



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Fehler in der Mathematik“

Der Umgang mit Fehlern in der Mathematik und die
Zusammenhänge zu bestimmten Fehlertypen

verfasst von

Ines Minniberger

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2014

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 298

Studienrichtung lt. Studienblatt: Diplomstudium Psychologie

Betreut von: Ass.- Prof. Dr. Marco Jirasko

Inhaltsverzeichnis

1.	THEORETISCHER HINTERGRUND.....	7
1.1	Einleitung	7
1.2	Begriffsdefinition: Fehler	9
1.3	Text- und Sachaufgaben in der Mathematik.....	11
1.3.1	<i>Das Lösen einer Textaufgabe</i>	13
1.3.1.1	<i>Mathematisches Problemlösen</i>	14
1.3.1.2	<i>Mathematisches Modellieren</i>	14
1.3.2	<i>Hindernisse und Fehlerquellen beim Lösen von Text- und Sachaufgaben in Mathematik</i>	18
1.3.2.1	<i>Textverständnis</i>	18
1.3.2.2	<i>Erstellen eines mentalen Modells</i>	21
1.3.2.3	<i>Mathematisches Arbeiten</i>	23
1.4	Theoretische Annäherung an die Psychologie des Fehlermachens.....	25
1.4.1	<i>Die Theorie des negativen Wissens</i>	25
1.4.2	<i>Fehler in der Schule – Fehlerkultur</i>	27
1.5	Die Voraussetzungen zum erfolgreichen Lösen von Textaufgaben	30
1.5.1	<i>Kognitive Faktoren</i>	30
1.5.2	<i>Metakognition</i>	33
1.5.3	<i>Persönlichkeit</i>	34
1.5.4	<i>Emotionaler Umgang</i>	35
1.5.5	<i>Individueller Umgang mit Fehlern</i>	37
1.6	Zusammenfassung und Fragestellung.....	43
2.	METHODE.....	45
2.1	Stichprobe und demographische Daten	45
2.1.1	<i>Geschlecht und Alter</i>	45
2.1.2	<i>Geschwister</i>	45

2.1.3 Schulleistungen in Deutsch und Mathematik.....	46
2.1.4 Einstellung zu Mathematik.....	46
2.2 Erhebungsinstrumente.....	46
2.2.1 Textaufgaben	46
2.2.2 Emotionale Befindlichkeit.....	47
2.2.3 Fragebogen zum Umgang mit Fehlern.....	49
2.2.4 PFK 9-14 – Persönlichkeitsfragebogen für Kinder zw. 9 und 14 Jahren	54
2.2.5 Skalen zur Erfassung des schulischen Selbstkonzepts (SESSKO).....	56
2.2.6 CFT-20-R – Grundintelligenztest Skala 2 – Revidierte Fassung	57
2.3 Untersuchungsablauf	58
2.4 Auswertung.....	59
3. ERGEBNISSE.....	62
3.1 Fehlertypen der Schülerinnen und Schüler.....	62
3.2 Anzahl der richtig gelösten Textaufgaben je Gruppe.....	64
3.3 Unterschiede in der Fehlerorientierung in den Fehlergruppen.....	67
3.4 Ausprägungen der Persönlichkeit in den verschiedenen Fehlergruppen	73
3.5 Unterschiede der kognitiven Fähigkeiten in den einzelnen Fehlergruppen	75
3.6 Unterschiede im Selbstkonzept in Mathematik zwischen den Fehlergruppen	77
3.7 Unterschiede zwischen den Fehlergruppen hinsichtlich der aktuell gezeigten Emotionen	79
3.8 Zusammenhang zwischen der Fehlerorientierung und der Persönlichkeit	85
3.9 Der Zusammenhang zwischen den kognitiven Fähigkeiten und dem individuellem Umgang mit Fehlern.....	87
3.10 Zusammenhang der Bearbeitungsdauer und der Leistung im Mathematiktest.....	87
4. DISKUSSION.....	90
4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse	90
4.2 Conclusio	96
4.3 Implikationen für die Praxis	97
4.4 Limitationen der Studie und Ausblick	98

LITERATURVERZEICHNIS.....	100
ANHANG.....	116
Anhang A. Testinstrumente und Fragebögen	116
Anhang B. Beschreibung der Stichprobe	123
Anhang C. Analyse der Untersuchungsmaterialien	125
Anhang D. Ergebnisse.....	134
Anhang E. Abstract.....	141
Anhang F. Curriculum Vitae	143

1. THEORETISCHER HINTERGRUND

1.1 Einleitung

Vielleicht können Sie sich an Ihre Schulzeit zurück erinnern. Haben Sie das Fach Mathematik gemocht oder war es ein Grauen? Egal wie Ihre Antwort ausfällt, Mathematik ist in den meisten Fällen ein Fach, das sehr polarisiert. Als Argument dafür und auch dagegen kommt oft, dass es in den Mathematikbeispielen der Schule immer nur eine richtige Antwort gäbe. Dies wird dann im einen Fall als besonders schwierig deklariert, im gegenteiligen Fall macht dies gerade die Faszination und Einfachheit aus. Dieses Richtig- oder-Falsch Paradigma scheint einzigartig für Mathematik zu sein. Jede Rechnung hat sein konkretes richtiges Ergebnis, alles andere gilt als falsch, ohne auf den Ursprung des Fehlers zu achten. Doch wenn man genau hinsieht, können die individuellen Fehler viel über die zu Grunde liegenden Denkvorgänge aussagen.

Textaufgaben sind da keine Ausnahme von der Regel, im Gegenteil. Durch ihren komplexen Aufbau und den hohen Anforderungen gelten sie als Königsdisziplin der Schulmathematik. Auch hier zeigt sich das Alles-oder-nichts Prinzip. Entweder die Aufgabe ist richtig - oder eben nicht. Was für einen Fehler man gemacht hat und wie dieser zustande kam, ist irrelevant. Gerade bei den Textaufgaben in der Schnittstelle von Theorie und Praxis bietet sich jedoch viel Platz über Fehler nachzudenken und ihnen auf den Grund zu gehen. Oft sind es logische Überlegungen, die Schülerinnen und Schüler zu einem (falschen) Ergebnis bringen. Nicht selten halten sich diese Fehler dann jahrelang, ohne dass sich jemand um den Ursprung des Fehlers kümmert (Althof, 1999).

So mannigfaltig wie die Fehler in Textaufgaben auftreten, so unterschiedlich ist auch der individuelle Umgang mit diesen. Fehler können als Makel gesehen

werden, die um jeden Preis vermieden werden müssen, wenn nötig auch mit unerlaubten Mitteln. In der Schule (und auch auf der Uni) kommt es oft vor, dass sich auf Fragen seitens der Lehrperson niemand meldet. Dies passiert jedoch nicht, weil keiner die Antwort weiß. Die Furcht vor einer falschen Antwort und das Bloßstellen in der Klasse überlagern den Wunsch nach guter Leistung und einer guten Note. Bevor man einen Fehler macht und sich blamiert, lässt man es lieber gleich bleiben und versucht nicht einmal, eine gute Leistung zu erbringen oder gar aus dem Fehler zu lernen. Fehler können demgegenüber als normaler Bestandteil eines Lernprozesses gesehen werden, ohne die nicht gelernt werden kann. Dies zeichnet sich dadurch aus, dass man bei etwaigem Nicht-Wissen nicht in eine Starre verfällt, man denkt über die Fehler nach und versucht zu verstehen, wie man es besser machen könnte. Der individuelle Umgang mit Fehlern ist ein Ausdruck der Persönlichkeit, des emotionalen Erlebens in der Klasse und der Selbsteinschätzung der Leistung. Diese Faktoren beeinflussen nicht nur direkt die Mathematikleistung, sondern auch im Umweg über den Umgang mit Fehlern (Althof, 1999). Die vorliegende Untersuchung widmet sich der Frage, ob sich Schülerinnen und Schüler hinsichtlich ihrer Fehlerorientierung unterscheiden, wobei dies in Abhängigkeit ihrer hauptsächlich gemachten Fehler in Textaufgaben untersucht wird. Dabei werden Aspekte der Persönlichkeit, des emotionalen Erlebens während der Bearbeitung von Textaufgaben und die kognitive Leistungsfähigkeit berücksichtigt.

1.2 Begriffsdefinition: Fehler

Im Duden hat der Begriff „Fehler“ verschiedene Bedeutungen. Zum einen ist ein Fehler „etwas, was falsch ist, was vom Richtigen abweicht; Unrichtigkeit“, aber auch eine „irrtümliche Entscheidung, Maßnahme; Fehlgriff“. Zum anderen wird als Fehler eine „schlechte Eigenschaft, Mangel“ bezeichnet, oder aber eine „Stelle an einer hergestellten Ware, die nicht so ist, wie sie sein müsste“ (Duden online unter <http://www.duden.de/node/656684/revisions/1113876/view>).

Darüber hinaus werden Fehler je nach Kontext als Falsches, Nichtrichtiges, Makel, Irrtum, Panne oder Missgeschick charakterisiert. Generell wird ein Fehler als etwas bezeichnet, das von der Norm abweicht, z. B. Sachverhalte oder Prozesse. Fehler können folglich nur dort auftreten, wo es auch Normen und Regeln gibt. Ohne diese wäre Fehlermachen nicht möglich. Gerade diese Normabweichung macht jedoch die Normen und Regeln bewusst, man bekommt Einsicht in die Grenzüberschreitung und kann aus dem Fehler lernen (Oser, Hascher & Spychiger, 1999).

Im schulischen Alltag könnte man laut Weingardt (2004) einen Fehler definieren „als das, was eine Lehrkraft im Heft rot anstreicht“ (S. 21). Betrachtet man die Fehler in den Heften, mag diese Definition zutreffend sein, solange man die Bewertung rein nach den Normen und Gesetzen der Grammatik, der Mathematik usw. macht. Hinter diesen Fehlern steckt aber mehr. Ein Fehler ist Ausdruck von Problemen in der Aufmerksamkeit, Informationsverarbeitung oder Handlungsweisen. Ein Fehler ist so gesehen nur das Produkt vieler Faktoren, die in komplexen Situationen schwer zu erkennen und zu benennen sind (Weingardt, 2004). Der Begründer der pädagogischen Fehlerforschung Hermann Weimer unterscheidet dabei Fehler von Irrtümern. Ein Fehler kann nur auftreten, wenn man eigentlich wüsste, wie es richtig geht. Ein Irrtum entsteht durch Nicht-Besserwissen und muss daher explizit von einem Fehler getrennt betrachtet werden. Davon abzugrenzen ist die Täuschung, die bewusst

herbei geführt wird. Bei einem Fehler ist also der Fehler-Machende verantwortlich dafür, bei einem Irrtum wird die Verantwortung dagegen abgegeben (Weimar, 1925). Kießling ging einen Schritt weiter und betonte die Wichtigkeit der Bedingungen des Fehlermachens. Dabei unterschied er verschiedene Bedingungen und versuchte, die Umweltfaktoren und Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. In Abbildung 1 sind die *objektiven, subjektiven und unterrichtlichen Bedingungen der Fehlsamkeit* nach Kießling (1925) abgebildet. Ein Fehler ist folglich nicht nur Ausdruck internaler subjektiver Ursachen. Die Umwelt trägt ebenso zu ihrer Entstehung bei. Die Verantwortung eines Fehlers liegt demgemäß nicht mehr bloß in der Person selbst, sondern kann auch auf äußere Ursachen zurückgeführt werden (Kießling, 1925; zitiert nach Weingardt, 2004).

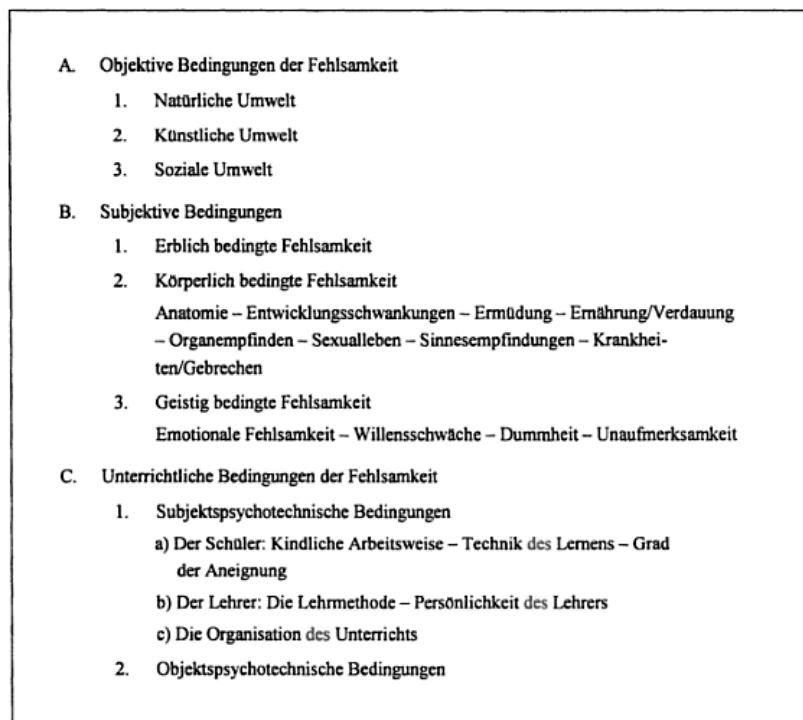


Abbildung 1: Bedingungen der Fehlsamkeit nach Kießling (1925, zitiert nach Weingardt, 2004, S. 47)

1.3 Text- und Sachaufgaben in der Mathematik

In der Mathematik nimmt das Sachrechnen einen besonderen Stellenwert ein. Sachrechnen verbindet definitionsgemäß die Mathematik mit der Umwelt, es wird eine Verbindung zwischen diesen beiden hergestellt (Häsel-Weide, 2007). Es geht dabei nicht nur um das bloße Anwenden von Rechenstrategien, die Aufgaben sollten auf reale Situationen bezogen werden. Dabei muss der Sachverhalt nicht unbedingt der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler entsprechen. Es kann sich ebenso auf Situationen beziehen, die die Schülerinnen und Schüler noch nicht erfahren haben (Franke & Ruwisch, 2010; Greefrath, 2010). Sachrechnen wird der Angewandten Mathematik zugeordnet. Aufgrund der Komplexität und des großen Feldes der Angewandten Mathematik können jedoch nicht alle Bereiche in der Schule behandelt werden (Franke & Ruwisch, 2010).

Sachrechnen dient dem Erreichen folgender Ziele (Franke & Ruwisch, 2010, S. 5):

- „Es dient zur Erschließung der Umwelt mit mathematischen Mitteln;
- es unterstützt das Verstehen von Phänomenen und Erscheinungen des Alltags
- es greift die kindliche Erfahrungswelt auf und erhellt diese
- es eröffnet den Kindern neue Welten (Fernwelten).“

Das Sachrechnen dient folglich dazu, den Kindern die Umwelt näherzubringen. Da dies nicht nur auf die Mathematik beschränkt sein kann, ist das Sachrechnen stark fächerübergreifend. In Abbildung 2 sieht man die Funktionen des Sachrechnens, wobei die drei Funktionen *Lernziel*, *Lernstoff* und *Lernprinzip* nie getrennt voneinander betrachtet werden können (Greefrath, 2010).

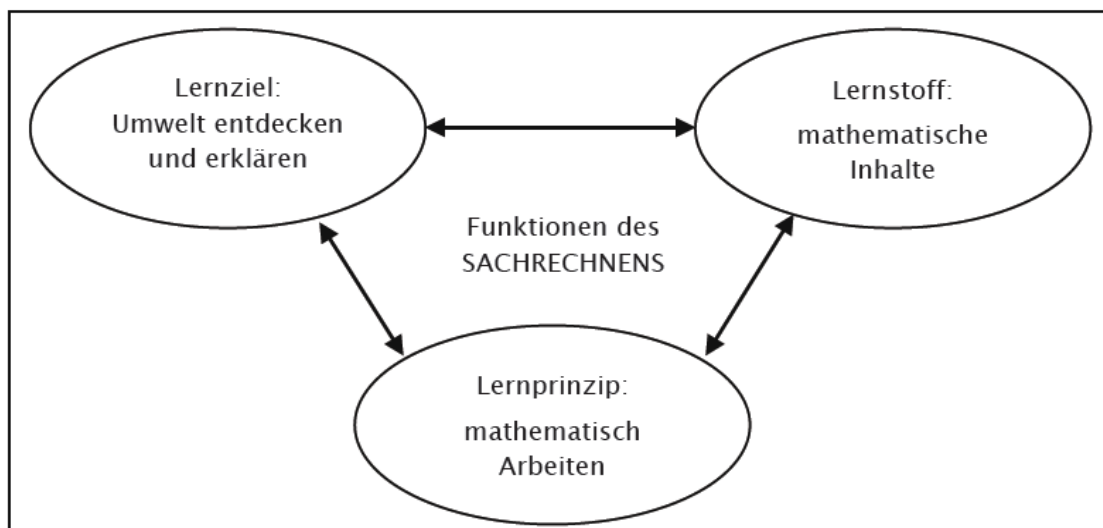


Abbildung 2: Funktionen des Sachrechnens (Greefrath, 2010, S. 16)

Eine allgemeine Definition einer Textaufgabe ist nicht vorhanden, oft werden die Begriffe Textaufgabe und Sachaufgabe synonym verwendet. Die begriffliche Unklarheit macht hier auch die Komplexität des Aufgabentyps anschaulich, die Schwierigkeit von Textaufgaben ist ungleich höher als die von numerischen Aufgaben (vgl. Krauthausen & Scherer, 2003; Schneeberger, 2009). Hinzu kommen die sogenannten eingekleideten Aufgaben, wobei hier der Realitätsbezug vollständig verloren geht. Die Situation spielt keine wesentliche Rolle und kann beliebig ausgetauscht werden. Es geht dabei allein um das Einüben mathematischer Rechengänge. Ein Beispiel für eine eingekleidete Aufgabe wäre „Wie viel ist das Produkt von 6 und 5?“. Obwohl die Aufgabe in einen Text eingebettet ist, gibt es keine Situation. Allenfalls überprüft man mit solchen Aufgaben das Beherrschen mathematischer Begriffe (Baireuther, 2003; Franke & Ruwisch, 2010; Schneeberger, 2009). Textaufgaben gehen unterdessen einen Schritt weiter. Sie stellen sozusagen das Bindeglied zwischen eingekleideten Aufgaben und Sachaufgaben dar. Einerseits stellen sie Sachverhalte sehr reduktionistisch dar, es sind meist keine irrelevanten Informationen enthalten. Andererseits versuchen sie trotzdem einen Bezug zur Realität zu wahren, wenn dies auch für die Schülerinnen und Schüler oft nicht relevant ist. Ziel ist es, den Text in eine mathematische Sprache zu übersetzen. Das reine Sachrechnen geht von einer realen Situation aus, wobei in den allermeisten Fällen viel mehr bedacht werden muss als in Textaufgaben. Es gibt

fast immer irrelevante Informationen, die nicht benötigt werden, oft sogar nichts mit Mathematik zu tun haben. Möchte man beispielsweise eine Pizza auf mehrere Personen aufteilen, ist die Lösung rein rechnerisch schnell gefunden. Bedenkt man allerdings andere Faktoren mit, wie die Tatsache, dass vielleicht nicht alle gleich viel essen, sondern manche weniger und manche mehr, wird dies schon schwieriger. Sachaufgaben stellen eine große Herausforderung seitens der Lehrperson, aber auch seitens der Schülerinnen und Schüler dar. Dies bezieht sich nicht nur auf kognitive Ressourcen, sondern auch auf zeitliche, da sich solche Aufgaben fast nur in Projekten verwirklichen lassen. Im Schulalltag werden daher hauptsächlich Textaufgaben (bei der es egal ist, ob die Pizza-Esser tatsächlich gleich viel essen oder nicht) verwendet, auch wenn diese nicht unkritisch betrachtet werden können.

Die fehlende Relevanz in der Lebenswelt der Kinder und Jugendlichen spielt immer wieder eine Rolle in der Diskussion um Text- und Sachaufgaben. Kritik wird vor allem daran geübt, dass die Kinder bei Textaufgaben immer wieder mit ihnen unvertrauten Gegebenheiten konfrontiert würden und sie aufgrund dessen die Aufgaben nicht lösen könnten (vgl. Baireuther, 2003; Franke & Ruwisch, 2010; Greefrath, 2010; Schneeberger, 2009; Walkington, Sherman & Petrosino, 2012). Demgegenüber zeigten Hasemann und Stern (2002), dass gerade schwache Kinder von Trainingsprogrammen, die abstrakt- symbolische Textaufgaben zum Inhalt haben, mehr profitieren als von alltagsnahen Textaufgaben. Generell gesehen bieten Textaufgaben eine gute Möglichkeit, fächerübergreifende Kompetenzen zu erwerben und zu vertiefen, da neben den eigentlichen mathematischen Fähigkeiten auch noch sprachliche und sachliche Aspekte hinzukommen (Reusser, 1997).

1.3.1 Das Lösen einer Textaufgabe

Um eine Textaufgabe zu lösen, bedarf es einiger Fertigkeiten bzw. Schritte. Gerade diese Komplexität und der mehrschrittige Lösungsprozess verlangen von den Schülerinnen und Schülern verschiedenste Kompetenzen. Das Lösen einer Textaufgabe kann von verschiedenen Seiten betrachtet werden, einerseits

als mathematisches Problemlösen, andererseits als mathematisches Modellieren (Franke & Ruwisch, 2010).

1.3.1.1 Mathematisches Problemlösen

Ein Problem, unabhängig von fachlichen Gegebenheiten, enthält drei Komponenten, nämlich einen Anfangs- und einen Zielzustand und in der Mitte, zwischen diesen zwei Endpunkten, der Weg vom einen zum anderen. Dieser Weg oder Prozess ist primär nicht vorgegeben, vielmehr sind Hindernisse und Hürden zu überwinden. Diese Definition schließt demnach mit ein, dass ein Problem immer subjektiv ist und vom Leistungs- und Wissensstand der betreffenden Person abhängt (Dörner, 1987; Schukajlow, 2011; Seel, 2003). Um nun so ein (mathematisches) Problem zu lösen, muss man in einem ersten Schritt die Aufgabe verstehen. Es werden die Daten strukturiert und Wichtiges von Unwichtigem unterschieden. Im nächsten Schritt muss ein Plan für die Durchführung des Problemlösens ausgearbeitet werden. Um ein Problem zu lösen, muss dieses gegliedert werden, Teilschritte festgelegt werden, Analogien zu ähnlichen Problemen erfasst werden und eventuell Hilfsmittel herangezogen werden. Das Ausführen des Plans umfasst in der Mathematik meist die Durchführung von Rechenoperationen. Im Anschluss an die Durchführung des Problemlösens muss in einem letzten Schritt das Ergebnis in den Sachverhalt eingebettet und kontrolliert werden (Franke & Ruwisch, 2010).

1.3.1.2 Mathematisches Modellieren

Beim mathematischen Modellieren geht es um die „Übersetzung“ eines realen Modells in eine mathematische Sprache, mit dessen Hilfe ein reales Problem gelöst werden soll (Franke & Ruwisch, 2010; Schneeberger, 2009; Schukajlow, 2011; Vollrath & Roth, 2012). Blum und Leiß (2005) sprechen von einem Modellierungskreislauf, bei dem zuerst eine reale Situation verstanden und anschließend vereinfacht und strukturiert werden muss. So wird eine Situation

zuerst in ein Situationsmodell und dann in ein Realmodell umgewandelt, bevor das Modell in ein mathematisches Modell übersetzt werden kann. In diesem Schritt wird das reale Modell mathematisiert und in der Regel mathematische Operationen durchgeführt. Im Anschluss muss das Resultat wieder in das reale Modell zurück übersetzt werden und in die Realsituation integriert werden. Um ein Problem durch mathematisches Modellieren zu lösen, benötigt es dementsprechend folgende Schritte (Blum & Leiß, 2005, S. 19):

1. Konstruieren/ Verstehen
2. Vereinfachen/ Strukturieren
3. Mathematisieren
4. Mathematisch arbeiten
5. Interpretieren
6. Validieren
7. Darlegen

Beim Lösen von Sach- und Textaufgaben in der Mathematik vereinigen sich das Problemlösen und das mathematische Modellieren zu einem integrativen Modell (Lorenz & Kaufmann, 2008 zitiert nach Franke & Ruwisch, 2010).

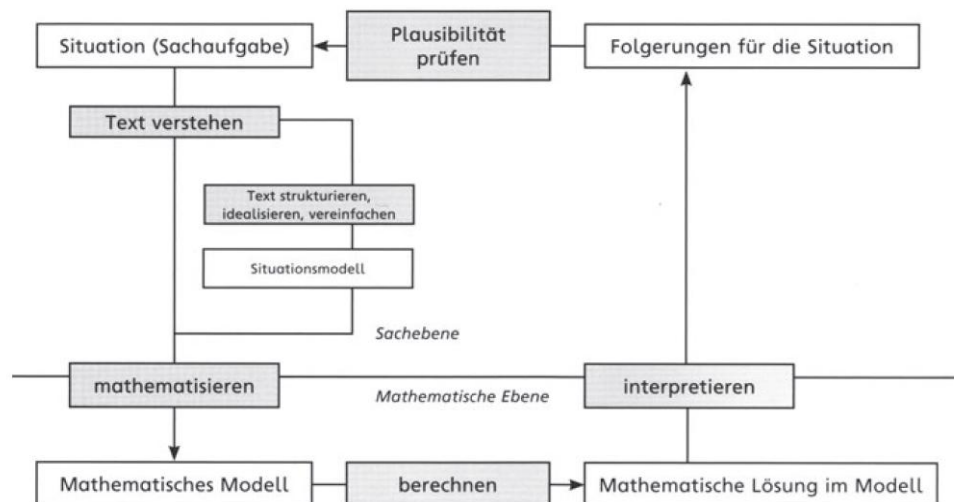


Abbildung 3: Modellierungs- und Problemlöseschritte beim Sachrechnen (Lorenz & Kaufmann, 2008; zitiert nach Franke und Ruwisch, 2010, S. 72)

Die Abbildung 3 gibt einen Überblick über das Modell. Die Komplexität des Modells spiegelt den Komplexitätsgrad von Sach- und Textaufgaben für die Schülerinnen und Schüler wider. Thorndike forderte bereits 1922, dass Textaufgaben insofern „einfacher“ gestalten werden sollen, als dass sie Probleme des alltäglichen Lebens der Schülerinnen und Schüler beinhalten sollten. So macht es beispielsweise keinen Sinn, Textaufgaben über Zahlungsvorgänge vorzugeben, wenn die Schülerinnen und Schüler im realen Leben über kein Geld verfügen und demnach auch nicht in solche Situationen kommen (Thorndike, 1922).

Ein Beispiel soll dieses Modell deutlich machen:

Familie Ortner (Vater Mutter, zwei Kinder) will im nächsten Urlaub nach Griechenland fahren, wo sie bei Bekannten wohnen kann. Die Mutter holt die Flugpreise Wien- Athen und zurück ein. Dabei gibt es verschiedene Tarife:

1. APEX: €421.50 für jeden Erwachsenen, Kinder haben 50% Ermäßigung.
2. Charterflug bei Tag: € 327.-, wobei Kinder 20% Ermäßigung haben und
3. Charterflug bei Nacht: € 298.-, es gibt keine Kinderermäßigung.

Welche Möglichkeit ist am billigsten?

Im ersten Schritt muss folglich der Text gelesen und verstanden werden. Es muss die kleine „Geschichte“ verstanden werden und mental ein Modell dazu erstellt werden. Im Anschluss daran, muss die Aufgabe vereinfacht werden und die wichtigen Daten herausgearbeitet werden. In dem konkreten Beispiel wären dies die Anzahl der Personen (Erwachsene, Kinder) und die Preise der einzelnen Anbieter. Irrelevante Informationen wie der Zielort, oder der Tatsache, dass die Familie Bekannte in Griechenland haben, interessieren zu diesem Zeitpunkt nicht. Erst wenn diese beiden Schritte erfolgreich bearbeitet wurden, kommt das eigentliche mathematische Arbeiten, es wird anhand der Daten eine oder mehrere Gleichungen erstellt. Im Beispiel würde man drei Gleichungen erstellen, nämlich

1.) $421.50 * 2 + 2 * (421.50 * 0.5) = ?$

2.) $327 * 2 + 2 * (327 * 0.8) = ?$

3.) $298 * 4 = ?$

Nun wird das mathematische Modell berechnet. Eine konkrete mathematische Lösung schließt das eigentliche mathematische Arbeiten ab. Im Anschluss daran muss das Ergebnis interpretiert werden, wobei das erste Angebot mit € 1,264.5 am teuersten ist, das zweite Angebot am günstigsten (€ 1,177.2) und das dritte Angebot mit € 1,192.- dazwischen liegt. Im Anschluss daran muss noch überprüft werden, ob das Ergebnis so stimmen kann. Es muss mit der Angabe verglichen werden. Hat man alle Informationen adäquat verarbeitet? Fehlt etwas oder wurde etwas falsch in Relation gesetzt? Zum Abschluss muss eine konkrete Antwort auf die Fragestellung gegeben werden, wobei diese in die reale Situation eingebettet werden muss. Im Beispiel wäre dies: Der Charterflug bei Tag ist mit € 1177.20 am günstigsten und sollte daher von der Familie Ortner für ihren Flug nach Athen und wieder zurück gewählt werden (Leiss, Schukajlow, Blum, Messner & Pekrun, 2010).

1.3.2 Hindernisse und Fehlerquellen beim Lösen von Text- und Sachaufgaben in Mathematik

Dass das Lösen von Text- und Sachaufgaben nicht immer so regelhaft abläuft, wie in den vergangenen Kapiteln beschrieben, beweist nicht nur der schulische Alltag, sondern auch die empirische Forschung (Clarkson, 1983; Conzalez, Guerra, Sanabria, Moreno, Noda & Bruno, 2010; Fong, 1986; Gamo, Sander & Richard, 2010; Hegarty, Mayer & Monk, 1995; Kalder, 2012). Textaufgaben bereiten den Schülerinnen und Schülern um bis zu 30% häufiger Schwierigkeiten als arithmetische Aufgaben (Reusser, 1997) und stellen somit beträchtliche Anforderungen an die kognitiven Ressourcen.

1.3.2.1 Textverständnis

Potentielle Fehlerquellen liegen in jeder Phase des Löseprozesses. Zuallererst muss der gegebene Text bzw. eventuell vorhandene Bilder, Grafiken oder Tabellen gelesen und entschlüsselt werden. Aus dem Text muss der Sinn erschlossen werden. Dies kann bei vielen Schülerinnen und Schülern bereits ein erhebliches Problem darstellen, beispielsweise bei einer vorhandenen Lese-Rechtschreibstörung (Häsel-Weidel, 2007). Thorndike (1922) machte eine Liste der am häufigsten verwendeten Wörter in Textaufgaben, wobei viele von diesen den Schülerinnen und Schülern damals und heute wenig geläufig sind. Ein unzulängliches Sprachverständnis kann so zum Scheitern führen, auch wenn man prinzipiell die Rechenvorgänge beherrschen würde. Thorndike forderte zu diesem frühen Zeitpunkt schon, Textaufgaben in einer Sprache zu schreiben, die die Kinder verstehen können, oder sie gezielt in dieser speziellen Sprache zu unterrichten. Mehrere Studien weisen darauf hin, dass alleine die Formulierung einer Textaufgabe deren Schwierigkeit stark verändern kann (Cummins, Kintsch, Reusser & Weimer, 1988; Gamo, Sander & Richard, 2010; Kintsch & Greeno, 1985; Stern, 1993). So zeigte Stern (1993), dass die Aufgabe *John hat 7 Eier. Er hat 4 Eier weniger als Peter. Wie viele Eier hat Peter?* ungleich schwieriger für Erstklässler zu lösen ist als die Aufgabe *John*

hat 7 Eier. Peter hat 4 Eier mehr als John. Wie viele Eier hat Peter? Sie empfinden die Vergleiche „n mehr als“ und „n weniger als“ als unabhängig voneinander (Stern, 1993). Das Verstehen von solchen relationalen Begriffen ist eine wichtige Voraussetzung beim erfolgreichen Lösen von Textaufgaben (Schumacher & Fuchs, 2012). Dabei haben die Kinder meist tatsächlich nur Probleme mit der Sprache, nicht mit der Relationalität an sich. Erst die flexible Handhabung der Sprache und die Bewusstwerdung, dass dasselbe Problem auf verschiedene Arten dargestellt werden kann, macht es Kindern möglich, solche Aufgaben zu lösen (Stern, 1993). Dieses Verständnis ist nur durch kulturelle Vermittlung von mathematischen Begrifflichkeiten und dem fortgeschrittenen Verständnis von Mengen zu vermitteln. Die alleinige Ausrichtung an Schlüsselwörtern reicht nicht, um Textaufgaben erfolgreich zu lösen – im Gegenteil, sie führt oft in die Irre (Hegarty et al., 1995). Es zeigte sich, dass Schülerinnen und Schüler, die Probleme beim Lesen bzw. beim sinnentnehmenden Lesen haben, beim Lösen von Textaufgaben schlechter abschneiden, als solche ohne Schwierigkeiten. Die Hürde der schriftlichen Dekodierung scheint für eine beachtliche Anzahl an Schülerinnen und Schülern unüberwindbar. Das Scheitern beim eigentlichen mathematischen Prozess ist dann nur eine logische Konsequenz (Morin & Franks, 2009; Powell, Fuchs, Fuchs, Cirino & Fletcher, 2009; Vukovic, Lesaux & Siegel, 2010). Dies zeigt sich sowohl bei einfachen, als auch bei schwierigen Aufgaben (Tolar, Fuchs, Cirino, Fuchs, Hamlett & Fletcher, 2012). Vukovic et al. untersuchten in einer Studie von 2010, welche Art von Leseproblemen die größten Schwierigkeiten beim Lösen von Textaufgaben verursachen. Es zeigte sich, dass die Kinder mit einer *Dyslexie*, hier definiert als die Schwierigkeit Wörter zu entziffern, größere Probleme aufweisen, als die Kinder, die zwar lesen können, jedoch Probleme mit dem Leseverständnis haben. Nicht generell Leseschwierigkeiten führen nach dieser Studie zu Problemen bei Textaufgaben sondern lediglich Störungen wie die *Dyslexie*. In einer Studie von Xin, Wiles & Lin (2008) zeigte sich, dass schwache Schülerinnen und Schüler von einem Training profitieren, das gezielt die spezifischen grammatikalischen Strukturen einer Textaufgabe zum Thema hat. Cummins (1991) fand bei ihrer Studie, dass Kinder, bei denen die relationalen Begriffe in eine eindeutige Sprache transferiert wurden, die

prinzipiell gleichen Aufgaben mit einer drei Mal so hohen Wahrscheinlichkeit lösen konnten als normale Textaufgaben.

Neben dem eigentlichen Verstehen einer Textaufgabe ist die abstrakte Handhabung von mathematischen Begriffen ein wesentlicher Bestandteil in der Ausbildung mathematischer Kompetenzen. Dies zieht den Schluss nach sich, dass abstrakte, unwirkliche Textaufgaben durchaus ihre Berechtigung im Unterricht haben, eben um genau diese abstrakten, mathematischen Begriffe und Konstrukte zu verfestigen (Schneeberger, 2009; Hasemann & Stern, 2002). Viele Schülerinnen und Schüler bauen Misskonzepte zu mathematischen Begriffen und Gesetzmäßigkeiten auf und haben so Schwierigkeiten, Textaufgaben korrekt zu lösen (Blando, Kelly, Schneider & Sleeman, 1989). Gerade in der Mathematik der Mittel- und Oberstufe sind abstrakte Textaufgaben oft leichter zu lösen als solche, die stark in realistische Kontexte eingebettet sind. Das realistische Umfeld lenkt die Aufmerksamkeit auf nicht-mathematische Kontexte und erschwert somit das Lösen von Textaufgaben. Es zeigte sich, dass Schülerinnen und Schüler, die ein mathematisches Problem vorher mit abstrakten Kontexten übten auch bei den realistischen Kontexten besser abschnitten (Mevarech & Stern, 1997). Die alleinige Forderung nach Textaufgaben, die möglichst realitätsnah und im kindlichen Kontext eingebaut sind, ist demnach nicht der beste Weg, um Schülerinnen und Schülern komplexes mathematisches Modellieren zu lehren. Textaufgaben mit abstrakten Inhalten haben insofern einen hohen Stellenwert, als dass sie eine gute Übung darstellen, bevor sie in reale Kontexte transferiert werden (Staub & Stern, 1997). Schülerinnen und Schüler können allerdings nicht sofort abstrakte mathematische Konstrukte in die Realität „übersetzen“, es bedarf Übung und Anleitung für die Anwendung an realen Begebenheiten (Walkington et al., 2012). Bei jüngeren Kindern in der Volksschule ist es hingegen von zentraler Bedeutung, Textaufgaben in für sie vertraute Kontexte zu stellen, abstrakte Handhabungen sind erst zu einem späteren Zeitpunkt möglich (Stern & Lehrndorfer, 1992).

Die oft zitierten Kapitänsaufgaben der Art „Ein Hirte hat 15 weiße und 20 schwarze Schafe. Wie alt ist er?“ stellen ein Beispiel für die Verständnisschwierigkeiten von Kindern bei Textaufgaben dar. Sie scheinen die Aufgaben zu lösen, ohne auch nur kurz darüber nachzudenken. Gerade Kinder, die schon über Schulerfahrung verfügen, denken nicht mehr über die Sache selbst nach. So zeigte Radatz (1983), dass Kinder in der 3. und 4. Klasse die Kapitänsaufgabe zu 70.7 % lösten. Der weitreichende Schluss, dass Kinder ohne Nachzudenken rechnen, liegt nahe, ist jedoch unzulässig. Die Schülerinnen und Schüler lernen, dass Textaufgaben immer eine Lösung haben, sie müssen nur die Zahlen richtig verbinden. Gibt man ihnen vor den Aufgaben den Hinweis, dass nicht alle Aufgaben lösbar seien, kommen schon viel mehr Kinder auf den Widerspruch und geben korrekt an, dass die Aufgabe nicht lösbar sei (Rehder, 1999; Schneeberger, 2009). Kinder lösen die Aufgabe meist sehr kreativ, um den Rechengvorgang plausibel zu machen. So hat sich der Hirte beispielsweise für jedes Lebensjahr ein Schaf gekauft, um sich sein Alter besser zu merken (Schneeberger, 2009). Kinder tendieren jedoch ferner dazu, lösbare Textaufgaben als unlösbar zu etikettieren, wenn sie vorher einen Hinweis bekommen haben, dass auch unlösbare Aufgaben vorkommen können, speziell bei Textaufgaben, die in unbekannte Situationen eingebettet sind (Rehder, 1999). Stern (1992) konnte zeigen, dass besonders schwache Kinder zu raten beginnen und unlösbare Aufgaben lösen, da vergleichbare lösbare Aufgaben für sie ebenfalls zu schwierig wären und als unlösbar deklariert würden. Solche Schülerinnen und Schüler haben demnach noch kein gefestigtes Wissen darüber, wie sie eine Textaufgabe lösen müssen und verfallen demzufolge in eine Ratestrategie, die in vielen Fällen tatsächlich auch zu einer korrekten Lösung führt, ohne die Aufgabe verstanden zu haben (Stern, 1992).

1.3.2.2 Erstellen eines mentalen Modells

Als nächsten, wichtigen Schritt in der Bearbeitung von Textaufgaben gilt es ein Modell der Situation zu erstellen und dieses in eine mathematische Sprache zu

übersetzen (Franke & Ruwisch, 2010; Leiss et al., 2010). In den Ergebnissen von Schülerinnen und Schüler finden sich immer wieder unrealistische Werte. So kommt es nicht selten vor, dass auf Textaufgaben, die als Lösung eine konkrete Anzahl von Personen hat, penibel genau jede Nachkommastelle angegeben wird. Dass Personen nicht geteilt werden können und es keine „halbe“ Person gibt, wird vergessen oder vernachlässigt. Um zu einer realistischen Antwort zu kommen, muss also die Situation als solche bewusst gemacht werden und ein Modell dazu erstellt werden (Palm, 2008). Die Schülerinnen und Schüler müssen also eine Grundvorstellung entwickeln, um was es in der Textaufgabe geht und was da genau passiert, sie müssen also die Situation verstehen (Prediger, 2009). Hegarty et al. (1995) zeigten in einer Studie, dass erfolgreiche Problemlöser im Gegensatz zu weniger erfolgreichen, ein Modell erstellen und darauf ihren Plan zur Lösung stellen. Der Transfer von Alltagswissen bzw. Situationswissen nimmt hier eine zentrale Stelle ein. Dabei muss zudem irrelevantes Wissen ausgeblendet werden, wie Tabelle 1 zeigt (Walkington et al., 2012). Dass die Formulierung der Textaufgabe einen entscheidenden Einfluss auf die Lösungswahrscheinlichkeit hat, wurde bereits erläutert. Wie die spezielle Formulierung oder besser gesagt die Darstellung der Textaufgabe gerade schwächeren Schülerinnen und Schüler helfen kann, ein mentales Modell zu erstellen, untersuchten Thevenot, Devidal, Barrouillet und Fayol (2007). Sie postulieren in ihrer Studie, dass, wenn man die eigentliche Frage vor den Text stellt, dies den Kindern beim Erstellen eines mentalen Modells unterstützt. Tatsächlich zeigte sich bei den Ergebnissen, dass gerade schwächere Kinder alleine dadurch einen erheblichen Zuwachs (25%) an richtigen Antworten erreichen konnten (Thevenot et al, 2007).

Tabelle 1: Beispiele für die Verwendung von produktiven und unproduktiven Situationswissen bei Textaufgaben (Walkington et al., 2012, S. 183)

Table 3
Examples of situational knowledge being explicitly used.

Description	Problem being worked	Interview transcript
Productive use of situational knowledge	You have 80 objects, and lose 6 every day. After how many days will you have 8 objects?	I: Why wouldn't you want to get a decimal for the answer to this one? S: Because you can't lose half an object. Because if you have a toy and you lost half of it, it doesn't make any sense.
Unproductive use of situational knowledge	You have 175 friends on MySpace. You get 4 more friends every day. How many total friends will you have in 20 more days?	S: Like I could do like 175 times 20, so I'm like okay. Like okay, see this is how I was thinking, because I have this dance camp, and my dance class over the summer have to have 20 hours , so I was saying, okay, so, and we have to do it for that 20 hours, so I was thinking, okay, I can do 2 hours every day for 2 weeks and that comes out to 20 hours . So I'm like thinking of something how I could do it for this one. So, I'm just like trying to, <> for a second, so I'm just like trying to figure out like, how I could that, for how I did that one. Like 2 times 5 is 10 a week, and then, I was trying to figure it out like that ...
Unproductive use of situational knowledge	The number of students getting A or B in algebra class is given by the equation $y = .25x$ where x is the total number of students taking algebra. If 40 students earned an A or a B in Algebra last year, how many total students were enrolled?	S: 80 students were enrolled. (pause) (mumbling) I: So how did you get 80 for that one? S: Umm... you just times the umm 40 students times 2, cause there's always a half that doesn't get like the full stuff done , like umm... pretty much, there's so many students and then, it divides umm how many students get an A or a B, and the other students don't get an A or B. So I guess it divides how many A's or B's I have.

<> = inaudible; bold = portions of speech most related to use of situational knowledge.

1.3.2.3 Mathematisches Arbeiten

Das Berechnen einer Gleichung sollte ab einem gewissen Alter keine Schwierigkeiten bereiten, besonders ab dem Zeitpunkt, ab dem der Taschenrechner Einzug in die Klassenzimmer nimmt. Manche Fehler halten sich aber nichtsdestotrotz systematisch bei vielen Schülerinnen und Schülern, besonders spezifische Rechenregeln, wie z. B. die Regel *Punkt- vor- Strichrechnung*. Reine Rechenfehler, wenn sie nicht auf ein Misskonzept zurückzuführen sind, sind demgegenüber eher selten und als Flüchtigkeitsfehler einzustufen (Bland et al., 1989). Flüchtigkeitsfehler, oder „Schlampigkeitsfehler“, wie sie umgangssprachlich oft genannt werden, betreffen nicht nur Rechenfehler, sondern auch das Abschreiben von falschen Zahlen, Vergessen von Werten bei der Antwort oder ähnliches. Es zeigte sich, dass Schülerinnen und Schüler, wenn sie ihre Arbeit vor dem Abgeben selbst Korrektur lesen, weniger Flüchtigkeitsfehler aufweisen (Wiens, 2007). Demgegenüber bestehen in den höheren Schulstufen immer wieder falsche Vorstellungen von Rechenoperationen. Fehler bei der Verwendung von Klammern, bei Verwendung von Buchstaben in Gleichungen oder Misskonzepte bei der Verwendungen von Brüchen sind in Klassen der mittleren Schulstufe häufig anzutreffen und weisen meist auf ein unzureichendes Zahlenverständnis hin (Welder, 2012).

Ballew und Cunningham (1982) untersuchten in ihrer Studie Schülerinnen und Schüler der 6. Schulstufe hinsichtlich ihrer Fehler bei Textaufgaben und unterteilten sie in Gruppen. Es zeigte sich, dass nur 19 von 217 Kinder Probleme in allen Bereichen aufwiesen, die anderen hatten konkrete Probleme im Leseverständnis, beim Rechnen, bei der Interpretation der Textaufgabe (Modellieren) oder bei der Integration dieser Bestandteile zu einer korrekten Lösung. Abbildung 4 zeigt den prozentuellen Anteil der Schwächen der einzelnen Schülerinnen und Schüler unabhängig ihrer Kompetenzstufe (Ballew & Cunningham, 1982).

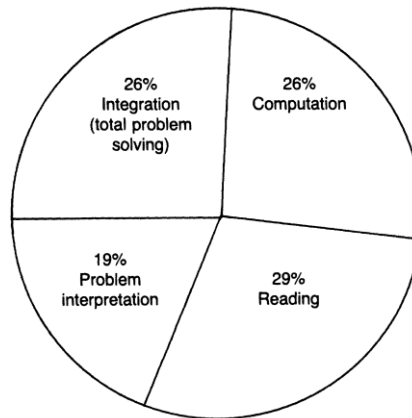


Abbildung 4: Der prozentuelle Anteil der verschiedenen Fehlerarten in Textaufgaben von Schülerinnen und Schüler der 6. Schulstufe (Ballew & Cunningham, 1982, S. 207)

1.4 Theoretische Annäherung an die Psychologie des Fehlermachens

Fehler führten in den Lerntheorien lange ein Schattendasein. Der Fokus wurde hauptsächlich auf das Lernen an sich, auf den Zuwachs gelegt. Fehler galten allenfalls als unvermeidbares Übel, als Unregelmäßigkeit und sollten möglichst unterbunden oder sanktioniert werden. Dies zeigte sich sowohl in Psychologie, als auch im angrenzenden Fach Pädagogik, wie auch im betrieblichen Umfeld. Dass Fehler genauso zum Lernen gehören und unter Umständen sogar das Lernen und die Leistung fördern können, wurde lange in der Wissenschaft nicht beachtet, trotz mannigfaltiger Redewendungen und Zitate, die in diese Richtung gehen. Henry Ford meinte diesbezüglich etwa „Unsere Fehlschläge sind meist erfolgreicher als unsere Erfolge“. Eine Theorie über den Umgang und das Lernen aus Fehlern gibt es erst seit relativ kurzer Zeit, ältere Lerntheorien beschäftigen sich hauptsächlich mit einem linearen Zuwachs an Fähigkeiten, ohne die fehlerhaften Abläufe und die Chancen, die sich daraus ergeben, zu erkennen.

1.4.1 Die Theorie des negativen Wissens

Um überhaupt ein Problem erfolgreich lösen zu können, muss man über gewisse Fähigkeiten und Fertigkeiten oder beides verfügen, die man bereits erworben bzw. gelernt hat. Man muss wissen, wie etwas nicht funktioniert, oder wie man nicht zum Ziel kommt. Gerade bei Kindern und in kreativen Bereichen ist das Fehlermachen etwas Essentielles. Erst dadurch ergeben sich neue Handlungsalternativen und führen so zum Ziel (Oser & Spychiger, 2005).

Oser (2009, S. 4) beschreibt die Theorie des negativen Wissens folgendermaßen:

Negatives Wissen ist Wissen darüber,

- wie etwas nicht ist (deklaratives negatives Wissen),

- wie etwas nicht funktioniert (prozedurales negatives Wissen),
- welche Strategien nicht zu einer Lösung führen (negatives strategisches Wissen),
- welche Konzepte bzw. Theorien falsch sind, weil sie zu falschen Ergebnissen führen (konzeptuelles negatives Wissen).

Fehler sind demnach weder schlecht, noch muss man sie mit allen Mitteln vermeiden. Im Gegenteil, sie ermöglichen in vielen Fällen erst das Lernen. Durch das Fehlermachen erinnern wir uns später in ähnlichen Situationen an den bereits gemachten Fehler und wir begehen ihn kein zweites Mal. Durch den Fehler wird uns erst die Abweichung der Norm bewusst (Oser & Spychiger, 2007). Dabei ist nicht gemeint, dass man alle Fehler selbst begehen muss, um daraus lernen zu können. Man kann auch durch Beobachtung oder durch Erzählungen, wie z. B. Märchen erfahren, was ein Fehler ist und dadurch lernen, welches Verhalten gut und welches schlecht ist (Oser, 2007). In manchen Situationen ist es sogar überlebenswichtig, zu wissen, was man nicht machen soll, ohne den Fehler selbst begangen zu haben. Im Straßenverkehr wäre es tödlich, alle Fehler erst selbst machen zu müssen, um sie zu verinnerlichen. Trotzdem ist es essentiell zu wissen, was man nicht machen soll. Das Wissen darüber, wie man etwas nicht machen sollte, lässt zwar nicht unbedingt auf das Richtige schließen, man weiß aber, was Falsch ist und kann dies vermeiden (Oser et al., 1999).

Oser et al. (1999) sprechen in diesem Zusammenhang von *sinnvollem und unsinnigem Fehlermachen*. Man lernt nicht zwingend aus Fehlern, es gibt sogar Fehler, die man immer und immer wieder macht, ohne sie zu erkennen oder zu verstehen. Die Person muss also, um aus seinen eigenen Fehlern lernen zu können, diese erkennen, sie verstehen und auch korrigieren können. Erst dann ist es möglich, negatives Wissen aufzubauen und aus Fehlern zu lernen.

1.4.2 Fehler in der Schule – Fehlerkultur

In der Schule werden täglich zahlreiche Fehler von Schülerinnen und Schülern gemacht. Um aus Fehlern lernen zu können, müssen in der Schule Fehler zugelassen werden, sie müssen als Lernchance und nicht als Störung angesehen werden. Lehrende müssen erkennen, dass Fehler ein normaler Prozess im Lernen sind und diese nicht zwanghaft vermieden werden müssen. Sie müssen den Schülerinnen und Schülern vermitteln, dass diese keine Hemmung zeigen in Bezug auf das Fehlermachen. Ein gutes Klima in der Klasse muss den Kindern und Jugendlichen Sicherheit vermitteln, um konstruktiv mit Fehlern umgehen zu können. Dies bedeutet vor allem Vertrauen und Verständnis und kein Bloßstellen oder Beschämen vor der Klassengemeinschaft. Es geht vielmehr darum, Lernende dazu zu befähigen und zu ermutigen, ihre eigenen Fehler zu erkennen und verbessern zu können. Dabei muss die Lehrkraft ein hohes Fachwissen aufweisen und dies mit pädagogischem Wissen und Gespür verbinden, um den Schülerinnen und Schülern Möglichkeiten zu bieten, um aus ihren Fehlern zu lernen. Ein besonders negatives Beispiel in diesem Sinne ist das sogenannte *Bermuda-Dreieck* (vgl. Abbildung 5). Eine Lehrperson stellt eine Frage in den Raum und nimmt wahlweise eine Schülerin A an die Reihe, die jedoch die Frage nicht beantworten kann. Die Lehrperson nimmt daraufhin unmittelbar jemand anderen an die Reihe, der die Antwort weiß. Die Schülerin A wird sich in den meisten Fällen übergangen fühlen, sie konnte nicht auf negatives Wissen zurückgreifen oder aus der Situation lernen. Das Versagen steht im Vordergrund und es findet negative Verstärkung statt. Selbst wenn dies seitens der Schülerin als Hilfe angesehen wird, verliert sich die Lernmöglichkeit ins Endlose, eben ins *Bermuda-Dreieck* (Althof, 1999; Oser & Spychiger, 2005).

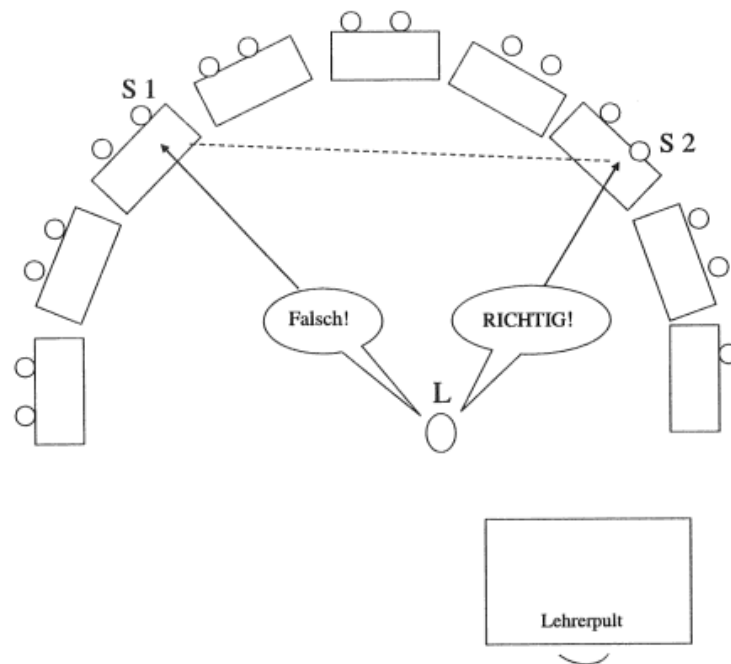


Abbildung 5: Das Bermuda-Dreieck der Korrektur von Fehlern (Oser & Spychiger, 2005, S. 163)

Generell ist Feedback nach einer fehlerhaften Antwort ausschlaggebend für den zukünftigen Lernerfolg. Rückmeldung kann auf unterschiedliche Weise erfolgen (Butler, Karpicke & Roediger, 2008; Fyfe, Rittle-Johnson & DeCaro, 2012; Hattie & Timperley, 2007; Shute, 2008). Die einfachste Möglichkeit ist, auf falsche Antworten die korrekte Lösung zu geben. Feedback kann allerdings auch auf der prozeduralen Ebenen gegebenen werden, und den Prozess oder die Strategie betreffen. Feedback kann jedoch ebenso den Lernenden selbst im Fokus haben, im Sinne von „Du bist ein guter Schüler“. Als vierte Möglichkeit steht die Selbst-Regulation seitens der Schülerin oder des Schülers in Vordergrund. Die Rückmeldung soll demnach dazu dienen, dass diese selbst die Fehler entdecken (Hattie & Timperley, 2007). Feedback kann helfen, seine Antworten zu überdenken und die richtigen Antworten zu finden und zu lernen, aber auch bereits richtige Lösungen festigen, sofern es sich um reines Faktenwissen handelt. Gerade bei Wissen, das noch wenig gefestigt ist und bei dem große Unsicherheit herrscht, kann Feedback helfen, das Wissen zu untermauern. Im Vergleich zu keinem Feedback ist demnach die korrekte Lösung als Feedback besser im Lernvorgang (Butler et al., 2008). Generell gesehen, ist prozedurales Feedback beim Transfer in neue, analoge Aufgaben dem reinen Feedback von richtigen Antworten überlegen (Butler, Godbole &

Marsh, 2013). Feedback sollte auf jeden Fall bereits bei Durchsicht der Hausübungen gegeben werden und nicht erst als Reaktion auf eine Schularbeit, da es zu diesem Zeitpunkt im Grunde schon zu spät ist. Bei der Schularbeit bzw. bei einem Test sollte der Lernvorgang schon abgeschlossen sein und die Schülerinnen und Schüler sollten den Stoff ausreichend beherrschen (Hanisch, 1998). Wie Feedback nach einer Meldung im Unterricht gegeben wird, ist ausschlaggebend dafür, wie sehr die Schülerinnen und Schüler im Unterricht mitarbeiten, es beeinflusst also das *Involvement*. Dies wiederum ist für die Lernmotivation wichtig und weckt das Interesse am Fach Mathematik (Turner, Meyer, Cox, Logan, DiCintio & Thomas, 1998).

Nicht immer bietet Feedback einen Lernerfolg. Fyfe et al. (2012) zeigten in ihren Studien, dass der Lernerfolg nach einem Feedback vom Vorwissen der Schülerinnen und Schüler im Kontext mathematischen Problemlösens abhängt. Bei wenig Vorwissen ist Feedback hilfreich, wenn Schülerinnen und Schüler aber bereits Vorwissen aufweisen und generell in der Lage sind, eine Aufgabe zu lösen, ist Feedback eher hinderlich im Aufbau prozeduralen Wissens.

Ein produktiver Umgang mit Fehlern zeigt sich nicht nur in der Schule als positives Kriterium, auch im betrieblichen Umfeld ist eine positive Fehlerkultur von großer Bedeutung für die Produktivität und die intrinsische Motivation der Mitarbeiter (Dyck, Frese, Baer, Sonnentag, 2005). In einer Studie konnte man zudem aufzeigen, dass selbst Erwachsene noch eine positive Fehlerorientierung lernen können und von einem Training profitieren (Carter & Beier, 2010).

1.5 Die Voraussetzungen zum erfolgreichen Lösen von Textaufgaben

Mathematikleistungen hängen von vielen unterschiedlichen Einflüssen ab. Neben kognitiven Faktoren wie der Intelligenzleistung spielen vor allem auch Persönlichkeitsmerkmale und affektive Faktoren eine Rolle. Im Folgenden soll auf die einzelnen Bereiche näher eingegangen werden und dies in Bezug zu spezifischen Fehlern und den Umgang mit denselben gesetzt werden.

1.5.1 Kognitive Faktoren

Intelligenz scheint auf den ersten Blick ein entscheidender Faktor in der Erbringung von guten Mathematikleistungen zu sein. Inwieweit sie aber genau eine Rolle spielt und welche anderen Variablen Mathematikleistungen bedingen, ist weniger offensichtlich und bedarf einer näheren Betrachtung. In einer aktuellen Studie von Träff (2013) zeigte sich beispielsweise, dass Intelligenz in verschiedenen Bereichen der Mathematik eine unterschiedliche Rolle spielt. Kinder zwischen 10 und 13 Jahren wurden mathematisches Faktenwissen, Rechnungen und Textaufgaben vorgelegt und dies in Bezug zu verschiedenen Variablen gesetzt. Es zeigte sich, dass generelle intellektuelle Fähigkeiten zwar einen Zusammenhang zur Rechenfähigkeit und zu Textaufgaben aufweisen, allerdings nicht zum mathematischen Faktenwissen. Eine Vorgängerstudie konnte den Zusammenhang lediglich zu Textaufgaben finden, nicht aber zur Leistung im reinen Rechnen (Fuchs et al. 2010). Träff (2013) interpretierte diesen Umstand so, dass die Rechnungen der aktuellen Studie komplizierter und schwerer zu lösen waren als diejenigen der ersten Studie. Um diese komplexen Aufgaben zu lösen, bedarf es einiger Flexibilität, um zwischen den einzelnen Operationen zu wechseln, die einzelnen Rechenschritte im Hinterkopf zu behalten und den Überblick nicht zu verlieren. Andere Untersuchungen, die in einer Längsschnittstudie nicht nur den aktuellen Stand der Fähigkeiten im Lösen von Textaufgaben zum Inhalt hatten, sondern zudem den Zuwachs an Fähigkeiten, kamen zu interessanten Ergebnissen (Primi, Ferrao & Almeida, 2010; Tolar et al. 2012). Tolar et al. (2012)

untersuchten nonverbale Intelligenz im Zusammenhang mit leichten, als auch mit komplexen Textaufgaben. Das Ergebnis zeigte einen Zusammenhang zwischen leichten Textaufgaben und Intelligenz, sowohl im Eingangstest zu Beginn der Studie als auch als Prädiktor für den Leistungszuwachs über zweieinhalb Jahre hinweg. Bei komplexen Textaufgaben konnte allerdings nur ein Zusammenhang zum Zuwachs der Leistung gefunden werden, nicht zur ursprünglichen Leistung bei der ersten Testung (Tolar et al., 2012). Primi et al. (2010) konnten einen Zusammenhang zwischen fluider Intelligenz und der Leistung beim Eingangstest finden, aber auch zum Zuwachs an Leistung. Dabei konnten die Schülerinnen und Schüler, die eine hohe fluide Intelligenz aufwiesen, einen größeren Leistungszuwachs verzeichnen.

Das Arbeitsgedächtnis scheint einen ebenso wertvollen Beitrag im Zusammenhang mit arithmetischen Textaufgaben aufzuweisen (Fuchs et al., 2010; Lu, Weber, Spinath & Shi, 2011). So zeigte sich in einer Studie von 2011, dass das Arbeitsgedächtnis ungefähr gleich viel Varianz wie die Intelligenz erklärt und so einen beträchtlichen Anteil am erfolgreichen Bearbeiten von Textaufgaben einnimmt. Speziell in Mathematik zeigte sich sogar, dass das Arbeitsgedächtnis mehr Varianz als die allgemeine Intelligenz erklärt (Lu et al., 2011). Im Gegensatz dazu konnten Fuchs et al. (2006) bei ihrer Studie keinen Zusammenhang mit dem Arbeitsgedächtnis finden. Sie untersuchten den Zusammenhang zwischen der Leistung in Mathematik und sieben verschiedenen kognitiven Fähigkeiten, wie z. B. nonverbales Problemlösen, Sprache oder das Langzeitgedächtnis. Wenn man jedoch die Fähigkeit, schwierige Wörter zu lesen, sowie die Lesegeschwindigkeit kontrolliert, erklärt das Arbeitsgedächtnis doch einen Teil der Varianz. Dies lässt den Schluss zu, dass Prozesse, die das Lesen betreffen, den Zusammenhang zwischen kognitiven Fähigkeiten und der Leistung in Mathematik beeinflussen (Fuchs et al., 2006). Eine andere Studie untersuchte die spezifischen Komponenten des Arbeitsgedächtnisses, nämlich die *zentrale Exekutive*, die *phonologische Schleife* und der *räumlich-visuelle Notizblock* in Zusammenhang mit der Mathematikleistung in der zweiten und dritten Schulstufe. Es zeigte sich, dass zu Beginn des Lernens eher die zentrale Exekutive und die phonologische

Schleife bedeutsam sind, während mit zunehmender Übung und komplexeren Aufgabenstellungen eher der räumlich-visuelle Notizblock Bedeutung übernimmt (Meyer, Salimpoor, Wu, Geary & Menon, 2010).

Exkurs: Raumvorstellung

Die Raumvorstellung nimmt in der Mathematik einen besonderen Stellenwert ein. An dieser Stelle soll sie aber nur kurz gestreift werden und die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst werden. Die Raumvorstellung wird immer wieder als Grund für die Geschlechtsunterschiede in der Mathematik genannt, da Buben in Raumvorstellungstests meist die besseren Ergebnisse erzielen (Ganje & Vasilyeva, 2011; Geary, Saults, Liu & Hoard, 2000). Eine alternative Betrachtungsweise geht demgegenüber jedoch davon aus, dass Buben und Mädchen ihre Fähigkeiten unterschiedlich einsetzen. Ganje und Vasilyeva untersuchten in einer Studie von 2011 die mathematischen Fähigkeiten von 114 Schülerinnen und Schülern der achten Schulstufe und den Zusammenhang zur Raumvorstellung. Bei den männlichen Teilnehmern zeigte sich ein starker Zusammenhang der Leistung in Mathematik und des Raumvorstellungsvermögens, bei Mädchen konnte jedoch nur ein schwacher Zusammenhang gefunden werden. Die Autoren interpretierten dies insofern, als dass Mädchen Mathematikaufgaben anders lösen als ihre männlichen Kollegen. Sie stützen sich öfter auf ihre analytischen Fähigkeiten und nehmen von ihren Fähigkeiten in der Raumvorstellung weniger oft Gebrauch. Dieser Umstand führt, laut Ganje und Vasilyeva (2011), unter anderem zu den Geschlechtsunterschieden in Mathematik. Tatsächlich zeigte sich auch in einer anderen Studie, dass Mädchen, die ein gegebenes mathematisches Beispiel nicht lösen konnten, öfter Fehler in der Verarbeitung räumlicher Informationen machen als Buben, die die Aufgaben nicht lösen konnten (Marshall, 1983). Es scheint daher von großer Bedeutung zu sein, das räumliche Vorstellungsvermögen von Schülerinnen und Schülern zu fördern und zu trainieren. Uttal et al. (2013) untersuchten den Effekt von Trainingseinheiten, die gezielt das räumliche Vorstellungsvermögen trainieren sollten, in einer Meta-Analyse. Sie nahmen 217 Studien in ihre Analysen und bekamen eine Effektstärke (Hedges' g) von .47 ($SE = .04$; Uttal et al., 2013). Der positive

Effekt betraf in diesem Fall nicht nur das Fach Mathematik, sondern ebenso die anderen *MINT Fächer* (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik).

1.5.2 Metakognition

Metakognition wird gemeinhin als das Denken über das Denken bezeichnet. Es dient demnach quasi als Überwachung der eigenen Denkfunktionen. In der Schule und im Speziellen in Mathematik spielen metakognitive Faktoren eine große Rolle. Ohne sie wäre es Schülerinnen und Schülern nicht möglich, Fehler selbstständig zu entdecken und sie hätten demzufolge auch keine Chance, sie zu verbessern oder aus ihnen zu lernen (Fernandez-Duque, Baird & Posner, 2000; Garner, 1990; Pennequin, Sorel, Nanty & Fontaine, 2010). Schon bei der Erstellung des mathematischen Modells muss parallel überwacht werden, ob die Angabe richtig verstanden wurde und nicht aufgrund von Schlüsselwörtern oder Finten eine falsche Richtung eingeschlagen wurde (Modestou & Gagatsis, 2010). Es zeigte sich, dass viele Kinder ihre eigene Arbeit kognitiv nicht oder nur unzureichend überwachen. Dies beginnt beim Verstehen der Aufgabenstellung, wo Kinder und Jugendliche sich in trügerischer Sicherheit wiegen und nicht überprüfen, ob sie die Angabe auch wirklich verstanden haben. Sie stützen sich auf Schlüsselwörter, ohne auf den Zusammenhang der einzelnen Wörter und Sätze zu achten (Garner, 1990). Dabei hängt es stark von der Schwierigkeit der Aufgabe und von der Fähigkeit der betroffenen Person, die Aufgabe zu lösen, ab. Tendenziell verwenden Schülerinnen und Schüler mehr metakognitive Strategien, wenn die Aufgaben schwieriger werden. Dabei schaffen es aber nur gute, bzw. durchschnittlich gute Schülerinnen und Schüler diese produktiv einzusetzen. Es zeigte sich außerdem, dass speziell schwache Schülerinnen und Schüler unabhängig von der Schwierigkeit stets gleich viele metakognitive Strategien verwendeten, wohingegen durchschnittlich erfolgreiche Schülerinnen und Schüler sich öfter auf ihre metakognitiven Fähigkeiten stützen, wenn das Problem schwieriger wird (Rosenzweig, Krawec & Montague, 2011).

Garner (1990) geht demgegenüber davon aus, dass die Verwendung von kognitiven und metakognitiven Strategien von der Bewertung der eigenen Leistung abhängt, sowie allgemein vom Lernziel der Klassengemeinschaft. Ziel soll sein, Neues zu lernen, sich anzustrengen und sein Bestes zu geben und nicht die Anderen zu übertreffen und mit möglich wenig Aufwand zu einer möglichst guten Note zu kommen. Dies sind unabdingbare Voraussetzungen, damit Schülerinnen und Schüler sich selbst überwachen und keine Scheu davor haben, selbst Fehler zu entdecken (Garner, 1990). In einer Studie von Pennequin et al. (2010) zeigte sich, dass Schülerinnen und Schüler von einem Training, das Metakognition zum Inhalt hat, profitieren, insbesondere schwache Kinder. Dabei wurden lediglich allgemeine Strategien unterrichtet, ohne sie speziell auf Mathematik zu beziehen. Trotzdem schafften die acht bis zehnjährigen Kinder einen Leistungszuwachs bei Textaufgaben, verglichen mit einer Kontrollgruppe. Personen gehen demnach schon mit einer gewissen Grundhaltung gegenüber Fehler an die Aufgabe heran. Das Bewusstsein, dass Fehler passieren können und daher die Ausführung überwacht werden sollte, ist ein entscheidender Faktor im erfolgreichen Lösen von Textaufgaben (Pennequin et al., 2010).

1.5.3 Persönlichkeit

Persönlichkeitsfaktoren werden häufig herangezogen, um die unterschiedlichen Leistungen von Buben und Mädchen bzw. Männern und Frauen in Mathematik zu erklären. Unterschiedliche kognitive Fähigkeiten wie die Intelligenz sind in beiden Gruppen gleich stark ausgeprägt, sie können demnach den vorhandenen Leistungsunterschied nicht erklären. Persönlichkeitsfaktoren bieten sich in Folge dessen geradezu an, um über Unterschiede zwischen den Geschlechtern nachzudenken bzw. zu forschen, wobei die Zusammenhänge (noch) nicht geklärt sind und bei Buben und Mädchen oft verschieden ausfallen (Freudenthaler, Spinath & Neubauer, 2008; Fruyt, Leeuwen, Bollen & Clercq, 2008). Bei Buben zeigte sich beispielsweise ein Zusammenhang zwischen Schulleistung und intrinsischer Motivation, Schulangst und Anstrengungs-

Vermeidungsziele. Buben zeigten in dieser Studie weniger Angst, jedoch wirkt sich diese, falls vorhanden, stärker aus als bei Mädchen. Gewissenhaftigkeit und Extraversion wiesen jedoch lediglich bei Mädchen einen Zusammenhang mit der Schulleistung auf (Freudenthaler et al., 2008). In anderen Studien erwies sich Gewissenhaftigkeit als guter Prädiktor für die Leistung in Mathematik bei beiden Geschlechtern (Fruyt et al., 2008; Laidra, Pullmann & Allik 2007; Spinath, Freudenthaler & Neubauer, 2010). Neurotizismus zeigte sich demgegenüber als negativer Prädiktor für die Schulleistung (Laidra et al., 2007; Spinath et al., 2010). Extraversion spielt ebenfalls bei beiden Geschlechtern eine Rolle, wobei bei Mädchen ein positiver Zusammenhang zur Leistung besteht, bei Buben jedoch ein negativer Zusammenhang (Spinath et al. 2010).

In Mathematik spielt insbesondere auch die Motivation und das Selbstkonzept eine wichtige Rolle (Spinath, Spinath, Harlaar & Plomin, 2006; Steinmayr & Spinath, 2008). Im Speziellen ist hier die intrinsische Motivation zu nennen, die einen wichtigen Stellenwert einnimmt. Schülerinnen und Schüler entwickeln nach Spinath & Steinmayr (2012) dann eine intrinsische Motivation, wenn sie sich als Ziel den eigenen Lernzuwachs vornehmen, diesen jedoch unabhängig von sozialen Normen und Bezugsgrößen sehen. In einer Längsschnittstudie zeigte sich, dass das Level in Mathematik zu Beginn der Studie in der fünften Schulstufe hauptsächlich durch Intelligenz erklärt wird, wobei durch Motivation und kognitiven Strategien zusätzliche Varianz erklärt wird. Ein Zuwachs in der Mathematikleistung zeigte sich jedoch nur bei jenen Schülerinnen und Schülern, die eine höhere Motivation und bessere Strategien anwendeten. Intelligenz konnte hier keine Varianz erklären (Murayama, Pekrun, Lichtenfeld & vom Hofe, 2012).

1.5.4 Emotionaler Umgang

Negative Emotionen spielen in Mathematik eine große Rolle. Jeder und jede von uns kennt jemanden, der panische Angst vor Mathematik hat oder allenfalls

in der Schule gehabt hat. Es ist daher kaum verwunderlich, dass auch die Forschung diesen subjektiven Eindrücken nachgeht und vielfach den Einfluss von negativen Emotionen auf die Leistung untersucht (Kytällä & Björn, 2010; Pekrun, 2006; Vukovic, Kieffer, Bailey & Harari, 2013). In der Literatur wird in den meisten Fällen postuliert, dass negative Emotionen und vor allen Dingen Angst im negativen Zusammenhang zur Leistung stehen und demzufolge Angst möglichst vermieden werden soll (Kleine, Goetz, Pekrun & Hall, 2005; Küttälä & Björn, 2010). Mädchen zeigen dabei mehr Angst als ihre gleichaltrigen, männlichen Kollegen, obwohl ihre Leistungen vergleichbar sind (Küttälä & Björn, 2010). Gerade schwache Schülerinnen und Schüler zeigen mehr Angst und geraten so in einen Teufelskreis aus Versagen, negativen Emotionen und negativer Erfolgserwartung. Tatsächlich zeigte sich in einer Studie, dass gerade Schülerinnen und Schülern mit niedriger Intelligenzleistung verstärkt Angst und Wut während eines Mathematiktests aufweisen. Im Gegensatz dazu zeigt sich bei guten Schülerinnen und Schülern eher Freude (Goetz, Preckel, Pekrun, Hall, 2007). Vukovic et al. (2013) untersuchten den Zusammenhang zum Arbeitsgedächtnis, wobei die Mathematikleistung in dieser Studie lediglich bei Kindern mit höher ausgeprägten Arbeitsgedächtnis in Zusammenhang mit Angst steht. Dies wurde insofern interpretiert, als dass Angst Ressourcen im Arbeitsgedächtnis blockiert, die nicht für die eigentliche Aufgabe verwendet werden können. Es scheint demnach so, als dass Kinder durch Angst unterschiedlich blockiert werden (Vukovic et al., 2013). Neben negativen Emotionen sind aber besonders positive Emotionen von Bedeutung. Positive Emotionen wie Freude oder Stolz wirken direkt auf die Motivation und das selbstregulierte Lernen. Eine höhere Motivation und besser ausgebildete Lernstrategien (Metakognition, Lernstrategien, Organisation und Selbst-Überwachung) beeinflussen wiederum direkt die Leistung. Negative Emotionen stehen demgegenüber im negativen Zusammenhang zu diesen Faktoren (Mega, Ronconi & Beni, 2013).

Fehler als Makel zu sehen, und sich derer zu schämen, sich schuldig zu fühlen oder Angst vor der Konsequenz zu haben, ist jedoch nicht grundsätzlich falsch oder dem Lernen abtrünnig. Gar keine negativen Emotionen zu zeigen und

seinen eigenen Fehlern gegenüber gleichgültig zu sein, ist ebenso leistungsmindernd wie ein Übermaß an negativen Emotionen. Ein Mittelmaß ist für gute Leistungen am besten (Spychiger, 2007; Spsychiger, Kuster & Oser, 2006). Tulis und Ainley (2011) zeigten in ihrer Studie, dass Schülerinnen und Schüler, die positiv gegenüber Fehler eingestellt sind, selbst nach einer Misserfolgssituation in Mathematik weniger negative Gefühle aufweisen, als solche, die nach ihrer Selbsteinschätzung nicht aus Fehlern lernen. Solche Schülerinnen und Schüler gaben trotz Misserfolg Freude, Interesse und Stolz an. Umgekehrt gab es ebenso eine Gruppe von Schülerinnen und Schüler, die negative Gefühle zeigten, trotz erfolgreichem Bearbeiten der Mathematikaufgaben. Diese Gruppe gab signifikant geringere Werte im Fragebogen zur (positiven) Fehlerorientierung an. Das Selbstkonzept und die wahrgenommene Nützlichkeit des Faches Mathematik konnten in dieser Studie keine signifikanten Zusammenhänge zu Emotionen nach Erfolg oder Misserfolg aufweisen.

1.5.5 Individueller Umgang mit Fehlern

Schülerinnen und Schüler entwickeln oft einen ungünstigen und wenig lernförderlichen Umgang mit Fehlern. So kann man oft beobachten, dass Kinder und Jugendliche ihre falschen Rechnungen oder auch falsch geschriebenen Wörter sofort ausradieren oder durch Übermalen unkenntlich machen. Bei Durchsicht ihrer eigenen Arbeiten können sie wenige bis gar keine Fehler entdecken. Sie sehen Fehler eher als Makel, sind wenig sensibel im Umgang mit ihren eigenen Fehlern und erkennen nicht die Lernchance, die anhand von Fehlern entstehen kann (Chott, 1999).

Wie Schülerinnen und Schüler mit ihrem Nicht-Wissen umgehen, zeigt sich ferner in der Tendenz, ob sie bei Bedarf um Hilfe bitten oder nicht. Aus der Literatur ist bekannt, dass nicht alle dies tun und manche es lieber selbst probieren. Dies kann mehrere Gründe haben. Um Hilfe zu fragen stellt nicht nur eine Erleichterung dar, es bedarf auch ein gewisses Maß an „Einsatz“. Zum

einen muss man zugeben, etwas nicht zu wissen und riskieren, sich vor den anderen zu blamieren, zum anderen bedeutet es einen Autonomieverlust. Man wird zumindest kurzfristig von der Hilfe anderer z. B. der Lehrerin oder des Lehrers abhängig. Nach Hilfe zu Fragen kann für Schülerinnen und Schüler bedeuten, dass ihre Kompetenz in Frage gestellt wird und ihr Selbstwert angegriffen wird. Solche Schülerinnen und Schüler, die ihr Nicht-Wissen maskieren wollen, tendieren dazu, von anderen oder dem Lösungsbuch abzuschreiben (Newmann, 1990). Nach Butler (1998) gibt es drei mögliche Erklärungen, warum jemand nicht um Hilfe bittet. Erstens könnte es sein, dass solche Kinder und Jugendliche ihre Autonomie nicht hergeben möchten und die Aufgaben selber schaffen wollen. Zum Zweiten könnte es allerdings sein, dass sie aus rein zweckmäßigen Gründen nicht um Hilfe fragen, da sie Angst haben, es werden Punkte abgezogen oder sie meinen, dann nicht mehr genug Zeit für die Bearbeitung zu haben. Zum anderen könnte demgegenüber letztendlich der soziale Faktor eine Erklärung darstellen, in dem Sinne, als dass die Schülerinnen und Schüler nicht wollen, dass ihre Fehler öffentlich werden oder dass sie dumm dastehen. Diese Gruppe fragt dann eher bei einer Mitschülerin oder einem Mitschüler nach, anstatt direkt die Lehrerin oder den Lehrer zu fragen. Generell schummelt diese Gruppe mehr und versucht sich unerlaubte Hilfen zu holen (Butler, 1998). In einer anderen Studie zeigte sich zudem, dass die Tendenz, sich Hilfe bei gleichaltrigen Mitschülerinnen und Mitschülern zu holen im Laufe der Schuljahre abnimmt und einer qualitativen Veränderung unterliegt. Kinder im Übergang zur Adoleszenz forderten bei Gleichaltrigen weniger Hilfe an, und wenn, betraf dies lediglich die korrekten Antwort und nicht eine Erklärung der mathematischen Vorgänge. Dieser Umstand bringt einen Leistungsabfall mit sich, während erklärende Hilfe seitens einer Mitschülerin oder eines Mitschülers die Mathematikleistung nicht beeinflusst. In der gleichen Studie zeigte sich ferner, dass in Klassen, in der die Lehrerin oder der Lehrer Leistung als relativ zur Gruppe ansieht, solche ungünstigen Hilfeforderungen zunehmen. Die Kinder fragen demnach öfter ihre Kolleginnen und Kollegen nach der richtigen Antwort, ohne nach dem korrekten Vorgehen oder Prozess zu fragen. Fühlten sich die Kinder jedoch unterstützt von der Lehrkraft und zeigte diese einen positiven Umgang mit Fehlern, ohne den Vergleich mit den anderen Gleichaltrigen in den Vordergrund zu stellen, kamen fast keine

derartigen negativen Forderungen nach den richtigen Lösungen vor (Ryan & Shim, 2012).

Unumstößlich verbunden mit dem Umgang mit Fehlern sind die sogenannten *Attributionstheorien*. Die Attributionstheorien sind eine Reihe von Theorien und nicht einem Autor zuzuschreiben. Im Rahmen dieser Arbeit ist besonders die Theorie von Seligman hervorzuheben, der Attributionen in einer 3x2 Matrix angibt. Die Ursachenzuschreibung nach dem erfolgreichen Lösen einer Aufgabe oder eines Misserfolges spielt eine große Rolle im Umgang mit Misserfolg und Fehlern. Menschen können das negative Ergebnis einer Prüfung auf verschiedene Weise beurteilen. Zum einen können sie die Ursache auf sich selbst zurückführen, zum anderen auf die äußeren Umstände (Seligman, 1978). In Tabelle 2 findet sich eine Übersicht über die Ursachenzuschreibung nach Seligman (1978), bezogen auf das Fach Mathematik. Ein und derselbe Mathematiktest kann daher von verschiedenen gescheiterten Schülerinnen und Schülern unterschiedlich bewertet werden. So kann ein Schüler beispielsweise das Scheitern in einer Mathematikschularbeit seiner generellen Unfähigkeit und seinem mangelnden Intellekt zuschreiben, oder aber einfach auf Pech zurückführen. Bei einer stabilen, internen Zuschreibung kann dies zu einer *erlernten Hilflosigkeit* und einem verminderten Selbstwertgefühl führen (Herkner, 2004).

Tabelle 2: Attributionen von M. Seligman (1978, S. 57) bezogen auf Mathematik

	intern	intern	extern	extern
	stabil	variabel	stabil	variabel
generell	Ich kann Mathematik nicht.	Ich lerne immer zu wenig für Prüfungen.	Meine Lehrerinnen und Lehrer geben unfaire Tests.	Diesmal hat mein Lehrer schwere Fragen vorgegeben.
spezifisch	Ich kann z. B. Arithmetik nicht.	Für diesen Mathematiktest habe ich zu wenig gelernt.	Mein Mathematiklehrer gibt unfaire Tests.	Auf diese Prüfungsfragen war ich nicht vorbereitet.

Eine interne, stabile Zuschreibung als Ursache für das Scheitern bei Tests oder in der Übungssituation führt zu einer zunehmenden Bewertung des Unterrichtsgegenstandes als bedrohlich. Fehler können nicht mehr als Teil des Lernprozesses gesehen werden, im Gegenteil, der Selbstwert wird immer geringer und Fehler werden als Makel gesehen (Tulis, 2010).

Eine aktuelle Studie ging der Frage nach, inwieweit die Adaptionfähigkeit der Schülerinnen und Schüler einen Einfluss auf schulische und private Einflussgrößen hat. Adaptivität meint den Umgang mit neuen, unsicheren Situationen. Persönlichkeitsfaktoren haben in diesem Modell einen Einfluss auf die Adaptionfähigkeit, was wiederum einen Einfluss auf die Teilnahme am Unterricht, Selbstbewusstsein und Freude an der Schule hat. Es zeigte sich, dass Schülerinnen und Schüler mit einem hohen Wert an Neurotizismus geringe Werte im Adaptionfähigkeitsfragebogen erreichten und Schülerinnen und Schüler mit hohen Werten bei Gewissenhaftigkeit auch hohe Werte in der Adaptivität zeigten. Dies bringt eine größere Teilnahme am Unterricht mit sich, mehr Freude und Selbstbewusstsein in der Schule und eine größere, allgemeine Lebenszufriedenheit (Martin, Nejad, Colmar & Liem, 2013).

Beim Umgang mit Fehlern findet man überdies direkt im Cortex Unterschiede bei der Verarbeitung. So zeigten Ansari, Grabner, Koschutnig, Reishofer & Ebner (2011) in einer Studie in einem ersten Schritt, dass beim Rechnen der linke inferiore parietale Assoziationscortex aktiviert ist, der auch für die Raumorientierung und das abstrakte Denken zuständig ist. Die Autoren waren jedoch nicht nur daran interessiert, welche Hirnareale beim korrekten Lösen von Rechnungen aktiviert wird, sondern vor allem auch an der Beteiligung beim fehlerhaften Bearbeiten von Rechenaufgaben. Die funktionelle Magnetresonanztomographie zeigte ein erstaunliches Bild. Für die Studie wurden die Teilnehmer in zwei Gruppen - getrennt nach ihren mathematischen Fähigkeiten - eingeteilt. Bei der Bearbeitung der einfachen Aufgaben im Bereich der vier Grundrechenarten zeigte sich bei den Gruppen ein unterschiedliches Bild. Bei den guten Rechnern zeigte sich eine vermehrte Aktivierung des

rechten dorsolateralen präfrontalen Cortexes. Der dorsolaterale präfrontale Cortex ist das anatomische Pendant des Arbeitsgedächtnisses und ist für die Handlungsplanung und die kognitive Kontrolle zuständig (Birbaumer & Schmidt, 2006). Es wäre also möglich, dass weniger begabte Mathematikerinnen und Mathematiker weniger bewusste Kontrolle einsetzen, um Fehler zu entdecken, was wiederum die Chance aus Fehlern zu lernen reduziert (Ansari et al., 2011).

Dass der Umgang mit Fehlern kein schicksalhafter Umstand ist, sondern durch spezifisches Training, das so genannte *error management training*, gelernt werden kann, beweisen zahlreiche Studien. So zeigte sich in einer Studie, dass die Versuchsteilnehmerinnen und Versuchsteilnehmer, die während Trainingseinheiten immer wieder auf die positiven Seiten des Fehlermachens hingewiesen wurden, am Ende der Studie mehr über das Computerprogramm, das erlernt werden sollte, wussten und besser damit umgehen konnten als die Kontrollgruppen. Dabei wurden die Testpersonen explizit darauf hingewiesen, dass Fehlermachen erlaubt sei und positiv für den Lernerfolg sei (Heimbeck, Frese, Sonnentag & Keith, 2003). Eine andere Studie von Keith & Frese (2005) konnte diesen Effekt wiederholen. Ein zusätzliches Training von metakognitiven Strategien brachte hier jedoch keinen Erfolg. Beide Trainingseinheiten hatten eine Kontrollgruppe, bei der Fehlermachen durch genaue Schritt-für-Schritt-Anleitungen fast zur Gänze verhindert wurde (Heimbeck et al., 2003; Keith & Frese, 2005). In einer Meta-Studie, die ebenfalls die positive Wirkung von Trainingseinheiten zum positiven Umgang mit Fehlern bestätigte, konnte zudem gezeigt werden, dass der Transfer in neue Wissensgebiete nach dem Training bedeutend besser gelingt als der Kontrollgruppe (Keith & Frese, 2008). Die meisten Studien, die sich mit *error management trainings* beschäftigen, sind jedoch nicht auf den Schulkontext bezogen, sondern auf das Arbeitsleben von erwachsenen Menschen. Spezifische Trainings für Schülerinnen und Schüler sind rar gesät, sowohl für das Fach Mathematik, als auch für andere Fächer. Eine Studie befasste sich mit der Frage, ob *error management trainings* von Lehrern den individuellen Umgang mit Fehlern der Schülerinnen und Schüler positiv beeinflussen können. Dabei zeigte sich, dass der emotionale Umgang signifikant verbessert werden konnte, der kognitive Umgang mit Fehlern

allerdings gleich blieb. Der Einfluss auf die Leistung wurde in dieser Studie jedoch nicht untersucht (Rach, Ufer & Heinze, 2012).

1.6 Zusammenfassung und Fragestellung

Das Lösen mathematischer Textaufgaben stellt hohe Anforderungen an Schülerinnen und Schüler. Zahlreiche unterschiedliche Fehlerquellen können die erfolgreiche Bearbeitung verhindern. Verschiedene Kategorien von Fehlern betreffen unterschiedliche Bereiche der Bearbeitung und müssen demnach auch separat behandelt werden. In einem ersten Schritt müssen daher die Fehlertypen der einzelnen Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Studie herausgefiltert werden und überprüft werden, ob sie sich überhaupt hinsichtlich bestimmter Fehlerkategorien unterscheiden lassen.

In der Literatur sind Zusammenhänge zwischen der Mathematikleistung und unterschiedlichen kognitiven und emotionalen Faktoren, sowie verschiedenster Persönlichkeitseigenschaften gut belegt (Spinath et al., 2010). Wie genau diese Faktoren mit verschiedenen Typen von Fehlern in den Textaufgaben zusammenhängen, ist nicht geklärt. Besondere Aufmerksamkeit wird dabei auf den individuellen Umgang mit Fehlern gelegt. Die bisherige Forschung ist sich einig, dass ein positiver Umgang mit Fehlern, der Fehler als Lernchance sieht und nicht zwangsweise vermieden werden müssen, positiv mit der Leistung korreliert (Keith & Frese, 2008). Die vorliegende Studie geht einen Schritt weiter und überprüft die These, ob der Umgang mit Fehlern mit der Mathematikleistung allgemein und mit bestimmten Fehlertypen zusammenhängt. Dabei werden der Einfluss von bestimmten ausgewählten Persönlichkeitseigenschaften, des Selbstkonzeptes hinsichtlich Mathematik und dem emotionalen Befinden, sowie die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten, berücksichtigt. Es wird näher auf unterschiedliche Probleme und Fehlerkategorien eingegangen und Unterschiede zwischen erfolgreichen und weniger erfolgreichen Problemlösern herausgearbeitet.

Aus dem theoretischen Hintergrund lassen sich folgende Fragestellungen ableiten:

- Gibt es Unterschiede zwischen den Schülerinnen und Schülern hinsichtlich konkreter Fehlertypen und lassen sie sich einer Fehlergruppe zuordnen?
- Gibt es Unterschiede hinsichtlich der Ausprägung der Fehlerorientierung und dem überwiegend gemachten Fehlertyp?
- Gibt es Unterschiede hinsichtlich der Persönlichkeitsfaktoren und dem überwiegend gemachten Fehlertyp?
- Lassen sich Unterschiede zwischen den zugeordneten Fehlergruppen hinsichtlich der kognitiven Fähigkeiten finden?
- Gibt es Unterschiede hinsichtlich des Selbstkonzeptes in Mathematik und dem überwiegend gemachten Fehlertyp?
- Haben die Gruppen unterschiedlich viele Textaufgaben gelöst?
- Gibt es Unterschiede hinsichtlich der gezeigten Emotionen und dem überwiegend gemachten Fehlertyp?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen der individuellen Fehlerorientierung und der Persönlichkeit?
- Findet man einen Zusammenhang zwischen den kognitiven Fähigkeiten und dem Umgang mit Fehlern?
- Hängt die Bearbeitungsdauer mit der Leistung im Mathematiktest zusammen?

2. METHODE

2.1 Stichprobe und demographische Daten

Die vorliegende Untersuchung wurde insgesamt in sieben Klassen der 8. Schulstufe in zwei privaten Gymnasien in Oberösterreich durchgeführt. Zum einen wurden fünf Klassen des Gymnasiums Dachsberg, zum anderen zwei Klassen des Stiftsgymnasiums Wilhering untersucht. Insgesamt nahmen 141 Schülerinnen und Schüler an der Untersuchung teil.

2.1.1 Geschlecht und Alter

Die Stichprobe setzt sich aus 75 Mädchen (53.2 %) und 66 Buben (46.8 %) auseinander. Es zeigt sich daher ein kleines Ungleichgewicht zugunsten der Mädchen. Das Alter der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler lag laut eigenen Angaben zum Zeitpunkt der Untersuchung zwischen 11.49 und maximal 15.54 Jahren, im Durchschnitt jedoch bei genau 14.00 Jahren ($SD = 0.584$). Sieben Schülerinnen und Schüler gaben ein zu junges Alter von 11.49 bis 12.16 Jahren an. Dieses Alter ist in der 8. Schulstufe als unrealistisch einzustufen und deshalb auf Tippfehler der Teilnehmerinnen und Teilnehmer zurückzuführen (Verteilung der Häufigkeiten des Alters siehe Anhang, Abbildung B21).

2.1.2 Geschwister

Der Großteil der teilnehmenden Schülerinnen und Schülern (90.8 %) gab an, mindestens ein Geschwister zu haben. Die Mehrheit hat ein Geschwisterteil (48.9%), gefolgt von zwei Geschwister (30.5%). Der Mittelwert liegt bei 1.46 ($SD = 0.883$; Häufigkeitsverteilung siehe Anhang, Tabelle B22).

2.1.3 Schulleistungen in Deutsch und Mathematik

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Noten des letzten Zeugnisses (Abschlusszeugnis der 7. Schulstufe) erhoben. In Deutsch liegt der Mittelwert der Noten bei 2.19 (SD = 0.902), in Mathematik bei 2.33 (SD = 0.960). Im Anhang in

Tabelle B23 ist die prozentuale Verteilung der Deutsch- und Mathematiknoten aufgelistet.

2.1.4 Einstellung zu Mathematik

Die Schülerinnen und Schüler wurden befragt, welche Rolle Mathematik in ihrem Alltag spielt und was sie glauben, wie wichtig diese für ihren späteren Beruf sein wird. Die Antwortalternativen waren vierstufig skaliert von „nicht wichtig“ bis „sehr wichtig“. Die Häufigkeitstabellen mit der prozentuellen Verteilung sind im Anhang in Tabelle B24 abgebildet.

2.2 Erhebungsinstrumente

2.2.1 Textaufgaben

Als abhängige Variable wurden den Schülerinnen und Schülern Textaufgaben aus einem Schulstoff der 3. Klasse AHS vorgegeben. Da es sich bei der vorliegenden Untersuchung vor allen Dingen um Fehler und um Fehlerkategorien handelt, wurde darauf Wertgelegt, dass die Aufgaben nicht zu einfach waren. Unlösbar durften sie jedoch für die Schülerinnen und Schüler auch nicht sein. Es wurden insgesamt 10 Textaufgaben vorgegeben. Die Aufgaben sind der Algebra zugeordnet, ein Beispiel dafür ist: „Frau Breyer fährt mittags mit dem Taxi vom Bahnhof nach Hause und bezahlt 15.70 €. Wie weit vom Bahnhof entfernt wohnt sie, wenn die Grundgebühr 2.50 € beträgt und jeder gefahrene Kilometer 1.20 € kostet?“ (Humenberger, 2009, S. 108). Die 10

Aufgaben wurden teils aus einem Mathematikbuch der 7. Schulstufe entnommen (Humenberger, 2009), teils aus dem Mathematikwettbewerb TIMMS (Baumert et al., 1998) sowie aus Übungsblättern der 7. Schulstufe.

Über alle zehn Beispiele hinweg ergab sich ein Reliabilitätsmaß (Cronbach's Alpha) von .728 ($N = 141$), was ein zufriedenstellendes Ergebnis darstellt (Reliabilitätsanalysen siehe Anhang, Tabelle C25 und Tabelle C26).

Im Anschluss an die Mathematikaufgaben wurde mit einem Item erhoben, wie viel die Schülerinnen und Schüler glauben Mathematikbeispiele richtig gerechnet zu haben. Es ergab sich ein Mittelwert von 6.55 ($SD = 2.31$), wobei ein Schüler den Wert 12 angegeben hat.

2.2.2 Emotionale Befindlichkeit

Die emotionale Befindlichkeit wurde zu drei Testzeitpunkten erhoben, einmal vor, einmal während und einmal im Anschluss an die Mathematikaufgaben. Es wurden die Emotionen *Freude*, *Angst*, *Wut* und *Langeweile* erhoben. Jede Emotion wurde lediglich mit einer Frage gemessen. Die Emotion *Freude* wurde beispielsweise in folgenden Varianten vorgegeben: „Ich freue mich auf die Aufgaben“ vor dem Test, „Mir machen die Aufgaben Spaß“ während der Testung und „Die Aufgaben haben mir Spaß gemacht“ direkt im Anschluss an die Textaufgaben. Die Antworten erfolgten vierstufig von „stimmt überhaupt nicht“ bis „stimmt voll und ganz“.

Die Single-Item Variante wurde aus zweierlei Gründen gewählt. Zum einen aus testökonomischen Gründen und der Zeitersparnis. Zum anderen zeigte sich in einer Studie von Goetz (2004), dass die Validität und Reliabilität von Single-Items bei einem Fragebogen zum emotionalen Erleben im mathematischen Kontext gute Ergebnisse bringen. In der Studie wurden die Single-Items mit

einem kompletten Fragebogen verglichen, wobei die Korrelation zwischen diesen Varianten hoch ausfiel.

In der vorliegenden Untersuchung wurde das Item „Ich freue mich auf die Aufgaben“ in den drei Versionen für die weitere Verrechnung umgepolt. Die Faktorenanalyse ergibt ein zweifaktorielles Modell. Es zeigte sich, dass alle Items einer Skala entsprechen, das Item „Ich habe Angst“ ist allerdings einem eigenen Faktor zuzurechnen (siehe Tabelle 3). Dies ist nicht weiter verwunderlich, bedenkt man die Ausgangslage der Literatur, die bei allen anderen Emotionen davon ausgeht, dass sie bei hoher Ausprägung die Leistung eher hemmen, Angst jedoch in einem mittleren Ausmaß sogar günstig für die Leistungserbringung ist (Spychiger, Kuster & Oser, 2006).

Tabelle 3: Faktorenanalyse des Fragebogens zum emotionalen Erleben unmittelbar vor den Mathematikaufgaben

	Rotierte Komponentenmatrix	
Ich freue mich auf die Aufgaben. ^(a)	.798	.153
Ich habe Angst.	.023	.980
Ich bin wütend.	.771	.076
Ich fühle mich gelangweilt.	.823	-.253
Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse. Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung.		
a. Die Rotation ist in 3 Iterationen konvergiert.		

Bei den zweiten und dritten Testzeitpunkten während und nach den Textaufgaben zeigt sich ein ähnliches Bild. Es wird sowohl im zweiten, als auch im dritten Durchgang eine zweifaktorielle Lösung postuliert, wobei stets das Item „Ich habe Angst“ bzw. „Ich habe mich vor den Aufgaben gefürchtet“ eine eigene Skala darstellt (siehe Anhang Tabelle C28 und Tabelle C29).

Die Reliabilitätsanalyse ergibt ein Cronbach's Alpha von .557 (N = 141) unter Einbeziehung aller Items. Ohne das Item „Ich habe Angst“ zeigt sich eine Verbesserung auf .708 für den ersten Untersuchungszeitpunkt. Die Item-Skala-Statistiken befinden sich im Anhang in Tabelle C27. Für den zweiten Textzeitpunkt ergibt sich ein Cronbach's Alpha von .603 (N = 141) und für den dritten Textzeitpunkt von .642 (N = 141), jeweils unter Einbeziehung aller vier Items (Item-Skala-Statistiken siehe Anhang Tabelle C30 und Tabelle C31).

Weiters wurde mit fünf Items erhoben, wie sehr die Schülerinnen und Schüler motiviert und konzentriert bei den Mathematikaufgaben waren. Ein Beispielitem lautete beispielsweise „Beim Mathematiktest war ich motiviert“. Die Reliabilitätsanalyse ergab ein Cronbach's Alpha von .787. Bei der Faktorenanalyse wurde ein Faktor mit einer erklärten Gesamtvarianz von 54.81% berechnet.

2.2.3 Fragebogen zum Umgang mit Fehlern

Die Dimension „Umgang mit Fehlern“ wurde in der vorliegenden Arbeit mit Hilfe zweier Verfahren gemessen. Zum einen wurde der *Schülerfragebogen zur Fehlerkultur im Unterricht* von Spychiger, Kuster und Oser (2006) verwendet, der speziell für den Kontext Schule entwickelt wurde, zum anderen aber auch Teile des *Error Orientation Questionnaire*, der im Original im betrieblichen Kontext verwendet wird, für diese Studie aber für den schulischen Kontext adaptiert wurde (Rybowiak, Barst, Frese & Batinic, 1999).

Beide Verfahren messen den Umgang mit Fehlern, sie weisen jedoch verschiedene Dimensionen auf (Rybowiak et al., 1999; Spychiger et al., 2006). Der *Schülerfragebogen zur Fehlerkultur im Unterricht* beruht auf Selbsteinschätzungen der Schülerinnen und Schüler und besteht aus 28 Items, die sich auf vier Skalen aufteilen (Spychiger et al., 2006):

- Die Skala *Lernorientierung* enthält 8 Items und misst den kognitiven Umgang mit Fehlern.
- Die Skala *Fehlerfreundlichkeit* ist eine Einschätzung der Lehrperson betreffend der praktizierten Fehlerkultur durch die Schülerinnen und Schüler. Sie enthält 7 Items.
- Die Skala *Normtransparenz* enthält 8 negativ formulierte Items, die den Umgang mit Regeln und Normen messen sollen.
- Die Skala *Fehlerangst* bezieht sich nicht nur auf die Emotion Angst, sondern generell auf negative Emotionen wie Scham, Selbstvorwürfe und Schuldgefühle. Die Skala enthält im Original 5 Items und wurde für diese Studie um ein Item aus dem *Error Orientation Questionnaire* (Rybowiak et al., 1999) erweitert. Das Item thematisiert die Emotion Wut und lautet: „Wenn ich (in Mathematik) Fehler mache, werde ich wütend“.

Für die vorliegende Untersuchung wurden die Items, die sich im Original auf Unterricht im Allgemeinen beziehen, dem Unterrichtsfach Mathematik angepasst und entsprechend umformuliert. So wurde dem Beispiel „Ich bekomme Angst, wenn ich im Unterricht Fehler mache“ dem Begriff Unterricht „Mathematik“ vorangestellt. Das Item wurde also direkt auf den Mathematikunterricht bezogen. Der Fragebogen enthält eine *4-point Likert scale* von 1= stimmt überhaupt nicht bis 4= stimmt völlig.

Der *Error Orientation Questionnaire* enthält im Original 8 Skalen, für die vorliegende Studie werden aber folgende 3 Skalen verwendet (Rybowiak et al., 1999).

- Die Skala *Fehlererwartung (error anticipation)* misst die wahrgenommene Befürchtung, dass Fehler auftreten können im Sinne eines generellen Pessimismus.
- *Fehlervertuschung (Covering up errors)* meint das Vertuschen von Fehlern. Ängstliche Personen versuchen Fehler zu vertuschen, damit sie vor Anschuldigungen und negativen Konsequenzen geschützt sind.

- *Über Fehler nachdenken (Thinking about errors)* meint die kognitive Analyse und das Nachdenken über aufgetretene Fehler. Ein Beispielitem lautet hier „Wenn ich einen Fehler gemacht habe, frage ich mich, warum das passiert ist“.

Für die vorliegende Untersuchung wurden die Items ins Deutsche übersetzt und dem schulischen Kontext, im Speziellen dem Fach Mathematik, angepasst. Es gibt vier Antwortmöglichkeiten von „stimmt überhaupt nicht“ bis „stimmt völlig“.

Der Fragebogen zum Umgang mit Fehlern ist eine Integration der beiden vorgestellten Fragebögen. Die Skala *Lernorientierung* wurde aufgrund der inhaltlichen Ähnlichkeit zur Skala *Über Fehler nachdenken* um diese drei Items erweitert. Ein Item „Falsche Ergebnisse in Mathematikaufgaben überdenke ich mehrmals“ wurde wegen eines technischen Fehlers zweimal vorgegeben. Es wurden 4 Items, die einer eigenen Skala *Kontrollverhalten*, hinzugefügt. Diese soll messen, ob die Schülerinnen und Schüler ihre eigenen Arbeiten kontrollieren, bevor sie diese der Lehrperson abgeben. Der abschließende Fragebogen enthält schließlich 46 Items.

Aufgrund der theoretischen Vorlage wurde eine konfirmatorische Faktorenanalyse mittels Amos 20.0.0 durchgeführt. Eine globale Bewertung des erstellten Modells wird mittels χ^2 -Anpassungstest durchgeführt, was allerdings eine Normalverteilung der Daten voraussetzt. Da der Mardia-Test zur Überprüfung der Normalverteilung eine Verletzung derselbigen anzeigt, wurde mittels Bollen-Sine-Bootstrap ein korrigierter p-Wert für den χ^2 -Anpassungstest berechnet (Bühner, 2006). Der χ^2 -Anpassungstest ergibt einen sehr hohen Wert von 1500.613 (df 968) und stellt damit ein unzufriedenes Ergebnis dar (siehe Tabelle 4). Der p-Wert von .000 gibt an, dass das Modell verschieden zu den vorhandenen Daten ist, aufgrund der Verletzung der Normalverteilung wurde allerdings der Bollen-Sine-Bootstrap berechnet, der einen korrigierten p-Wert von .162 angibt. Im vorliegenden Fall bedeutet die Verletzung der Normalverteilung auch die fälschliche Verwerfung des Modells. Der Chi-Quadrat Test ist allerdings sehr sensibel gegenüber der Größe der Stichprobe

sowie der Komplexität des Modells. Je größer die Stichprobe und je mehr Variablen, desto größer wird der χ^2 -Wert. Dies führt zu einer Ablehnung der Nullhypothese (Hu & Bentler, 1998). Als besseres Gütekriterium gilt der Chi-Quadrat Wert geteilt durch die Freiheitsgrade (χ^2/df ; Jöreskog, 1970). Der Quotient soll, um auf eine gute Modellpassung hinzuweisen, einen Wert kleiner als 2 erreichen (Backhaus, Erichson, Plinke & Weiber, 2008). Im vorliegenden Fall ist das Ergebnis von $\chi^2/df = 1.55$, dies deutet auf eine gute Modellpassung hin.

Tabelle 4: Konfirmatorische Faktorenanalyse des Fragebogens Umgang mit Fehlern

	Result (Default model) Minimum was achieved
Chi-square	1500.613
Degrees of freedom	968
Probability level	.000
Bollen-Sine-Bootstrap	.162

Es wird allgemein empfohlen, neben dem χ^2 - Anpassungstest auch andere Prüfgrößen zur Modelltestung heranzuziehen. Der *Comparative Fit Index* (CFI) vergleicht das vorliegende Modell mit einem Basismodell, bei dem alle Variablen unkorreliert sind. Gute Modelle nähern sich der Eins an, weniger gut passende nähern sich der Null an. Als Cut-off Wert wird allgemein üblich 0.95 angesehen (Backhaus et al., 2008). In der vorliegenden Untersuchung liegt der CFI bei .737, er erreicht also nicht den nötigen Cut-off Wert. Der CFI ist wenig sensitiv gegenüber der Stichprobengröße.

Der *root mean squared error of approximation* (RMSEA) ist ein sehr strenger Wert, der bei Stichprobengrößen < 250 dazu tendiert, gültige Modelle schnell zu verwerfen. Es gilt dabei die Regel, je kleiner der RMSEA Wert ist, desto besser bildet das Modell die Realität ab. Als Cut-off Wert eines guten Modells wird allgemein ein Wert $\leq .05$ angegeben, ein Wert ≤ 0.08 deutet auf ein akzeptables Modell hin (Hu & Bentler, 1999). Im vorliegenden Fall erreicht der RMSEA einen

Wert von .063, das Modell bildet demnach akzeptabel gut die Realität ab. Der root mean square residual (RMR) gibt die "mittlere Abweichung der Korrelationsmatrix" (Bühner, 2006, S. 256) an. Ein Wert $\leq .11$ kann als gutes Ergebnis gewertet werden. In der vorliegenden Untersuchung erreichte das Modell einen Wert von .077, man kann demnach von einem guten Modell ausgehen. Zusammenfassend weist das Modell einen guten Modell-Fit (p-value, χ^2/df , RMSEA; RMR) auf. Nur der CFI liegt unter dem erforderlichen Wert.

Der Schülerfragebogen zur Fehlerkultur im Unterricht weist laut Spychiger et al. (2006) ein Reliabilitätsmaß (*Cronbach's Alpha*) von .71 bis .82 über die Subskalen hinweg auf. Im *Error Orientation Questionnaire* beträgt das *Cronbach's Alpha* über die drei ausgewählten Subskalen zwischen .73 und .83 (Rybowiak et al., 1999). In der vorliegenden Untersuchung ergab sich bei dem selbstkonstruierten *Fragebogen zum Umgang mit Fehlern* über die Skalen hinweg ein Reliabilitätsmaß (*Cronbach's Alpha*) zwischen $r = .392$ und $r = .813$ ($N = 141$). In Tabelle 5 sind die Reliabilitätsmaße der einzelnen Skalen angegeben. Die Werte für die Skala *Fehlervertuschung* und *Kontrollverhalten* sind nicht ausreichend und als kritisch zu betrachten (für die Item-Skala-Statistiken siehe Anhang Tabelle B16- B29).

Tabelle 5: Reliabilitätsmaße (*Cronbach's Alpha*) des Fragebogens *Umgang mit Fehlern*

	Cronbach's Alpha der Skalen	Anzahl der Items	N
Lernorientierung	.803	11	141
Fehlerfreundlichkeit	.756	7	141
Fehlerangst	.813	6	141
Normtransparenz	.811	7	141
Fehlererwartung	.734	5	141
Fehlervertuschung	.504	6	141
Kontrollverhalten	.392	4	141

Für die weitere Berechnung wurden die Werte der Teilnehmerinnen und Teilnehmer z-standardisiert und gewichtete Faktorscores berechnet.

2.2.4 PFK 9-14 – Persönlichkeitsfragebogen für Kinder zw. 9 und 14 Jahren

Der PFK 9-14 hat zum Ziel, Persönlichkeitsmerkmale von Kindern und Jugendliche zu erfassen. Dabei handelt es sich um stabile Persönlichkeitszüge, die durch einen Selbstbeurteilungsbogen erfasst werden sollen. Grundsätzlich unterscheidet der Fragebogen drei Kategorien, nämlich *Verhaltensstile*, *Motive* und Aspekte des *Selbstbildes*. Diese Kategorien werden durch verschiedene Subtests erfasst (Seitz & Rausche, 2004).

Für die vorliegende Studie wurden nur ausgewählte Skalen verwendet. Zum einen wurden die Skalen *Emotionale Erregbarkeit* und *Fehlende Willenskontrolle* die den *Verhaltensstilen* untergeordnet werden, verwendet, zum anderen die Skala *Bedürfnis nach Ich-Durchsetzung* aus der Kategorie *Motive*. Jede Skala enthält exakt 12 Items. In der vorliegenden Untersuchung wurden demnach 36 Items vorgegeben.

- *Emotionale Erregbarkeit* meint die Tendenz, leicht nervös zu werden und durch emotionalen Stress leicht irritiert zu werden. Prüfungsangst wird dieser Skala zugeordnet.
- Die Skala *Fehlende Willenskontrolle* misst Impulsivität. Probanden mit einem hohen Wert können sich schwer selbst kontrollieren und übertreten leicht Regeln.
- *Bedürfnis nach Ich- Durchsetzung, Aggression und Opposition*, wie die Motivskala vollständig heißt, misst die Tendenz, sich selbst ständig durchsetzen zu müssen. Dies äußert sich häufig in aggressivem Verhalten.

Die Skalen *Fehlende Willenskontrolle* und *Bedürfnis nach Ich-Durchsetzung, Aggression und Opposition* kann man gemeinsam dem übergeordneten Faktor

Emotionalität vs. emotionale Ausgeglichenheit zuordnen (Seitz & Rausche, 2004).

Die konfirmatorische Faktorenanalyse ergibt für die drei Skalen folgendes Bild. Der Chi-Quadrat Test ergibt wie in Tabelle 6 ersichtlich einen Wert von 934.335 (df = 591), was ein unzureichendes Ergebnis darstellt. Der p-Wert erreicht selbst nach der Bollen-Sine-Bootstrap Korrektur aufgrund der Verletzung der Normalverteilung nur einen Wert von .26, das Modell kann mit den vorhandenen Daten daher nicht bestätigt werden (siehe Tabelle 6). Demgegenüber erreicht der Quotient von χ^2/df einen Wert von 1.58, was unter dem kritischen Wert von 2 liegt und daher auf ein gutes Modell hinweist. Der CFI liegt bei .582. Der RMSEA mit einem Wert von .064 ergibt ein akzeptables Ergebnis, genauso wie der RMR mit einem Wert von .02. Die Ergebnisse χ^2 -Anpassungstest und CFI, die sowohl von der Stichprobengröße als auch von der Komplexität des Modells abhängen, ergeben in dieser Untersuchung ein unbefriedigendes Ergebnis. Die unabhängigen RMSEA und RMR stellen in diesem Falle ein akzeptables, wenn auch kein gutes Ergebnis dar. Im Anhang Abbildung C22 ist das Modell der konfirmatorischen Faktorenanalyse abgebildet.

Tabelle 6: Chi-Quadrat Test des PFK 9-14

	Result (Default model) Minimum was achieved
Chi-square	934.335
Degrees of freedom	591
Probability level	.000
Bollen-Sine-Bootstrap	.026

Die interne Konsistenz (*Cronbach's Alpha*) der Skalen liegt im Original des PFK 9-14 laut Manual zwischen .719 und .751 (Seitz & Rausche, 2004). In der vorliegenden Untersuchung liegt das Realitätsmaß (*Cronbach's Alpha*) zwischen .673 und .722 (N = 141), es liegt daher etwas unter den Werten der

Originalstichprobe. Im Anhang befinden sich die Tabellen der Reliabilitätsanalyse (siehe Anhang Tabelle C39, Tabelle C40, Tabelle C41, Tabelle C42, Tabelle C43, Tabelle C44).

Zur weiteren Verwendung wurden die Ausprägungen der einzelnen Items zu z-standardisierten, gewichteten Faktorscores der Skalen zusammengefasst.

2.2.5 Skalen zur Erfassung des schulischen Selbstkonzepts (SESSKO)

Der SESSKO ist ein Fragebogen zur Selbsteinschätzung schulischer Fähigkeiten. Er umfasst 22 Aussagen, die sich in 4 Subskalen aufteilen, wobei die Schülerinnen und Schüler ihre kognitive Leistung selbst einschätzen müssen. In der vorliegenden Studie wurden allerdings nur sechs Aussagen aus drei Subskalen verwendet, um eine globale Einschätzung zu erhalten, nämlich zwei Aussagen aus den Subskalen *schulisches Selbstkonzept – individuell*, *schulisches Selbstkonzept – kriterial* und *schulisches Selbstkonzept – absolut* (Schöne, Dickhäuser, Spinath & Stiensmeier Pelster, 2002).

Im Original ist der Fragebogen auf das schulische Selbstkonzept bezogen und weist nicht auf spezielle Fächer hin. Im vorliegenden Fall wurden die Items auf das Fach Mathematik umformuliert, um das Fähigkeitsselbstkonzept zu spezifizieren. Der Fragebogen enthält vierstufige Antwortmöglichkeiten, die Aussage für Aussage unterschiedlich ausfallen. Ein Beispiel wäre „Wenn ich mir vorstelle, was ich im Mathematik-Unterricht können muss, halte ich mich für...“ und ist mit 4 Antwortmöglichkeiten von „...nicht begabt“ bis „...sehr begabt“ versehen.

Die interne Konsistenz (Cronbach's Alpha) liegt in der Originalstichprobe zwischen .80 und .88 über die vier Subskalen verteilt. In der vorliegenden

Stichprobe liegt das Reliabilitätsmaß (Cronbach's Alpha) bei $r = .902$ ($N = 141$), was einen sehr guten Wert darstellt (Item-Skala-Statistiken siehe Anhang

Tabelle C45 und Tabelle C46). Da in der vorliegenden Studie den Teilnehmerinnen und Teilnehmern lediglich sechs Aussagen vorgelegt wurden, wird der Fragebogen nicht auf Subskalen reduziert, sondern als Ganzes gesehen, der das mathematische Selbstkonzept messen soll. Die Faktorenanalyse ergibt tatsächlich nur einen Faktor, der 67.316% der Gesamtvarianz erklärt (Komponentenmatrix siehe Anhang Tabelle C47).

2.2.6 CFT-20-R – Grundintelligenztest Skala 2 – Revidierte Fassung

Der CFT-20-R ist ein Grundintelligenztest, der die fluide Intelligenz für Personen zwischen 8.5 und 60 Jahren misst. Der „Culture Fair Test“ soll eine allgemeine Leistungsfähigkeit messen, unabhängig von soziokulturellen, erziehungsspezifischen oder ethnischen Einflüssen. Dies soll mit figural anschaulichem Material getestet werden, wobei spezifische Regeln und Zusammenhänge erkannt werden müssen.

Der CFT-20_R besteht aus zwei Testteilen, die wiederum in vier Subtests gegliedert sind, nämlich *Reihenfortsetzen*, *Klassifizieren*, *Matrizen* und *Topologien*. In der vorliegenden Arbeit wurde lediglich der Subtest *Matrizen* vorgegeben. In Abbildung 6 sieht man zwei Beispielaufgaben, wobei die Aufgabe darin besteht, das leere Feld mit einem der Antwortmöglichkeiten a – e zu füllen. Die Aufgaben sind figural dargestellt, sie sind daher sprachfrei und in diesem Sinne auch *culture-fair* (Weiß, 2006).

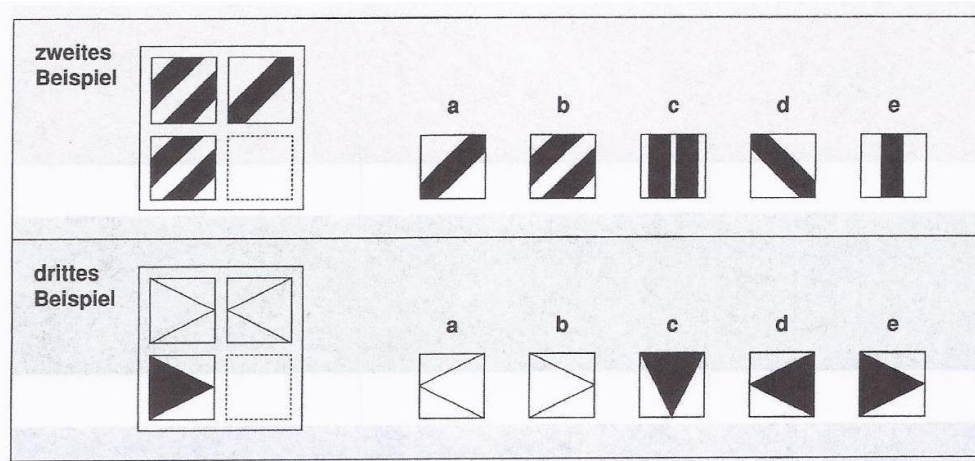


Abbildung 6: Beispielaufgaben aus dem Matrizen Test (CFT-20-R)

Die Schülerinnen und Schüler hatten für die 15 Aufgaben vier Minuten Zeit, da hier in erster Linie die Leistungsfähigkeiten und weniger die Schnelligkeit das interessierende Merkmal war. Der Gesamtscore liegt bei 15 korrekt gelöster Aufgaben. In der vorliegenden Studie ist der durchschnittliche Rohwert $M = 10.0142$ ($SD = 2.57733$).

Die interne Konsistenz (*Cronbach's Alpha*) des Subtests *Matrizen* des CFT-20-R liegt laut Manual bei $r = .65$ (Weiß, 2006; S. 49). In der vorliegenden Studie ergab die Reliabilitätsanalyse einen Wert von $r = .667$ ($N = 141$). Dieser Wert entspricht fast exakt dem des Manuals und ist zufriedenstellend (siehe im Anhang Tabelle C48 und Tabelle C49 für die Item-Skala-Statistiken). Der CFT-20-R ist ein standardisiertes und oft verwendetes Verfahren, es wird daher Eindimensionalität postuliert.

2.3 Untersuchungsablauf

Die vorliegende Untersuchung wurde im Februar und März des Jahres 2013 durchgeführt. Für die Dauer der Untersuchung wurden jeweils ca. eineinhalb Schulstunden reserviert, wobei diese entweder in den Mathematik- oder in den Informatikstunden durchgeführt wurde. Die Vorgabe fand online mittels Limesurvey in den Informatiksälen der Schulen statt, wobei allerdings die Mathematikaufgaben auf einem extra Bogen händisch gerechnet wurden. Die

Durchführung der Testung fand standardisiert statt, nach einer kurzen mündlichen Instruktion und dem Austeilen der Bögen für die Textaufgaben stiegen die Schülerinnen und Schüler über einen Link in die Online-Umfrage ein und bearbeiteten die Aufgaben und Fragebögen selbstständig.

Im Anschluss an die mündliche Instruktion folgte online eine kurze Begrüßung, gefolgt von der Eingabe eines persönlichen Codes, der zum einen die Anonymität der Jugendlichen gewährleisten sollte, zum anderen die korrekte Zuordnung der Online- Fragebögen zu den paper- pencil Textaufgaben. Der Code bestand aus vier Buchstaben, die die Schülerinnen und Schüler sowohl online eingaben, als auch auf den ausgeteilten Bögen angaben. Im Anschluss wurden kurz einige demografische Daten, wie das Alter, Geschlecht und die letzten Schulnoten abgefragt.

Um die interessierenden Variablen zu operationalisieren, kamen folgende Verfahren in dieser Reihenfolge zum Einsatz:

- Textaufgaben
- Emotionale Befindlichkeit vor, während und nach den Aufgaben
- Fragebogen zum Umgang mit Fehlern
- Persönlichkeitsfragebogen PFK9-14
- SESSKO
- CFT 20-R

2.4 Auswertung

Die durchgeführten statistischen Analysen wurden mit dem Statistik-Programm IBM SPSS Statistics (Version 20.0) für Windows und dem Software-Paket IBM SPSS Amos (Version 20.0) durchgeführt. Signifikante Ergebnisse werden bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0.05$ mit * markiert, bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0.01$ mit **.

Hinsichtlich der Verfahren gibt es eine Besonderheit in der Verrechnung, nämlich die Kodierung der Schülerinnen und Schülern zu den einzelnen Fehlergruppen aufgrund der bearbeiteten Textaufgaben. Nach einer eingehenden Literaturrecherche wurden folgende Fehlertypen (angelehnt an Ballew & Cunningham, 1982) extrahiert und die einzelnen Schülerinnen und Schülern zu den Gruppen zugeordnet:

- **Keine/falsche Gleichung aufgestellt:** Es konnte keine Gleichung aufgestellt werden oder die Gleichung bzw. die Antwort bezog sich nicht auf die Frage.
- **Mathematisieren:** Die aufgestellte Gleichung ist prinzipiell richtig, es fehlen aber Teile oder Teile sind in sich unlogisch.
- **Rechenfehler:** Dazu zählen nicht nur die klassischen Rechenfehler sondern auch Verletzungen von Rechenregeln, falsches Kürzen etc.
- **Im Kopf gerechnet/ geraten:** Alle Antworten, deren Herleitung nicht aus den Unterlagen hervorgehen, wurden als falsch kodiert. Da dabei nicht unterschieden werden kann, ob im Kopf gerechnet wurde oder die Antwort schlichtweg erraten wurde. Diese Fehlerkategorie wurde auch aufgrund der üblichen Handhabe im Schulalltag eingeführt. Zu Beginn der Textaufgaben wurden die Schülerinnen und Schüler sowohl schriftlich in der Instruktion, als auch mündlich darauf hingewiesen, alle Rechenschritte aufzuschreiben.
- **Formalfehler:** Keine Antwort bzw. Einheiten hingeschrieben bzw. eingetragen.
- **Flüchtigkeitsfehler:** Zahlen falsch abgeschrieben etc.
- **Kein Fehler:** Das Beispiel wurde korrekt gelöst.

Im Anschluss an die Kodierung jedes einzelnen der 10 Beispiele wurden einerseits die Summenscore der richtig gerechneten Beispiele gebildet als Basis für die Leistung in Mathematik, andererseits aber auch die

Teilnehmerinnen und Teilnehmer in Gruppen eingeteilt. Dabei wurden die Schülerinnen und Schüler den einzelnen Fehlergruppen zugeordnet, wobei ein Cut-off Wert von vier Fehlern einer Kategorie festgelegt wurde. Ein Schüler der bei fünf Aufgaben keine Gleichung aufstellen konnte, wurde demnach der Gruppe „keine/ falsche Gleichung“ zugeordnet, ungeachtet welche Fehler er noch gemacht hat. Wurden sieben oder mehr Beispiele korrekt gelöst, wurden diese Teilnehmerinnen und Teilnehmer einer eigenen Gruppe zugeordnet. Diejenigen, die nicht eindeutig einem Fehlertyp entsprachen, also demnach Fehler in unterschiedlichen Kategorien machten, wurden einem Mischtyp zugeteilt.

LimeSurvey ermittelte außerdem die Bearbeitungsdauer der einzelnen Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Diese umfasst die gesamte Untersuchung, also die Mathematikaufgaben und auch die einzelnen Fragebögen.

3. ERGEBNISSE

3.1 Fehlertypen der Schülerinnen und Schüler

Insgesamt konnten 42 Schülerinnen und Schüler mindestens 7 Textaufgaben korrekt lösen. Dies entspricht einem Prozentsatz von 29.8%. Keine oder eine komplett falsche Gleichung erstellten 14.2% der Schülerinnen und Schüler bei mindestens 4 Beispielen. Im Bereich des *Typs Mathematisierens* waren es lediglich 5.7%. Trotz mehrfacher Aufforderung die Rechenschritte zu notieren, konnten 12.1% der Schülerinnen und Schüler der Gruppe *im Kopf gerechnet/geraten* zugeordnet werden. Sie gaben zwar eine Lösung an, notierten allerdings die Rechenschritte nicht. Die größte Gruppe der Teilnehmerinnen und Teilnehmer machte jedoch die Gruppe *Mischtyp* aus, die zwar mehr als 4 fehlerhafte Aufgaben zeigten, jedoch keiner konkreten Gruppe zugeordnet werden konnten. Die Häufigkeiten und Prozente sind in Tabelle 7 angeführt.

Formalfehler konnten in der gesamten Stichprobe lediglich 5 Mal beobachtet werden, *Flüchtigkeitsfehler* sogar nur 4 Mal.

Tabelle 7: Häufigkeiten und Prozente der Schülerinnen und Schüler in den Fehlergruppen basierend auf den Fehlern in den Textaufgaben

Fehlerkategorie					
Gültig		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
	Gruppe „Alles richtig gelöst“	42	29.8	29.8	29.8
	Gruppe „Keine/falsche Gleichung erstellt“	20	14.2	14.2	44.0
	Gruppe „Mathematisieren“	8	5.7	5.7	49.6
	Gruppe „Im Kopf gerechnet“	17	12.1	12.1	61.7
	Mischtyp	54	38.3	38.3	100.0
	Gesamt	141	100.0	100.0	

Getrennt nach Geschlechtern zeigt sich ein etwas differenzierteres Bild. Von den 29.8%, die (fast) alle Textaufgaben lösen konnten, sind 66.7% weiblich und lediglich 33.3% männlich. In der Gruppe, die vorwiegend keine oder falsche Gleichungen erstellt haben scheinen die Buben größere Probleme zu haben als die Mädchen. Sie erreichen 70.0%, während von den Schülerinnen und Schülern, die keine oder eine komplett falsche Gleichung aufgestellt haben, nur 30.0% weiblich sind. Auch die Gruppe *im Kopf gerechnet/ geraten* besteht zum großen Teil aus männlichen Teilnehmern, nämlich zu 64.7%. Im Bereich des *Mathematisierens* zeigt sich ein ausgewogenes Bild. Die Gruppe *Mischtyp* wird zu 57.4% von Schülerinnen belegt, gegenüber 42.6% Buben. Die graphische Darstellung der Aufteilung bezüglich der Geschlechter findet sich in Abbildung 7.

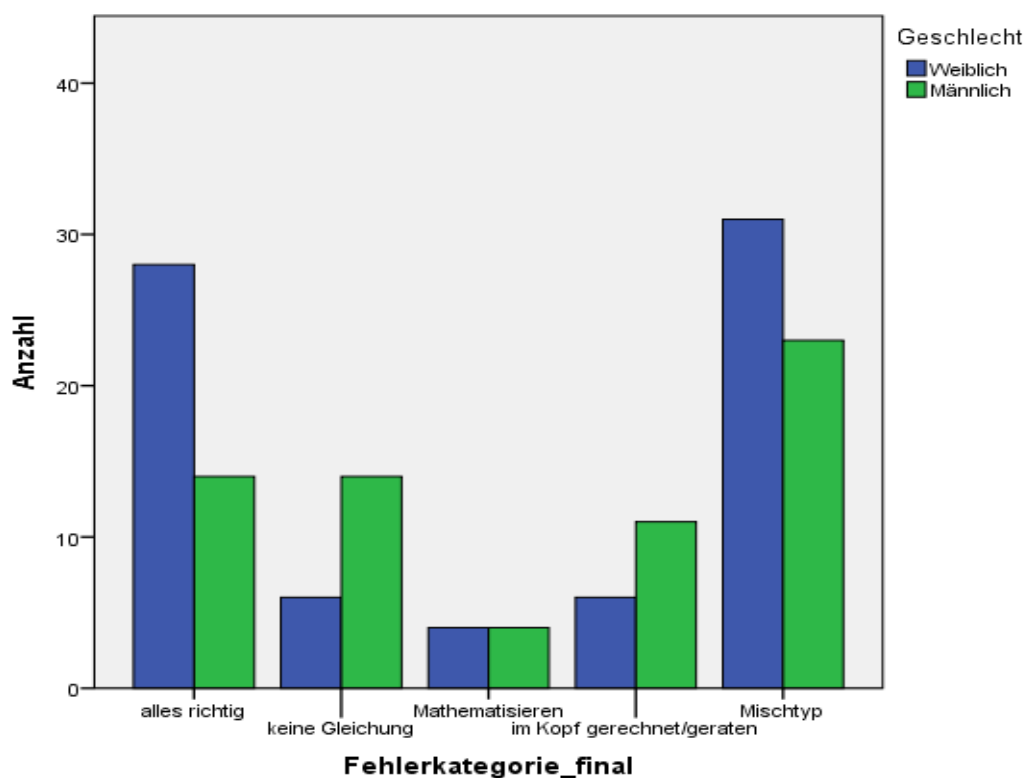


Abbildung 7: Die Anzahl der Burschen und Mädchen in den einzelnen Fehlergruppen

3.2 Anzahl der richtig gelösten Textaufgaben je Gruppe

Aufgrund der Verletzung der Normalverteilungsannahme innerhalb der Gruppen (siehe Tabelle 8) wurde bei dieser Fragestellung auf den parameterfreien *Kruskal-Wallis Test* ausgewichen. Da die Gruppe *alles richtig* a priori dadurch definiert wurde, dass sie mindestens 7 der 10 Textaufgaben richtig gelöst haben, wurden sie nicht in die Analyse mit einberechnet, da sie das Ergebnis eventuell verzerren könnte. Es wurden daher nur die tatsächlichen Fehlergruppen berücksichtigt.

Tabelle 8: Test auf Normalverteilung des Testergebnisses der Textaufgaben je Gruppe

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest ^a					
		Keine/falsche Gleichung	Mathematisieren	Im Kopf gerechnet / geraten	Mischtyp
N		20	8	17	54
Parameter der Normalverteilung ^{b,c}	Mittelwert	2.55	2.88	2.41	4.57
	Standardabweichung	1.36	1.89	1.58	1.47
Extremste Differenzen	Absolut	.22	.30	.17	.24
	Positiv	.22	.30	.11	.17
	Negativ	-.13	-.16	-.17	-.24
Kolmogorov-Smirnov-Z		.98	.86	.72	1.79
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		.29	.45	.68	.00
a. Anzahl richtig gerechnet					
b. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.					
c. Aus den Daten berechnet.					

Der Kruskal-Wallis Test ergibt ein signifikantes Ergebnis von $H(3) = 32.332$, $p = .000^{**}$. Die Fehlergruppen unterscheiden sich demnach signifikant voneinander hinsichtlich der Anzahl korrekt gelöster Textaufgaben.

Als Post-Hoc Tests wurden Mann-Whitney-Tests berechnet, wobei das Signifikanzniveau nach Bonferroni-Korrektur bei 6 Vergleichen bei .008 liegt.

Dabei zeigt sich, dass die Schülergruppe *Mischtyp* signifikant verschieden zu der Gruppe *keine/ falsche Gleichung* und *im Kopf gerechnet/ geraten* ist, alle anderen Vergleiche fielen demgegenüber nicht signifikant aus (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: Signifikanz der Fehlergruppen hinsichtlich der Anzahl korrekt gelöster Textaufgaben

Mann-Whitney Test						
	kG – M.	kG - Kopf	kG- Mischtyp	M.– Kopf	M. – Mischtyp	Kopf - Mischtyp
Exakte Signifikanz [2*(2-seitig. Sig.)]	.901	1.00	.000*	.711	.014	.000*
kG = keine/falsche Gleichung M. = Mathematisieren Kopf = im Kopf gerechnet/ geraten						

In Abbildung 8 sieht man, dass die Gruppe *Mischtyp* mehr Aufgaben lösen konnten, als die anderen Fehlertypen. Dies entspricht der logischen Erwartung, da es mit fünf oder sechs Fehlern wahrscheinlicher ist, dass sie nicht alle einer Gruppe zugeordnet werden können. Gleichzeitig sieht man auch den großen Abstand der Gruppe *alles richtig* zu den Fehlergruppen.

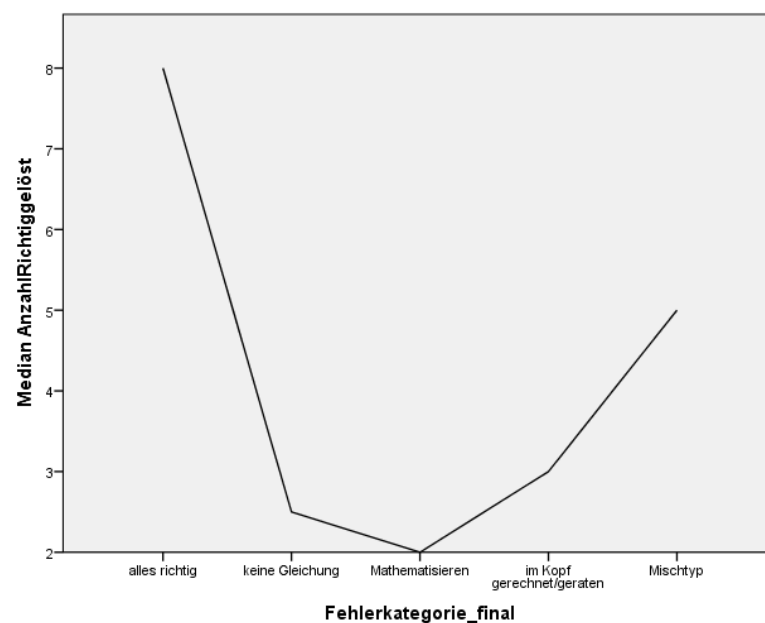


Abbildung 8: Median der Anzahl richtig gelöster Textaufgaben je Fehlergruppe

Betrachtet man das Geschlecht im Zusammenhang mit der Anzahl richtig gelöster Textaufgaben, zeigt sich ein Ungleichgewicht zugunsten der Mädchen. Der Unterschied ist mit $p = .039^*$ signifikant. Die Schülerinnen konnten durchschnittlich 5.6 (SD = 2.37) Textaufgaben lösen, die Schüler jedoch nur 4.14 (SD = 2.45). Betrachtet man die Unterschiede der Geschlechter je Gruppe, ergibt sich kein signifikanter Unterschied.

Die Schülerinnen und Schüler gaben im Anschluss ihre Selbsteinschätzung an, wie viel sie glauben, gelöst zu haben. Dabei konnte gemeinsam mit dem tatsächlicher Leistung im Mathematiktest die Genauigkeit der Selbsteinschätzung ermittelt werden. Die anschließende einfaktorielle ANOVA ergibt ein signifikantes Ergebnis von $p = .00^{**}$. Im Post- Hoc Test nach Hochberg zeigt sich, dass die Gruppe *alles richtig* sich signifikant besser als die anderen Gruppen, außer der Gruppe *Mathematisieren*, einschätzte. Die Schülerinnen und Schüler der Fehlergruppen überschätzten ihre Leistung um zwei bis drei Punkte. Sieht man sich den Unterschied zwischen den Geschlechtern an, kann man erkennen, dass die Burschen ihre Leistung konsequent überschätzen, während die Mädchen ihre Leistung fast exakt einschätzen konnten ($p = .00^{**}$). Betrachtet man sich Abbildung 9, sieht man, dass gerade die Burschen in der Gruppe *keine/falsche Gleichung* und *im Kopf gerechnet/geraten* ihre Leistung stark überschätzen.

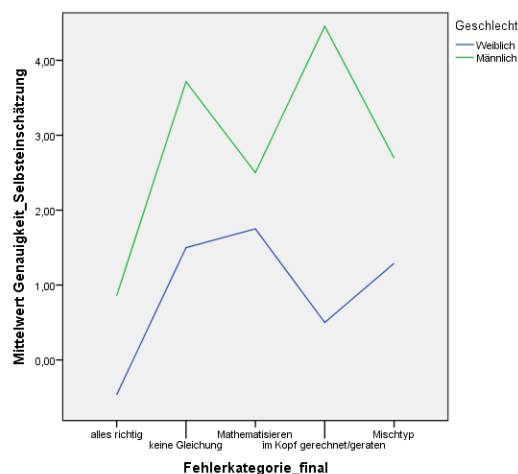


Abbildung 9: Die Genauigkeit der Selbsteinschätzung der Mathematikleistung in den Fehlergruppen

3.3 Unterschiede in der Fehlerorientierung in den Fehlergruppen

Die Frage, ob es einen Unterschied in den Fehlergruppen bezüglich der individuellen Fehlerorientierung gibt, wurde mit Hilfe einer einfaktoriellen, multivariaten Varianzanalyse gerechnet. Die Voraussetzung der Normalverteilung ist über die Gruppen hinweg laut Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest gegeben (siehe Anhang Tabelle D50). Varianzhomogenität darf bei allen Skalen, ausgenommen der Skala *Normtransparenz*, angenommen werden (siehe Tabelle 10).

Tabelle 10: Levene-Test des Fragebogens Umgang mit Fehlern.

Test der Homogenität der Varianzen				
	Levene-Statistik	df1	df2	Signifikanz
Lernorientierung	.873	4	136	.482
Fehlerfreundlichkeit	.315	4	136	.868
Fehlerangst	.732	4	136	.572
Normtransparenz	2.448	4	136	.049*
Fehlererwartung	.289	4	136	.884
Fehlervertuschung	.949	4	136	.438
Kontrollverhalten	.602	4	136	.662

Aufgrund der Verletzung der Varianzhomogenität wurde die Skala *Normtransparenz* aus der multivariaten Varianzanalyse genommen. Der Box-M Test, der die Gleichheit der Kovariaten-Matrizen misst, ist nicht signifikant bei $p = .433$. Es darf daher Gleichheit über die Gruppen hinweg angenommen werden. Das Ergebnis der multivariaten Varianzanalyse ergibt ein signifikantes Ergebnis, wobei in diesem Fall alle Prüfgrößen ein Signifikanzniveau von $p = .01^{**}$ erreichen (siehe Tabelle 11). Das Ergebnis lässt demnach auf Unterschiede in der Fehlerorientierung über die Gruppen hinweg schließen.

Tabelle 11: Multivariate Varianzanalyse der Fehlerorientierung über die Fehlerkategorien

Multivariate Tests ^a						
Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.
Konstanter Term	Pillai-Spur	.032	.732 ^b	6.000	131.000	.625
	Wilks-Lambda	.968	.732 ^b	6.000	131.000	.625
	Hotelling-Spur	.034	.732 ^b	6.000	131.000	.625
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	.034	.732 ^b	6.000	131.000	.625
Fehlerkategorie_Gesamt	Pillai-Spur	.306	1.848	24.000	536.000	.009**
	Wilks-Lambda	.722	1.867	24.000	458.214	.008**
	Hotelling-Spur	.347	1.874	24.000	518.000	.008**
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	.187	4.182 ^c	6.000	134.000	.001**
a. Design: Konstanter Term + Fehlerkategorie_Gesamt						
b. Exakte Statistik						
c. Die Statistik ist eine Obergrenze auf F, die eine Untergrenze auf dem Signifikanzniveau ergibt.						

Wie die Unterschiede jedoch genau aussehen, lässt sich aus der multivariaten Varianzanalyse nicht schließen und muss daher extra untersucht werden. Zu diesem Zweck wurde eine univariate Varianzanalyse durchgeführt. Dabei lassen sich schon etwas genauer die Unterschiede der Gruppen auf die einzelnen Skalen hin untersuchen. Es zeigt sich, dass alle Skalen, bis auf eine ein signifikantes Ergebnis aufweisen. Die Skala *Lernorientierung* ist nicht signifikant (siehe Tabelle 12). Die Gruppen weisen demnach unterschiedliche Ausprägungen in den Skalen *Fehlerfreundlichkeit*, *Fehlerangst*, *Fehlererwartung*, *Fehlervertuschung* und *Kontrollverhalten* auf. Da die Skala *Normtransparenz* die Varianzhomogenität nicht erfüllt, wurde hier auf den robusten Welch-Test ausgewichen (Field, 2009), der bei einem p-Wert von $p = .009^{**}$ ebenfalls ein signifikantes Ergebnis aufzeigt. Die Skala *Normtransparenz* erklärt demnach ebenfalls Unterschiede in den verschiedenen Fehlergruppen.

Tabelle 12: Ergebnis der einfaktoriellen Varianzanalyse des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern

Einfaktorielle ANOVA						
		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Lernorientierung	Zwischen den Gruppen	44.018	4	11.005	.892	.471
	Innerhalb der Gruppen	1,677.862	136	12.337		
	Gesamt	1,721.881	140			
Fehlerfreundlichkeit	Zwischen den Gruppen	76.666	4	19.166	3.050	.019*
	Innerhalb der Gruppen	854.747	136	6.285		
	Gesamt	931.412	140			
Fehlerangst	Zwischen den Gruppen	77.580	4	19.395	2.447	.049*
	Innerhalb der Gruppen	1,077.934	136	7.926		
	Gesamt	1,155.515	140			
	Innerhalb der Gruppen	1,119.869	136	8.234		
	Gesamt	1,254.487	140			
Fehlererwartung	Zwischen den Gruppen	46.788	4	11.697	2.684	.034*
	Innerhalb der Gruppen	592.606	136	4.357		
	Gesamt	639.394	140			
Fehlervertuschung	Zwischen den Gruppen	28.436	4	7.109	2.765	.030*
	Innerhalb der Gruppen	349.625	136	2.571		
	Gesamt	378.061	140			
Kontrollverhalten	Zwischen den Gruppen	8.314	4	2.078	2.761	.030*
	Innerhalb der Gruppen	102.362	136	.753		
	Gesamt	110.676	140			

Im Anschluss an die Varianzanalyse, die nur einen allgemeinen Effekt misst, wurde ein Post-Hoc Test angewendet. Da die einzelnen Untergruppen eine sehr unterschiedliche Stichprobengröße aufweisen, wurde der *GT2 nach Hochberg* berechnet und zusätzlich *Games-Howell*, der robust gegen die Verletzung der Varianzhomogenität ist (Field, 2009). Wie erwartet zeigte sich in der Skala *Lernorientierung* auch bei den einzelnen Mittelwertvergleichen kein signifikantes Ergebnis. In der Skala *Fehlerfreundlichkeit* zeigten sich die

Gruppen *alles richtig* und *im Kopf gerechnet/ geraten* bei einem p-Wert von $p = .009^{**}$ signifikant verschieden, ebenso die Gruppen *im Kopf gerechnet/ geraten* und der Gruppe *Mischtyp* ($p = .028^{*}$). Die Skala *Normtransparenz*, die mittels *Games-Howell* berechnet wurde, zeigt einen signifikanten Unterschied in den Gruppen *alles richtig* und *im Kopf gerechnet/ geraten* mit einem p-Wert von $p = .013^{*}$. Die Gruppe *alles richtig* weiß signifikant besser über die Regeln und Normen Bescheid als die Schülerinnen und Schüler der Gruppe *im Kopf gerechnet/ geraten*. In der Skala *Fehlererwartung* zeigte sich das gleiche Ergebnis mit einem p- Wert von $p = .029^{*}$. Dabei zeigt sich, dass die Jugendlichen der Gruppe *im Kopf gerechnet/ geraten* pessimistischer sind und mehr Fehler als die Gruppe *alles richtig* erwartet, wobei sich die Skala nicht auf die Mathematikaufgaben dieser Studie beziehen sondern eher als allgemeine Sichtweise betrachtet werden soll. Die Skalen *Fehlerangst*, *Fehlervertuschung* und *Kontrollverhalten* erreichen in den Post-Hoc Tests kein signifikantes Ergebnis, trotz signifikantem Ergebnis in der Varianzanalyse.

Im Anschluss an die Varianzanalyse wurde eine Diskriminanzanalyse berechnet, wobei diese 4 Diskriminanzfunktionen ergibt. Die erste Funktion erklärt 52.1% der Varianz, mit einer Effektstärke der kanonischen Korrelation $R^2 = .17$. Die zweite Funktion erklärt 30.7% der Varianz bei einer Effektstärke von $R^2 = .11$. Die dritte Funktion erklärt nur noch einen Anteil von 12.4%, die vierte gar nur einen Varianzanteil von 4.8%. Die Kombination aller Funktionen trennt die Gruppen mit einem p-Wert von $p = .01^{**}$ signifikant voneinander ($\Lambda = .70$, $\chi^2(28) = 48.19$). Entfernt man den ersten Faktor, ergibt die Diskriminanzanalyse kein signifikantes Ergebnis mehr, wie in Tabelle 13 ersichtlich ist.

Tabelle 13: Gütemaße der Diskriminanzfunktion der Fehlergruppen in Bezug zum Fragebogen Umgang mit Fehlern

Wilks' Lambda				
Test der Funktion(en)	Wilks-Lambda	Chi-Quadrat	df	Signifikanz
1 bis 4	.698	48.190	28	.010
2 bis 4	.838	23.689	18	.165
3 bis 4	.937	8.711	10	.560
4	.982	2.435	4	.656

Die Korrelation zwischen den Skalen des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern und den Diskriminanzfunktionen zeigt die einzelnen Ladungen. Dies weist auch hier darauf hin, dass die Skala *Lernorientierung* am wenigsten zur Trennung der Gruppen beiträgt ($r = .265$). Die Skala *Normtransparenz* trägt demgegenüber am meisten zur Trennung der Fehlergruppen bei ($r = .742$). In Tabelle 14 sind die Korrelationen zwischen den Skalen des Fragebogens und den standardisierten kanonischen Diskriminanzfunktionen angeführt.

Tabelle 14: standardisierte kanonische Diskriminanzkoeffizienten des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern

Struktur-Matrix				
	Funktion			
	1	2	3	4
Normtransparenz	.742*	-.115	-.048	.466
Fehlerfreundlichkeit	.603*	.402	-.125	.124
Kontrollverhalten	.586*	-.160	.571	-.254
Fehlererwartung	-.568*	.038	.409	.549
Fehlervertuschung	-.554*	.362	.393	-.278
Fehlerangst	-.528*	-.139	.484	-.346
Lernorientierung	.265	-.495*	.333	-.316
Gemeinsame Korrelationen innerhalb der Gruppen zwischen Diskriminanzvariablen und standardisierten kanonischen Diskriminanzfunktionen				
Variablen sind nach ihrer absoluten Korrelationsgröße innerhalb der Funktion geordnet.				
*. Größte absolute Korrelation zwischen jeder Variablen und einer Diskriminanzfunktion				

Generell kann man sagen, dass sich die Gruppen in einigen Dimensionen der Fehlerorientierung unterscheiden. Dabei weist speziell die Gruppe der guten Schülerinnen und Schülern (*alles richtig*) Unterschiede zur Gruppe, die die Lösung durch Probieren im Kopf oder durch raten gefunden hat, auf. Dieser Unterschied ist jedoch auf die Skalen *Normtransparenz*, *Fehlerfreundlichkeit* und *Fehlererwartung* beschränkt. Speziell die Skala *Lernorientierung* scheint über die Gruppen hinweg sehr ähnlich ausgeprägt zu sein und trägt nicht zu deren Unterscheidung bei. Für einen grafischen Vergleich der Gruppen siehe Anhang Abbildung D23.

Nimmt man die kognitive Leistung als Kovariate in die Varianzanalyse auf, ergeben sich immer noch signifikante Unterschiede in fast allen Skalen. Die Skala *Lernorientierung* ist hier in den Gruppen ebenfalls nicht signifikant verschieden. Kontrolliert man die kognitiven Fähigkeiten, verschwindet der Unterschied zwischen den Gruppen in der Skala *Fehlerangst* ($p = 0.69^*$). Alle anderen Skalen sind mit $p < .05$ in den Fehlergruppen signifikant verschieden ausgeprägt.

Die Fehlerorientierung zeigt sich in den zwei Geschlechtern mit $p = .008^{**}$ als signifikant verschieden, sowohl unabhängig der Fehlergruppe als auch in Kombination mit der Fehlergruppe mit $p = .032^*$. Betrachtet man jedoch die Skalen einzeln, ergibt sich ein etwas differenziertes Bild. Es zeigt sich nur noch in der Skala *Fehlererwartung* ein signifikantes Ergebnis mit $p = .001^{**}$, alle anderen Skalen sind in den beiden Geschlechtern annähernd gleich ausgeprägt. Der Unterschied in den Fehlergruppen je Geschlecht zeigt sich in den Skalen *Fehlerangst* ($p = .021^*$), *Normtransparenz* ($p = .020^*$) und *Fehlervertuschung* ($p = .020^*$) signifikant. Im grafischen Vergleich sieht man, dass die Mädchen der Gruppe *im Kopf gerechnet/geraten* mehr Fehlerangst zeigen, als die Burschen derselben Gruppe. In der Fehlergruppe *Mathematisieren* ergibt sich ein gegensätzliches Bild (siehe Abbildung 10). In den Skalen *Normtransparenz* und *Fehlervertuschung* ergibt sich der Unterschied aus der Gruppe *Mathematisieren*, bei der die Mädchen signifikant höhere Werte in der *Normtransparenz* angeben und signifikant weniger in der Skala *Fehlervertuschung*. Die anderen Fehlergruppen sind in den Geschlechtern annähernd gleich verteilt.

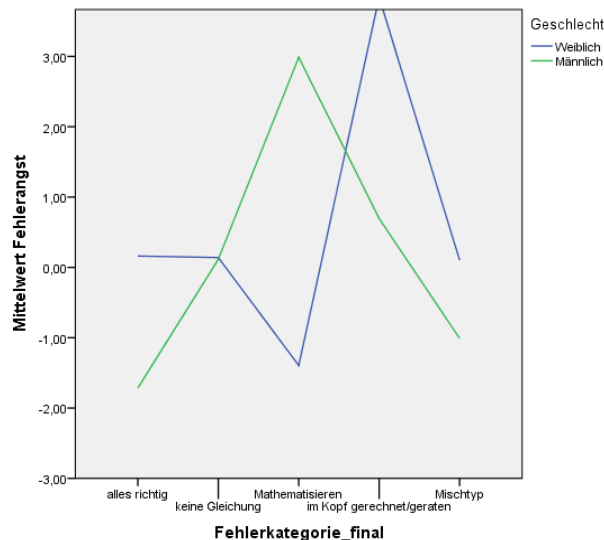


Abbildung 10: Die Ausprägung der Fehlerangst je Gruppe aufgeteilt nach dem Geschlecht

3.4 Ausprägungen der Persönlichkeit in den verschiedenen Fehlergruppen

Um die Frage zu überprüfen, ob es Unterschiede in der Persönlichkeit bei den Schülerinnen und Schülern der Fehlergruppen gibt, wurde eine einfaktorielle multivariate Varianzanalyse berechnet. Die Voraussetzung der Normalverteilung pro Gruppe ist laut Kolmogorov-Smirnov erfüllt (siehe Tabelle D51), ebenso die Homogenität der Varianzen (siehe Tabelle D52).

Die einfaktorielle multivariate Varianzanalyse ergibt kein signifikantes Ergebnis, wobei Pillai's Spur einen p-Wert von $p = .594$ ergibt. Die anderen Prüfgrößen ergeben ebenfalls kein signifikantes Ergebnis. Auch die univariate Varianzanalyse ergibt kein signifikantes Ergebnis. *Emotionale Erregung*, *fehlende Willenskontrolle* und *Bedürfnis nach Ich-Durchsetzung* scheinen daher keine Varianz zwischen den Gruppen zu erklären. Für einen Überblick der Ergebnisse siehe Tabelle 15.

Tabelle 15: einfaktorielle Varianzanalyse der Skalen des PFK 9-14 hinsichtlich der Fehlergruppen.

Einfaktorielle ANOVA						
		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Emotionale Erregung	Zwischen den Gruppen	16.555	4	4.139	.547	.701
	Innerhalb der Gruppen	1,028.532	136	7.563		
	Gesamt	1,045.087	140			
Fehlende Willenskontrolle	Zwischen den Gruppen	24.562	4	6.140	1.219	.306
	Innerhalb der Gruppen	685.054	136	5.037		
	Gesamt	709.616	140			
Bedürfnis nach Ich-Durchsetzung	Zwischen den Gruppen	3.152	4	.788	.154	.961
	Innerhalb der Gruppen	694.372	136	5.106		
	Gesamt	697.524	140			

3.5 Unterschiede der kognitiven Fähigkeiten in den einzelnen Fehlergruppen

Die Frage, ob man unterschiedliche Leistungen im logischen Denken in den einzelnen Gruppen findet, wurde mit einem parameterfreien Verfahren, dem Kruskal-Wallis Test überprüft. Die Voraussetzung der Normalverteilung ist, wie in Tabelle 16 zu sehen, nicht in allen Gruppen erfüllt.

Tabelle 16: Test auf Normalverteilung des CFT über die Fehlergruppen hinweg

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest ^a						
		Alles richtig	Keine Gleichung	Mathe matisieren	Im Kopf gerechnet/ geraten	Mischtyp
N		42	20	8	17	54
Parameter der Normalverteilung ^b ^c	Mittelwert	11.12	8.35	9.38	9.12	10.15
	Standardabweichung	1.95	2.76	2.26	3.41	2.31
Extremste Differenzen	Absolut	.17	.29	.23	.25	.12
	Positiv	.12	.12	.18	.14	.08
	Negativ	-.17	-.29	-.23	-.25	-.12
Kolmogorov-Smirnov-Z		1.08	1.31	.66	1.03	.91
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		.20	.06	.77	.23	.37
a. CFT						
b. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.						
c. Aus den Daten berechnet.						

Der Chi-Quadrat Test ergibt ein signifikantes Ergebnis von $H(4) = 17.23$, $p = .002^{**}$. Die Gruppen unterscheiden sich demnach signifikant untereinander hinsichtlich der kognitiven Fähigkeiten. Aufgrund des graphischen Vergleichs der Mediane wurden 7 Vergleiche durchgeführt, wobei die Gruppen *alles richtig* und *keine/falsche Gleichung* mit allen anderen verglichen wurden. Die Gruppen *Mathematisieren*, *im Kopf gerechnet/geraten* und *Mischtyp* wurden aufgrund der grafischen Überprüfung nicht gesondert überprüft (siehe Abbildung 11).

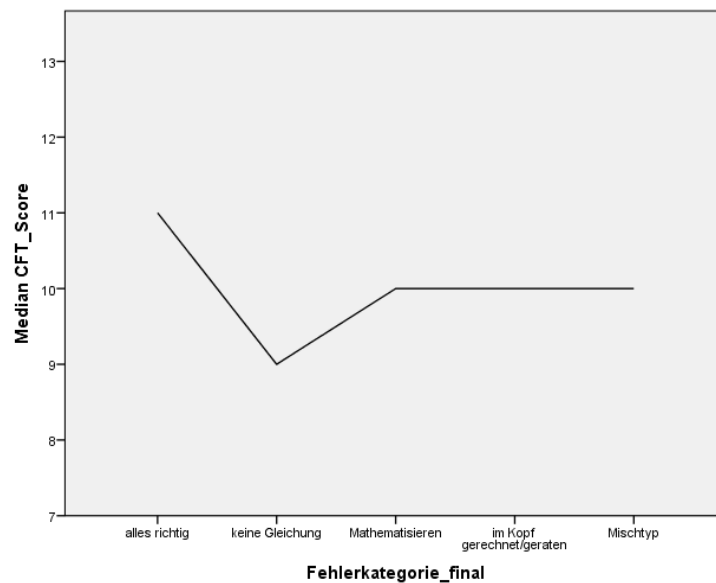


Abbildung 11: Vergleich der Mediane je Fehlergruppe hinsichtlich der kognitiven Fähigkeiten

Als Post-Hoc Test wurden Mann-Whitney Tests mit einer Bonferroni-Korrektur durchgeführt, bei einem Signifikanzniveau von .007. Als signifikant erwies sich nur der Unterschied zwischen den Gruppen *alles richtig* und *keine/falsche Gleichung* ($U = 176$, $r = .000^{**}$). Die Gruppen *Mathematisieren*, *im Kopf gerechnet/ geraten* und *Mischtyp* unterscheiden sich nicht signifikant von den anderen Gruppen. Die Ergebnisse sprechen demnach dafür, dass die Gruppe *alles richtig* besser im logischen Denken ist als die Gruppe, die gar keine oder eine komplett falsche Gleichung erstellte.

Bei der anschließenden Korrelation zeigte sich zudem, dass die kognitiven Fähigkeiten positiv mit der Leistung im Mathematiktest korrelieren, mit einem Korrelationskoeffizienten von .33 ($p = .00^{**}$). Unabhängig der Fehlergruppen hängt demnach die kognitive Leistung mit der Mathematikleistung zusammen.

3.6 Unterschiede im Selbstkonzept in Mathematik zwischen den Fehlergruppen

Die Voraussetzungen für eine einfaktorielle Varianzanalyse sind aufgrund der Normalverteilung der Gruppen (siehe Anhang Tabelle D53) und der Homogenität der Varianzen (siehe Anhang Tabelle D54) gegeben.

Die einfaktorielle Varianzanalyse ergibt ein signifikantes Ergebnis von $F(4, 136) = 4.768$, $p = .001^{**}$. Das Selbstkonzept hinsichtlich eigener mathematischer Fähigkeiten ist demzufolge in den einzelnen Gruppen signifikant voneinander verschieden. Der Post-Hoc Test *GT2 nach Hochberg* zeigt jedoch lediglich einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen *alles richtig* und *im Kopf gerechnet/ geraten* bei einem p-Wert von $p = .003^{**}$ an. Alle anderen Mittelwert-Vergleiche fallen nicht signifikant aus. Der Unterschied zwischen den Gruppen scheint auch hier auf die Gruppe *alles richtig* und *im Kopf gerechnet/ geraten* beschränkt zu sein, wobei die Gruppe *alles richtig* ein signifikant besseres Selbstkonzept aufweist. In Abbildung 12 sieht man die graphische Aufteilung der Mittelwerte über die Gruppen hinweg.

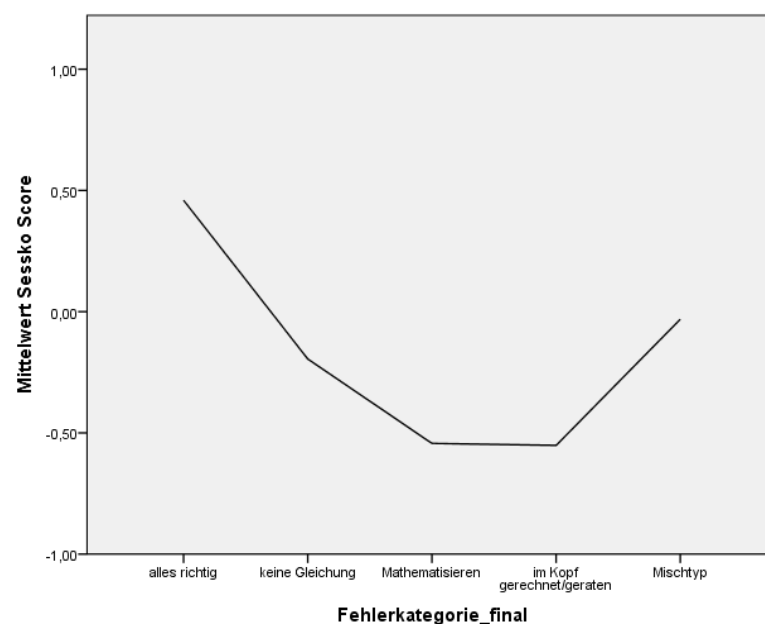


Abbildung 12: Mittelwerte der Ausprägungen im SESSKO je Fehlergruppe

Betrachtet man die Geschlechter, sieht man, dass die Buben ihre Leistungen mit $p = .009^{**}$ signifikant höher einschätzen als ihre weiblichen Kolleginnen. Der Interaktionseffekt der Fehlergruppen und des Geschlechts erweist sich demgegenüber jedoch nicht signifikant ($p = .305$). Für einen grafischen Vergleich siehe Abbildung 13.

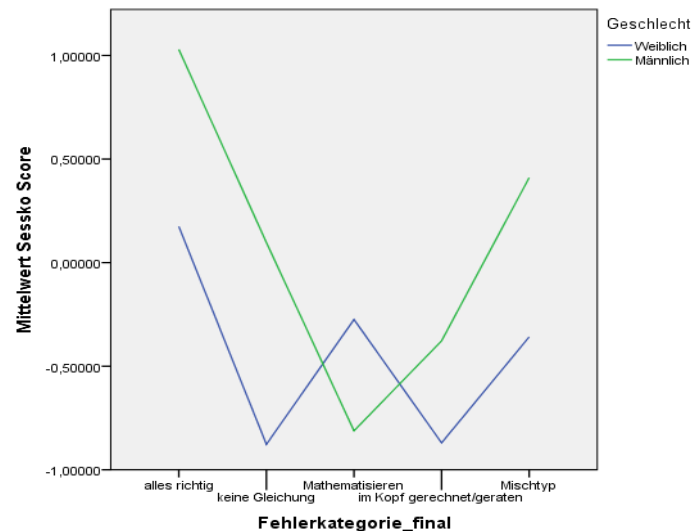


Abbildung 13: Grafischer Vergleich der Ausprägung im SESSKO je Fehlergruppe und Geschlecht

Eine abschließende Korrelationsprüfung, die abklären soll, ob das Selbstkonzept mit der Mathematikleistung allgemein zusammenhängt, ergibt eine positive Korrelation von .27 ($p = .00^{**}$). Die Mathematikleistung hängt demnach mit dem Selbstkonzept in Mathematik zusammen.

3.7 Unterschiede zwischen den Fehlergruppen hinsichtlich der aktuell gezeigten Emotionen

Zur Beantwortung dieser Frage wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung für die Skala *negative Emotionen* und die Emotion *Angst* berechnet. Da der Mauchley-Test auf Sphärizität mit $\chi^2(2) = 38.93$, $p = .00^{**}$ eine Verletzung derselben anzeigt, wurden die Freiheitsgrade mittels Greenhouse-Geisser korrigiert (Field, 2009). Dabei zeigt sich, dass sich die negativen Emotionen über die Messzeitpunkte signifikant verändern, sowohl über die gesamte Stichprobe hinweg mit $F(1.60) = 8.31$, $p = .00^{**}$, als auch in Wechselwirkung mit den Fehlergruppen mit $F(6.40) = 2.417$, $p = .04^{*}$.

Tabelle 17: Ergebnis der Varianzanalyse mit Messwiederholung der negativen Emotionen

Tests der Innersubjekteffekte							
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Neg. Emotionen	Sphärizität angenommen	21.244	2	10.622	8.311	.000	21.244
	Greenhouse-Geisser	21.244	1.599	13.283	8.311	.001	21.244
	Huynh-Feldt	21.244	1.663	12.775	8.311	.001	21.244
	Untergrenze	21.244	1.000	21.244	8.311	.005	21.244
Neg.Emotionen * Fehlergruppe	Sphärizität angenommen	22.199	8	2.775	2.171	.030	22.199
	Greenhouse-Geisser	22.199	6.397	3.470	2.171	.043	22.199
	Huynh-Feldt	22.199	6.652	3.337	2.171	.041	22.199
	Untergrenze	22.199	4.000	5.550	2.171	.076	22.199
Fehler(neg. Emotionen)	Sphärizität angenommen	347.659	272	1.278			
	Greenhouse-Geisser	347.659	217.510	1.598			
	Huynh-Feldt	347.659	226.166	1.537			
	Untergrenze	347.659	136.000	2.556			

Im paarweisen Vergleich zeigt sich zudem, dass sich die negativen Emotionen vom ersten auf den zweiten Messzeitpunkt, also vor und zwischen den Textaufgaben mit $p = .00^{**}$ signifikant verändern. Auch vom ersten zum dritten Messzeitpunkt veränderten sich die negativen Emotionen bezüglich der Mathematikaufgaben mit $p = .00^{**}$ signifikant. Der Unterschied zwischen zweitem und drittem Messzeitpunkt ist mit $p = .04^{*}$ ebenfalls signifikant. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer zeigten zu Beginn am wenigsten negativen Emotionen, diese stieg während den Textaufgaben stark an und pendelte sich nach den Textaufgaben auf ein mittleres Niveau ein. Im Post-Hoc Vergleich nach Games-Howell zeigten sich die Gruppen *alles richtig* und *keine/falsche Gleichung* als voneinander verschieden ($p = .034^{*}$). Wie in Abbildung 14 zu sehen, hatte die Gruppe *alles richtig* deutlich weniger negative Emotionen als die Gruppe, die keine oder lediglich eine falsche Gleichung erstellen konnte.

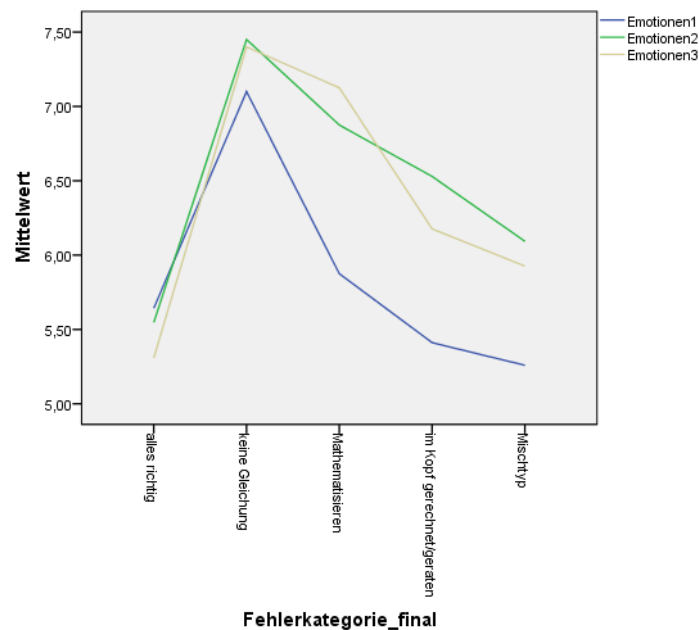


Abbildung 14: Die empfundenen negativen Emotionen vor, während und nach der Testung über die Gruppen hinweg.

Die Emotion Angst verändert sich ebenfalls signifikant über die Testzeitpunkte hinweg, sowohl über die gesamte Stichprobe hinweg $F(1.79) = 5.40$, $p = .01^{*}$, als auch in Wechselwirkung mit den einzelnen Gruppen $F(7.18) = 2.63$, $p = .01^{*}$. Es sind hier die korrigierten Werte nach Greenhouse- Geisser aufgrund

der Verletzung der Sphärizität angegeben. Bei den einzelnen Messzeitpunkten zeigt sich, dass die Angst zu Beginn hoch ist und dann immer weniger wird, wobei sich die Ausprägung der Angst nach den Textaufgaben signifikant von den beiden vorherigen unterscheidet, mit $p = .01^*$ für den Vergleich vor und nach den Aufgaben und mit $p = .03^{**}$ für den Vergleich zwischen den Aufgaben und nach den Aufgaben. Zwischen den Gruppen ergab sich hier kein signifikanter Unterschied.

Die einfaktorielle Varianzanalyse betreffend der Motivation der Schülerinnen und Schüler ergab ein signifikantes Ergebnis von $.037^*$. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer waren demnach in den einzelnen Fehlergruppen unterschiedlich motiviert, die Textaufgaben korrekt zu lösen. Im Post-Hoc Test nach Games-Howell zeigte sich kein signifikantes Ergebnis mehr. Wie in Abbildung 15 ersichtlich, lässt sich tendenziell sagen, dass die Gruppe *keine/ falsche Gleichung* weniger motiviert war als die Gruppe der guten Schülerinnen und Schüler.

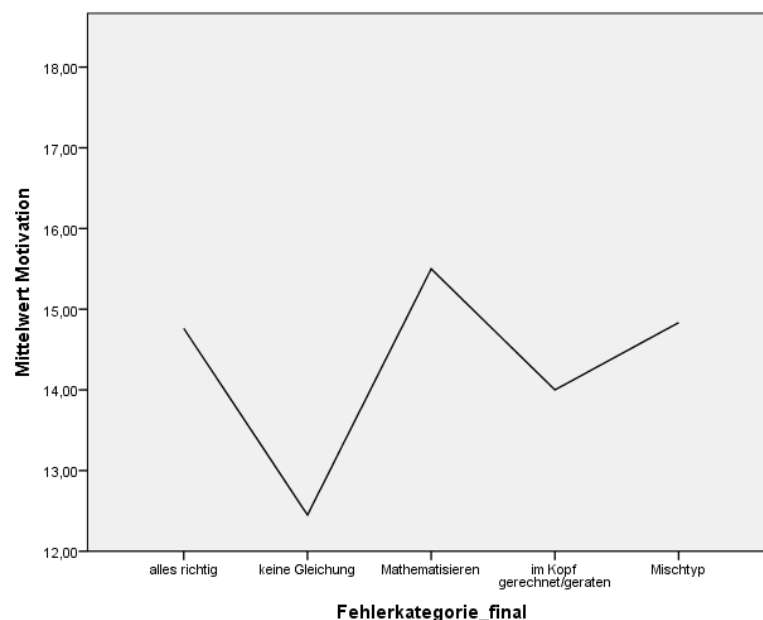


Abbildung 15: Die angegebene Motivation der Schülerinnen und Schüler in den Fehlergruppen

3.8 Zusammenhang zwischen dem individuellen Umgang mit Fehlern und der Leistung im Mathematiktest

Zur Berechnung des Zusammenhangs zwischen dem individuellen Umgang mit Fehlern und der Leistung in Mathematik wurden Korrelationen berechnet. Dabei wurde sowohl der Zusammenhang unabhängig der Fehlergruppe berechnet, als auch die Korrelation der Dimensionen der Fehlerorientierung je Fehlergruppe.

Die Voraussetzung der Normalverteilung für eine Produkt-Moment Korrelation ist für die gesamte Stichprobe in allen Skalen, mit Ausnahme der Skala *Fehlerangst* gegeben. Die Korrelation mit der Anzahl korrekt gelöster Aufgaben wurde für die Skala *Fehlerangst* demnach mit einer Rangkorrelation nach Spearman berechnet (Field, 2009). Die Rangkorrelation zeigt sich mit $p = .012^*$ signifikant, mit einem Korrelationskoeffizienten von $-.19$. Wie in der Literatur vorhergesagt, scheint die Angst vor Fehlern einen negativen Effekt auf die Mathematikleistung zu haben. Die übrigen Skalen wurden mit einer Pearson-Korrelation berechnet. Die Skalen *Lernorientierung* und *Fehlerorientierung* ergaben kein signifikantes Ergebnis mit $p > .05$. Zumindest in dieser Stichprobe zeigt sich demnach kein bedeutender Zusammenhang zur Mathematikleistung. Anders sieht es mit den Skalen *Normtransparenz*, *Fehlererwartung*, *Fehlervertuschung* und *Kontrollverhalten* aus. *Normtransparenz* ist mit einem p-Wert von $p = .001^{**}$ auf einem Signifikanzniveau von 0.01 signifikant, ebenso die Skala *Fehlervertuschung* ($p = .009^{**}$) und *Kontrollverhalten* ($p = .004^{**}$). Die Skala *Fehlererwartung* ist auf einem Signifikanzniveau von 0.05 mit einem p-Wert von $p = .042^*$ ebenfalls signifikant (siehe Tabelle 18). Es zeigt sich demnach, dass der individuelle Umgang mit Fehlern einen Einfluss auf die Mathematikleistung hat. Je besser man über die Normen und Regeln Bescheid weiß, desto besser ist auch die Leistung. Wie erwartet zeigt sich ein negativer Zusammenhang zwischen der Mathematikleistung und der *Fehlererwartung*. Je stärker die Befürchtung ist, Fehler zu machen, desto schlechter ist auch die Leistung in Mathematik. Die Tendenz Fehler zu vertuschen korreliert ebenfalls negativ mit der Mathematikleistung. Je mehr man versucht, die Fehler zu

vertuschen, desto geringer ist die Leistung. *Kontrollverhalten* korreliert demgegenüber positiv mit der Mathematikleistung. Schülerinnen und Schüler, die ihre Arbeiten vor der Abgabe noch einmal selbst kontrollieren, schneiden auch besser im Mathematiktest ab.

Tabelle 18: Korrelationen der Skalen zum Umgang mit Fehlern und der Mathematikleistung

Korrelationen							
		Lernorientierung	Fehlerfreundlichkeit	Normtransparenz	Fehlererwartung	Fehlervertuschung	Kontrollverhalten
Anzahl richtig gelöster Aufgaben	Korrelation nach Pearson	.120	.147	.273**	-.171*	-.219**	.241**
	Signifikanz (2-seitig)	.155	.082	.001	.042	.009	.004
	N	141	141	141	141	141	141
**. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.01 (2-seitig) signifikant.							
*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.05 (2-seitig) signifikant.							

Wie dies jedoch in den einzelnen Fehlergruppen aussieht, wird nun in einem weiteren Schritt erhoben. Da die Normalverteilung der Variable *Anzahl richtig gerechneter Textaufgaben* in der Gruppe *Mischtyp* nicht normalverteilt ist, wurden diese Korrelationen mittels einer Rangkorrelation nach Spearman berechnet. Die übrigen Gruppen erfüllen die Voraussetzung einer Produkt-Moment Korrelation. Dabei zeigt sich, dass nur in der Gruppe *alles richtig* das *Kontrollverhalten* mit der Mathematikleistung zusammenhängt ($p = .028^*$). Alle anderen Korrelationen sind nicht signifikant. Für einen Überblick der Ergebnisse siehe Tabelle 19. Die Ergebnisse zeigen, dass die Fehlerorientierung zwar mit der Mathematikleistung allgemein zusammenhängen, innerhalb der einzelnen Gruppen jedoch kein Zusammenhang mehr zur Mathematikleistung gefunden werden kann.

Tabelle 19: Korrelationen der Fehlerorientierung mit der Mathematikleistung je Fehlergruppe

Korrelationen ^a						
		Alles Richtig ^a	kG ^c	M ^c	Im Kopf ^c	Mischtyp ^c
		Pkt. ^a	Pkt. ^a	Pkt. ^a	Pkt. ^a	Pkt. ^b
Lernorientierung	Korrelation	.056 ^a	-.105 ^a	-.384 ^a	.170 ^a	-.148 ^b
	Signifikanz (2-seitig)	.727	.661	.348	.513	.143
	N	42	20	8	17	54
Fehlerfreundlichkeit	Korrelation	-.167 ^a	.114 ^a	.038 ^a	-.111 ^a	-.024 ^b
	Signifikanz (2-seitig)	.290	.631	.929	.670	.431
	N	42	20	8	17	54
Fehlerangst	Korrelation	.262 ^a	-.089 ^a	-.431 ^a	.133 ^a	-.140 ^b
	Signifikanz (2-seitig)	.094	.709	.286	.612	.157
	N	42	20	8	17	54
Normtransparenz	Korrelation	-.208 ^a	.101 ^a	.406 ^a	.163 ^a	.070 ^b
	Signifikanz (2-seitig)	.185	.671	.318	.532	.307
	N	42	20	8	17	54
Fehlererwartung	Korrelation	.046 ^a	-.056 ^a	.273 ^a	-.065 ^a	-.011 ^b
	Signifikanz (2-seitig)	.771	.815	.513	.805	.469
	N	42	20	8	17	54
Fehlervertuschung	Korrelation	-.028 ^a	.173 ^a	-.177 ^a	-.120 ^a	-.139 ^b
	Signifikanz (2-seitig)	.859	.467	.675	.645	.158
	N	42	20	8	17	54
Kontrollverhalten	Korrelation	.338 ^{a*}	-.322 ^a	-.399 ^a	.037 ^a	-.044 ^b
	Signifikanz (2-seitig)	.028*	.167	.328	.888	.376
	N	42	20	8	17	54
* = Die Korrelation ist auf dem 0.05 Nivea signifikant						
^a = Korrelation nach Pearson ^b = Korrelationskoeffizient nach Spearman						
^c : Pkt. = Anzahl richtig gerechneter Textaufgaben kG = keine/falsche Gleichung						
M = Mathematisieren Im Kopf = im Kopf gerechnet/ geraten						

3.8 Zusammenhang zwischen der Fehlerorientierung und der Persönlichkeit

Ob der individuelle Umgang mit Fehlern mit der Persönlichkeit zusammenhängt oder von anderen Einflussgrößen, wie z. B. der Lehrerin oder dem Lehrer determiniert ist, wurde in dieser Fragestellung geklärt. Die Skala *Fehlerangst* wurde wiederum aufgrund der Verletzung der Normalverteilung mit einer Rangkorrelation nach Spearman berechnet, während die anderen Zusammenhänge mittels Produkt-Moment-Korrelation überprüft wurden. Es zeigte sich, dass die Persönlichkeitseigenschaft *Emotionale Erregung* mit den Skalen *Fehlerfreundlichkeit*, *Fehlerangst*, *Normtransparenz* und *Fehlererwartung* zusammenhängt. Die Tendenz, leicht nervös zu sein und emotional unruhig zu sein weist demnach einen negativen Zusammenhang mit der Skala *Fehlerfreundlichkeit* auf, also mit der Einstellung, Fehler positiv zu sehen und zwar mit einem Korrelationskoeffizienten von $-.19$ ($p = .00^{**}$). Ebenso scheint *Emotionale Erregung* und *Normtransparenz* in einem negativen Zusammenhang zu stehen ($r = -.36$, $p = .00^{**}$). Dabei ist allerdings nicht klar, ob die nervöse Unruhe die fehlende Regelkenntnis bedingt, oder aber eine fehlende Normkenntnis die Schülerinnen und Schüler nervös macht. In einem positiven Zusammenhang steht allerdings wenig überraschend die Angst vor Fehlern und eine allgemeine nervöse Unruhe mit $r_s = .57$, $p = .00^{**}$. Auch die Befürchtung, Fehler zu begehen, steht in einem positiven Zusammenhang zur *Emotionalen Erregung* mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = .42$ und $p = .00^{**}$ (siehe Tabelle 20). *Fehlende Willenskontrolle* steht ebenfalls in mannigfaltigem Zusammenhang zur individuellen Fehlerorientierung. Dabei steht Impulsivität in einem positiven Zusammenhang zur Angst, Fehler zu machen (*Fehlerangst*) mit einem p-Wert von $p = .008^{**}$, sowie zur Befürchtung, Fehler zu begehen (*Fehlererwartung*), $p = .013^*$. Wenig überraschend ist auch der Zusammenhang zwischen der Tendenz, seine eigenen Fehler zu verbergen (*Fehlervertuschung*) und *fehlender Willenskontrolle* ($p = .001^{**}$). Demgegenüber weisen die Skalen *Lernorientierung*, *Normtransparenz* und *Kontrollverhalten* einen negativen Zusammenhang mit der Ausprägung auf der

Skala *fehlende Willenskontrolle* auf. Die genaue Auflistung der Korrelationskoeffizienten siehe Tabelle 20.

Wie man in Tabelle 20 sieht, weist die Dimension *Bedürfnis nach Ich-Durchsetzung* Zusammenhänge mit den Skalen *Lernorientierung* ($r = -.22$, $p = .008^{**}$), *Normtransparenz* ($r = -.18$, $p = .037^*$), *Fehlervertuschung* ($r = .26$, $p = .002^{**}$) und *Kontrollverhalten* ($r = -.19$, $p = .026^*$) auf, wobei nur der Zusammenhang zur *Fehlervertuschung* positiv ausfällt. Schülerinnen und Schüler, die ständig das Bedürfnis haben, sich selbst durchzusetzen, weisen einen weniger guten kognitiven Umgang mit Fehlern auf, sie wissen weniger Bescheid über die Regeln und Normen und vertuschen häufiger ihre Fehler. Zudem kontrollieren sie weniger oft ihre eigenen Arbeiten. Wenn man die Mathematikleistung als Einflussvariable in das Modell aufnimmt und eine partielle Korrelation rechnet, ändern sich die Zusammenhänge nicht. Die Mathematikleistung ist demnach nicht für den Zusammenhang der Persönlichkeit und der Fehlerorientierung in Mathematik verantwortlich.

Tabelle 20: Zusammenhang der Fehlerorientierung mit den Persönlichkeitseigenschaften

		Korrelationen						
		Lernorientierung	Fehlerfreundlichkeit	Fehlerangst	Normtransparenz	Fehlererwartung	Fehlervertuschung	Kontrollverhalten
Emotionale Erregung	Korrelation	.128 ^a	-.191 ^{*a}	.569 ^{**b}	-.363 ^{**a}	.418 ^{**a}	.118 ^a	-.021 ^a
	Signifikanz (2-seitig)	.130	.023	.000	.000	.000	.162	.805
	N	141	141	141	141	141	141	141
Fehlende Willenskontrolle	Korrelation	-.194 ^{*a}	-.116 ^a	.223 ^{**b}	-.215 ^{*a}	.209 ^{*a}	.269 ^{**a}	-.215 ^{*a}
	Signifikanz (2-seitig)	.021	.170	.008	.010	.013	.001	.010
	N	141	141	141	141	141	141	141
Bedürfnis nach Ich-Durchsetzung	Korrelation	-.224 ^{**a}	-.084 ^a	.146 ^b	-.176 ^{*a}	.004 ^a	.263 ^{**a}	-.187 ^{*a}
	Signifikanz (2-seitig)	.008	.322	.084	.037	.967	.002	.026
	N	141	141	141	141	141	141	141
** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.01 (2-seitig) signifikant. * . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.05 (2-seitig) signifikant. ^a = Korrelation nach Pearson ^b = Korrelationskoeffizient nach Spearman								

3.9 Der Zusammenhang zwischen den kognitiven Fähigkeiten und dem individuellem Umgang mit Fehlern

Wie in Tabelle 21 ersichtlich, findet sich kein Zusammenhang zwischen den kognitiven Fähigkeiten und der individuellen Fehlerorientierung. Die Intelligenzleistung scheint demnach keinen Einfluss auf die Fehlerorientierung zu haben.

Tabelle 21: Spearman Rangkorrelation der kognitiven Leistung mit der Fehlerorientierung

Korrelationen								
		Lernorientierung	Fehlerfreundlichkeit	Fehlerangst	Normtransparenz	Fehlererwartung	Fehlervertschung	Kontrollverhalten
CFT	Korrelationskoeffizient	-.014	-.032	-.058	.065	-.012	-.061	.046
	Sig. (2-seitig)	.868	.705	.495	.442	.891	.476	.587
	N	141	141	141	141	141	141	141

3.10 Zusammenhang der Bearbeitungsdauer und der Leistung im Mathematiktest

Die Bearbeitungsdauer des gesamten Inventars betrug durchschnittlich 65.62 Minuten (SD = 12.03). Die Spannweite war allerdings sehr groß und reichte von 28 Minuten bis 96 Minuten. Die Verteilung ist annähernd normalverteilt, sowohl in der gesamten Stichprobe als auch in den einzelnen Fehlergruppen.

Die Frage, ob die Bearbeitungsdauer mit der Leistung zusammenhängt, wurde mit einer zweiseitigen Produkt-Moment Korrelation berechnet, da von vornherein die Richtung des Zusammenhangs nicht klar ist. Es zeigt sich ein positiver Korrelationskoeffizient von .255 mit $p = .002^{**}$. Je länger eine

Schülerin oder ein Schüler an der Studie arbeitete, desto besser waren ihre oder seine Leistung in den Textaufgaben. Die gegenteilige Annahme, das gute Schülerinnen und Schüler einfach weniger Zeit brauchen, konnte sich hier nicht bestätigen.

Betrachtet man den Unterschied der Bearbeitungsdauer zwischen den einzelnen Gruppen, zeigt sich kein Unterschied. Die einfaktorielle ANOVA ergibt $F(4) = 1.93$ mit $p = .109$. Zwischen den Fehlergruppen unterscheidet sich die Bearbeitungsdauer daher kaum. Auch zwischen den Geschlechtern ergibt sich kein signifikanter Unterschied. Wie in Abbildung 16 ersichtlich, ließen sich die weiblichen Teilnehmerinnen in der Gruppe *alles richtig* am meisten Zeit, die Burschen der Gruppe *Mathematisieren* am wenigsten.

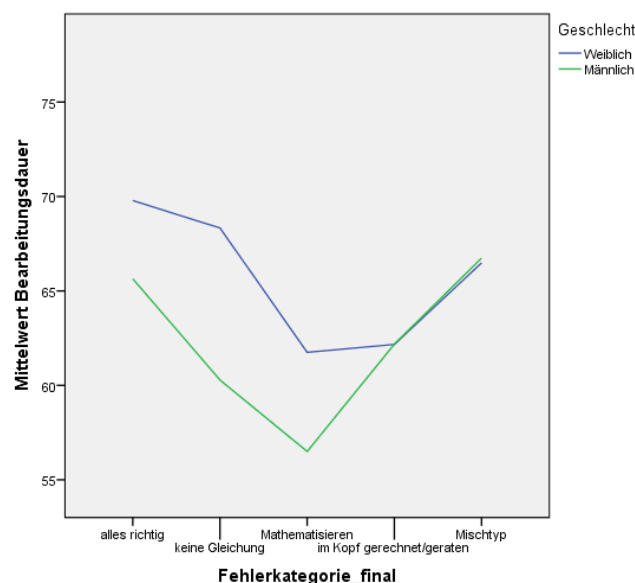


Abbildung 16: Die Bearbeitungsdauer je Geschlecht und Fehlergruppe.

Die Bearbeitungsdauer hängt signifikant mit einzelnen Skalen des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern zusammen. So zeigt sich ein positiver Zusammenhang zwischen der Bearbeitungsdauer und der *Lernorientierung*, also dem kognitiven Umgang mit Fehlern mit einem Korrelationskoeffizienten von .289 und $p = .001^{**}$. Auch das *Kontrollverhalten* korreliert mit .198 ($p = .019^{*}$) positiv mit der Bearbeitungsdauer. Dies ist nicht weiter verwunderlich, da die Kontrolle der Aufgaben ihrerseits Zeit in Anspruch nimmt. Im Gegensatz

dazu korreliert *Fehlervertuschung* negativ mit der Bearbeitungsdauer mit $-.169$ ($p = .045^*$). Je mehr man versucht, seine eigenen Fehler zu verbergen, desto weniger Zeit lässt man sich bei der Bearbeitung. Die restlichen Skalen, sowie die Persönlichkeitsvariablen wiesen keine signifikanten Korrelationen zur Bearbeitungsdauer auf.

Bei den aktuell gezeigten Emotionen zeigt sich ein etwas anderes Bild. Die angegebene Angst vor, während und nach den Aufgaben korreliert nicht mit der Bearbeitungsdauer. Die negativen Emotionen korrelieren jedoch sowohl vor als auch nach den Textaufgaben signifikant mit der Bearbeitungsdauer. Schülerinnen und Schüler, die vor den Textaufgaben starke negative Emotionen zeigen, wenden für die Bearbeitung mit $-.29$ ($p = .00^{**}$) signifikant weniger Zeit für die Bearbeitung auf. Zwischen den Aufgaben scheint dieser Effekt zu verschwinden ($p = .84$) um am Ende nach den Aufgaben mit $-.192$ ($p = .022^*$) wieder deutlich sichtbar zu werden. Auch die *Motivation* zeigt sich im negativen Zusammenhang mit der Bearbeitungsdauer mit $-.27$ ($p = .001^{**}$). Diejenigen Schülerinnen und Schüler, die stärkere negative Emotionen aufweisen und weniger motiviert waren, bearbeiteten die Aufgaben und die Fragebogen signifikant schneller und demzufolge auch ungenauer.

4. DISKUSSION

Die vorliegende Studie untersuchte Fehler, die Schülerinnen und Schüler in Textaufgaben machten, wobei die Jugendlichen gemäß ihren vorwiegend gemachten Fehlern in Gruppen eingeteilt wurden. Die zentrale Fragestellung war, ob sich die unterschiedlichen Fehlergruppen in ihrer Fehlerorientierung unterscheiden. Als interessierende Variablen wurden ebenfalls die kognitiven Fähigkeiten, einzelne Persönlichkeitsvariablen und Emotionen während der Bearbeitung der Textaufgaben erhoben. Dabei wurden Schülerinnen und Schüler der achten Schulstufe mittels Fragebögen und einem Rechentest untersucht.

4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Studie hatte als vorrangiges Ziel, die verschiedenen Fehler der Schülerinnen und Schüler zu untersuchen, die Mädchen und Burschen auf Basis der gefundenen Fehler in Gruppen einzuteilen und die Gruppen auf Unterschiede in der Fehlerorientierung zu untersuchen. Es zeigte sich, dass sich die Jugendlichen in verschiedene Fehlergruppen einteilen lassen. So ergaben sich vier verschiedene Fehlerkategorien, nämlich die Gruppen *keine/falsche Gleichung*, *Mathematisieren*, *im Kopf gerechnet/ geraten* und *Mischtyp*. Für diejenigen Schülerinnen und Schüler, die keine oder sehr wenige Fehler machten wurde eine eigene Gruppe *alles richtig* gebildet. Reine Rechenfehler bzw. Flüchtigkeitsfehler kamen in der Stichprobe fast gar nicht vor. Dies wird auch in der Literatur so angegeben und kann hier nur bestätigt werden (Bland et al., 1989). Dabei zeigte sich auch, dass mehr Mädchen als Burschen in der Gruppe *alles richtig* einzuordnen waren. Mädchen konnten in dieser Stichprobe mehr Textaufgaben korrekt lösen. Im Gegensatz zu der allgemeinen Auffassung, dass Mädchen schlechter in Mathematik seien, waren sie zumindest in dieser Stichprobe den Burschen voraus. Dabei zeigte sich zudem ein interessantes Detail. Mädchen schätzten ihre Leistung genauer ein als ihre männlichen Kollegen. Trotzdem gaben sie geringere Werte im

Fragebogen zum Selbstkonzept in Mathematik an. Auch die höhere Ausprägung in der Skala *Normtransparenz* weist auf eine genauere Einschätzung der Mädchen hin. Die Mädchen geben jedoch desgleichen höhere Werte in der Skala *Fehlererwartung* an, die eine pessimistische Grundhaltung messen soll. Dies spricht für mangelndes Selbstbewusstsein im Gegensatz zu den Burschen. Individuell könnte man hier sagen, dass die Mädchen sehr genau wissen, was sie können. Global betrachtet haben sie jedoch immer noch eine pessimistische Grundhaltung gegenüber ihren Leistungen in Mathematik. Im Gegensatz dazu überschätzten die Burschen ihre Leistung im Mathematiktest um durchschnittlich drei Punkte. Sie wissen weniger genau, was von ihnen erwartet wird, erwarten demgegenüber aber weniger Fehler. Dies scheint im Kontrast zu den Mädchen zu stehen. Burschen haben allgemein ein hohes Selbstbewusstsein ihrer Leistungen in Mathematik gegenüber, auch wenn die Leistung auf individueller Ebene dies nicht bestätigen kann. Dadurch scheinen sich die Burschen allerdings nicht beunruhigen zu lassen.

Betrachtet man die Mathematikleistung in den einzelnen Fehlergruppen zeigt sich, dass die Gruppen *keine/ falsche Gleichung*, *Mathematisieren* und *im Kopf gerechnet/ geraten* nur sehr wenige Textaufgaben lösen konnten. Speziell die Gruppen *im Kopf gerechnet/ geraten* und *keine/ falsche Gleichung* überschätzten ihre Leistung stark. Dabei zeigt sich, dass sich dies auf die Burschen beschränkt, die Mädchen der genannten Gruppen können ihre Leistungen realistischer einschätzen. Dies kann man in der Gruppe *im Kopf gerechnet/ geraten* immerhin noch so interpretieren, als dass die Burschen angenommen haben, alles richtig gemacht zu haben. Sie könnten die Aufforderung, alle Rechenschritte zu notieren, schlicht nicht wahrgenommen haben. Daraus könnte eine falsche Sicherheit entstanden sein. Die Gruppe *im Kopf gerechnet/ geraten* weist zudem eine geringe *Normtransparenz* auf. Sie scheinen demnach weniger um die Regeln und Normen im Unterricht zu wissen. Dies spricht für die genannte Interpretation. Zudem scheinen die Schülerinnen und Schüler dieser Gruppe mehr Fehler zu erwarten als die anderen Gruppen. Sie sind pessimistischer gegenüber Fehlern eingestellt.

Gerade die Burschen, die in den anderen Gruppen generell eine sehr geringe *Fehlererwartung* aufweisen, zeigen in der Gruppe *im Kopf gerechnet/ geraten* sehr hohe Werte. Dies steht im auffallenden Gegensatz zu ihrer eigenen Einschätzung. Die Burschen weisen in dieser Gruppe weder eine besonders hohe *Fehlerangst* oder aktuell gezeigte Angst auf, noch sind sie weniger motiviert oder sind besonders schnell in der Bearbeitung. Sie scheinen tatsächlich zu glauben, alles richtig zu machen. In der Gruppe *keine/ falsche Gleichung* ist diese Interpretation jedoch nicht zulässig, da sie ja kein Ergebnis liefern konnten. Dabei ist die Selbstüberschätzung insofern verwunderlich, als dass sie eigentlich wissen müssten, dass sie die Aufgabe nicht lösen konnten, wenn sie nicht einmal eine Gleichung aufstellen konnten. Die Gruppe *keine/ falsche Gleichung* zeigte jedoch generell die geringste Motivation an der Studie teilzunehmen, sie wiesen die höchsten negativen Emotionen auf. Gepaart mit einem geringen Wert im CFT könnte dies auf eine generelle Überforderung schließen. Ob die Schülerinnen und Schüler der Gruppe *keine/ falsche Gleichung* nun ihre Leistung bewusst besser angegeben haben und demnach um ihre Leistungsschwäche wissen oder sie aus Selbstschutz unbewusst die Wahrnehmung verzerren, kann mit dieser Studie nicht beantwortet werden. Zudem könnte die mangelnde Motivation auch die geringen Leistungen im CFT bedingen.

Sieht man sich die Fehlerorientierung in den Gruppen an, trägt die Skala *Normtransparenz* am besten zu der Trennung der Gruppen bei. Auch die Skalen *Fehlerfreundlichkeit*, *Fehlerangst*, *Fehlererwartung*, *Fehlervertuschung* und *Kontrollverhalten* sind in den Fehlergruppen unterschiedlich ausgeprägt. Generell weist die Gruppe *alles richtig* einen besseren Umgang mit Fehlern auf. Sie schätzen den Umgang mit Fehlern seitens ihrer Lehrperson als positiv ein und fühlen sich unterstützt. Die guten Schülerinnen und Schüler wissen auch, was von ihnen verlangt ist und erwarten nur wenige Fehler. Im Gegensatz dazu steht vor allem die Gruppe *im Kopf gerechnet/ geraten*. Sie wissen nicht, was von ihnen erwartet wird, schätzen den Umgang mit Fehlern seitens ihrer Lehrperson als wenig unterstützend ein und haben generell eine pessimistische Grundhaltung bezüglich des Fehlermachens. Sie erwarten mehr Fehler. In der

Skala *Fehlerangst* zeigt sich ein interessantes Bild. Hier weisen die Mädchen generell höhere Werte auf, in den Gruppen sieht es jedoch etwas differenzierter aus. In der Gruppe *Mathematisieren* zeigen die Buben eine viel höhere *Fehlerangst* als die Mädchen – obwohl hier die Verteilung der Geschlechter ausgewogen ist. Dabei zeigt sich, dass die Burschen in dieser Gruppe die Testung sehr schnell bearbeitet haben und generell ein geringes Selbstkonzept haben. Sie scheinen zu wissen, dass Mathematik nicht ihre Stärke ist, sind aber dennoch motiviert und wollen die Leistung erbringen. Dies bestätigt auch die vergleichsweise hohe Ausprägung in den Skalen *Normtransparenz*, *Kontrollverhalten* und *Fehlervertuschung*. Auch in der Skala *Lernorientierung* weisen sie eine vergleichsweise geringe Ausprägung gegenüber den anderen Gruppen und den Mädchen auf. Sie wissen nicht, was von ihnen verlangt wird, wollen jedoch gute Leistung bringen und keine Fehler machen. Dies führt zu einer hohen *Fehlerangst* verbunden mit der Tendenz ihre Fehler vertuschen zu wollen. Die Mädchen dieser Gruppe scheinen sich nicht daran zu stören, dass sie Probleme in Mathematik haben. Es scheint ihnen zu genügen, so ungefähr eine Gleichung aufstellen zu können. Durch kleine Fehler lassen sie sich nicht beirren.

Wie in der Literatur erwartet, zeigt sich ein positiver Zusammenhang zwischen der kognitiven Leistung und der Leistung im Mathematiktest (z. B. Fuchs et al., 2010; Träff, 2013). Dabei gibt es nur wenige Unterschiede in den einzelnen Fehlergruppen, einzig die Gruppe *keine/ falsche Gleichung* weist einen signifikant geringeren Wert auf. Dies könnte allerdings auch mit der mangelnden Motivation, an der Studie teilzunehmen zusammenhängen. Die Gruppe *alles richtig* hat einen leichten Vorsprung in ihren kognitiven Fähigkeiten gegenüber den reinen Fehlergruppen. Dieser ist jedoch statistisch nicht signifikant.

Die individuelle Fehlerorientierung hängt mit der Mathematikleistung zusammen – wenn auch nicht mit allen Skalen. Als nicht signifikant erwies sich die Skala *Lernorientierung*. Es zeigt sich, dass alle Schülerinnen und Schüler ähnliche

Ausprägungen auf dieser Skala zeigen. Der kognitive Umgang mit Fehlern ist demnach bei guten und bei schlechten Schülern sehr ähnlich. *Fehlerfreundlichkeit* scheint ebenfalls keinen Zusammenhang zur Mathematikleistung aufzuweisen, oder lediglich einen sehr schwachen. Dies ist insofern interessant, als dass in der Literatur die Lehrperson als wichtiger Faktor im Umgang mit Fehlern bezeichnet wird (Althof, 1999; Oser & Spychiger, 2005). In dieser Studie könnte dieses Ergebnis jedoch auch auf die geringe Stichprobe und die geringe Klassenanzahl zurückzuführen sein. In den sieben getesteten Klassen unterrichteten lediglich drei verschiedene Lehrkräfte. Da die Schulen zudem Privatschulen sind, ist es sehr wahrscheinlich, dass diese Lehrpersonen überdurchschnittlich motiviert sind und alle ungefähr gleich gut mit Fehlern umgehen. Die anderen Skalen *Fehlerangst*, *Normtransparenz*, *Fehlererwartung*, *Fehlervertuschung* und *Kontrollverhalten* hängen mit der Mathematikleistung zusammen, wobei die Richtung des Zusammenhangs erwartungsgemäß nicht in allen Skalen ident ist. *Fehlerangst*, *Fehlererwartung* und *Fehlervertuschung* korrelieren negativ mit der erbrachten Leistung in den Textaufgaben. Diese drei Skalen weisen einen negativen Umgang mit Fehlern auf. Schülerinnen und Schüler, die in diesen Skalen hohe Werte aufweisen, fürchten sich vorm Fehlermachen, sie erwarten sich viele Fehler und versuchen gleichzeitig diese zu vertuschen und vor anderen zu verbergen. Dabei ist jedoch die Kausalität nicht geklärt, da beide Interpretationen schlüssig wären. Zum einen könnte es sein, dass schwächere Schülerinnen und Schüler negative Erfahrungen gemacht haben und deswegen mehr Angst aufweisen, zu Recht pessimistischer gegenüber ihren Leistungen sind und demnach auch versuchen ihre Fehler zu vertuschen. Zum anderen könnte es aber auch der negative Umgang mit Fehlern zu einem Absacken der Leistung führen. Wahrscheinlich erscheint eine Kombination von beidem, die eine Abwärtsspirale bedingt. Schlechte Leistungen bedingen einen wenig konstruktiven Umgang mit Fehlern, dieser führt wiederum zu schlechten Leistungen. Die Skalen *Normtransparenz* und *Kontrollverhalten* sind demgegenüber positiv korreliert mit der Mathematikleistung. Je besser die Kinder und Jugendlichen wissen, was von ihnen verlangt wird, desto besser können sie diese Leistungen auch erbringen. Ebenso korreliert das *Kontrollverhalten* signifikant mit der Mathematikleistung, wie in der Literatur

vorhergesagt (Rosenzweig, Krawec & Montague, 2011). Schülerinnen und Schüler, die ihre Arbeiten vor dem Abgeben selbst nach Fehlern durchsuchen, schneiden in den Textaufgaben besser ab als diejenigen, die die Arbeiten ohne Kontrolle abgeben. Betrachtet man die Skalen des Fragebogens getrennt nach Gruppen, zeigt sich innerhalb der einzelnen Gruppen kein Zusammenhang mehr. Lediglich in der Gruppe *alles richtig* scheint das *Kontrollverhalten* noch einen zusätzlichen Einfluss auf die Leistung zu haben. Diejenigen Schülerinnen und Schüler, die zwar sowieso schon gut sind, aber zusätzlich auch noch ihre eigenen Arbeiten kontrollieren, sind sogar noch besser als diejenigen, die dies nicht mehr tun. Für gute Schülerinnen und Schüler zahlt es sich daher doppelt aus, ihre Vorgehensweisen zu überwachen und zu kontrollieren. Dieser Umstand könnte auch damit zusammenhängen, dass nur die guten Schülerinnen und Schüler auch imstande sind, eigene Fehler zu entdecken. Schwache Schüler sehen sich eventuell ihre Rechnungen noch einmal durch, bevor sie sie abgeben, können aber trotzdem keine Fehler finden.

Emotionen spielen während der Bearbeitung der Textaufgaben eine große Rolle. Sie verändern sich im Laufe des Tests signifikant. Generell zeigen die Schülerinnen und Schüler vor den Textaufgaben am wenigsten negative Gefühle. Sie gehen demnach nicht von vornherein mit einem negativen Gefühl an die Bearbeitung ran. Zwischen den Textaufgaben steigen diese jedoch stark an, im Anschluss an die Textaufgaben pendeln sie sich auf ein Mittelmaß ein. Dies ist jedoch in den einzelnen Fehlergruppen sehr unterschiedlich. Die Gruppe *alles richtig* weist über alle Messzeitpunkte sehr ähnliche Werte auf und im Vergleich zu den anderen Gruppen geringe negative Emotionen. Die Gruppe *keine/ falsche Gleichung* weist generell die höchsten Werte auf, wobei diese schon vor Beginn der Bearbeitung sehr hoch ist und sogar noch etwas steigt. Die Gruppen *Mathematisieren*, *im Kopf gerechnet/ geraten* und *Mischtyp* geben vor Beginn der Textaufgaben geringe negative Emotionen an, diese steigen jedoch im Laufe der Zeit an. Bei der Emotion Angst zeigt sich ein etwas anderes Bild. Zu Beginn ist diese vergleichsweise hoch ausgeprägt. Im Laufe der Zeit fällt sie jedoch immer weiter ab. Zwischen den Gruppen findet sich kein signifikanter Unterschied, auch wenn die Gruppe *Mathematisieren* tendenziell

die höchsten Werte aufweist. Generell ist Angst in dieser Stichprobe sehr gering ausgeprägt.

Als weiterer interessanter Faktor wurde die Bearbeitungsdauer pro Teilnehmerin und Teilnehmer gemessen. Hier könnte das Ergebnis in zwei Richtungen gehen. Zum einen könnten die guten Schülerinnen und Schüler weniger Zeit für die Bearbeitung benötigen und demnach schneller fertig sein, zum anderen könnten Schülerinnen und Schüler, die die Aufgaben und die Fragebögen sehr schnell bearbeiten, dies auch schlampig tun und daher mehr Fehler machen. In dieser Stichprobe zeigt sich die zweite Annahme als richtig. Je länger jemand an der Studie arbeitete, desto besser war die Leistung. Dabei ist der Zusammenhang mit den gezeigten negativen Emotionen interessant. Die Schülerinnen und Schüler, die sehr kurz mit der Bearbeitung beschäftigt waren, zeigten mehr negative Emotionen. Sie zeigten sich weniger motiviert und wollten die Bearbeitung so schnell wie möglich hinter sich bringen. Dabei zeigt sich auch ein negativer Zusammenhang zwischen der Bearbeitungsdauer und der *Fehlervertuschung*. Schülerinnen und Schüler, die versuchen, ihre Fehler zu vertuschen, brauchten signifikant weniger Zeit als diejenigen, die sich mehr Zeit ließen. Ein positiver Zusammenhang findet sich zu den Skalen *Lernorientierung* und *Kontrollverhalten*. Je mehr Zeit man mit der Bearbeitung verbringt, desto konstruktiver ist der Umgang mit Fehlern und desto eher kontrolliert man seine eigenen Arbeiten. Dies ist jedoch nicht verwunderlich, da ja die Kontrolle und die kognitive Auseinandersetzung ebenfalls Zeit in Anspruch nimmt.

4.2 Conclusio

Die Schülerinnen und Schüler unterscheiden sich in den Fehlern, die sie in Textaufgaben machen. Dabei unterscheiden sich die entstandenen Fehlergruppen signifikant voneinander in der individuellen Fehlerorientierung. Dass die Fehlerorientierung grundsätzlich mit der Leistung in Mathematik zusammenhängt, konnte mit dieser Studie gezeigt werden. Die

Fehlerorientierung erwies sich in den einzelnen Fehlergruppen als unterschiedlich, vor allem sind es einzelne Faktoren des Umgangs mit Fehlern, die den Unterschied zwischen den Gruppen ausmachen. Die Studie leistet einen ersten Schritt im Verständnis der einzelnen Fehlertypen von Schülerinnen und Schülern. Diese sind weniger auf kognitive Faktoren zurückzuführen sondern eher auf Persönlichkeitsfaktoren und den Umgang mit Fehlern. Die aktuellen Emotionen spielen in diesem Zusammenhang ebenfalls einen bedeutenden Einfluss.

4.3 Implikationen für die Praxis

Die vorliegende Studie zeigt, dass Fehler in Textaufgaben in unterschiedlichen Formen auftreten. Schülerinnen und Schüler sind hier individuell verschieden. Es bedarf daher seitens der Lehrperson hohes Einfühlungsvermögen, um die spezifischen Stärken und Schwächen zu erkennen und darauf einzugehen. Möglich wäre hier z. B. Schülerinnen und Schüler mit verschiedenen Schwächen in eine Art Lerngruppe zusammenzufassen und sich gegenseitig helfen zu lassen.

Es zeigte sich zudem, dass der Umgang mit Fehlern einen Einfluss auf die Mathematikleistung hat. Da der Umgang mit Fehlern jedoch nicht mit den kognitiven Fähigkeiten korreliert, muss es andere Gründe dafür geben. Die Persönlichkeit spielt hier eine wichtige Rolle. Zumindest in dieser Stichprobe scheint dieser Zusammenhang größer zu sein, als der wahrgenommene Umgang der Lehrperson mit den Fehlern, zumal dieser wiederum von der Persönlichkeit abhängt. Es stellt sich daher die Frage, wie sich der konstruktive Umgang mit Fehlern fördern lässt. Zum einen bedarf es Studien, die den Zusammenhang mit der Lehrperson näher untersuchen. Zum anderen spielen die Eltern eine wahrscheinlich nicht unwesentliche Rolle in der Ausbildung der Fehlerorientierung. Wie diese mit Fehlern und Misserfolgen ihrerseits umgehen stellt vermutlich ein wesentliches Vorbild für die Kinder dar.

Wie in vielen anderen Studien (vgl. die Metastudie von Syzmanowicz & Furnham, 2011) zeigte sich auch in dieser Untersuchung das geringe Selbstvertrauen der Mädchen in ihre eigenen Leistungen. Sie konnten zwar ihre Leistungen genauer einschätzen als ihre männlichen Kollegen, trotzdem weisen sie ein geringeres Selbstkonzept auf. Im Gegensatz dazu überschätzten die Burschen konsequent ihre Leistungen im Mathematiktest. Dieser Geschlechtsunterschied spiegelt noch immer das vorherrschende Rollenbild der Geschlechter wider. Gerade bei Mädchen ist es daher wichtig, Fehler als Lernchance anzuerkennen und nicht sofort als Makel zu deklarieren, um ihnen die Freude an Mathematik zu erhalten. Die Begeisterungsfähigkeit lässt sich dadurch fördern bzw. erhalten und könnte in weiterer Folge die Unterschiede in den Bildungskarrieren minimieren. So könnten eventuell mehr Mädchen für MINT- Fächer begeistert werden.

4.4 Limitationen der Studie und Ausblick

Eine wichtige Limitation der vorliegenden Studie betrifft die Stichprobengröße. Um die einzelnen Fehlergruppen adäquat untersuchen zu können, werden in den einzelnen Gruppen viel mehr Schülerinnen und Schüler benötigt. Dieser Umstand relativiert die Aussagen der Studie stark. Weiters wurden lediglich Klassen von Privatschulen untersucht, die unter Umständen nicht repräsentativ für Stichproben aus der Gesamtpopulation gelten. Die Aussagen, die diese Studie trifft, können demnach nur diese konkrete Stichprobe betreffen und nicht generalisiert werden. Dies würde weiterer Forschungen bedürfen.

Aufgrund der Ökonomie und um die Fehler vergleichbar zu machen, wurde in dieser Studie lediglich ein Bereich der Mathematik, nämlich der 3- Satz der Arithmetik untersucht. Auch wenn solche Schlussrechnungen einen wichtigen Teil der Schulmathematik ausmachen, gibt es noch zahlreiche wichtige Teilbereiche, wie z. B. die Geometrie. Für eine allgemeine Aussage würde es einen Querschnitt über alle Teilbereiche der Mathematik benötigen.

Ein weiterer Kritikpunkt betrifft Auswahl der Fehlergruppen. Diese ist letztendlich willkürlich erfolgt, man hätte die Einteilung auch anders machen können. Die Zuordnung zu den Gruppen mit einem Cut-off von 4 Fehlern könnte die Ergebnisse beeinflussen. Alternativ wäre zum Beispiel auch eine prozentuelle Aufteilung denkbar. Um eine sichere Zuordnung zu den einzelnen Fehlergruppen gewährleisten zu können, ist eine Einzeltestung mit lautem Verbalisieren der Gruppentestung vorzuziehen. Aus den schriftlichen Aufzeichnungen lassen sich zwar Zuordnungen treffen, was tatsächlich während der Bearbeitung passiert ist, lässt sich jedoch nicht daraus schließen. Ein weiterer Kritikpunkt hier ist die ungleiche Gruppengröße. Um die einzelnen Gruppen adäquat vergleichen zu können, müssten annähernd gleich viele Schülerinnen und Schüler in den Gruppen sein.

Inwieweit der Umgang mit Fehlern während einer Prüfungssituation eine Rolle spielt und ob es hier Unterschiede zwischen Lern- und Prüfungssituationen gibt, ist eine interessante Fragestellung, die weiterer Forschung bedarf. Inwieweit außenstehende Personen wie die Lehrpersonen oder die Eltern eine Rolle im Umgang mit Fehlern spielen wurde in dieser Studie ebenfalls nicht erhoben. Interessant wäre zudem, ob der individuelle Umgang mit Fehlern fachspezifisch auftritt oder als generelle Einstellung über alle Fächer gleich ist.

LITERATURVERZEICHNIS

- Abramson, L. Y., Seligman, M. E. & Teasdale, J. D. (1978). Learned helplessness in humans: critique and reformulation. *Journal of abnormal psychology*, 87, 49-74.
- Althof, W. (Hrsg.). (1999). *Fehlerwelten. Vom Fehlermachen und Lernen aus Fehlern*. Pladen: Leske und Budrich.
- Ansari, D., Grabner, R. H., Koschutnig, K., Reishofer, G. & Ebner, F. (2011). Individual differences in mathematical competence modulate brain responses to arithmetic errors: an fMRI study. *Learning and Individual Differences*, 21, 636-643.
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & Weiber, R. (2008). *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung* (12., vollständig überarbeitete Aufl.). Berlin: Springer.
- Baireuther, P. (2003). Strukturgleiche Skalen. Eine Hilfe zur Vorstellung proportionaler Zusammenhänge. *Mathematik lehren*, 118, 9-13.
- Ballem, H. & Cunningham, J. W. (1982). Diagnosing Strengths and Weaknesses of Sixth-Grade Students in Solving Word Problems. *Journal for Research in Mathematics Education*, 13, 202-210.
- Baumer, J., Lehmann, R., Lehrke, M., Clausen, M., Hosenfeld, I., Neubrand, J. et al. (Hrsg.). (1998). *Testaufgaben Mathematik TIMMS 7./8. Klasse (Population 2). Materialien aus der Bildungsforschung Nr. 60*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Birbaumer, N. & Schmidt, R. F. (2006). *Biologische Psychologie* (6. Aufl.). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Blando, J. A., Kelly, A. E., Schneider, B. R. & Sleeman, D. (1989). Analyzing and Modeling Arithmetic Errors. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20, 301-308.
- Blum, W. & Leiß, D. (2005). Modellieren im Unterricht mit der „Tanken“-Aufgabe, *mathematik lehren*, 128, 19-21.
- Browne, M. W. & Cudeck, R. (1993). Alternative ways of assessing model fit. In K. A. Bollen & J. Scott Long (Eds.), *Testing Structural Equation Models* (pp- 136-162). Newbury Park: Sage Publications.

- Bühner, M. (2006). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (2., aktualisierte Aufl.). München: Pearson Studium.
- Butler, R. (1998). Determinants of help seeking: relations between perceived reasons for classroom help-avoidance and help-seeking behaviors in an experimental context. *Journal of Educational Psychology*, 90, 630-643.
- Butler, A. C., Godbole, N. & Marsh, E. J. (2013). Explanation Feedback is better than correct answer feedback for promoting transfer of learning. *Journal of Educational Psychology*, 105, 290-298.
- Butler, A. C., Karpicke, J. D. & Roediger, H. L. III. (2008). Correcting a meta-cognitive error. Feedback enhances retention of low confidence correct responses. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 34, 918-928.
- Carter, M. & Beier, M. E. (2010). The effectiveness of error management training with working-aged adults. *Personnel Psychology*, 63, 641-675.
- Chott, P. O. (1999). Ansätze zur Förderung einer "Fehlerkultur": Lernförderung in der Schule durch Fehlerprophylaxe und Fehlermanagement. *PÄDForum*, 3, 238-248.
- Clarkson, P (1983). Types of Errors made by Papua New Guinean students. *Educational Studies in Mathematics*, 14, 355-367.
- Conzalez, C. S., Guerra, D., Sanabria, H., Moreno, L., Noda, M. A. & Bruno, A. (2010). Automatic system for the detection and analysis of errors to support the personalized feedback. *Expert Systems with Applications*, 37, 140-148.
- Cummins, D. D. (1991). Children's interpretations of arithmetic word problems. *Cognition and Instruction*, 8, 261-289.
- Cummins, D. D., Kintsch, W., Reusser, K. & Weimer, R. (1988). The role of understanding in solving word problems. *Cognitive psychology*, 20, 405-438.
- Dörner, D. (1987). *Problemlösen als Informationsverarbeitung* (3. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.
- Duden online. Fehler, der. Zugriff am 26. September 2013 unter <http://www.duden.de/node/656684/revisions/1113876/view>

- Dyck, C. van, Frese, M., Baer, M. & Sonnentag, S. (2005). Organizational error management culture and its impact on performance: a two-study replication, *Journal of Applied Psychology*, 90, 1228-1240.
- Fernandez-Duque, D., Baird, J. & Posner, M. (2000). Awareness and metacognition. *Consciousness and Cognition*, 9, 324-326.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS* (3rd. Ed.). London: SAGE.
- Fong, H. K. (1986). How to teach the mathematical concept of variation in secondary mathematics. *Teaching and Learning*, 7, 30-37.
- Franke, M. & Ruwisch, S. (2010). *Didaktik des Sachrechnens in der Grundschule* (2. Aufl.). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Freudenthaler, H. H., Spinath, B. & Neubauer, A. C. (2008). Predicting School Achievement in Boys and Girls. *European Journal of Personality*, 22, 231-245.
- Fruyt, F. de, Leeuwen, K. van, Bolle, M. de & Clercq, B. de (2008). Sex Differences in School Performance as a Function of Conscientiousness, Imagination and the Mediation Role of Problem Behaviour. *European Journal of Personality*, 22, 167-184.
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Compton, D. L. Powell, S. R., Seethaler, P. M., Capizzi, A. M. et al. (2006). The cognitive correlates of third-grade skill in arithmetic, algorithmic computation, and arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology*, 98, 29-43.
- Fuchs, L. S., Geary, D. C., Compton, D. L. Fuchs, D., Hamlett, C. L. Seethaler, P. M. et al. (2010). Do different types of school mathematics development depend on different constellations of numerical versus general cognitive abilities? *Developmental Psychology*, 46, 1731-1746.
- Fyfe, E. R., Rittle-Johnson, B. & DeCaro, M. S. (2012). The Effects of Feedback during Exploratory Mathematics Problem Solving: Prior Knowledge Matters. *Journal of Educational Psychology*, 104, 1094-1108.
- Gamo, S., Sander, E. & Richard, J. F. (2010). Transfer of strategy use by semantic recoding in arithmetic problem solving. *Learning and Instruction*, 20, 400-410.
- Garner, R. (1990). When children and adults do not use learning strategies: Toward a theory of settings. *Review of Educational Research*, 60, 517-529.

- Geary, D. C., Saults, S. J., Liu, F. & Hoard, M. K. (2000). Sex differences in spatial cognition, computational fluency and arithmetical reasoning. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77, 337-353.
- Goetz, T. (2004). *Emotionales Erleben und selbstreguliertes Lernen bei Schülern im Fach Mathematik*. München: Utz.
- Goetz, T., Preckerl, F., Pekrun, R. & Hall, N. C. (2007). Emotional Experience during test taking: Does cognitive ability make a difference? *Learning and Individual Differences*, 17, 3-16.
- Greefrath, G. (2010). *Didaktik des Sachrechnens in der Sekundarstufe*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Hanisch, G. (1998). Fehler – eine Chance zum Lernen. In Österreichische Mathematische Gesellschaft (Hrsg.), *Didaktikhefte der ÖMG (Heft 29)* (S. 48-54). Wien: ÖMG.
- Hasemann, K. & Stern, E. (2002). Die Förderung des mathematischen Verständnisses anhand von Textaufgaben. Ergebnisse einer Interventionsstudie in Klassen des 2. Schuljahres. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 23, 222-242.
- Häsel-Weide, U. (2007). Sachrechnen. In U. Heimlich, & F. B. Wember, *Didaktik des Unterrichts im Förderschwerpunkt Lernen* (S. 208-294). Stuttgart: Kohlhammer.
- Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77, 81-112.
- Hegarty, M., Mayer, M. E. & Monk, C. A. (1995). Comprehension of Arithmetic Word Problems: A Comparison of Successful and Unsuccessful Problem Solvers. *Journal of Educational Psychology*, 87, 18-32.
- Heimbeck, D., Frese, M., Sonnentag, S. & Keith, N. (2003). Integrating errors into the training process: the function of error management instructions and the role of goal orientation. *Personnel Psychology*, 56, 333-361.
- Herkner, W. (2004). *Lehrbuch Sozialpsychologie (2., unveränderte Aufl.)*. Bern: Göttingen.
- Hu, L. & Bentler, P. M. (1998). Fit Indices in Covariance Structure Modeling: Sensitivity to Underparameterized Model Misspecification. *Psychological Methods*, 3, 424-453.

- Humenberger, H. (2009). *Das ist Mathematik 3*. Wien: Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co KG.
- Jöreskog, K. G. (1970). A general method for analysis of covariance structures. *Biometrika*, 57, 239-251.
- Kalder, R. S. (2012). Are we contribution to our students' mistakes? *The Mathematics Teacher*, 106, 90-91.
- Keith, N. & Frese, M. (2005). Self-regulation in error management training: emotion control and metacognition as mediators of performance effects. *Journal of Applied Psychology*, 90, 677-691.
- Keith, N. & Frese, M. (2008). Effectiveness of error management training: a meta-analysis. *Journal of Applied Psychology*, 93, 59-69.
- Kintsch, W. & Greeno, J. G. (1985). Understanding and Solving Word Arithmetic Problems. *Psychological Review*, 92, 109-129.
- Kleine, M., Goetz, T., Pekrun, R. & Hall, N. (2005). The structur of students' emotions experienced during a mathematical achievement test. *ZDM*, 37, 221-225.
- Krauthausen, G., & Scherer, P. (2007). *Einführung in die Mathematikdidaktik* (3., aktualisierte und stark erweiterte Aufl.). Heidelberg: Elsevier/ Spektrum.
- Kyttäla, M. & Björn, P. M. (2010). Prior mathematics achievement, cognitive appraisals and anxiety as predictors of Finnish students' later mathematics performane and carreer orientation. *Educational Psychology: An International Journal of Experimental Educational Psychology*, 30, 431-448.
- Laidra, K., Pullmann, H. & Allik, J. (2007). Personality and intelligence as predictors of academic achievement: A cross-sectional study from elementary to secondary school. *Personality and Individual Differences*, 42, 441-451.
- Leiss, D., Schukajlow, S., Blum, W., Messner, R. & Pekrun, R. (2010). The Role of the Situation Model in Mathematical Modelling – Task Analyses, Student Competencies, and Teacher Interventions. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 31, 119-141.

- Lu, L. Weber, H. S., Spinath, F. M. & Shi, J. (2011). Predicting school achievement from cognitive and non-cognitive variables in a Chinese sample of elementary school children. *Intelligence*, 39, 130-140.
- Marshall, S. P. (1983). Sex differences in mathematical errors: An analysis of distractor choices. *Journal for Research in Mathematics Education*, 14, 325-336.
- Martin, A. J., Nejad, H. G., Colmar, S. & Liem, G. A. D. (2013). Adaptability: How Students' Responses to Uncertainty and Novelty Predict Their Academic and Non-Academic Outcomes. *Journal of Educational Psychology*, 105, 728-746.
- Mega, C., Ronconi, L. & Beni, R. de (2014). What makes a good student? How emotions, self-regulated learning, and motivation contribute to academic achievement. *Journal of Educational Psychology*, 106, 121-131.
- Mevarech, Z. R. & Stern, E. (1997). Interaction between knowledge and contexts on understanding abstract mathematical concepts. *Journal of Experimental Child Psychology*, 65, 68-95.
- Meyer, M. L., Salimpoor, V. N., Wu, S. S., Geary, D. C. & Menon, V. (2010). Differential contribution of specific working memory components to mathematics achievement in 2nd and 3rd graders. *Learning and Individual Differences*, 20, 101-109.
- Modestou, M. & Gagatsis, A. (2010). Cognitive and Metacognitive Aspects of Proportional Reasoning. *Mathematical Thinking and Learning*, 12, 36-53.
- Morin, J. E. & Franks, D. J. (2009). Why Do Some Children Have Difficulty Learning Mathematics? Looking at Language for Answers. *Preventing School Failure: Alternative Education for Children and Youth*, 54, 111-118.
- Murayama, K., Pekrun, R., Lichtenfeld, S. & vom Hofe, R. (2013). Predicting Long-Term Growth in Students' Mathematics Achievement: The Unique Contributions of Motivation and Cognitive Strategies. *Child Development*, 84, 1475-1490.
- Newman, R. S. (1990). Children's help-seeking in the classroom: The role of motivational factors and attitudes. *Journal of Educational Psychology*, 82, 71-80.

- Oser, F. (2009). Aus Fehlern lernen. *Profi-L. Magazin für das Lehren und Lernen*, 1/09, 4-6.
- Oser, F., Hascher, T. & Spychiger, M. (1999). Lernen aus Fehlern. Zur Psychologie des „negativen“ Wissens. In W. Althof (Hrsg.), *Fehlerwelten* (S. 11-42). Opladen: Leske und Budrich.
- Oser, F. & Spychiger, M. (2005). Lernen ist schmerzhaft. Zur Theorie des negativen Wissens und zur Praxis der Fehlerkultur. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Palm, T. (2008). Impact of authenticity on sense making in word problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, 67, 37–58.
- Pekrun, R. (2006). The Control-Value Theory of Achievement Emotions: Assumptions, Corollaries, and Implications for Educational Research and Practice. *Educational Psychology Review*, 18, 315-341.
- Pennequin, V., Sorel, O., Nanty, I. & Fontaine, R. (2010). Metacognition and low achievement in mathematics: The effect of training in the use of metacognitive skills to solve mathematical word problems. *Thinking & Reasoning*, 16, 198-220.
- Powell, S. R., Fuchs, L. S., Fuchs, D., Cirino, P. T. & Fletcher, J. M. (2009). Do word-problem features differentially affect problem difficulty as a function of students' mathematics difficulty with and without reading difficulty? *Journal of learning disabilities*, 42, 99-110.
- Prediger, S. (2009). Inhaltliches Denken vor Kalkül – ein didaktisches Prinzip zur Vorbeugung und Förderung bei Rechenschwierigkeiten. In A. Fritz & S. Schmidt (Hrsg.), *Fördernder Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I: Rechenschwierigkeiten erkennen und überwinden* (S. 213-234). Weinheim: Beltz Verlag.
- Primi, R., Ferrao, M. e. & Almeida, L. S. (2010). Fluid intelligence as a predictor of learning: A longitudinal multilevel approach applied to math. *Learning and Individual Differences*, 20, 446-451.
- Rach, S., Ufer, S. & Heinze, A. (2012). Learning from errors: effects of a teacher training on students' attitudes towards and their individual use of errors. In T. Y. Tso (Eds.), *36th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (Vol. 3, pp. 329-336)*. Taipei, Taiwan: PME.

- Radatz, H. (1983). Untersuchungen zum Lösen eingekleideter Aufgaben. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 3, 2005-217.
- Rehder, B. (1999). Detecting Unsolvable Algebraic Word Problems. *Journal of Educational Psychology*, 91, 669-683.
- Reusser, K. (1997). Erwerb mathematischer Kompetenzen: Literaturüberblick. In F. E. Weinert & A. Helmke (Hrsg.), *Entwicklung im Grundschulalter* (S. 141-155). Weinheim: Beltz/Psychologie Verlags Union.
- Rosenzweig, C., Krawec, J. & Montague, M. (2011). Metacognitive strategy use of eighth-grade students with and without learning disabilities during mathematical problem solving. A think-aloud analysis. *Journal of learning disabilities*, 44, 508-520.
- Ryan, A. M. & Shim, S. S. (2012). Changes in help seeking from peers during early adolescence: Associations with changes in achievement and perceptions of teachers. *Journal of Educational Psychology*, 104, 1122-1134.
- Rybowiak, V., Barst, H., Frese, M., & Batinic, B. (1999). Error Orientation Questionnaire (EOQ): reliability, validity, and different language equivalence. *Journal of Organizational Behavior* (20), S. 527-547.
- Schneeberger, M. (2009). *Verstehen und Lösen mathematischer Textaufgaben im Dialog: Der Erwerb von Mathematisierungskompetenz als Initiation in eine spezielle Diskurspraxis*. Münster: Waxmann Verlag.
- Schöne, C., Dickhäuser, O., Spinath, B., & Stiensmeier Pelster, J. (2002). *Skalen zur Erfassung des schulischen Selbstkonzepts (SESSKO)*. Göttingen: Hogrefe.
- Schukajlow, S. (2011). *Mathematisches Modellieren: Schwierigkeiten und Strategien von Lernenden als Bausteine einer lernprozessorientierten Didaktik der neuen Aufgabenkultur*. Münster: Waxmann Verlag.
- Schumacher, R. F. & Fuchs, L. S. (2012). Does understanding relational terminology mediate effects of intervention on compare word problems? *Journal of Experimental Child Psychology*, 111, 607-628.
- Seel, N. M. (2003). *Psychologie des Lernens: Lehrbuch für Pädagogen und Psychologen*. München: Ernst Reinhardt.

- Seitz, W., & Rausche, A. (2004). *Persönlichkeitsfragebogen für Kinder zwischen 9 und 14 Jahren* (Bde. 4., überarbeitete und neu normierte Auflage). Göttingen: Hogrefe.
- Shute, V. J. (2008). Focus on Formative Feedback. *Review of Educational Research*, 78, 153-189.
- Spinath, B., Freudenthaler, H. H. & Neubauer, A. C. (2010). Domain-specific school achievement in boys and girls as predicted by intelligence, personality and motivation. *Personality and Individual Differences*, 48, 481-486.
- Spinath, B., Spinath, F. M., Harlaar, N. & Plomin, R. (2006). Predicting school achievement from general cognitive ability, self perceived ability and intrinsic value. *Intelligence*, 34, 363-374.
- Spinath, B. & Steinmayr, R. (2012). The roles of competence beliefs and goal orientations for change in intrinsic motivation. *Journal of Educational Psychology*, 104, 1135-1148.
- Spychiger, M. (2007). Zur Rolle der Scham beim Lernen aus Fehlern und beim Aufbau von Normen und Fehlerkultur. In S. Marks (Hrsg.), *Scham-Beschämung- Anerkennung* (S. 71-88). Berlin: Lit. Verlag.
- Spychiger, M., Kuster, R. & Oser, F. (2006). Dimensionen von Fehlerkultur in der Schule und deren Messung. Der Schülerfragebogen zur Fehlerkultur im Unterricht für Mittel- und Oberstufe. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 28, 87-110.
- Staub, F. C. & Stern, E. (1997). Abstract reasoning with mathematical constructs. *International Journal of Educational Research*, 27, 63-75.
- Steinmayr, R. & Spinath, B. (2008). Sex Differences in School Achievement: What are the Roles of Personality and Achievement Motivation? *European Journal of Personality*, 22, 185-209.
- Stern, E. (1992). Warum werden "Kapitänsaufgaben" gelöst? Das Verstehen von Textaufgaben aus psychologischer Sicht. *Der Mathematikunterricht*, 38, 7-29.
- Stern, E. (1993). What Makes Certain Arithmetic Word Problems Involving the Comparison of Sets So Difficult For Children? *Journal of Educational Psychology*, 85, 7-23.

- Stern, E. & Lehrndorfer, A. (1992). The role of situational context in solving word problems. *Cognitive Development*, 7, 259-268.
- Syzmanowicz, A. & Furnham, A. (2011). Gender differences in self-estimates of general, mathematical, spatial and verbal intelligence: Four meta analysis. *Learning and Individual Differences*, 21, 493-504.
- Thevenot, C., Devidal, M., Barrouillet, P. & Fayol, M. (2007). Why does placing the question before an arithmetic word problem improve performance? A situation modal account. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 60, 43-56.
- Thorndike, E. L. (1922). *Psychology of Arithmetic*. New York: The Macmillan Company.
- Tolar, T. D., Fuchs, L., Cirion, P. T., Fuchs, D., Hamlett, C. L. & Fletcher, J. M. (2012). Predicting development of mathematical word problem solving across the intermediate grades. *Journal of Educational Psychology*, 104, 1083-1093.
- Träff, U. (2013). The contribution of general cognitive abilities and number abilities to different aspects of mathematics in children. *Journal of experimental child psychology*, 116, 139-156.
- Tulis, M. (2010). Individualisierung im Fach Mathematik. Effekte auf Leistung und Emotionen. In F. W. Hesse (Hrsg.), *Wissensprozess und digitale Medien* (Band 17). Berlin: Logos.
- Tulis, M. & Ainley, M. (2011). Interest, enjoyment and pride after failure experience? Predictors of students' state emotions after success and failure during learning in mathematics. *Educational Psychology: An International Journal of Experimental Educational Psychology*, 31, 779-807.
- Turner, J. C., Meyer, D. K., Cox, K. E. Logan, C. DiCintio, M. & Thomas, C. T. (1998). Creating contexts for involvement in mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 90, 730-745.
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C. et al. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological bulletin*, 139, 352-402.
- Vollrath, H. J. & Roth, J. (2012). *Grundlagen des Mathematikunterrichts in der Sekundarstufe* (2. Aufl.). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

- Vukovic, R. K., Kieffer, M. J., Bailey, S. P. & Harari, R. R. (2013). Mathematics anxiety in young children: Concurrent and longitudinal associations with mathematical performance. *Contemporary Educational Psychology*, 38, 1-10.
- Vukovic, R. K., Lesaux, N. K. & Siegel, L. S. (2010). The mathematics skills of children with reading difficulties. *Learning and Individual Differences*, 20, 639-643.
- Walkington, C., Sherman, M. & Petrosion, A. (2012). "Playing the game" of story problems: Coordinating situation-based reasoning with algebraic representation. *Journal of Mathematical Behavior*, 31, 174-195.
- Weingardt, M. (2004). *Fehler zeichnen uns aus: Transdisziplinäre Grundlagen zur Theorie und Produktivität des Fehlers in Schule und Arbeitswelt*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Weiß, R. H. (2006). *Grundintelligenztest Skala 2 - Revision (CFT-20-R)*. Göttingen: Hogrefe.
- Welder, R. M. (2012). Improving Algebra Preparation: Implications From Research on Student Misconceptions and Difficulties. *School Sciences and Mathematics*, 112, 255-264.
- Wiens, A. (2007). *An Investigation into careless errors made by 7th grade mathematics students*. Unpublished MA Theses, University of Nebraska-Lincoln, Nebraska.
- Xin, Y. P., Wiles, B. & Lin, Y. Y. (2008). Teaching Conceptual Model – Based Word Problem Story Grammar to Enhance Mathematics Problem Solving. *The Journal of Special Education*, 42, 163-178.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: <i>Bedingungen der Fehlsamkeit nach Kießling (1925, zitiert nach Weingardt, 2004, S. 47)</i>	10
Abbildung 2: Funktionen des Sachrechnens (Greefrath, 2010, S. 16)	12
Abbildung 3: <i>Modellierungs- und Problemlöseschritte beim Sachrechnen (Lorenz & Kaufmann, 2008; zitiert nach Franke und Ruwisch, 2010, S. 72)</i>	15
Abbildung 4: <i>Der prozentuelle Anteil der verschiedenen Fehlerarten in Textaufgaben von Schülerinnen und Schüler der 6. Schulstufe (Ballew & Cunningham, 1982, S. 207)</i>	24
Abbildung 5: <i>Das Bermuda-Dreieck der Korrektur von Fehlern (Oser & Spsychiger, 2005, S. 163)</i>	28
Abbildung 6: Beispielaufgaben aus dem Matrizen Test (CFT-20-R)	58
Abbildung 7: Die Anzahl der Burschen und Mädchen in den einzelnen Fehlergruppen.....	63
Abbildung 8: Median der Anzahl richtig gelöster Textaufgaben je Fehlergruppe	65
Abbildung 9: Die Genauigkeit der Selbsteinschätzung der Mathematikleistung in den Fehlergruppen.....	66
Abbildung 10: Die Ausprägung der Fehlerangst je Gruppe aufgeteilt nach dem Geschlecht	73
Abbildung 11: Vergleich der Mediane je Fehlergruppe hinsichtlich der kognitiven Fähigkeiten.....	76
Abbildung 12: Mittelwerte der Ausprägungen im SESSKO je Fehlergruppe	77
Abbildung 13: Grafischer Vergleich der Ausprägung im SESSKO je Fehlergruppe und Geschlecht.....	78
Abbildung 14: Die empfundenen negativen Emotionen vor, während und nach der Testung über die Gruppen hinweg.....	80
Abbildung 15: Die angegebene Motivation der Schülerinnen und Schüler in den Fehlergruppen.....	81
Abbildung 16: Die Bearbeitungsdauer je Geschlecht und Fehlergruppe.....	88
Abbildung A17: Screenshot der Seite 1 der online Vorgabe	116

Abbildung A18: Screenshot der Seite 2	116
Abbildung A19: Screenshot der Seite 3	117
Abbildung A20: Screenshot des SESSKO in der online Vorgabe	121
Abbildung B21: Histogramm der Verteilung des Alters der Teilnehmerinnen und Teilnehmer	123
Abbildung C22: Der Modelltest der konfirmatorischen Faktorenanalyse des PFK 9-14	130

Tabellenverzeichnis

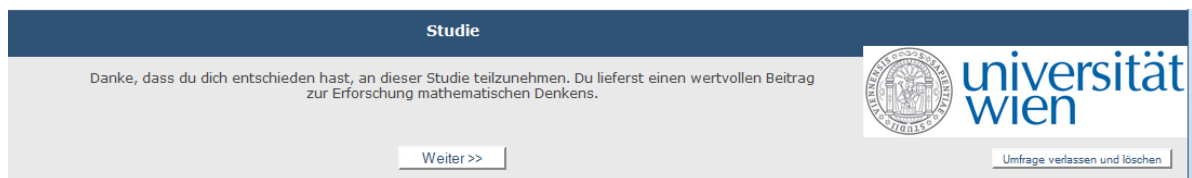
Tabelle 1: <i>Beispiele für die Verwendung von produktiven und unproduktiven Situationswissen bei Textaufgaben (Walkington et al., 2012, S. 183)</i>	22
Tabelle 2: <i>Attributionen von M. Seligman (1978, S. 57) bezogen auf Mathematik</i>	39
Tabelle 3: <i>Faktorenanalyse des Fragebogens zum emotionalen Erleben unmittelbar vor den Mathematikaufgaben</i>	48
Tabelle 4: <i>Konfirmatorische Faktorenanalyse des Fragebogens Umgang mit Fehlern</i>	52
Tabelle 5: <i>Reliabilitätsmaße (Cronbach's Alpha) des Fragebogens Umgang mit Fehlern</i>	53
Tabelle 6: <i>Chi-Quadrat Test des PFK 9-14</i>	55
Tabelle 7: <i>Häufigkeiten und Prozente der Schülerinnen und Schüler in den Fehlergruppen basierend auf den Fehlern in den Textaufgaben</i>	62
Tabelle 8: <i>Test auf Normalverteilung des Testergebnisses der Textaufgaben je Gruppe</i>	64
Tabelle 9: <i>Signifikanz der Fehlergruppen hinsichtlich der Anzahl korrekt gelöster Textaufgaben</i>	65
Tabelle 10: <i>Levene-Test des Fragebogens Umgang mit Fehlern.</i>	67
Tabelle 11: <i>Multivariate Varianzanalyse der Fehlerorientierung über die Fehlerkategorien</i>	68
Tabelle 12: <i>Ergebnis der einfaktoriellen Varianzanalyse des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern</i>	69
Tabelle 13: <i>Gütemaße der Diskriminanzfunktion der Fehlergruppen in Bezug zum Fragebogen Umgang mit Fehlern</i>	70
Tabelle 14: <i>standardisierte kanonische Diskriminanzkoeffizienten des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern</i>	71
Tabelle 15: <i>einfaktorielle Varianzanalyse der Skalen des PFK 9-14 hinsichtlich der Fehlergruppen</i>	74
Tabelle 16: <i>Test auf Normalverteilung des CFT über die Fehlergruppen hinweg</i>	75
Tabelle 17: <i>Ergebnis der Varianzanalyse mit Messwiederholung der negativen Emotionen</i>	79

Tabelle 18: <i>Korrelationen der Skalen zum Umgang mit Fehlern und der Mathematikleistung</i>	83
Tabelle 19: <i>Korrelationen der Fehlerorientierung mit der Mathematikleistung je Fehlergruppe</i>	84
Tabelle 20: <i>Zusammenhang der Fehlerorientierung mit den Persönlichkeitseigenschaften</i>	86
Tabelle 21: <i>Spearman Rangkorrelation der kognitiven Leistung mit der Fehlerorientierung</i>	87
Tabelle B22: <i>Häufigkeiten und Prozente der Geschwisteranzahl</i>	123
Tabelle B23: <i>Prozentuale Verteilung der Schulleistungen in Deutsch und Mathematik</i>	124
Tabelle B24: <i>Prozentuale Verteilung der persönlichen Wichtigkeit von Mathematik</i>	124
Tabelle C25: <i>Reliabilitätsanalyse der Textaufgaben</i>	125
Tabelle C26: <i>Item-Skala-Statistiken für die Textaufgaben</i>	125
Tabelle C27: <i>Item-Skala-Statistiken des Fragebogens zum emotionalen Erleben vor den Textaufgaben</i>	125
Tabelle C28: <i>Faktorenanalyse des Fragebogens zum emotionalen Befindens während der Textaufgaben (Testzeitpunkt 2)</i>	126
Tabelle C29: <i>Faktorenanalyse des Fragebogens zum emotionalen Befindens nach den Textaufgaben (Testzeitpunkt 3)</i>	126
Tabelle C30: <i>Item-Skala-Statistiken des Fragebogens zum emotionalen Erleben während der Textaufgaben</i>	126
Tabelle C31: <i>Item-Skala-Statistiken des Fragebogens zum emotionalen Erleben nach den Textaufgaben</i>	127
Tabelle C32: <i>Item-Skala-Statistiken der Skala Lernorientierung des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern</i>	127
Tabelle C33: <i>Item-Skala-Statistiken der Skala Fehlerfreundlichkeit des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern</i>	127
Tabelle C34: <i>Item-Skala-Statistiken der Skala Fehlerangst des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern</i>	128
Tabelle C35: <i>Item-Skala-Statistiken der Skala Normtransparenz des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern</i>	128

Tabelle C36: <i>Item-Skala-Statistiken der Skala Fehlererwartung des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern</i>	128
Tabelle C37: <i>Item-Skala-Statistiken der Skala Fehlervertuschung des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern</i>	129
Tabelle C38: <i>Item-Skala-Statistiken der Skala Kontrollverhalten des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern</i>	129
Tabelle C39: <i>Reliabilitätsanalyse der Skala Emotionale Erregung des PFK 9-14</i>	130
Tabelle C40: <i>Item-Skala-Statistiken des PFK 9-14 der Skala Emotionale Erregung</i>	131
Tabelle C41: <i>Reliabilitätsanalyse der Skala Fehlende Willenskontrolle des PFK 9-14</i>	131
Tabelle C42: <i>Item-Skala-Statistiken des PFK 9-14 der Skala Fehlende Willenskontrolle</i>	131
Tabelle C43: <i>Reliabilitätsanalyse der Skala Bedürfnis nach Ich-Durchsetzung des PFK 9-14</i>	132
Tabelle C44: <i>Item-Skala-Statistiken des PFK 9-14 der Skala Bedürfnis nach Ich-Durchsetzung</i>	132
Tabelle C45: <i>Reliabilitätsanalyse des revidierten SESSKO</i>	132
Tabelle C46: <i>Items-Skala-Statistiken des revidierten SESSKO</i>	132
Tabelle C47: <i>Faktorenanalyse des revidierten SESSKO</i>	133
Tabelle C48: <i>Reliabilitätsanalyse des Untertests Matrizen des CFT-20-R</i>	133
Tabelle C49: <i>Items-Skala-Statistiken des Untertests Matrizen des CFT-20-R</i>	133
Tabelle D50: <i>Prüfung der Normalverteilung des Fragebogens Umgang mit Fehlern je nach Fehlergruppe</i>	134
Tabelle D51: <i>Test auf Normalverteilung der Skalen des PFK 9-14 je Fehlertyp</i>	137
Tabelle D52: <i>Test der Homogenität der Varianzen der Skalen des PFK 9-14</i>	139
Tabelle D53: <i>Test auf Normalverteilung des SESSKO je Fehlergruppe</i>	140
Tabelle D54: <i>Test auf Homogenität der Varianzen des SESSKO</i>	140

ANHANG

Anhang A. Testinstrumente und Fragebögen



Studie

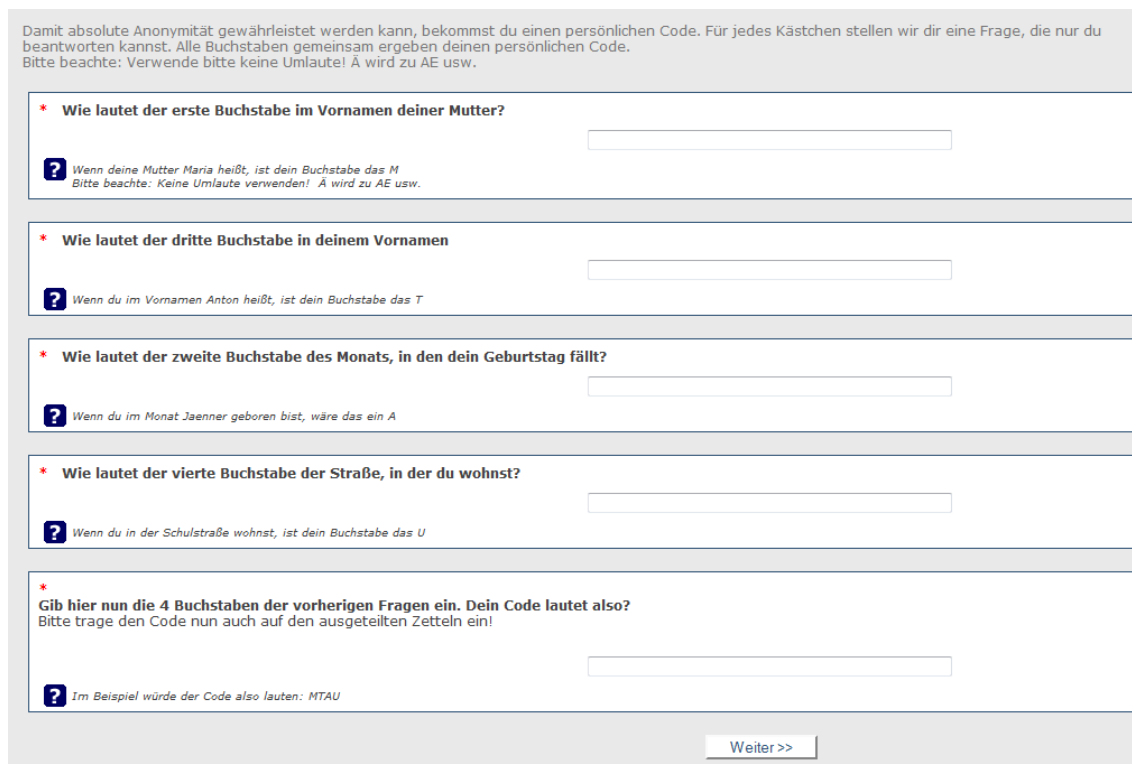
Danke, dass du dich entschieden hast, an dieser Studie teilzunehmen. Du lieferst einen wertvollen Beitrag zur Erforschung mathematischen Denkens.

Weiter >>

universität wien

Umfrage verlassen und löschen

Abbildung A17: Screenshot der Seite 1 des Online Fragebogens



Damit absolute Anonymität gewährleistet werden kann, bekommst du einen persönlichen Code. Für jedes Kästchen stellen wir dir eine Frage, die nur du beantworten kannst. Alle Buchstaben gemeinsam ergeben deinen persönlichen Code. Bitte beachte: Verwende bitte keine Umlaute! Ä wird zu AE usw.

* Wie lautet der erste Buchstabe im Vornamen deiner Mutter?

Wenn deine Mutter Maria heißt, ist dein Buchstabe das M
Bitte beachte: Keine Umlaute verwenden! Ä wird zu AE usw.

* Wie lautet der dritte Buchstabe in deinem Vornamen

Wenn du im Vornamen Anton heißt, ist dein Buchstabe das T

* Wie lautet der zweite Buchstabe des Monats, in den dein Geburtstag fällt?

Wenn du im Monat Jaenner geboren bist, wäre das ein A

* Wie lautet der vierte Buchstabe der Straße, in der du wohnst?

Wenn du in der Schulstraße wohnst, ist dein Buchstabe das U

* Gib hier nun die 4 Buchstaben der vorherigen Fragen ein. Dein Code lautet also?
Bitte trage den Code nun auch auf den ausgeteilten Zetteln ein!

Im Beispiel würde der Code also lauten: MTAU

Weiter >>

Abbildung A18: Screenshot der Seite 2 des Online Fragebogens

*** Geschlecht**

☐ Weiblich ☐ Männlich

*** Mein Geburtstag:**

07.03.2001

Format: dd.mm.yyyy

*** Anzahl deiner Geschwister**
Bitte wähle eine der folgenden Antworten:

☐ Ich habe keine Geschwister.
☐ 1
☐ 2
☐ 3
☐ 4 oder mehr

*** Die Deutschnote meines letzten Zeugnisses (Abschlusszeugnis der 3. Klasse)**

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

*** Die Mathematiknote meines letzten Zeugnisses (Abschlusszeugnis 3. Klasse)**

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

	nicht wichtig	eher unwichtig	eher wichtig	sehr wichtig
Wie wichtig ist Mathematik für dich persönlich in deinem Alltag?	☐	☐	☐	☐

	nicht wichtig	eher unwichtig	eher wichtig	sehr wichtig
Wie wichtig ist Mathematik für den Beruf, den du später anstreben willst?	☐	☐	☐	☐

Abbildung A19: Screenshot der Seite 3 des Online Fragebogens

Fragebogen zum emotionalen Erleben nach Goetz (2004)

(umgepolte Items sind mit (-) gekennzeichnet)

Vor den Textaufgaben:

- Ich freue mich auf die Aufgaben. (-)
- Ich habe Angst.
- Ich bin wütend.
- Ich fühle mich gelangweilt.

Zwischen den Textaufgaben

- Mir machen die Aufgaben Spaß. (-)

- Ich habe Angst.
- Ich bin wütend.
- Ich fühle mich gelangweilt.

Im Anschluss an die Textaufgaben

- Die Aufgaben haben mir Spaß gemacht. (-)
- Ich habe mich vor den Aufgaben gefürchtet.
- Ich bin wütend.
- Ich fühle mich gelangweilt.

Motivation

- Ich habe den Mathematiktest als Herausforderung gesehen.
- Es war mir wichtig, beim Mathematiktest gut abzuschneiden.
- Beim Mathematiktest war ich konzentriert.
- Beim Mathematiktest war ich motiviert.
- Beim Mathematiktest habe ich mich angestrengt.

Fragebogen zum Umgang mit Fehlern nach Spychiger et al. (2006) und Rybowiak et al. (1999)

(Die dazugehörige Skala ist in Klammer gesetzt, umgepolte Items sind mit (-) gekennzeichnet)

1. Es macht mir Freude, mir durch meine Fehler bei Mathematikbeispielen neues Wissen anzueignen (Lernorientierung).
2. Bei unserem/r Mathematiklehrer/in ist Fehlermachen nichts Schlimmes (Fehlerfreundlichkeit).
3. Ich bekomme Angst, wenn ich im Mathematikunterricht Fehler mache (Fehlerangst).
4. Fehler in Mathematik-Prüfungen werden von mir immer freiwillig verbessert, auch wenn es der/die Lehrer/in nicht extra sagt (Lernorientierung).
5. Ich verstehe oft nicht, was der/die Mathematiklehrer/in meint (Normtransparenz). (-)
6. Unser/e Mathematiklehrer/in versucht es zu vertuschen, wenn er/sie selber etwas falsch gemacht hat (Fehlerfreundlichkeit). (-)

7. Wenn ich im Mathematikunterricht Fehler mache, mache ich mir Vorwürfe, dass ich zu wenig gelernt oder nicht genug aufgepasst habe (Fehlerangst).
8. Ich mache oft Fehler, weil ich im Mathematikunterricht die Fragen meiner/s Lehrerin/s nicht richtig verstehe (Normtransparenz). (-)
9. Wenn ich im Mathematikunterricht Fehler mache, bespricht der/die Mathematiklehrer/in diese mit mir auf eine Art und Weise, dass es mir wirklich etwas bringt (Fehlerfreundlichkeit).
10. Ich schäme mich im Mathematikunterricht, wenn ich vor der Klasse Fehler mache (Fehlerangst).
11. Der/die Mathematiklehrer/in ist geduldig und schimpft nicht mit mir, wenn mir etwas nicht gelingt (Fehlerfreundlichkeit).
12. Manchmal werde ich im Mathematikunterricht für mein Verhalten kritisiert, obwohl ich gar nicht wusste, dass dieses Verhalten schlecht ist (Normtransparenz). (-)
13. Wenn der/die Mathematiklehrer/in selber einen Fehler macht, gibt er/sie es offen zu (Fehlerfreundlichkeit).
14. Es macht mir Spaß, bei einer Mathematik-Aufgabe verschiedene Lösungswege auszuprobieren (Lernorientierung)
15. Der/die Mathematiklehrer/in ist geduldig, wenn eine Schülerin oder ein Schüler im Unterricht etwas nicht versteht (Fehlerfreundlichkeit).
16. Ich habe Angst vor dem/der Mathematiklehrer/in, wenn ich eine schriftliche Arbeit mit vielen Fehlern zurück bekomme (Fehlerangst).
17. Ich fühle mich unsicher, weil ich im Mathematikunterricht viele Fehler mache (Normtransparenz). (-)
18. Wenn ich im Mathematikunterricht etwas ungeschickt mache, nehme ich dies als Gelegenheit wahr, daraus zu lernen (Lernorientierung)
19. Manchmal habe ich das Gefühl, dass mein/e Mathematiklehrer/in mich nicht richtig versteht (Normtransparenz). (-)
20. Meiner Meinung nach gibt es bei uns im Mathematikunterricht viele Missverständnisse (Normtransparenz). (-)
21. Fehler im Mathematikunterricht helfen mir, es hinterher besser zu machen (Lernorientierung)
22. Ich weiß oft nicht, warum ich im Mathematikunterricht von meinem/r Lehrer/in angeschnauzt werde (Normtransparenz). (-)
23. Falsche Ergebnisse in Mathematikaufgaben überdenke ich mehrmals (Lernorientierung)
24. Wenn bei mir eine schriftliche Arbeit in Mathematik schief gegangen ist, hilft der/die Mathematiklehrer/in mir zurecht und bespricht die Fehler mit mir (Fehlerfreundlichkeit).
25. Vor der Mathematikstunde habe ich manchmal Angst, dass ich während des Unterrichts Fehler machen könnte (Fehlerangst).

26. Manchmal hilft es mir im Mathematikunterricht, einen Fehler in Erinnerung zu behalten, um ihn nicht wieder zu machen (Lernorientierung)
27. Wenn ich in Mathematik Fehler mache, werde ich wütend (Fehlerangst).
28. Wenn ich eine Aufgabe in Mathematik löse, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass ich einen Fehler begehe (Fehlererwartung).
29. Warum sollte ich einen Fehler bei einer Mathematikaufgabe erwähnen, wenn mein/e Lehrer/in ihn übersehen hat? (Fehlervertuschung)
30. Wenn ich einen Fehler bei einer Mathematikaufgabe gemacht habe, frage ich mich, warum das passiert ist (Lernorientierung)
31. Ich schaue mir ein Beispiel nach dem Lösen immer noch einmal durch, da finde ich noch viele Fehler (Kontrollverhalten).
32. Immer wenn ich beginne, eine Aufgabe im Fach Mathematik zu lösen, ist mir bewusst, dass Fehler passieren können (Fehlererwartung).
33. Es ist nicht von Vorteil, seine eigenen Fehler im Mathematikunterricht öffentlich zu machen (Fehlervertuschung).
34. Wenn ich einen Fehler in Mathematik gemacht habe und den Fehler nicht verstanden habe, denke ich noch länger darüber nach (Lernorientierung)
35. Wenn ich meine Mathematikaufgabe selber kontrolliere, entdecke ich kleine Fehler (Kontrollverhalten).
36. Ich finde es nicht nützlich, meine Fehler in Mathematik zu besprechen (Fehlervertuschung).
37. Falsche Ergebnisse in Mathematik-Aufgaben überdenke ich mehrmals (Lernorientierung)
38. Ich mache bei Mathematikaufgaben immer die Probe (sofern möglich), damit ich die Gewissheit habe, dass das Ergebnis stimmt (Kontrollverhalten).
39. Meistens bin ich über Fehler in Mathematikaufgaben nicht überrascht, weil ich sie bereits erwartet habe (Fehlererwartung).
40. Es ist nützlich, Fehler bei Mathematikaufgaben zu vertuschen (Fehlervertuschung).
41. Mathematikaufgaben selbst zu kontrollieren macht keinen Sinn (Kontrollverhalten). (-)
42. Ich rechne damit, dass ich bei Mathematikaufgaben Fehler mache (Fehlererwartung).
43. Ich behalte meine Fehler bei Mathematikaufgaben für mich (Fehlervertuschung).
44. Fehler, die ich während des Mathematik-Unterrichts gemacht habe, schaue ich mir zu Hause ganz genau an (Lernorientierung)
45. Ich rechne damit, dass mir von Zeit zu Zeit Fehler bei Mathematikaufgaben passieren (Fehlererwartung).
46. Mitschüler/innen, die ihre Fehler offen zugeben, machen einen großen Fehler (Fehlervertuschung).

SESSKO nach Schöne et al. (2002)

	nicht begabt	2	3	sehr begabt
Wenn ich mir vorstelle, was ich für den Mathematikunterricht können muss, halte ich mich für...	☐	☐	☐	☐

	sehr schlecht zurechtkomme	2	3	sehr gut zurechtkomme
Wenn ich mir vorstelle, was ich für den Mathematikunterricht können muss, finde ich, dass ich...	☐	☐	☐	☐

	weniger geeignet als meine Mitschüler/innen	2	3	besser geeignet als meine Mitschüler/innen
Ich denke, ich bin für den Mathematikunterricht...	☐	☐	☐	☐

	schwerer als meinen Mitschüler/innen	2	3	leichter als meinen Mitschüler/innen
In Mathematik etwas Neues zu lernen fällt mir...	☐	☐	☐	☐

	weniger intelligent als meine Mitschüler/innen	2	3	intelligenter als meine Mitschüler/innen
Ich denke, ich bin ...	☐	☐	☐	☐

	sehr schwer	2	3	sehr leicht
Im Mathematikunterricht fallen mir viele Aufgaben...	☐	☐	☐	☐

Abbildung A20: Screenshot des SESSKO in der online Vorgabe

Textaufgaben nach Humenberger (2009) und Baumert et al. (1998)

1. Von einem Song wurden in diesem Monat doppelt so viele CDs verkauft wie im vergangenen Monat. Wenn im nächsten Monat erneut doppelt so viele wie in diesem Monat verkauft werden und sich im übernächsten Monat der Absatz nochmals verdoppelt, fehlen nur noch 100 000 Stück auf einen Gesamtabsatz von 1 Million. Wie viele CDs des Songs wurden in diesem Monat verkauft?
2. Frau Breyer fährt mittags mit dem Taxi vom Bahnhof nach Hause und bezahlt 15,70 €. Wie weit vom Bahnhof entfernt wohnt sie, wenn die Grundgebühr 2,50 € beträgt und jeder gefahrene Kilometer 1,20 € kostet?
3. Bei den Olympischen Sommerspielen in Peking 2008 nahmen 11 126 Sportlerinnen und Sportler an 302 Bewerben teil. Das waren um 101 Sportlerinnen und Sportler mehr als das 45fache der Wettkämpfer, die an den ersten olympischen Spielen der Neuzeit in Athen (1896) teilgenommen

hatten. Außerdem gab es um einen Bewerb mehr als das 7fache der Wettkampfanzahl von Athen. Wie viele Wettkämpfer hatten in Athen an wie vielen Bewerbungen der Olympischen Spiele teilgenommen?

4. 5 000 € sind auf vier Personen Anna, Benedikt, Cornelia und David so aufzuteilen, dass Anna am wenigsten bekommt, Benedikt um 500 € mehr als Anna, Cornelia um 500 € mehr als Benedikt, und David um 500€ mehr als Cornelia. Wie viel Geld bekommt Cornelia?
5. Für eine Filmvorführung sollen die Schüler in den Bankreihen Platz nehmen. Sitzen in jeder Bankreihe 8 Schüler, so bleiben in der letzten Bank fünf Plätze frei. Sitzen in jeder Bankreihe aber nur sieben Schüler, so bekommen zwei keinen Platz. Wie viele Bankreihen stehen im Raum? Wie viele Schüler sind bei der Filmvorführung?
6. Peter und seine Eltern sind zusammen genau 100 Jahre alt. Peters Vater ist dreimal so alt wie er, die Mutter ist um 5 Jahre jünger als der Vater. Der Opa ist doppelt so alt wie der Vater. Wie alt ist Peter?
7. Wenn ein Gummiball zu Boden fällt, springt er die Hälfte der Strecke wieder hoch. Der Ball wird von einem 18 m hohen Dach fallen gelassen. Welche gesamte Entfernung hat der Ball zurückgelegt, wenn er das dritte Mal den Boden berührt?
8. Eine Schülergruppe hat insgesamt 29 Bleistifte. Jeder hat mindestens einen Bleistift. Sechs Schüler haben je 1 Bleistift, 5 Schüler haben 3 und der Rest hat 2. Wie viele Schüler haben nur zwei Bleistifte?
9. In zwei Kisten befinden sich 54 kg Äpfel. Die zweite Kiste Äpfel wiegt 12 kg mehr als die erste Kiste. Wie viele Kilogramm Äpfel sind in jeder Kiste?
10. Um ins große „Buch der Rekorde“ zu kommen, wollen die Schüler/innen der 3A insgesamt 10 000 Büroklammern zu einer langen Kette zusammenstecken. Alle Schüler/innen sind gleich gut beim Zusammenfügen. Jeder schafft 8 Büroklammern pro Minute. Zuerst machen alle 30 Schüler/innen mit. Nach genau 15 Minuten geben jedoch 10 Schüler/innen auf, weil sie sich in den Finger gestochen haben. Wie lange müssen die übrigen Schüler/innen noch weiterarbeiten?

Anhang B. Beschreibung der Stichprobe

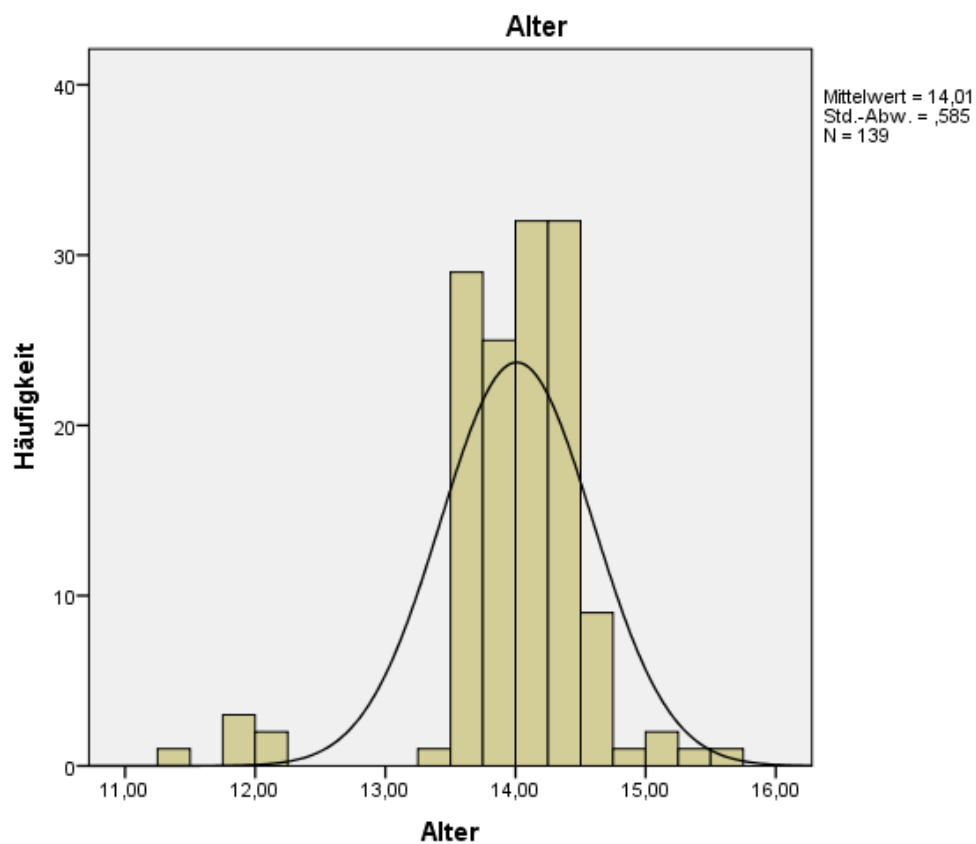


Abbildung B21: Histogramm der Verteilung des Alters der Teilnehmerinnen und Teilnehmer

Tabelle B22: Häufigkeiten und Prozente der Geschwisteranzahl

	Häufigkeit	Prozent
keine Geschwister	13	9.2
1	69	48.9
2	43	30.5
3	12	8.5
4 oder mehr	4	2.8
Gesamt	141	100.0

Tabelle B23: Prozentuale Verteilung der Schulleistungen in Deutsch und Mathematik

	Deutsch	Mathematik
Sehr Gut	24.8	20.6
Gut	39.0	39.0
Befriedigend	28.4	29.1
Genügend	7.8	9.9
Nicht Genügend	-	1.4

Tabelle B24: Prozentuale Verteilung der persönlichen Wichtigkeit von Mathematik

	Wie wichtig ist Mathematik für dich persönlich in deinem Alltag?	Wie wichtig ist Mathematik für den Beruf, den du später anstreben willst?
Nicht wichtig	6.4	13.5
Eher unwichtig	42.6	32.6
Eher wichtig	43.3	29.1
Sehr wichtig	7.8	24.8

Anhang C. Analyse der Untersuchungsmaterialien

Tabelle C25: Reliabilitätsanalyse der Textaufgaben

Reliabilitätsstatistiken		
Cronbach's Alpha	Anzahl der Items	N
.728	10	141

Tabelle C26: Item-Skala-Statistiken für die Textaufgaben

Item-Skala-Statistiken				
	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
Aufgabe 1	4.74	5.42	.32	.72
Aufgabe 2	4.17	5.44	.28	.72
Aufgabe 3	4.45	4.73	.54	.68
Aufgabe 4	4.43	4.93	.44	.70
Aufgabe 5	4.82	5.45	.40	.71
Aufgabe 6	4.41	4.94	.44	.70
Aufgabe 7	4.19	5.24	.37	.71
Aufgabe 8	4.30	5.30	.29	.72
Aufgabe 9	4.48	5.02	.40	.70
Aufgabe 10	4.44	5.03	.39	.71

Tabelle C27: Item-Skala-Statistiken des Fragebogens zum emotionalen Erleben vor den Textaufgaben

Item-Skala-Statistiken				
	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
Ich freue mich auf die Aufgaben.	4.72	2.605	.540	.313
Ich habe Angst	5.69	4.130	-.004	.708
Ich bin wütend.	5.75	2.888	.483	.379
Ich fühle mich gelangweilt.	5.01	2.357	.419	.416

Tabelle C28: Faktorenanalyse des Fragebogens zum emotionalen Befindens während der Textaufgaben (Testzeitpunkt 2)

	Rotierte Komponentenmatrix ^a	
	Komponente	
	1	2
Mir machen die Aufgaben Spaß.	.831	.198
Ich habe Angst	.021	.930
Ich bin wütend.	.619	.429
Ich fühle mich gelangweilt.	.829	-.205
Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.		
Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung.		
a. Die Rotation ist in 3 Iterationen konvergiert.		

Tabelle C29: Faktorenanalyse des Fragebogens zum emotionalen Befindens nach den Textaufgaben (Testzeitpunkt 3)

	Rotierte Komponentenmatrix ^a	
	Komponente	
	1	2
Die Aufgaben haben mir Spaß gemacht.	.882	.127
Ich habe mich vor den Aufgaben gefürchtet.	-.066	.930
Ich bin wütend.	.590	.550
Ich fühle mich gelangweilt.	.887	-.125
Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.		
Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung.		
a. Die Rotation ist in 3 Iterationen konvergiert.		

Tabelle C30: Item-Skala-Statistiken des Fragebogens zum emotionalen Erleben während der Textaufgaben

Item-Skala-Statistiken				
	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
Mir machen die Aufgaben Spaß.	4.77	2.795	.590	.357
Ich habe Angst.	6.22	4.430	.157	.664
Ich bin wütend.	6.05	3.248	.437	.491
Ich fühle mich gelangweilt.	5.50	2.980	.377	.548

Tabelle C31: Item-Skala-Statistiken des Fragebogens zum emotionalen Erleben nach den Textaufgaben

Item-Skala-Statistiken				
	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala- Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
Die Aufgaben haben mir Spaß gemacht.	4.79	2.869	.640	.396
Ich habe mich vor den Aufgaben gefürchtet.	6.05	4.890	.109	.739
Ich bin wütend.	5.92	3.501	.501	.520
Ich fühle mich gelangweilt.	5.26	3.052	.474	.537

Tabelle C32: Item-Skala-Statistiken der Skala Lernorientierung des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern

Item-Skala-Statistiken				
	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala- Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
Umgang mit Fehlern 01	25.52	26.89	.47	.79
Umgang mit Fehlern 04	25.67	27.64	.32	.80
Umgang mit Fehlern 14	25.69	26.79	.41	.79
Umgang mit Fehlern 18	25.11	26.94	.53	.78
Umgang mit Fehlern 21	25.06	26.40	.49	.78
Umgang mit Fehlern 23	25.09	26.75	.43	.79
Umgang mit Fehlern 26	25.13	27.36	.43	.79
Umgang mit Fehlern 30	25.08	27.27	.40	.79
Umgang mit Fehlern 34	25.09	25.43	.60	.77
Umgang mit Fehlern 37	25.30	24.18	.71	.76
Umgang mit Fehlern 44	25.93	27.71	.33	.80

Tabelle C33: Item-Skala-Statistiken der Skala Fehlerfreundlichkeit des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern

Item-Skala-Statistiken				
	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala- Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
Umgang mit Fehlern 02	18.70	13.71	.38	.75
Umgang mit Fehlern 06	18.29	14.32	.36	.75
Umgang mit Fehlern 09	18.94	12.10	.59	.70
Umgang mit Fehlern 11	18.76	12.74	.42	.74
Umgang mit Fehlern 13	18.33	14.42	.39	.74
Umgang mit Fehlern 15	18.82	11.82	.70	.68
Umgang mit Fehlern 24	19.18	12.29	.51	.72

Tabelle C34: Item-Skala-Statistiken der Skala Fehlerangst des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern

Item-Skala-Statistiken				
	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
Umgang mit Fehlern 03	9.52	13.08	.65	.77
Umgang mit Fehlern 07	9.21	13.11	.52	.80
Umgang mit Fehlern 10	9.17	12.44	.63	.77
Umgang mit Fehlern 16	9.11	12.44	.57	.79
Umgang mit Fehlern 25	9.59	12.79	.65	.77
Umgang mit Fehlern 27	9.39	13.95	.45	.81

Tabelle C35: Item-Skala-Statistiken der Skala Normtransparenz des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern

Item-Skala-Statistiken				
	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
Umgang mit Fehlern 05	19.04	13.78	.59	.78
Umgang mit Fehlern 08	18.64	14.03	.61	.77
Umgang mit Fehlern 12	18.18	16.04	.35	.82
Umgang mit Fehlern 17	18.82	13.58	.59	.78
Umgang mit Fehlern 19	18.62	13.69	.65	.77
Umgang mit Fehlern 20	18.73	13.93	.62	.77
Umgang mit Fehlern 22	18.09	15.98	.42	.81

Tabelle C36: Item-Skala-Statistiken der Skala Fehlererwartung des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern

Item-Skala-Statistiken				
	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
Umgang mit Fehlern 28	10.61	7.14	.44	.71
Umgang mit Fehlern 32	9.94	6.61	.45	.71
Umgang mit Fehlern 39	10.57	6.92	.48	.69
Umgang mit Fehlern 42	10.33	6.02	.66	.62
Umgang mit Fehlern 45	9.89	7.03	.46	.70

Tabelle C37: Item-Skala-Statistiken der Skala Fehlervertuschung des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern

Item-Skala-Statistiken				
	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala- Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
Umgang mit Fehlern 29	9.60	6.87	.12	.55
Umgang mit Fehlern 33	9.73	6.30	.36	.40
Umgang mit Fehlern 36	9.89	7.52	.03	.59
Umgang mit Fehlern 40	10.29	6.24	.41	.38
Umgang mit Fehlern 43	9.91	6.44	.43	.38
Umgang mit Fehlern 46	10.50	6.74	.36	.42

Tabelle C38: Item-Skala-Statistiken der Skala Kontrollverhalten des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern

Item-Skala-Statistiken				
	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala- Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
Umgang mit Fehlern 31	7.28	2.95	.24	.30
Umgang mit Fehlern 35	6.94	3.31	.18	.36
Umgang mit Fehlern 38	7.50	3.18	.22	.32
Umgang mit Fehlern 41	6.61	3.03	.22	.32

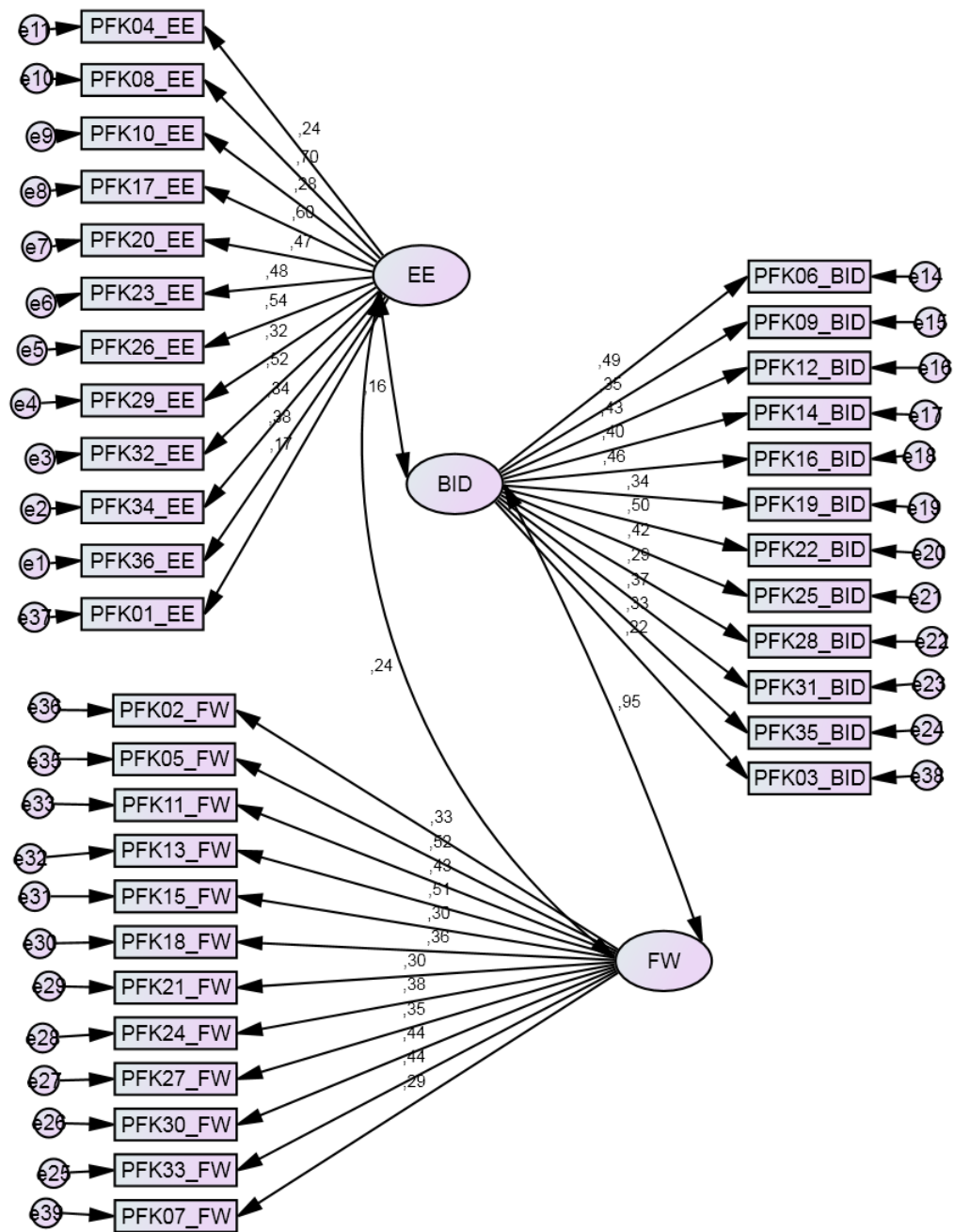


Abbildung C22: Der Modelltest der konfirmatorischen Faktorenanalyse des PFK 9-14

Tabelle C39: Reliabilitätsanalyse der Skala Emotionale Erregung des PFK 9-14

Reliabilitätsstatistiken		
Cronbach's Alpha	Anzahl der Items	N
.722	12	141

Tabelle C40: Item-Skala-Statistiken des PFK 9-14 der Skala Emotionale Erregung

Item-Skala-Statistiken				
	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item- Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
PFK01	16.18	7.79	.14	.73
PFK04	15.98	7.56	.21	.72
PFK08	16.02	6.62	.59	.67
PFK10	16.28	7.55	.27	.71
PFK17	16.03	6.94	.45	.69
PFK20	16.11	7.14	.38	.70
PFK23	15.81	7.28	.38	.70
PFK26	15.99	7.06	.41	.70
PFK29	16.13	7.35	.30	.71
PFK32	16.15	7.01	.44	.69
PFK34	16.13	7.35	.30	.71
PFK36	16.11	7.11	.39	.70

Tabelle C41: Reliabilitätsanalyse der Skala Fehlende Willenskontrolle des PFK 9-14

Reliabilitätsstatistiken		
Cronbach's Alpha	Anzahl der Items	N
.676	12	141

Tabelle C42: Item-Skala-Statistiken des PFK 9-14 der Skala Fehlende Willenskontrolle

Item-Skala-Statistiken				
	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item- Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
PFK02	15.13	5.89	.21	.67
PFK05	15.26	5.61	.37	.65
PFK07	15.40	6.06	.25	.67
PFK11	15.05	5.56	.35	.65
PFK13	15.32	5.66	.39	.65
PFK15	14.97	5.71	.29	.66
PFK18	15.26	5.68	.34	.65
PFK21	15.23	5.99	.18	.68
PFK24	15.44	5.95	.36	.65
PFK27	14.87	5.73	.31	.66
PFK30	15.08	5.49	.38	.64
PFK33	15.15	5.54	.36	.65

Tabelle C43: Reliabilitätsanalyse der Skala Bedürfnis nach Ich-Durchsetzung des PFK 9-14

Reliabilitätsstatistiken		
Cronbach's Alpha	Anzahl der Items	N
.673	12	141

Tabelle C44: Item-Skala-Statistiken des PFK 9-14 der Skala Bedürfnis nach Ich-Durchsetzung

Item-Skala-Statistiken				
	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
PFK03	14.52	5.99	.14	.68
PFK06	14.92	5.74	.35	.65
PFK09	14.66	5.63	.30	.66
PFK12	14.76	5.70	.28	.66
PFK14	14.72	5.55	.34	.65
PFK16	14.94	5.80	.33	.65
PFK19	14.67	5.60	.31	.65
PFK22	14.76	5.48	.38	.64
PFK25	14.90	5.60	.40	.64
PFK28	14.89	5.77	.30	.65
PFK31	14.96	5.84	.33	.65
PFK35	14.72	5.65	.29	.66

Tabelle C45: Reliabilitätsanalyse des revidierten SESSKO

Reliabilitätsstatistiken		
Cronbach's Alpha	Anzahl der Items	N
.902	6	141

Tabelle C46: Items-Skala-Statistiken des revidierten SESSKO

Item-Skala-Statistiken				
	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
Sessko1	13.13	12.76	.83	.87
Sessko2	12.91	13.71	.75	.88
Sessko3	13.20	13.47	.77	.88
Sessko4	12.96	13.73	.74	.88
Sessko5	13.01	15.19	.53	.91
Sessko6	13.06	13.33	.77	.88

Tabelle C47: Faktorenanalyse des revidierten SESSKO

	Rotierte Komponentenmatrix ^a
	Komponente
Sessko1	.889
Sessko6	.853
Sessko3	.847
Sessko2	.839
Sessko4	.834
Sessko5	.636
Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.	
a. 1 Komponenten extrahiert	

Tabelle C48: Reliabilitätsanalyse des Untertests Matrizen des CFT-20-R

Reliabilitätsstatistiken		
Cronbach's Alpha	Anzahl der Items	N
.667	15	141

Tabelle C49: Items-Skala-Statistiken des Untertests Matrizen des CFT-20-R

Item-Skala-Statistiken				
	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala- Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
CFT01	9.06	6.28	.31	.65
CFT02	9.06	6.47	.11	.67
CFT03	9.06	6.15	.42	.65
CFT04	9.11	6.17	.27	.65
CFT05	9.37	5.62	.35	.64
CFT06	9.12	5.92	.42	.64
CFT07	9.15	5.87	.39	.64
CFT08	9.23	5.72	.38	.64
CFT09	9.52	6.15	.10	.68
CFT10	9.52	5.65	.31	.65
CFT11	9.52	5.64	.32	.65
CFT12	9.66	6.17	.10	.68
CFT13	9.45	5.45	.41	.63
CFT14	9.68	5.86	.24	.66
CFT15	9.70	5.74	.30	.65

Anhang D. Ergebnisse

Tabelle D50: Prüfung der Normalverteilung des Fragebogens Umgang mit Fehlern je nach Fehlergruppe

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest ^a							
	Lernorientierung	Fehlerfreundlichkeit	Fehlerangst	Normtransparenz	Fehlererwartung	Fehlervertuschung	Kontrollverhalten
N	42	42	42	42	42	42	42
Parameter Mittelwert	1.0325	.5435	-.4644	1.0861	-.5924	-.4641	.3740
der Standardabweichung	3.4853	2.4612	2.8447	2.0210	2.0116	1.5527	.9505
Normalverteilung ^{b,c}							
Extremste Absolut	.0982	.0940	.1518	.1056	.1044	.1482	.0674
Positiv	.0535	.0940	.1518	.0885	.0849	.1482	.0630
Differenzen Negativ	-.0982	-.0868	-.1487	-.1056	-.1044	-.0757	-.0674
Kolmogorov-Smirnov-Z	.6363	.6095	.9835	.6845	.6769	.9603	.4366
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.8130	.8515	.2881	.7369	.7493	.3150	.9911

a. Fehlergruppe = alles richtig

b. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest ^a							
	Lernorientierung	Fehlerfreundlichkeit	Fehlerangst	Normtransparenz	Fehlererwartung	Fehlervertuschung	Kontrollverhalten
N	20	20	20	20	20	20	20
Parameter M_c	-.5086	-.2624	.1229	-.8457	-.2512	.1749	-.2523
der Standardabweichung ^{b,c}	2.8650	2.6996	2.6362	3.6118	2.1796	1.7545	.7529
Extremste Absolut	.1801	.1690	.1552	.1361	.0865	.2301	.0899
Positiv	.1801	.0957	.1552	.0740	.0865	.2301	.0899
Differenzen Negativ	-.1147	-.1690	-.0890	-.1361	-.0616	-.1301	-.0805
Kolmogorov-Smirnov-Z	.8055	.7560	.6940	.6089	.3870	1.0290	.4022
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.5352	.6172	.7211	.8523	.9983	.2402	.9970

a. Fehlergruppe = keine/ falsche Gleichung

b. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest^a

		Lernorientierung	Fehlerfreundlichkeit	Fehlerangst	Normtransparenz	Fehlererwartung	Fehlerverschung	Kontrollverhalten
N		8	8	8	8	8	8	8
Parameter der Normalverteilung ^{b,c}	Mittelwert	-1.5436	.4353	.7974	-1.2477	.7911	1.2713	-.0627
	Standardabweichung	3.5127	2.4445	3.3847	4.4329	1.6982	2.0483	.6929
Extremste Differenz	Absolut	.2010	.2387	.2428	.2801	.1673	.1571	.1906
	Positiv	.1392	.1413	.2428	.1347	.1673	.1496	.1906
	Negativ	-.2010	-.2387	-.1438	-.2801	-.1458	-.1571	-.1840
Kolmogorov-Smirnov-Z		.5686	.6751	.6866	.7921	.4733	.4445	.5391
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		.9029	.7522	.7334	.5570	.9785	.9891	.9334

a. Fehlergruppe = Mathematisieren

b. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest^a

		Lernorientierung	Fehlerfreundlichkeit	Fehlerangst	Normtransparenz	Fehlererwartung	Fehlerverschung	Kontrollverhalten
N		17	17	17	17	17	17	17
Parameter der Normalverteilung ^{b,c}	Mittelwert	.2697	-1.9035	1.8053	1.7474	1.2212	.6369	-.2765
	Standardabweichung	3.5476	2.6705	3.3407	3.0013	2.0651	1.8477	.9399
Extremste Differenz	Absolut	.1953	.1837	.1471	.1447	.1742	.1120	.2120
	Positiv	.1953	.1837	.1471	.1447	.1742	.1120	.1985
	Negativ	-.1145	-.0852	-.0875	-.0900	-.1118	-.1019	-.2120
Kolmogorov-Smirnov-Z		.8054	.7574	.6064	.5968	.7182	.4619	.8740
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		.5354	.6148	.8557	.8685	.6808	.9833	.4296

a. Fehlergruppe = im Kopf gerechnet/geraten

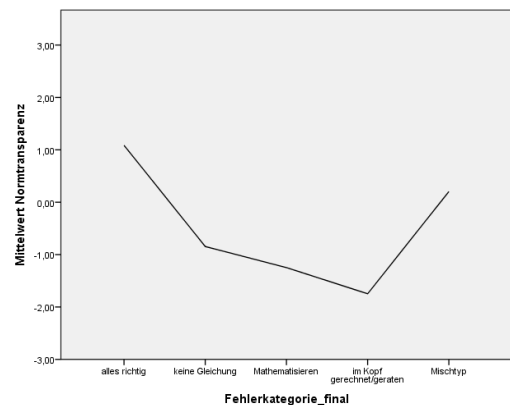
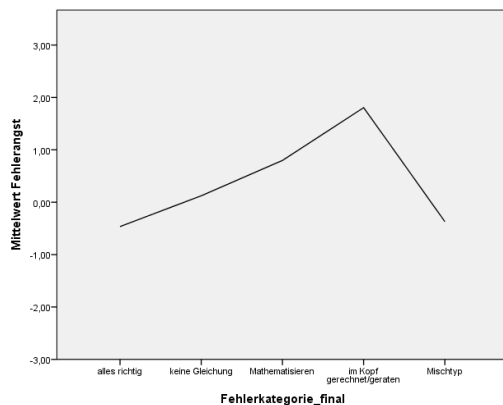
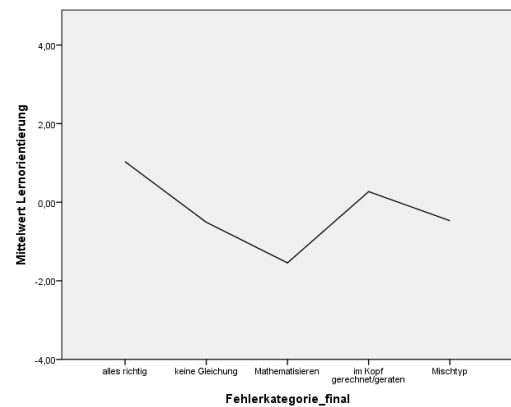
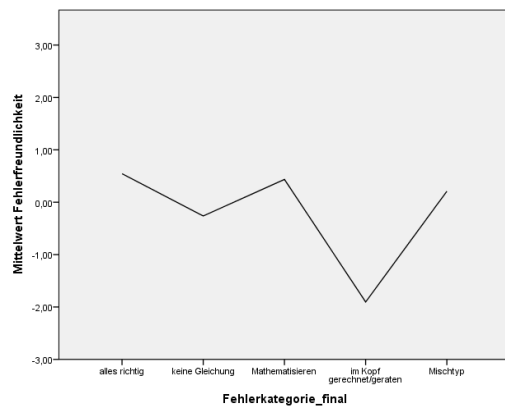
b. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest^a

		Lernorien- tierung	Fehlerfrei- ndlichkeit	Fehler- angst	Normtrans- parenz	Fehlerer- wartung	Fehlerve- rtuschun- g	Kontrollve- rhalten
N		54	54	54	54	54	54	54
Parameter	Mittelwert	-.4709	.2092	-.3708	.2035	.0521	-.0927	-.1011
der								
Normalvert	Standardab- weichung	3.6288	2.4161	2.5905	2.8386	2.1644	1.4195	.8280
eilung ^{b,c}								
Extremste	Absolut	.1470	.1344	.1320	.1041	.1049	.0949	.0674
Differenzen	Positiv	.1133	.0751	.1320	.0706	.0650	.0684	.0674
	Negativ	-.1470	-.1344	-.1190	-.1041	-.1049	-.0949	-.0532
Kolmogorov-Smirnov-Z		1.0799	.9879	.9702	.7647	.7708	.6975	.4949
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		.1939	.2832	.3033	.6025	.5923	.7153	.9671

a. Fehlergruppe = Mischtyp

b. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.



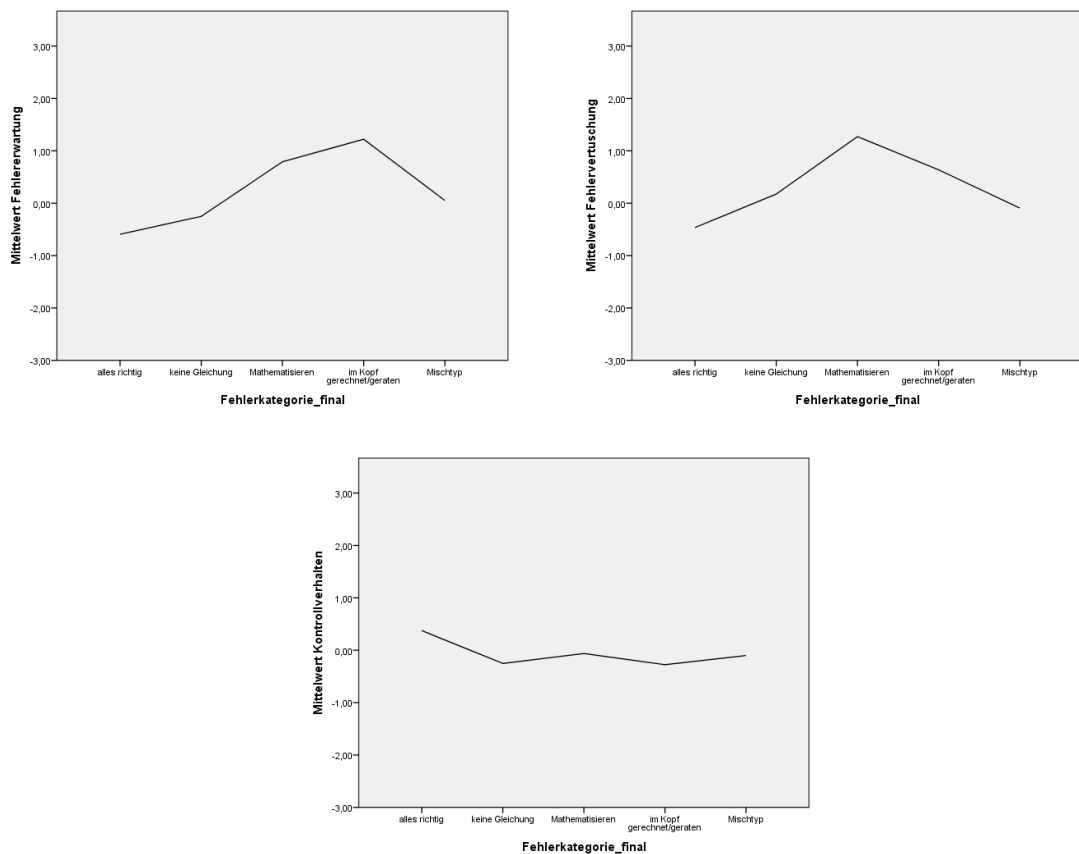


Abbildung D23: Profildigramme der einzelnen Skalen des Fragebogens zum Umgang mit Fehlern je Fehlergruppe

Tabelle D51: Test auf Normalverteilung der Skalen des PFK 9-14 je Fehlertyp

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest ^a				
		Emotionale Erregung	Fehlende Willenskontrolle	Bedürfnis nach Ich-Durchsetzung
N		42	42	42
Parameter der Normalverteilung ^{b,c}	Mittelwert	.0947	-.4748	.0166
	Standardabweichung	2.8704	2.1233	2.4058
	Absolut	.1105	.0992	.1269
Extremste Differenzen	Positiv	.0840	.0992	.1269
	Negativ	-.1105	-.0758	-.0860
Kolmogorov-Smirnov-Z		.7158	.6432	.8226
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		.6847	.8025	.5078

a. Fehlergruppe = alles richtig

b. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest^a

		Emotionale Erregung	Fehlende Willenskontrolle	Bedürfnis nach Ich-Durchsetzung
N		20	20	20
Parameter der Normalverteilung ^{b,c}	Mittelwert	-.5275	.5145	.2539
	Standardabweichung	2.5305	2.5084	2.5238
	Absolut	.0977	.1068	.1379
Extremste Differenzen	Positiv	.0712	.1068	.1379
	Negativ	-.0977	-.0903	-.1107
Kolmogorov-Smirnov-Z		.4370	.4776	.6169
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		.9910	.9765	.8412

a. Fehlergruppe = keine/ falsche Gleichung

b. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest^a

		Emotionale Erregung	Fehlende Willenskontrolle	Bedürfnis nach Ich-Durchsetzung
N		8	8	8
Parameter der Normalverteilung ^{b,c}	Mittelwert	-.4637	-.8179	-.4571
	Standardabweichung	2.7244	2.8430	2.5473
	Absolut	.1578	.1607	.1934
Extremste Differenzen	Positiv	.1578	.1607	.1750
	Negativ	-.1253	-.1526	-.1934
Kolmogorov-Smirnov-Z		.4462	.4545	.5469
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		.9886	.9860	.9258

a. Fehlergruppe = Mathematisieren

b. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest^a

		Emotionale Erregung	Fehlende Willenskontrolle	Bedürfnis nach Ich-Durchsetzung
N		17	17	17
Parameter der Normalverteilung ^{b,c}	Mittelwert	.7204	.0445	.0423
	Standardabweichung	2.1355	1.8945	2.1508
	Absolut	.1853	.1521	.1584
Extremste Differenzen	Positiv	.1280	.1521	.1584
	Negativ	-.1853	-.1410	-.1196
Kolmogorov-Smirnov-Z		.7639	.6270	.6531
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		.6038	.8266	.7872

a. Fehlergruppe = im Kopf gerechnet/geraten

b. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest^a

		Emotionale_Erregung	Fehlende_Willenskontrolle	Bedürfnis_nach_Ich_Durchsetzung
N		54	54	54
Parameter der Normalverteilung ^{b,c}	Mittelwert	-.0364	.2859	-.0526
	Standardabweichung	2.8948	2.2431	2.0216
	Absolut	.1007	.0850	.0781
Extremste Differenzen	Positiv	.1007	.0850	.0781
	Negativ	-.0734	-.0454	-.0558
Kolmogorov-Smirnov-Z		.7404	.6247	.5737
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		.6434	.8300	.8970

a. Fehlerkategorie = Mischtyp

b. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

Tabelle D52: Test der Homogenität der Varianzen der Skalen des PFK 9-14

Test der Homogenität der Varianzen

	Levene-Statistik	df1	df2	Signifikanz
Emotionale Erregung	.822	4	136	.513
Fehlende Willenskontrolle	.506	4	136	.732
Bedürfnis nach Ich-Durchsetzung	1.347	4	136	.256

Tabelle D53: Test auf Normalverteilung des SESSKO je Fehlergruppe

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest ^a						
		Alles richtig	Keine/ falsche Gleichung	Mathe matisieren	Im Kopf gerechnet / geraten	Mischtyp
N		42	20	8	17	54
Parameter der Normalverteilung ^{b,c}	Mittelwert	.46	-.20	-.54	-.55	-.03
	Standardabweichung	.94	1.08	.64	1.08	.90
Extremste Differenzen	Absolut	.11	.17	.25	.14	.13
	Positiv	.11	.17	.25	.13	.08
	Negativ	-.10	-.11	-.16	-.14	-.13
Kolmogorov-Smirnov-Z		.69	.78	.70	.57	.98
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		.74	.58	.71	.90	.29
a. SESSKO						
b. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.						

Tabelle D54: Test auf Homogenität der Varianzen des SESSKO

Test der Homogenität der Varianzen			
Sessko Score			
Levene-Statistik	df1	df2	Signifikanz
1.694	4	136	.155

Anhang E. Abstract

Deutsch

Fehler sind im Schulalltag tägliche Begleiter, trotzdem werden sie selten näher untersucht. Diese Studie beschäftigt sich mit unterschiedlichen Fehlertypen und setzt diese in Beziehung mit kognitiven, personalen und emotionalen Variablen. Dabei ist vor allem der individuelle Umgang mit Fehlern ein zentraler Punkt der Untersuchung. 141 Schülerinnen und Schüler der achten Schulstufe bearbeiteten 10 Textaufgaben sowie Fragebögen zum Umgang mit Fehlern, der Persönlichkeit, des emotionalen Befindens und des schulischen Selbstkonzepts, sowie ein kurzer Test zur kognitiven Leistung (CFT 20-R).

Die Schülerinnen und Schüler ließen sich aufgrund der schriftlichen Aufzeichnungen der Textaufgaben in fünf Fehlergruppen einteilen. Die Gruppe *alles richtig* schaffte fast alle Aufgaben richtig, die Gruppe *keine/falsche Gleichung* konnte bei mindestens 4 Aufgaben keine oder nur eine komplett falsche Gleichung aufstellen. Die Gruppe *Mathematisieren* konnte zwar eine Gleichung aufstellen, die auch prinzipiell richtig ist, kleine Teile fehlen jedoch oder sind falsch. Die Gruppe *im Kopf gerechnet/geraten* kamen zu einem Ergebnis, notierten jedoch keine Gleichung. Die Gruppe *Mischtyp* machten mindestens vier Fehler, jedoch verschiedener Form.

Es zeigte sich, dass sich die Schülerinnen und Schüler der einzelnen Gruppen in ihrer Fehlerorientierung mit $p = .01^*$ unterscheiden. Es konnte zudem bestätigt werden, dass die Fehlerorientierung mit der Mathematikleistung zusammenhängt. Ein positiver Umgang mit Fehlern hängt mit besseren Leistungen in Mathematik zusammen. Der Unterschied in den Gruppen kann nicht durch die kognitiven Fähigkeiten erklärt werden, lediglich die Gruppe *keine/falsche Gleichung* wies eine etwas geringere Leistung im CFT 20-R auf. Emotionen spielen in diesem Zusammenhang eine beachtliche Rolle. Implikationen für die Praxis sind angeführt.

Englisch

Errors are commonly in schools, especially in mathematics, although there is less contribution to the form of errors. This investigation was designed to identify the relation between different forms of errors in word problems and cognitive, personality and emotional factors. The error orientation is a crucial point in this study. 141 eighth grade students were administered ten word problems, a questionnaire of their error orientation, personality factors, ability self-concept and emotional feelings during the achievement test. The participants were also tested in their nonverbal reasoning skills.

The participants were divided into five groups according to the errors in the word problems. There was one group *all correct*, who solved at least 7 word problems correctly. The group *no equation* couldn't set up an equation for at least 4 word problems. The group *mathematize* could set up an equation, but parts of it were incorrect. The last group *mixed type* showed errors of all categories but not four in one category.

The groups distinguish in their error orientation with $p = .01^*$. Furthermore the investigation showed, that students who are good in solving word problems, shows a better approach to errors and less negative emotions. The difference between the groups could not be explained by cognitive ability, only the group *no equation* showed slightly less output in the CFT 20-R. Implications for practical issues were discussed.

Anhang F. Curriculum Vitae

Name: Ines Minniberger

Staatsbürgerschaft: Österreich

Ausbildung:

2012 Ausbildung zur Memory- Lerntherapeutin

Jänner 2012-Juni 2012 Praktikum im Memory Wels

2012 Ausbildung zum Diplomierten Bewegungstrainer für Kinder und Jugendliche

Ab 2005 Studium der Psychologie, Universität Wien

2005-2006 Studium der Pädagogik

1997-2005 AHS Brucknerstraße Wels

1992-1997 Volksschule Bad Schallerbach

Praktika:

Ab Juli 2012 Lerntherapeutin im Institut Memory Lerntherapie Wels

Jänner 2012-Juni 2012 Praktikum im Institut Memory Lerntherapie Wels