben. Zudem verbesserten sich die Gruppen gleichermaßen in Bezug auf die *Selbsteinschätzung und Einstellung zum Fach Mathematik* und das *kognitive Selbstkonzept*.

Längerfristig, fünf Monate nach Trainingsabschluss, zeigte sich eine vergleichbare Verbesserung beider Trainingsgruppen hinsichtlich der sozio-emotionalen Merkmale, während die psychischen Auffälligkeiten auf einem stabilen Niveau blieben. In Bezug auf die *Selbsteinschätzung und Einstellung zum Fach Mathematik* wies die KTG eine stärkere Verbesserung auf als die CG. Die Befunde werden unter Berücksichtigung besonderer Stichprobencharakteristika, wie dem hohen Anteil komorbider Schwächen der Schriftsprache in der KTG, diskutiert. Erstmals wurde vorliegend die Reduktion der *Mathematikangst* in Folge eines Rechentrainings nachgewiesen.

Schlüsselwörter: Rechenschwäche, Intervention, psychische Auffälligkeiten, Mathematikangst, Rechentraining

### **3 Abstract**

#### **Evaluation of the computer-based math training program 'Calcularis'. Part 2: Changes of psychosocial functioning**

The present study examines the effects of a computerized training program to enhance arithmetic skills (*Calcularis*) on socio-emotional variables as well as psychopathological symptoms. 68 children with mathematical learning disabilities were randomly assigned to the study conditions (Calcularis group (CG), waiting control group (WCG), non-math-related control training group (CTG)).

In general, results confirmed a larger emotional burden of children with math learning difficulties.

After the training, the CG demonstrated a higher reduction of *math anxiety* compared to the WCG whereas no difference was found in comparison to the CTG. In addition, the three groups improved their *self-perceived math performance and attitude towards mathematics* and *academic self-concept* in a similar way.

Five months after completing the training, children of both training groups demonstrated comparable improvements regarding the examined socio-emotional variables and stable levels of psychopathological symptoms (*hyperactivity, emotional problems, problems with peers, behavioral problems*). The CTG showed a greater improvement for *self-perceived math performance and attitude towards mathematics* than the CG. The findings are discussed with respect to special characteristics of the sample like the high proportion of co-morbid writing and reading disabilities. The present study is the first study demonstrating the reduction of *math anxiety* after a computerized intervention to enhance arithmetic skills.

Keywords: mathematical learning disabilities, intervention, socio-emotional functioning, math anxiety, math training

## **4 Haupttext**

### **4.1 Einleitung**

Kinder mit einer Rechenschwäche sind psychisch stärker belastet als Kinder ohne Schulleistungsprobleme (z. B. Gadeyne, Ghesquière & Onghena, 2004; Kohn, Wyschkon & Esser, 2013). Aus der Forschungslage zu psychischen Auffälligkeiten bei Rechenstörungen geht hervor, dass diese Kinder vielfach eine höhere Symptomausprägung bei internalisierenden Störungen zeigen (Fischbach, Schuchardt, Mähler & Hasselhorn, 2010; Graefen, Kohn, Wyschkon & Esser, 2015; Prior, Smart, Sanson & Oberklaid, 1999). Dabei sind Ängste häufiger als depressive Symptome (White, Moffitt & Silva, 1992; Willcutt et al., 2013). Weiterhin findet sich eine Reihe von Studien, welche verdeutlichen, dass Kinder mit einer Rechenstörung auch vermehrt externalisierendes Problemverhalten zeigen und deutlich häufiger zu aggressiv-störendem, antisozialem und delinquentem Verhalten neigen als Kinder ohne Rechenstörungen (Auerbach, Gross-Tsur, Manor & Shalev, 2008; Shalev, Auerbach & Gross-Tsur, 1995).

Weitere Forschungsergebnisse konnten darüber hinaus demonstrieren, dass rechenschwache Kinder sowohl in höherem Maße Mathematikangst (Ma & Xu, 2004; Passolunghi, 2011; Rubinsten & Tannock, 2010) als auch eine negativere Einstellung zum Fach Mathematik (Lebens, Graff & Mayer, 2011; Ma & Kishor, 1997) aufweisen als ihre Peers mit durchschnittlichen Leistungen. Weiterhin leiden Kinder mit Lernschwächen häufiger unter Prüfungsangst (Bryan, Sonnefeld & Grabowski, 1983; Sena, Lowe & Lee, 2007) und verfügen über ein schlechteres akademisches Selbstkonzept (Bear, Minke & Manning, 2002; Schuchardt et al., 2015; Zeleke, 2004) als Kinder ohne Schulleistungsprobleme.

Worauf das deutlich erhöhte Vorkommen von sozio-emotionalen Schwierigkeiten bei Kindern mit Lernschwächen zurückzuführen ist, ist nicht zweifelsfrei geklärt (Fischbach et al., 2010). Eine Reihe von Autoren formulieren die Annahme, dass die vermehrten sozio-emotionalen Schwierigkeiten teilweise als Folge von einem, durch die Rechenschwäche verursachten, permanenten Frustrations- und Misserfolgserleben auftreten oder bestehende sozio-emotionale Schwierigkeiten verstärken (Esser et al., 2002; Fischbach et al., 2010; Lambert & Spinath, 2013). Weiterhin wird in der Literatur auf eine mögliche Wechselwirkung zwischen Schulleistung und psychischem Befinden als Erklärungsmuster für das gemeinsame Auftreten hingewiesen (Kain, Landerl & Kaufmann, 2008; Zentall, 2007). Betz und Breuninger (1998) formulieren einen Teufelskreis der Lernstörungen, welcher auf das negative Wechselspiel

zwischen Leistungen, Selbstwertgefühl, Motivation, Lernfreude, Verhalten und den Reaktionen der Umwelt (Lehrer, Eltern, Mitschüler) eingeht.

Ausgehend von der Annahme, dass die erhöhte sozio-emotionale Belastung bei Kindern mit Rechenschwäche als Folge von wiederholtem Misserfolgserleben entsteht bzw. dass die Rechenprobleme bestehende sozio-emotionale Probleme verstärken, könnte sich ein Rechentraining durch die Verbesserung der rechnerischen Fertigkeiten auch positiv auf das psychosoziale Funktionsniveau auswirken. Für den Bereich der Lese- und Rechtschreibstörung zeigten Schulz, Dertmann und Jagla (2003) bereits positive Interventionseffekte der integrativen Lerntherapie nach einer Interventionsdauer von sechs bis zwölf Monaten auf Leistung, Selbstkonzept sowie internalisierende und externalisierende Verhaltensstörungen anhand einer Stichprobe von knapp 70 Kindern. Auch Esser (2008) fand im Rahmen einer umfangreichen Studie anhand einer Stichprobe von knapp 240 lese-rechtschreibschwachen Kindern, welche ein Lese- und Rechtschreibförderprogramm absolvierten, eine Verbesserung der Leistung, einen Rückgang der psychischen Auffälligkeiten in Bezug auf dissoziale, introversive und hyperkinetische Symptome sowie eine Verbesserung des kognitiven Selbstkonzeptes nach einer Interventionsdauer von durchschnittlich 12 Monaten. Jansen und Kollegen (2013) untersuchten Effekte eines computerisierten Trainings zur Verbesserung der Rechenfertigkeiten auf das mathematikbezogene Kompetenzerleben und die Mathematikangst bei Grundschulkindern. Die Autoren fanden jedoch keine Unterschiede hinsichtlich der untersuchten Merkmale zwischen einer Experimentalgruppe, welche sechs Wochen mit dem Programm trainiert hatte, und einer untrainierten Kontrollgruppe. Supekar, Iuculano, Chen und Menon (2015) konnten eine Reduktion der Mathematikangst bei Grundschulkindern in Folge eines achtwöchigen Rechentrainings zeigen.

Nach Kenntnis der Autoren liegt bislang nur eine empirische Untersuchung vor, welche den Fokus auf rechenschwache Kinder legt und den Einfluss einer lernschwachespezifischen Intervention auf sozio-emotionale Faktoren prüft. Lambert und Spinath (2013) verglichen rechenschwache Grundschul Kinder, welche mit einer rechenschwachespezifischen Methode gefördert wurden, mit einer Kontrollgruppe von Kindern, die regulären Nachhilfeunterricht erhielten. Bei Abschluss der Intervention nach durchschnittlich 24 Monaten zeigte sich, dass sich das psychische Funktionsniveau der Experimentalgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe

hinsichtlich Prüfungsangst, Schulunlust und Aufmerksamkeitsproblemen deutlich stärker verbessert hatte.

Ziel der vorliegenden Studie ist es zu überprüfen, inwiefern eine computerisierte rechenschwachespezifische Förderung sozio-emotionale Merkmale und psychische Auffälligkeiten bei rechenschwachen Kindern positiv beeinflussen kann.

#### **4.1.1 Fragestellungen**

Zunächst soll geprüft werden, ob sich der Befund, dass rechenschwache Kinder vermehrte psychische Auffälligkeiten, ein geringes kognitives Selbstkonzept sowie erhöhte Schul- und Leistungsängste aufweisen, auch für die vorliegende Stichprobe finden lässt.

Zur Bewertung der Interventionseffekte sollen in einem ersten Schritt die unmittelbaren Effekte des Rechentrainings *Calcularis* auf sozio-emotionale Merkmale im Vergleich zur Wartekontroll- und einer Kontrolltrainingsbedingung (Rechtschreibtraining) untersucht werden. In der Literatur wurden Effekte von lernschwachespezifischen Trainings auf das psychosoziale Funktionsniveau bisher erst nach deutlich längeren Interventionszeiträumen von bis zu 12 Monaten (Schulz, Dertmann & Jagla, 2003; Esser, 2008) bzw. 24 Monaten (Lambert & Spinath, 2013; Bövers & Schulz, 2005) berichtet. *Calcularis* stellt eine hochfrequente Trainingsmethode dar, welche bereits nach sechs Wochen zu signifikanten Verbesserungen in der Zahlenraumvorstellung und den arithmetischen Fertigkeiten führt (Käser et al., 2013; Kohn et al., in Revision; Rauscher et al., 2016). Daher soll geprüft werden, ob sich bereits nach sechs bis acht Wochen Training auch erste Verbesserungen sozio-emotionaler Merkmale zeigen.

In einem zweiten Schritt soll geprüft werden, ob sich Effekte des Trainings auf sozio-emotionale Merkmale und psychische Auffälligkeiten fünf Monate nach Abschluss des Trainings (Follow-up) zeigen. Unter der Annahme, dass es für die Verbesserung sozio-emotionaler Merkmale durch eine rechenschwachespezifische Förderung notwendig ist, dass das Kind die neuen Fertigkeiten anwendet und eigene Verbesserungen und Erfolge bzw. das Ausbleiben erwarteter Misserfolge wahrnimmt, werden deutliche Veränderungen sozio-emotionaler Merkmale der *Calcularis*-Gruppe erst zum Follow-up erwartet.

## **4.2 Methodik**

### **4.2.1 Studiendesign und Stichprobe**

Die Rekrutierung der Kinder erfolgte im Rahmen der vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten SCHUES-Studie (Schulbezogene Umschriebene Entwicklungsstörungen – Prävention und Therapie unter Einbezug neuronaler Korrelate und des Entwicklungsverlaufs) in Berlin, Potsdam und Zürich über Flyer und Informationsveranstaltungen in Institutsambulanzen. Als Einschlusskriterien galten eine durchschnittliche Intelligenzleistung (T-Wert  $\geq 42$ ; PR  $\geq 21$ ) sowie unterdurchschnittliche Rechenleistungen (T-Wert  $< 40$ ; PR  $< 16$ ). Die Überprüfung der Trainingseffekte erfolgte über ein 3-Gruppen-Prä-Post-Follow-Up-Design mit drei verschiedenen Bedingungen, denen die Kinder zufällig zugewiesen wurden: dem Rechentraining *Calcularis* (CG), dem Kontrolltraining *Dybuster Orthograph* (KTG) und einer *Warte-Kontrollgruppe* (WKG). Die drei Gruppen wurden vor ( $t_1$ ) und nach Abschluss der Trainings- bzw. Wartephase ( $t_2$ ) untersucht. Die Kinder der beiden Trainingsgruppen absolvierten über einen Zeitraum von sechs bis acht Wochen an jeweils fünf Tagen in der Woche eine 20-minütige Trainingseinheit mit *Calcularis* bzw. *Dybuster Orthograph* (s. auch Infobox „Forschungsmethoden“). Zudem fand eine Nacherhebung (Follow-up) ( $t_3$ ) der beiden Trainingsgruppen fünf Monate nach Trainingsabschluss statt.

### **4.2.2 Intervention**

#### ***Calcularis***

*Calcularis* ist ein computerbasiertes Programm, welches auf entwicklungspsychologischen und neurowissenschaftlichen Überlegungen basiert (Triple-Code-Modell, Dehaene, 1992; Vier-Stufen-Modell der Entwicklung zahlenverarbeitender Hirnfunktionen, von Aster & Shalev, 2007). *Calcularis* ist adaptiv und passt sich anhand eines dynamischen Algorithmus dem Lernstand und –tempo des Kindes an. Das Programm trainiert basisnumerische und arithmetische Fertigkeiten sowie die Zahlenraumvorstellung (s. auch Infobox „Implikationen für die Praxis“). Ergebnisse der Evaluationsstudien finden sich bei Käser und Kollegen (2013) sowie Rauscher und Mitarbeitern (2016). Kohn und Kollegen (in Revision) konnten im Rahmen der Wirksamkeitsstudie anhand der vorliegenden Stichprobe zeigen, dass sich die Rechenleistung und Zahlenraumvorstellung rechenschwacher Kinder, die mit *Calcularis* trainierten, im Vergleich zur WKG und KTG, deutlich verbesserten.

### ***Dybuster Orthograph***

*Dybuster Orthograph* ist ein computerisiertes Rechtschreibtraining (Kast, Meyer, Vögeli, Gross & Jäncke, 2007), welches den Erwerb von Rechtschreibfertigkeiten durch multisensorische Lernhilfen, welche recodierte Information über die Orthographie enthalten, unterstützt. Kast und Kollegen (2007) zeigten signifikante Verbesserungen hinsichtlich der Rechtschreibleistungen nach einer dreimonatigen Trainingsphase.

### **4.2.3 Instrumente**

Zur umfänglichen Überprüfung der Einschlusskriterien hinsichtlich Intelligenz und Rechenleistung kamen folgende Untertests zum Einsatz:

#### ***Einschlussdiagnostik: Messung der Gesamtintelligenz***

Zur Bestimmung der Gesamtintelligenz wurde der Mittelwert aus den Leistungen des Kindes in den Untertests *Verbale Intelligenz* ( $\alpha = .82$  bis  $\alpha = .86$ ) sowie *Nonverbale Intelligenz* ( $\alpha = .86$  bis  $\alpha = .91$ ) aus der Basisdiagnostik Umschriebener Entwicklungsstörungen (BUEGA, Esser, Wyschkon, Ballaschk, 2008) und den Untertests *Gemeinsamkeiten finden* (Split-half Koeffizienten, korrigiert nach Spearman-Brown:  $r = .85$  bis  $.89$ ) sowie *Mosaiktest* ( $r = .84$  bis  $.88$ ) aus dem Hamburg-Wechsler Intelligenztest (HAWIK-IV, Petermann & Petermann, 2007) gebildet.

#### ***Einschlussdiagnostik: Messung der rechnerischen Fertigkeiten***

Die Rechenleistung wurden ebenso über vier Kennwerte ermittelt. Hierbei wurden aus dem Heidelberger Rechentest HRT 1-4 (Haffner, Baro, Parzer & Resch, 2005) die Resultate des Kindes in den Untertests *Addition* ( $r_{tt} = .82$ ) und *Subtraktion* ( $r_{tt} = .86$ ) verwendet sowie die Ergebnisse im *Zahlenstrahltest II* ( $\alpha = .83$ ) der Neuropsychologischen Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen (ZAREKI-R, von Aster et al., 2006) und im Untertest *Rechnen* ( $\alpha = .86$  bis  $\alpha = .89$ ) aus der BUEGA.

Zusätzlich wurden die Lese- ( $\alpha = .68$  bis  $\alpha = .91$ ) und Rechtschreibleistungen ( $\alpha = .81$  bis  $\alpha = .83$ ) mit den gleichnamigen Untertests aus der BUEGA erfasst.

Zu jedem Messzeitpunkt wurden darüber hinaus das kognitive Selbstkonzept (Harter-Skalen, Asendorpf & van Aken, 1993), die Schul- und Leistungsangst (PHOKI, Döpfner, Schnabel, Goletz & Ollendick, 2006), die Mathematikangst (MAI, Kohn et al., 2013) und die

Selbsteinschätzung der Rechenleistung sowie die Einstellung zum Rechnen (FRA, Krinzinger et al., 2007) erfragt. PHOKI und FRA wurden erst zu einem späteren Zeitpunkt der laufenden Untersuchung als Konstrukte in die Testbatterie aufgenommen, so dass hier bei einigen Kindern keine Werte vorliegen. Zusätzlich wurden zum ersten und dritten Messzeitpunkt die psychischen Auffälligkeiten aus Elternperspektive (SDQ, Goodman, 1997) erfasst.

### ***Harter-Skalen***

Zur Erfassung des kognitiven Selbstkonzeptes des Kindes kam die deutsche Fassung des „Self-Perception Profile for Children“ (Harter, 1985), die Harter-Skalen (Asendorpf & van Aken, 1993), zum Einsatz. Die Reliabilität, ermittelt über die interne Konsistenz, ist für die Skala *Kognitive Kompetenz* ( $\alpha = .71$ ) als zufriedenstellend zu bewerten (Asendorpf & von Aken, 1993).

### ***Phobiefragebogen für Kinder und Jugendliche (PHOKI)***

Zur Erfassung schulbezogener Ängste diente die Skala *Schul- und Leistungsängste* ( $\alpha = .78$ ) des PHOKI (Döpfner et al., 2006). Die Kinder geben auf einer dreistufigen Skala an, wie häufig sie vor schulbezogenen Situationen Angst haben.

### ***Mathematikangstinterview (MAI)***

Zur Erfassung der Mathematikangst (Intensität) wurde das MAI, (Kohn et al., 2013) eingesetzt. Das MAI erfasst die Angstintensität sowie deren Auswirkungen auf verschiedenen Angstebenen. Dem Kind werden rechenspezifische Situationen sprachlich und bildlich präsentiert und es wird gebeten, seine Angst mittels Angstthermometer einzuschätzen. Das Interview weist eine hohe Reliabilität ( $\alpha = .90$ ) auf.

### ***Fragebogen für Rechenangst (FRA)***

Aus dem FRA (Krinzinger et al., 2007) wurde die kombinierte Skala *Selbsteinschätzung und Einstellung zum Fach Mathematik* verwendet. Das Kind beantwortet auf einer fünfstufigen Likert-Skala mit einer Skalierung der Rohwerte von 0 bis 4 jeweils sieben Items zum Rechnen und Rechenunterricht. Die interne Konsistenz beträgt  $\alpha = .84$  für Zweitklässler, und  $\alpha = .85$  für Drittklässler.

### ***Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ)***

Der SDQ von Goodman (1997) ist ein Elternfragebogen zum Screening von Verhaltensauffälligkeiten und -stärken von Kindern und Jugendlichen. Aus den 25 Items lassen sich fünf Subskalen bilden: *Prosoziales Verhalten*, *Hyperaktivität*, *Emotionale Probleme*, *Verhaltensprobleme mit Peers* sowie (*externalisierende*) *Verhaltensprobleme*. Weiterhin kann ein Gesamtwert gebildet werden, über welchen sich definieren lässt, inwiefern die Eltern das Kind als psychisch auffällig einschätzen. In dieser Untersuchung wurde die erweiterte Variante des SDQ eingesetzt, welche zusätzlich die Beeinträchtigungen im Alltag durch die angegebenen Symptome erfragt (Goodman, 1999). Woerner und Kollegen (2002) berichten eine interne Konsistenz für den Gesamtwert von  $\alpha = .82$ . Für die einzelnen Skalen liegen die Werte zwischen  $\alpha = .58$  (*Verhaltensprobleme mit Gleichaltrigen*) und  $\alpha = .76$  (*Hyperaktivität*). In den Summenwerten der einzelnen Skalen, dem Gesamtwert sowie der Skala zu den Beeinträchtigung im Alltag gelten ca. 80 % als *unauffällig*, 10 % als *grenzwertig* und weitere 10 % als *auffällig* (Goodman, 1997, 1999). Woerner und Kollegen (2002) ermittelten anhand einer repräsentativen Stichprobe von 930 Kindern und Jugendlichen Cut-Off-Werte für die deutsche Version des SDQ.

#### ***4.2.4 Statistische Verfahren***

Die statistische Auswertung der Interventionseffekte erfolgte überwiegend mittels zweifaktorieller Varianzanalysen (ANOVAs) mit Messwiederholung. Bei signifikanten Vortestunterschieden zwischen den Gruppen wurden Kovarianzanalysen (ANCOVAs) mit dem jeweiligen Nachtestwert als abhängiger Variable, der Gruppenbedingung als Faktor und dem Vortestwert als Kovariate eingesetzt. Die Effektstärke bei ANOVAs und ANCOVAs wird durch das partielle Eta-Quadrat angegeben. Bühner und Ziegler (2009, S. 364) folgend, gelten Werte von  $\eta^2 > .01$  als klein, Werte von  $\eta^2 > .06$  als mittel und Werte von  $\eta^2 > .14$  als groß. Häufigkeitsunterschiede zwischen den Gruppen wurden mittels Chi-Quadrat-Test überprüft.

### ***4.3 Ergebnisse***

#### ***4.3.1 Deskriptive Statistiken***

72 Kinder erfüllten die Einschlusskriterien der Studie und wurden zufällig den drei Bedingungen zugeordnet. In die Datenanalyse wurden nur solche Kinder eingeschlossen, welche mindestens 80 % der vorgegebenen 30 Trainingssitzungen (24 – 36 Sitzungen) in max. 10 Wochen absolviert hatten. Drei Kinder der CG wurden aufgrund dieser Kriterien nicht

berücksichtigt. Ein Kind der WKG brach die Studienteilnahme ab. Die resultierende Stichprobe bestand aus 68 Kindern der zweiten bis fünften Schulklasse im Alter von 7;4 bis 10;8 Jahren, wobei das mittlere Alter bei 8.84 Jahren ( $SD = 0.84$ ) lag. Die Kinder der CG absolvierten im Mittel 29.75 ( $SD = 1.86$ ) Trainingssitzungen, während die Kinder der KTG im Mittel 28.99 ( $SD = 1.84$ ) Trainingssitzungen absolvierten. Bei der Prüfung auf Gruppenunterschiede bei Vortestwerten, wurde zur Verringerung des Beta-Fehlers ein Signifikanzniveau von 20 % angenommen, da die Nullhypothese die Wunschhypothese darstellte. Es fanden sich keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich Geschlecht, Intelligenz, Lesen, Rechtschreibung und Rechnen (siehe Tabelle 1). Allerdings bestanden mit Blick auf das Alter der Kinder bei kleiner Effektgröße von vornherein Unterschiede zwischen den Gruppen. Die Kinder der KTG waren dabei signifikant jünger als die Kinder der CG ( $p = .047$ ) und als die Kinder der WKG ( $p = .138$ ), während sich die Kinder der CG und der WKG in Bezug auf ihr Alter nicht voneinander unterschieden ( $p = .814$ ).

Die deskriptiven Statistiken zeigten, dass die hier untersuchten Kinder als Gruppe betrachtet neben dem Rechnen auch im Lesen und Schreiben schwach abschnitten. Analog zur Definition der Rechenschwäche wurden die Probanden als *lese-rechtschreibschwach* definiert, wenn sie im Lesen und/oder Rechtschreiben einen T-Wert unterhalb von 40 erzielt hatten. Dabei zeigte sich, dass 56.5 % ( $n = 13$ ) der Kinder der CG, 69.6 % ( $n = 16$ ) der WKG und 81.8 % ( $n = 18$ ) der KTG auch eine Lese- und/oder Rechtschreibschwäche aufwiesen. Die Verteilung des Auftretens einer Lese- und/oder Rechtschreibschwäche wich signifikant von einer Gleichverteilung über die drei Gruppen ab ( $\chi^2(2) = 3.37$ ,  $p = .185$ ). Dabei bestanden signifikante Unterschiede zwischen der CG- und der KTG ( $p = .067$ ), während keine bedeutsamen Häufigkeitsunterschiede zwischen der WKG und der KTG ( $p = .339$ ) oder zwischen der CG und der WKG ( $p = .359$ ) vorlagen.

>>> Tabelle 1 hier einfügen <<<

#### ***4.3.2 Psychische Auffälligkeiten und sozio-emotionale Merkmale rechenschwacher Kinder***

Da kein Vergleich mit einer Gruppe von im Rechnen unauffälligen Kindern möglich war, erfolgte ein Vergleich der beobachteten Verteilung der Kinder bezüglich der Cut-Off-Kategorien (*unauffällig*, *grenzwertig*, *auffällig*) hinsichtlich des *Gesamtproblemwertes psychischer Auffälligkeiten* und der Subskalen mit der erwarteten Verteilung auf Basis der von Goodman

(1997, 1999) postulierten und von Woerner und Kollegen (2002) für die deutsche Normierungsstichprobe angepassten Kategoriengrenzen (siehe Tabelle 2). Insgesamt zeigte sich die vorliegende Stichprobe hinsichtlich des *Gesamtproblemwertes psychischer Auffälligkeiten* und den Skalen *Hyperaktivität*, *Emotionale Probleme* und *Verhaltensprobleme* als psychisch belastet. Der Anteil der Kinder mit auffälligen Werten lag hier deutlich höher, als dies entsprechend der Normstichprobe zu erwarten gewesen wäre. Im Vergleich zu den erwarteten Häufigkeiten wurden in Bezug auf den *Gesamtproblemwert psychischer Auffälligkeiten* und die Skala *Verhaltensprobleme* in der vorliegenden Stichprobe mehr als doppelt so viele Kinder als *auffällig* eingeschätzt, während für die Skalen *Hyperaktivität* und *Emotionale Probleme* etwa dreimal mehr Kinder als *auffällig* eingestuft wurden. Für die Skala *Verhaltensprobleme mit Peers* zeigten sich keine bedeutsamen Unterschiede zwischen der beobachteten und erwarteten Verteilung. Die Ergebnisse zur *Beeinträchtigung* der Kinder durch die angegebenen Symptome im Alltag ergaben einen deutlichen Unterschied zur erwarteten Verteilung (siehe Tabelle 2).

>>> Tabelle 2 hier einfügen <<<

Hinsichtlich der *kognitiven Kompetenz* verdeutlichte der durchschnittliche T-Wert von 35 (SD = 11.69; N = 68), dass die Kinder ein sehr niedriges kognitives Selbstkonzept aufwiesen, welches im Mittel eineinhalb Standardabweichung unter dem Mittelwert lag und statistisch bedeutsam von diesem abwich ( $t(67) = -10.88, p < .001$ ). So zeigten 14.7 % (n = 10) der Kinder einen Wert, der im deutlich auffälligen Bereich ( $\leq 30$ ) lag. In Bezug auf die *Schul- und Leistungsangst* ergab sich ein mittlerer T-Wert von 56 (SD = 9.04; N = 40), welcher sich demnach im Normalbereich befand. Es zeigten 7.5 % (n = 3) der Kinder hier einen deutlich auffälligen T-Wert ( $\geq 70$ ). Für die *Mathematikangst* sowie die *Selbsteinschätzung und Einstellung zum Fach Mathematik* können keine Aussagen zum Ausmaß der Merkmalsausprägung getroffen werden, weil für die hier genutzten Instrumente bislang keine Normen vorliegen (MAI) bzw. die Normstichprobe lediglich Kinder bis zur dritten Klasse (FRA) einschließt.

### 4.3.3 *Unmittelbare Interventionseffekte*

Mit Ausnahme der *Schul- und Leistungsangst*, zeigten sich im Verlauf für alle untersuchten Merkmale (*Selbsteinschätzung und Einstellung zum Fach Mathematik*, *kognitives Selbstkonzept* und *Mathematikangst*) Verbesserungen mit moderater bis großer Effektstärke über alle Gruppen.

Für die *Selbsteinschätzung und Einstellung zum Fach Mathematik*, das *kognitive Selbstkonzept* sowie die *Schul- und Leistungsangst* zeigten sich keine signifikanten Interaktionseffekte. Folglich ergab sich eine Verbesserung hinsichtlich dieser sozio-emotionalen Merkmale über die Zeit, diese Verbesserung war jedoch in Abhängigkeit von der Gruppenzugehörigkeit der Kinder vergleichbar (siehe Tabelle 3). Es zeigte sich ein signifikanter Interaktionseffekt mit großer Effektstärke für die *Mathematikangst*. Die anschließenden Analysen zum Vergleich der einzelnen Gruppen verdeutlichten, dass die Kinder der CG eine stärkere Reduktion der *Mathematikangst* zeigten, als die Kinder der WKG bei großer Effektgröße ( $F(1,43) = 7.00, p = .011, \eta^2 = .140$ ). Der Vergleich der CG und KTG ergab, dass sich die beiden Gruppen nicht hinsichtlich der Veränderung der *Mathematikangst* unterschieden ( $F(1,43) = 1.33, p = .255, \eta^2 = .030$ ).

>>> Tabelle 3 hier einfügen <<<

#### **4.3.4 Längerfristige Interventionseffekte**

Um Rückschlüsse auf längerfristige Interventionseffekte zu ziehen, lagen lediglich die Resultate der beiden Trainingsgruppen, nicht aber Ergebnisse der WKG vor, weil es sich unter ethischen Gesichtspunkten verbot, die Kinder über einen so langen Zeitraum hinweg ohne wirksame Förderung weiter zu beobachten. Das *kognitive Selbstkonzept*, die *Schul- und Leistungsangst* sowie die *Mathematikangst* verbesserten sich mit großer Effektstärke über beide Gruppen vom ersten zum dritten Messzeitpunkt (siehe Tabelle 4). Besonders deutlich zeigten sich Veränderungen in Bezug auf die *Mathematikangst*. Die gruppenbezogenen t-Tests für abhängige Stichproben ergaben eine Reduktion der *Mathematikangst* für die CG ( $t(20) = 4,51, p = <.001, d = 0.78$ ) und KTG mit jeweils großer Effektstärke ( $t(19) = 5.25, p = <.001, d = 0.94$ ). Hinsichtlich des *kognitiven Selbstkonzeptes*, der *Schul- und Leistungsangst* und der *Mathematikangst* zeigten sich keine signifikanten Interaktionseffekte. In Bezug auf die *Selbsteinschätzung und Einstellung zum Fach Mathematik* fand sich ein signifikanter Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit. Die Kinder der KTG zeigten bei großer Effektstärke eine stärkere Verbesserung als die Kinder der CG.

>>> Tabelle 4 hier einfügen <<<

Hinsichtlich der psychischen Auffälligkeiten zeigten sich Vortestunterschiede zwischen den Gruppen in Bezug auf den *Gesamtproblemwert psychischer Auffälligkeiten* ( $t(29.82) = -2.46, p =$

.020,  $d = 0.85$ ), sowie die Skalen *Emotionale Probleme* ( $t(31) = -2.05$ ,  $p = .049$ ,  $d = 0.74$ ) und *Verhaltensprobleme* ( $t(24.75) = -3.37$ ,  $p = .002$ ,  $d = 1.15$ ). Die KTG erwies sich hinsichtlich dieser Merkmale als deutlich belasteter. Mittels t-Tests wurde bestimmt, ob sich die Gruppen jeweils von  $t_1$  zu  $t_3$  hinsichtlich der psychischen Auffälligkeiten veränderten. Es zeigten sich keine bedeutsamen Veränderungen für die untersuchten Merkmale. Weiterhin unterschieden sich die Gruppen nicht hinsichtlich der Veränderung der psychischen Auffälligkeiten oder der Beeinträchtigung im Alltag über die Zeit (siehe Tabelle 5).

>>> Tabelle 5 hier einfügen <<<

#### 4.4 Diskussion

Kinder mit Rechenschwäche weisen gemäß den eingangs dargestellten Untersuchungen eine erhöhte emotionale Belastung auf (z. B. Gadeyne, Ghesquière & Onghena, 2004; Kohn, Wyszkon & Esser, 2013). Auch in der vorliegenden Stichprobe zeigten sich die Kinder hinsichtlich des *Gesamtproblemwertes psychischer Auffälligkeiten* und den Bereichen *Hyperaktivität* und *Emotionale Probleme* sowie *Verhaltensprobleme* als deutlich belastet. Insbesondere auch das Ausmaß der *Beeinträchtigung* der Kinder durch die angegebenen Symptome im Alltag war stark erhöht.

In der Literatur finden sich Hinweise darauf, dass eine lernschwachespezifische Förderung auch einen Einfluss auf sozio-emotionale Merkmale und psychische Auffälligkeiten hat (Schulz, Dertmann & Jagla, 2003; Esser, 2008; Lambert & Spinath, 2013). Im Rahmen der vorliegenden Studie zeigten die Ergebnisse zur unmittelbaren Wirksamkeit des computerisierten Rechentrainings eine deutlich stärkere Reduktion der *Mathematikangst* bei Kindern der CG im Vergleich zu Kindern der WKG, während sich keine Unterschiede zur KTG ergaben. Supekar, Iuculano, Chen und Menon (2015) berichteten ebenso eine Reduktion der *Mathematikangst* bei Kindern in Folge eines Rechentrainings. Die Ergebnisse sind jedoch nicht unmittelbar mit den vorliegenden zu vergleichen, da kein Vergleich zu einer Kontrollgruppe vorlag und es sich um eine Förderung in einer Eins-zu-eins-Situation mit einem Tutor handelte. Jansen und Kollegen (2013) fanden keine Effekte auf das mathematikbezogene Kompetenzerleben oder die *Mathematikangst* nach einem computerisierten Rechentraining. Als Gründe für die fehlenden Effekte führten die Autoren die sehr kurze Trainingsdauer und das somit sehr kurze Zeitfenster an Erfolgserlebnissen in Mathematik an. Die Reduktion der *Mathematikangst* bei Kindern mit

Rechenschwäche ist insbesondere bedeutsam, da stark ausgeprägte *Mathematikangst* nicht nur das Lösen von Rechenaufgaben erschwert (Ashcraft, Krause & Hopko, 2007), sondern auch einen hohen negativ prognostischen Wert für den weiteren Verlauf des Rechnenlernens aufweist (Ashcraft, 2002). Dies verdeutlicht die Relevanz einer frühzeitigen Identifikation und erfolgreichem Intervention von Mathematikangst, so dass der in der Literatur angenommene Teufelskreis, in welchem die Mathematikangst zu negativen Erfahrungen mit Mathematik, zu Misserfolg führt, dies wiederum die Mathematikangst verstärkt und zu schlechteren Leistungen beiträgt, durchbrochen werden kann und betroffenen Kindern die Entfaltung ihres Potential mathematikbezogener Fertigkeiten ermöglicht werden kann (Devine, Fawcett, Szucs & Dowker, 2012; von Aster, Rauscher, Kohn & Eitel, 2016). Keine Unterschiede zwischen den Gruppen über die Zeit fanden sich für die *Selbsteinschätzung und Einstellung zum Fach Mathematik*, das *kognitive Selbstkonzept* sowie die *Schul- und Leistungsangst*. Im Rahmen der Wirksamkeitsstudie von Kohn und Kollegen (in Revision) war eine deutliche unmittelbare Verbesserung der Rechenleistung und Zahlenraumvorstellung nur bei Kindern der CG, nicht jedoch bei Kindern der WKG oder KTG, erkennbar. Eine Veränderung sozio-emotionaler Merkmale ist demnach vor allem für die CG anzunehmen. Als Ursache für die fehlenden Effekte ist zu vermuten, dass die Kinder die verbesserten Fertigkeiten erst über einen längeren Zeitraum anwenden müssen, um Erfolge selbst zu erleben. Bestätigungen und Rückmeldungen, wie verbesserte Ergebnisse in Klassenarbeiten, Lob von Lehrern und Eltern, oder positive Vergleiche zu Mitschülern tragen im Weiteren dazu bei, dass sich das emotionale Erleben und Selbstbild des Kindes verbessern kann. Zudem müssen die Verbesserungen in den rechnerischen Fertigkeiten auch relativ zum stattfindenden Lernfortschritt der Mitschüler so groß sein, dass sie in der Schule spür- und wahrnehmbar werden.

Die Ergebnisse zu längerfristigen Interventionseffekten zeigten deutliche Verbesserungen beider Gruppen hinsichtlich der untersuchten Merkmale. Wider Erwarten ergab sich kein Vorteil der CG gegenüber der KTG. Hinsichtlich der *Selbsteinschätzung und Einstellung zum Fach Mathematik* zeigten die Kinder der KTG sogar stärkere Verbesserungen als Kinder der CG. Zur Diskussion dieses Befundes ist es erforderlich, auf die längerfristigen Ergebnisse zu den Verbesserungen der Rechenfertigkeiten der Wirksamkeitsstudie von Kohn und Kollegen (in Revision) näher einzugehen. Die Autoren konnten anhand der vorliegenden Stichprobe zum Follow-up eine hohe Stabilität der verbesserten Leistungen der CG zeigen. Jedoch fand sich zum Follow-up kein Vorteil der CG gegenüber der KTG. Demzufolge ist der Befund, dass sich beide

Trainingsgruppen in Bezug auf die sozio-emotionalen Merkmale verbesserten, durchaus plausibel, da beide Gruppen zum Follow-up erhöhte mathematikbezogene Kompetenzen aufwiesen. Die deutliche Verbesserung der KTG hinsichtlich der hier untersuchten sozio-emotionalen Merkmale lässt sich zudem anhand von Besonderheiten der Stichprobenszusammensetzung ergänzend erklären. So weisen in der KTG knapp 82 % der Kinder neben einer Rechen-, auch eine Lese- und/ oder Rechtschreibschwäche auf, während dies für nur knapp 57 % der CG zutrifft. Dieser Unterschied ist bedeutsam, da das Rechtschreibtraining als Kontrolltraining für das rechenschwächstespezifische Training *Calcularis* eingesetzt wurde. Aufgrund des sehr hohen Anteils an Kindern mit einer kombinierten Schwäche schulischer Fertigkeiten stellt das Rechtschreibtraining jedoch für knapp 82 % der Kinder der KTG ebenso eine lernschwächstespezifische Intervention dar, wie dies unter Verwendung von *Calcularis* der Fall gewesen wäre. Daher ist ein stärkerer Effekt auf sozio-emotionale Merkmale für die KTG durchaus plausibel, weil angenommen werden kann, dass sich Verbesserungen im Lesen und Schreiben schneller und deutlicher abbilden, da diese Fertigkeiten in nahezu jedem Schulfach benötigt werden. Das Kind erlebt somit häufiger Erfolge, weshalb sich Effekte auf sozio-emotionale Merkmale stärker abzeichnen. So könnte eine Generalisierung auch auf rechenspezifische sozio-emotionale Merkmale, wie die *Selbsteinschätzung und Einstellung zum Rechnen*, angenommen werden. Zur weiteren Absicherung dieses Befundes sind Studien notwendig, welche auch die Verbesserungen der Schriftsprache in Folge eines Rechtschreibkontrolltrainings sowie in nicht-mathematikspezifischen sozio-emotionalen Merkmalen, wie beispielsweise der Deutschangst, berücksichtigen.

Weiterhin ist zu beachten, dass die KTG deutlich mehr psychische Auffälligkeiten aufwies als die CG. Auch Fischbach, Schuchardt, Mähler und Hasselhorn (2010) berichteten, dass Kinder mit kombinierten Schwächen emotional deutlich belasteter sind als Kinder, die lediglich in einem Bereich eine Schwäche aufweisen. Zukünftige Studien sind notwendig, um zu prüfen, ob sich längerfristige Effekte eines Trainings schulischer Fertigkeiten auf sozio-emotionale Merkmale bei einer eingangs psychisch stärker belasteten Gruppe deutlicher abzeichnen.

Hinsichtlich der längerfristigen Interventionseffekte auf psychische Auffälligkeiten zeigten sich keine Unterschiede zwischen den beiden Trainingsgruppen. Die Gruppen zeigten jeweils keine Veränderung in Bezug auf die untersuchten Merkmale über den Zeitraum von acht Monaten. In Bezug auf Studienergebnisse, welche Effekte auf psychische Auffälligkeiten berichteten, gilt es zu beachten, dass es sich hier um Interventionen über einen Zeitraum von 6-12

Monaten (Schulz, Dertmann & Jagla, 2003; Esser, 2008) bzw. 24 Monaten (Lambert & Spinath, 2013) handelte und sich die Förderung in einer Eins-zu-eins-Situation vollzog. Die hier betrachtete Intervention erstreckte sich hingegen über maximal zehn Wochen.

Die vorliegende Studie unterliegt einigen methodischen Einschränkungen. Hierzu gehören das ungleiche (aber über die Interventionsgruppen ausgeglichene) Geschlechterverhältnis sowie der fehlende Vergleich zu einer untrainierten Probandengruppe bei der Untersuchung der längerfristigen Interventionseffekte. Trotzdem verdeutlichen die Ergebnisse, dass es sich bei Kindern mit Rechenschwäche um eine Population handelt, welche neben häufigen zusätzlichen Lernschwächen auch durch eine starke emotionale Belastung gekennzeichnet ist. Weiterhin liefert die vorliegende Studie Hinweise darauf, dass durch eine computerisierte lernschwachespezifische Intervention auch sozio-emotionale Merkmale verbessert werden können. Bisher liegen kaum Daten dazu vor, wie sich unterschiedliche Förderansätze auf das psychische Funktionsniveau auswirken. Dieser Bereich sollte jedoch – über die reine Leistungsverbesserung der Kinder hinaus - einen wichtigen Bestandteil der wissenschaftlichen Evaluationsforschung darstellen. Solche Ergebnisse sind wichtig, um die Wirkmechanismen zwischen sozio-emotionalen Komponenten und der Leistung des Kindes besser zu verstehen. Damit könnten Interventionen stärker so gestaltet werden, dass neben der Leistungsverbesserung auch der Selbstwert und psychische Verhaltensauffälligkeiten bei Kindern mit Teilleistungsschwächen im Fokus der Förderung stehen, das Kind entlastet wird und letztlich möglicherweise auch die rein fachbezogenen Interventionen besser gelingen können.

## **5 Infoboxen**

### **5.1 Implikationen für die Praxis**

*Calcularis* ist eine adaptive Lernsoftware für Grundschul Kinder zur Förderung der Rechenfertigkeiten. Das Ziel besteht in der Förderung und Festigung von basisnumerischen Kompetenzen, der Zahlenraumvorstellung und den Grundrechenarten, damit diese als Werkzeuge für höhere mathematische Denkleistungen, wie mathematisches Argumentieren, Modellieren und Explorieren, zur Verfügung stehen können. Das Programm ist hierarchisch aufgebaut und kombiniert das Training von basisnumerischen Fähigkeiten mit dem Training der arithmetischen Grundrechenarten. Es werden Vorläuferfähigkeiten (Subitizing, Schätzen, Zählen), die Zahlendarstellung und die wechselseitige Übersetzung zwischen den Zahlrepräsentationen sowie arithmetische Operationen (Addition und Subtraktion) in größer werdenden Zahlenräumen (0 – 1000) trainiert. Für jeden dieser Bereiche gibt es Haupt- und Supportspiele. Während für die Hauptspiele komplexe Fähigkeiten oder eine Kombination mehrerer Fähigkeiten benötigt werden, trainieren die Supportspiele einzelne Fähigkeiten und bereiten auf diese Weise die Hauptspiele vor. Es wird eine einheitliche, konsistente Zahlendarstellung, kodiert anhand von Farben, Formen und Topologie, verwendet, welche die verschiedenen Eigenschaften der Zahlsymbole betont. Weiterhin sind Repetitionen in das Programm implementiert, um einzelne Fähigkeiten zu festigen. Eine Bibliothek mit Fehlermustern bietet die Möglichkeit, gezielt Spiele zur Behebung bestimmter Fehler bereitzustellen. *Calcularis* ist adaptiv, um sich optimal an das Wissens- und Fähigkeitsniveau und die spezifischen Fehlermuster des individuellen Kindes anzupassen. Hierzu wird ein adaptiver Algorithmus verwendet, welcher die mathematischen Fähigkeiten des Kindes intern repräsentiert.

*Calcularis* kann Kinder in Bezug auf Zahlenverarbeitung und Rechenfertigkeiten effektiv unterstützen. Dies ließ sich in den Evaluationsstudien von Käser und Kollegen (2013), Rauscher und Kollegen (2016) sowie Kohn und Kollegen (in Revision) bereits nach relativ kurzen Trainingszeiträumen (6 - 12 Wochen) zeigen. In der Praxis kann *Calcularis* als nutzbringende Anreicherung lerntherapeutischer Interventionen und des Mathematikunterrichts individuell, aber auch gruppen- oder klassenbezogen, eingesetzt werden. Die Kinder arbeiten selbstständig mit dem Programm, während die begleitenden Erwachsenen (Lehrer, Therapeuten, Eltern) den Fortschritt anhand des Auswertungsprogramms „Calcularis Coach“ jederzeit einsehen können.

## **5.2 Forschungsmethoden**

Zur differenzierten Abschätzung von Interventionseffekten wurde ein 3-Gruppen-Prä-Post-Follow-Up-Design gewählt. Das Design umfasste eine Trainings- und zwei Kontrollgruppen bei zufälliger Zuordnung der Kinder. Die Umsetzung einer untrainierten Wartekontrollgruppe ermöglicht die Abgrenzung von spezifischen Trainingseffekten zu Entwicklungs- und Beschulungseffekten. Jedoch müssen auch bei Wartekontrollgruppen methodische Probleme berücksichtigt werden. So stellt sich bei einer unbehandelten Gruppe von beeinträchtigten Kindern in der Interventionsforschung immer die Frage, ob die betroffenen Kinder tatsächlich keinerlei Fördermaßnahmen erhielten. Denkbar sind hier Faktoren wie vermehrte Hilfestellungen der Eltern beim Mathe-Üben oder eine stärkere Zuwendung durch die Lehrer, auch Erwartungseffekte (im Sinne eines Placeboeffektes) sind ein bekanntes Phänomen. Die Realisierung einer weiteren Kontrollgruppe, welche ein Alternativtraining erhält, stellt eine Möglichkeit dar, um spezifische von unspezifischen Fördereffekten abzugrenzen (vgl. Klauer, 2001). Weiterhin können so Zuwendungs-, Aufmerksamkeits- und Neuigkeitseffekte (vgl. Hager, 2000) kontrolliert werden. Dies ist im Rahmen dieser Studie besonders wichtig, da der Computer ein attraktives, neues Lernmedium darstellt und die Kinder durch die Trainings supervisionen zusätzliche Aufmerksamkeit erhielten. Das *Dybuster Orthograph* Rechtschreibtraining stellt ein besonders geeignetes Kontrolltraining dar, da es sich ebenfalls um eine computerisierte Förderung handelt und eine Intervention von gleicher Förderintensität und analogem Umfang gewährleistet, ohne jedoch eine rechenschwäche-spezifische Förderung zu bieten. Allerdings muss kritisch berücksichtigt werden, dass ein Rechtschreibtraining aufgrund des häufigen gemeinsamen Auftretens von Lese-Rechtschreib- und Rechenschwächen für viele Kinder ebenso eine indizierte Fördermaßnahme darstellte. Zur Untersuchung von Wirkmechanismen von rechenschwachespezifischen Interventionen auf das psychosoziale Funktionsniveau sind weiterführende Studien mit Kontrollgruppen notwendig, welche unspezifisch gefördert werden und eine Intervention erhalten, welche keine Förderbereiche, die mit dem Defizit zusammenhängen, trainiert.

## 6 Literaturverzeichnis

- Ashcraft, M. (2002). Math Anxiety: Personal, Educational, and Cognitive Consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 11, 181 – 185.
- Ashcraft, M. H., Krause, J. A. & Hopko, D. R. (2007). Is math anxiety a mathematical learning disability? In D. B. Berch & M. M. M. Mazzocco (Hrsg.), *Why is math so hard for some children?* (S. 329 – 348). Baltimore, MD: Brookes Publishing.
- Asendorpf, J. B. & van Aken, M. A. G. (1993). Deutsche Version der Selbstkonzeptskalen von Harter. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 25, 64-86.
- Bear, G. G., Minke, K. M. & Manning, M. A. (2002). Self-concept of students with learning disabilities: a meta-analysis. *School Psychology Review*, 31, 405–427.
- Betz, D. & Breuninger, H. (1998). *Teufelskreis Lernstörungen* (5. Aufl.). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Bövers, S. & Schulz, W. (2005). Integrative Lerntherapie bei Kindern mit Lese- und Rechtschreibstörungen: Ergebnisse einer katamnestischen Studie. *Kindheit und Entwicklung*, 14, 191-200.
- Bryan, J. H., Sonnefeld, L. J. & Grabowski, B. (1983). The relationship between fear of failure and learning disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 6, 217–222.
- Bühner, M. & Ziegler, M. (2009). *Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*. München: Pearson Studium.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44, 1 – 42.
- Devine, A., Fawcett, K., Szucs, D. & Dowker, A. (2012). Gender differences in mathematics anxiety and the relation to mathematics performance while controlling for test anxiety. *Behavioral and Brain Functions*, 8 (33), 2-9.
- Döpfner, M., Schnabel, M., Goletz, H. & Ollendick, T. (2006). *Phobiefragebogen für Kinder und Jugendliche (PHOKI)*. Göttingen: Hogrefe.
- Esser, G. (2008). *Berliner Studie 2: Spezifizierte Aspekte des Fördererfolgs in den Berliner LOS: Ergebnisse einer Follow-up-Studie*. Berlin: trainmedia GmbH.
- Esser, G., Wyschkon, A. & Ballaschk, K. (2008). *Basisdiagnostik Umschriebener Entwicklungsstörungen im Grundschulalter (BUEGA)*. Göttingen: Hogrefe.
- Fischbach, A., Schuchardt, K., Mähler, C. & Hasselhorn, M. (2010). Zeigen Kinder mit schulischen Minderleistungen sozio-emotionale Auffälligkeiten?. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 42, 201-210.
- Gadeyne, E., Ghesquiere, P. & Onghena, P. (2004). Psychosocial functioning of young children with learning problems. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45, 510-521.
- Goodman, R. (1997). The Strengths and Difficulties Questionnaire: A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 38, 581–586.

- Goodman, R. (1999). The extended version of the strengths and difficulties questionnaire as a guide to child psychiatric caseness and consequent burden. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 40, 791-799.
- Graefen, J., Kohn, J., Wyschkon, A. & Esser, G. (2015). Internalizing problems in children and adolescents with math disability. *Zeitschrift für Psychologie*, 233, 93-101.
- Haffner, J., Baro, K., Parzer, P. & Resch, F. (2005). *Heidelberger Rechentest (HRT 1-4): Erfassung mathematischer Basiskompetenzen im Grundschulalter*. Göttingen: Hogrefe.
- Hager, W. (2000). Wirksamkeits- und Wirksamkeitsunterschiedshypothesen, Evaluationsparadigmen, Vergleichsgruppen und Kontrolle. In W. Hager, J.-L. Patry & H. Brezing (Hrsg.), *Evaluation psychotherapeutischer Interventionsmaßnahmen - Standards und Kriterien: Ein Handbuch* (S. 180-201). Bern: Huber.
- Harter, S. (1985). *Manual for the Self-Perception Profile for Children* (Technical Rep.). Denver, CO: University of Denver.
- Jansen, B. R., Louwse, J., Straatemeier, M., Van der Ven, S. H., Klinkenberg, S. & Van der Maas, H. L. (2013). The influence of experiencing success in math on math anxiety, perceived math competence, and math performance. *Learning and Individual Differences*, 24, 190-197.
- Kain, W., Landerl, K. & Kaufmann, L. (2008). Komorbidität bei ADHS. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 156, 757-767.
- Käser, T., Baschera, G.-M., Kohn, J., Kucian, K., Richtmann, V., Grond, U., Gross, M. & von Aster, M. G. (2013). Design and evaluation of the computer-based training program *Calcularis* for enhancing numerical cognition. *Frontiers in Psychology*, 4, 1-13. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00489
- Kast, M., Meyer, M., Voegeli, C., Gross, M. & Jaencke, L. (2007). Computer-based multisensory learning in children with developmental dyslexia. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 25, 355-369.
- Klauer, K. J. (2001). Trainingsforschung: Ansätze - Theorien - Ergebnisse. In K. J. Klauer (Hrsg.), *Handbuch kognitives Training* (2., überarb. und erw. Aufl., S. 5-68). Göttingen: Hogrefe.
- Kohn, J., Rauscher, L., Käser, T., Kucian, K., McCaskey, U., Wyschkon, A., Esser, G. & von Aster, M. (in Revision). *Effekte des Calcularis-Trainings. Teil 1: Domänen-spezifische Veränderungen*. Manuskript eingereicht bei Lernen und Lernstörungen.
- Kohn, J., Richtmann, V., Rauscher, L., Kucian, K., Käser, T., Grond, U., Esser, G. & von Aster, M. (2013). Mathematikangstinterview (MAI) – erste psychometrische Gütekriterien. *Lernen und Lernstörungen*, 2, 177-189.
- Kohn, J., Wyschkon, A. & Esser, G. (2013). Psychische Auffälligkeiten bei Umschriebenen Entwicklungsstörungen: Gibt es Unterschiede zwischen Lese-Rechtschreib- und Rechenstörungen? *Lernen und Lernstörungen*, 3, 7-20.
- Krinzinger, H., Kaufmann, L., Dowker, A., Thomas, G., Graf, M., Nuerk, K. et al. (2007). Deutschsprachige Version des Fragebogens für Rechenangst (FRA) für 6- bis 9- jährige Kinder. *Zeitschrift für Kinder-und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*, 35, 341-367.

- Lambert, K. & Spinath, B. (2013). Veränderungen psychischer Belastung durch die Förderung von rechenschwachen Kindern und Jugendlichen. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*, 41, 23-34.
- Lebens, M., Graff, M., G. & Mayer, P. (2011). The affective dimensions of mathematical difficulties in schoolchildren. *Educational Research International*, 20, 1-13.
- Ma, X. & Kishor, N. (1997). Assessing the relationship between attitude toward mathematics and achievement in mathematics: A meta-analysis. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28, 26-47.
- Ma, X. & Xu, J. (2004). The causal ordering of mathematics anxiety and mathematics achievement: a longitudinal panel analysis. *Journal of Adolescence*, 27, 165-179.
- Passolunghi, M. C. (2011). Cognitive and emotional factors in children with mathematical learning disabilities. *International Journal of Disability, Development and Education*, 58 (1), 61-73.
- Petermann, F. & Petermann, U. (2007). *Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder IV (HAWIK IV)*. Bern: Huber.
- Prior, M., Smart, D., Sanson, A & Oberklaid, F. (1999). Relationships between learning difficulties and psychological problems in preadolescent children from a longitudinal sample. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 38, 429-436.
- Rauscher, L., Kohn, J., Käser, T., Mayer, V., Kucian, K., McCaskey, U., Esser, G. & von Aster, M. (2016). Evaluation of a computer-based training program for enhancing arithmetic skills and spatial number representation in primary school children. *Frontiers in Psychology*, 7, 913.
- Rubinsten, O. & Tannock, R. (2010). Mathematics anxiety in children with developmental dyscalculia. *Behavioral and Brain Functions*, 6, 46.
- Sena, J. D. W., Lowe, P. A. & Lee, S. W. (2007). Significant predictors of test anxiety among students with and without learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 40 (4), 360-376.
- Schuchardt, K., Brandenburg, J., Fischbach, A., Büttner, G., Grube, D., Mähler, C. et al. (2015). Die Entwicklung des akademischen Selbstkonzeptes bei Grundschulkindern mit Lernschwierigkeiten. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 18, 513-526.
- Schulz, W., Dertmann, J. & Jagla, A. (2003). Kinder mit Lese-Rechtschreibstörungen: Selbstwertgefühl und Integrative Lerntherapie. *Kindheit und Entwicklung*, 12, 231-242.
- Shalev, R. S., Auerbach, J. & Gross-Tsur, V. (1995). Developmental dyscalculia behavioral and attentional aspects: A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 36, 1261-1268.
- Supekar, K., Iuculano, T., Chen, L. & Menon, V. (2015). Remediation of Childhood Math Anxiety and Associated Neural Circuits through Cognitive Tutoring. *The Journal of Neuroscience*, 35, 12574-12583.

- von Aster, M., Rauscher, L., Kohn, J. & Eitel, Y. (2016). Mathematikangst. In A. Fritz, G. Ricken & S. Schmidt (Hrsg.), *Handbuch Rechenschwäche* (3. erw. und aktual. Aufl.) (S.). Weinheim: Beltz.
- Von Aster, M. G. & Shalev, R. S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49, 868-873. doi: 10.1111/j.1469-8749.2007.00868.x
- von Aster, M., Weinhold Zulauf, M. & Horn, R. (2006). *ZAREKI-R (Neuropsychologische Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen bei Kindern)*, revidierte Version. Frankfurt: Harcourt Test Services.
- White, J. L., Moffitt, T. E. & Silva, P. A. (1992). Neuropsychological and socio-emotional correlates of specific-arithmetic disability. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 7, 1–16. doi: 10.1093/arclin/7.1.1
- Willcutt, E. G., Petrill, S. A., Wu, S., Boada, R., DeFries, J. C., Olson, R. K. & Pennington, B. F. (2013). Comorbidity between reading disability and math disability concurrent psychopathology, functional impairment, and neuropsychological functioning. *Journal of Learning Disabilities*, 46, 500-516.
- Woerner, W., Becker, A., Friedrich, C., Klasen, H., Goodman, R. & Rothenberger, A. (2002). Normierung und Evaluation der deutschen Elternversion des Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ): Ergebnisse einer repräsentativen Felderhebung. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*, 30, 105-112.
- Zelege, S. (2004). Self-concepts of students with learning disabilities and their normally achieving peers: A review. *European Journal of Special Needs Education*, 19, 145-170.
- Zentall, S. S. (2007). Math performance of students with ADHD. Cognitive and behavioral contributors and interventions. In D. B. Berch & M. M. M. Mazzocco (Hrsg.), *Why is math so hard for some children: The nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities* (S. 219 – 243). Baltimore: Brookes.

## 7 Tabellen

**Tabelle 1**

Prüfung auf Gruppenunterschiede zwischen den Kindern der Calcularis- (CG), Wartekontroll- (WKG) und Kontrolltrainingsgruppe (KTG): Ergebnisse der Varianzanalysen/ Chi-Quadrat-Test

Parameter		Gruppe			Teststatistik
		CG (n = 23)	WKG (n = 23)	KTG (n = 22)	
Alter in Jahren	M (SD)	9.01 (0.77)	8.95 (0.99)	8.56 (0.71)	F = 1.93 · p = .154
Intelligenz <sup>1</sup>	M (SD)	48.22 (3.93)	46.92 (3.55)	47.38 (3.24)	F = 0.77 · p = .465
Rechnen <sup>1</sup>	M (SD)	34.26 (3.89)	35.05 (3.08)	35.55 (3.85)	F = 0.72 · p = .489
Lesen <sup>1</sup>	M (SD)	43.35 (9.12)	41.87 (10.64)	40.27 (7.49)	F = 0.63 · p = .537
Rechtschreibung <sup>1</sup>	M (SD)	37.74 (8.97)	39.30 (10.20)	36.24 (8.69)	F = 0.59 · p = .556
Geschlecht	w / m	17 / 6	16 / 7	15 / 7	$\chi^2 = 0.20$ · p = .907

Anmerkungen: <sup>1</sup>T-Werte.

**Tabelle 2**

Vergleich der beobachteten Verteilung der Kinder bezüglich der Cut-Off-Kategorien (unauffällig, grenzwertig, auffällig) hinsichtlich des SDQ-Gesamtproblemwertes psychischer Auffälligkeiten und der Subskalen mit der erwarteten Verteilung (Kategoriengrenzen nach Woerner et al. (2002): Ergebnisse der  $\chi^2$ -Tests

Parameter	Kategorie	beobachteter Wert	erwarteter Wert	$\chi^2$	<i>p</i>	<i>w</i>
Gesamtproblemwert	unauffällig	40 (59.7%)	54.7 (81.6%)	25.02	<.001	0.61
	grenzwertig	9 (13.4%)	5.6 (8.4%)			
	auffällig	18 (26.9%)	6.7 (10%)			
Hyperaktivität	unauffällig	39 (58.2%)	57.2 (85.3%)	40.03	<.001	0.77
	grenzwertig	8 (11.9%)	3.3 (4.9%)			
	auffällig	20 (29.9%)	6.6 (9.8%)			
Emotionale Probleme <sup>1</sup>	unauffällig	36 (53.7%)	57.6 (86%)	59.58	<.001	0.95
	grenzwertig	12 (17.9%)	4.2 (6.3%)			
	auffällig	19 (28.4%)	5.2 (7.7%)			
Verhaltensprobleme	unauffällig	57 (85.1%)	56.7 (84.7%)	8.74	.014	0.36
	grenzwertig	1 (1.5%)	5.8 (8.7%)			
	auffällig	9 (13.4%)	4.4 (6.6%)			
Verhaltensprobleme mit Peers	unauffällig	58 (86.6%)	58.1 (86.7%)	3.19	.482	0.22
	grenzwertig	5 (7.5%)	4.2 (6.3%)			
	auffällig	4 (6.0%)	4.7 (7.0%)			
Beeinträchtigung <sup>1,2</sup>	unauffällig	17 (25.8%)	52.8 (80.0%)	148.72	<.001	1.50
	grenzwertig	15 (22.7%)	6.6 (10.0%)			
	auffällig	34 (51.5%)	6.6 (10.0%)			

Anmerkungen: <sup>1</sup>n = 66; <sup>2</sup>für die Skala *Beeinträchtigung* liegen keine angepassten Kategoriengrenzen durch Woerner et al. (2002) vor, es werden die Kategorien (80 : 10 : 10) nach Goodman (1997, 1999) verwendet.

**Tabelle 3**

Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD), Ergebnisse der Signifikanztests (ANOVA mit Messwiederholung) und Effektstärken hinsichtlich der sozio-emotionalen Merkmale der Calcularis- (CG), Wartekontroll- (WKG) und Kontrolltrainings-Gruppe (KTG) zu den Zeitpunkten  $t_1$  und  $t_2$

Parameter	Gruppe	n	$t_1$	$t_2$	Effekte	F	p	$\eta^2$
			M (SD)	M (SD)				
Selbsteinschätzung und Einstellung <sup>1</sup>	CG	14	28.36 (10.00)	29.21 (10.18)	Z	4.48	<b>.041</b>	.111
	WKG	11	25.55 (8.36)	29.73 (11.80)	G	0.06	.945	.003
	KTG	14	26.93 (9.23)	28.86 (8.76)	ZxG	0.75	.480	.040
kognitive Kompetenz <sup>2</sup>	CG	22	36.55 (11.83)	38.68 (11.26)	Z	10.78	<b>.002</b>	.159
	WKG	19	33.84 (9.02)	38.11 (11.58)	G	0.19	.825	.007
	KTG	19	32.42 (12.02)	39.42 (11.83)	ZxG	1.09	.342	.037
Schul- und Leistungsangst <sup>2</sup>	CG	14	55.36 (11.17)	55.36 (10.46)	Z	0.54	.469	.015
	WKG	11	53.18 (7.83)	52.27 (10.81)	G	2.00	.150	.100
	KTG	14	60.36 (6.03)	58.21 (8.68)	ZxG	0.22	.806	.012
Mathematikangst <sup>1</sup>	CG	23	18.35 (9.09)	15.17 (9.90)	Z	6.86	<b>.011</b>	.095
	WKG	23	17.43 (9.67)	19.39 (10.75)	G	0.27	.766	.008
	KTG	22	19.36 (10.73)	13.64 (11.17)	ZxG	6.52	<b>.003</b>	.167

Anmerkungen: <sup>1</sup>Rohwerte, <sup>2</sup>T-Werte; Z = Zeiteffekt; G = Gruppeneffekt; ZxG = Zeit x Gruppe Interaktionseffekt.

**Tabelle 4**

Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD), Ergebnisse der Signifikanztests (ANOVA mit Messwiederholung) und Effektstärken hinsichtlich der sozio-emotionalen Merkmale der Calcularis- (CG) und Kontrolltrainings-Gruppe (KTG) zu den Zeitpunkten  $t_1$  und  $t_3$

Parameter	Gruppe	n	$t_1$	$t_3$	Effekte	F	p	$\eta^2$
			M (SD)	M (SD)				
Selbsteinschätzung und Einstellung <sup>1</sup>	CG	14	28.36 (10.00)	27.50 (8.21)	Z	3.39	.077	.120
	KTG	13	28.00 (8.65)	33.46 (8.45)	G	0.78	.386	.030
					ZxG	6.40	<b>.018</b>	.204
kognitive Kompetenz <sup>2</sup>	CG	21	37.57 (11.75)	40.52 (10.47)	Z	11.49	<b>.002</b>	.228
	KTG	20	32.95 (14.09)	41.05 (14.09)	G	0.32	.573	.008
					ZxG	2.49	.122	.060
Schul- und Leistungsangst <sup>2</sup>	CG	14	55.36 (11.17)	52.50 (9.76)	Z	6.04	<b>.021</b>	.194
	KTG	13	60.00 (6.12)	54.23 (7.60)	G	1.16	.293	.044
					ZxG	0.69	.415	.027
Mathematikangst <sup>1</sup>	CG	21	17.29 (8.79)	11.00 (6.94)	Z	48.25	<b>&lt;.001</b>	.553
	KTG	20	19.70 (11.11)	10.05 (8.93)	G	0.81	.778	.002
					ZxG	2.15	.151	.052

Anmerkungen: <sup>1</sup>Rohwerte, <sup>2</sup>T-Werte; Z = Zeiteffekt; G = Gruppeneffekt; ZxG = Zeit x Gruppe Interaktionseffekt.

**Tabelle 5**

Veränderungen der psychischen Auffälligkeiten (SDQ Summenwerte) der Calcularis- (CG) und Kontrolltrainingsgruppe (KTG) vom Zeitpunkt  $t_1$  bis zum Zeitpunkt  $t_3$ , Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD), Ergebnisse der  $t$ -Tests für abhängige Stichproben und kovarianzanalytische Haupteffekte der Gruppenzugehörigkeit inkl. Effektstärken

Parameter	Gruppe	n	$t_1$		$t_3$		$t$ -Test		Haupteffekt der Gruppe	Effektstärke $\eta^2$
			M (SD)	M (SD)	t	p				
Gesamtproblemwert	CAL	16	9.13 (5.15)	9.75 (4.23)	-0.91	.378	F (1, 32) = 0.00; $p = .966$	.000		
	DYB	18	14.61 (7.72)	14.72 (8.74)	-0.11	.917				
Hyperaktivität	CAL	16	4.13 (1.78)	4.81 (1.97)	-1.46	.166	F (1, 32) = 1.38; $p = .250$	.043		
	DYB	18	5.72 (2.87)	5.15 (2.63)	1.31	.209				
Emotionale Probleme	CAL	16	2.42 (2.18)	2.81 (1.94)	-0.91	.379	F (1, 31) = 0.18; $p = .678$	.006		
	DYB	17	4.12 (2.55)	4.26 (2.87)	-0.27	.790				
Verhaltensprobleme	CAL	16	1.19 (1.05)	1.56 (1.21)	-1.1	.287	F (1, 32) = 1.20; $p = .281$	.037		
	DYB	18	3.17 (2.23)	2.72 (2.40)	1.72	.104				
Verhaltensprobleme mit Peers	CAL	16	1.38 (2.00)	1.25 (1.77)	0.49	.633	F (1, 32) = 2.63; $p = .115$	.037		
	DYB	18	1.53 (1.83)	2.22 (2.69)	-1.66	.115				
Beeinträchtigung	CAL	16	1.63 (1.67)	1.56 (1.41)	0.14	.889	F (1, 30) = 1.43; $p = .241$	.037		
	DYB	16	2.56 (2.42)	3.06 (3.07)	-0.98	.341				