



Freie Universität Berlin

Fachbereich Erziehungswissenschaften

F(r)u(r)chtbare Fehler?

Prädiktoren für die Fehlerlernorientierung und die Fehlerangst im Mathematikunterricht – eine regressionsanalytische Betrachtung

Masterarbeit, eingereicht von

Master of Education)

zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Education

Erstgutachterin:

Frau Prof. Dr. Felicitas Thiel

Zweitgutachterin:

Frau M.A. Juliane Müller

Berlin, den 05.08.2020

Abstract

You encounter the concept of error every day in life as well as in a school context. Especially in math lessons the categorization of right and wrong appears to be definitely clear. However, mistakes are not always seen as learning opportunities. A negative error culture can result in exposure, humiliation and many other negative emotions, which can ultimately lead to a high fear of errors. The attitude and feelings of learners towards mistakes appear to be extremely relevant for the following approach to them. As a part of a one-time survey with 247 students, it was investigated if and how the students' attitude in respect of the error learning orientation (ELO) and the fear of errors (FE) can be predicted, which has hardly been considered in previous research yet. In multiple regression calculations, gender and the mathematical self-concept (MSC) were proved to be predictive for the ELO and the FE. In addition there were gender differences in that girls reported a higher ELO but also a higher FE than boys. The effect of the mathematical performance on the ELO and the FE is furthermore mediated by the MSC.

Zusammenfassung

Dem Fehlerbegriff begegnet man im Leben täglich, so auch im schulischen Kontext. Insbesondere im Mathematikunterricht erscheint die Kategorisierung in Richtig und Falsch sehr eindeutig. Fehler werden dabei jedoch nicht immer als Lernchance begriffen. Folgen einer negativen Fehlerkultur können Bloßstellung, Demütigung und viele weitere negative Emotionen sein, die schließlich in eine hohe Fehlerangst münden können. Die Einstellung und die Gefühle der Lernenden gegenüber Fehlern erscheinen somit als besonders relevant für den anschließenden Umgang mit ihnen. Im Rahmen einer einmaligen Erhebung mit 247 Schüler*innen wurde daher untersucht, ob und wie die Einstellungsmerkmale Fehlerlernorientierung (FLO) und Fehlerangst (FA) der Schüler*innen prognostiziert werden können, was in der bisherigen Forschung kaum betrachtet wurde. In multiplen Regressionsrechnungen erwiesen sich das Geschlecht und das mathematische Selbstkonzept (MSK) als prädiktiv für die FLO und die FA. Zudem zeigten sich insofern Geschlechterunterschiede, als dass Mädchen eine höhere FLO, jedoch auch eine höhere FA als Jungen berichteten. Der Effekt der Leistung auf die FLO und die FA wird durch das MSK vermittelt.

Inhaltsverzeichnis

I. Abbildungsverzeichnis	6
II. Tabellenverzeichnis	6
III. Abkürzungsverzeichnis	7
1 Einleitung	8
2 Theorie	11
2.1 Fehlerkultur	11
2.1.1 Fehler und Negatives Wissen	12
2.1.2 Fehlerkultur im Mathematikunterricht.....	17
2.2 Selbstkonzept.....	22
2.3 Aktueller Forschungsstand	24
3 Fragestellungen	27
4 Methode.....	30
4.1 Form der Untersuchung	30
4.2 Stichprobe und Vorgehen.....	31
4.3 Erhebungsinstrumente	32
4.4 Umgang mit fehlenden Werten und einflussreichen Daten	34
4.5 Auswertungsstrategien	34
5 Ergebnisse.....	39
5.1 Erste Ergebnisse.....	39
5.2 Erste Analysen	42
5.3 Ergebnisse der Regressionsrechnungen	48
6 Diskussion	56
7 Anhang	61
8 Literaturverzeichnis.....	64

I. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Häufigkeitsverteilung der Note in Klasse 10	40
Abbildung 2: Häufigkeitsverteilung der Note in Klasse 11	40
Abbildung 3: Streudiagramm für das mathematische Selbstkonzept und die Fehlerlernorientierung mit LOESS-Linie	43
Abbildung 4: Streudiagramm für das mathematische Selbstkonzept und die Fehlerangst mit LOESS-Linie	44
Abbildung 5: Diagramm zur Prüfung der Homoskedastizität der Residuen für die Vorhersage der Fehlerlernorientierung (Modell 3)	44
Abbildung 6: Diagramm zur Prüfung der Homoskedastizität der Residuen für die Vorhersage der Fehlerangst (Modell 3)....	45
Abbildung 7: Quantil-Quantil-Diagramm für die Residuen der Vorhersage der Fehlerlernorientierung.....	46
Abbildung 8: Quantil-Quantil-Diagramm für die Residuen der Vorhersage der Fehlerangst.....	46
Abbildung 9: Histogramm der Residuen aus der Regressionsrechnung zur Vorhersage der Fehlerlernorientierung.....	47
Abbildung 10: Histogramm der Residuen aus der Regressionsrechnung zur Vorhersage der Fehlerangst.....	47

II. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Deskriptive Statistiken für die Modellvariablen	39
Tabelle 2 Korrelation zwischen den Modellvariablen.....	41
Tabelle 3 Aufnahmereihenfolge der Prädiktoren mit entsprechender Modellbezeichnung	43
Tabelle 4 Multiple Regression zur Vorhersage der Fehlerlernorientierung	49
Tabelle 5 Multiple Regression zur Vorhersage der Fehlerangst.....	53

III. Abkürzungsverzeichnis

FA	Fehlerangst
FLO	Fehlerlernorientierung
KESS 7	Kompetenzen und Einstellungen von Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe sieben
MSK	Mathematisches Selbstkonzept
SchüFekU	Schüler*innenfragebogen zur Fehlerkultur im Unterricht
VIF	Varianzinflationsfaktor

1 Einleitung

Fehler – wir begegnen ihnen in allen Lebenssituationen. Aber was sind Fehler? Ist es in Ordnung Fehler zu machen oder beschämend? Sind Fehler tatsächlich furchtbar oder sind sie vielleicht doch fruchtbar?

Mit Fragestellungen rund um das Thema Fehler befasste sich auch Enzensberger in seinem Gedicht „Gegebenenfalls“.

„Gegebenenfalls

Wähle unter den Fehlern,
die dir gegeben sind,
aber wähle richtig.
Vielleicht ist es falsch,
das Richtige
im falschen Moment
zu tun, oder richtig,
das Falsche
im richtigen Augenblick?
Ein Schritt daneben,
nicht wieder gut zu machen.
Der richtige Fehler,
einmal versäumt,
kehrt nicht so leicht wieder.“

(Hans Magnus Enzensberger (1999). „Leichter als Luft: Moralische Gedichte“. S. 80)

Der Mensch in der heutigen Gesellschaft tendiert dazu, allein das Positive zu achten und das Scheitern stets zu vermeiden, denn die damit verbundenen Fehler gelten oft als negativ oder sogar minderwertig und beschämend (Oser und Spychiger 2005; Appelt 1933). Im schulischen Kontext erscheint hier insbesondere das Fach Mathematik prädestiniert für Fehler, da durch die strikten mathematischen Normen Fehler recht eindeutig als solche gekennzeichnet sind, was mit einer relativ klaren Zuweisung von Richtig und Falsch einhergeht (Spychiger, Oser, Hascher und Mahler 1999; Steuer 2014). Entgegen vieler erster Assoziationen zum Begriff Fehler können diese durchaus eher fruchtbar als furchtbar sein. Um Fehler als Lernchance zu begreifen und negativen, durch Fehler bedingten Emotionen im Mathematikunterricht vorzubeugen, erscheint eine positive Fehlerkultur sinnvoll und von hohem Nutzen. Die vorliegende Arbeit widmet sich in erster Linie

der persönlichen Einstellung der Schüler*innen gegenüber, sowie ihrem Umgang mit Fehlern im Mathematikunterricht.

Bereits seit mehreren Jahrhunderten kommt dem Lernen aus Fehlern z. B. im Rahmen der Märchenerzählungen eine tragende Rolle zu. In ihnen werden die sozialen und moralischen Fehler anderer erkannt und im eigenen Leben entsprechend vermieden, was u. a. zum Aufbau eines „geteilten Wissens“ und einer gesellschaftlichen Kontrollinstanz führte (Oser, Hascher und Spychiger 1999, S. 21). Die Notwendigkeit des bewussten Umgangs mit Fehlern ist durch die damals neuen und teilweise nur schwer beherrschbaren Technologien vermutlich auf die Zeit der Industrialisierung zurückzuführen (Bienenstein und Rother 2009), entwickelte sich jedoch insbesondere in den 1970er und 1980er Jahren durch die aufkommenden Kognitionstheorien sehr fruchtbar (Zapf und Reason 1994).

Bisherige Untersuchungen befassten sich hauptsächlich mit dem adaptiven Umgang mit Fehlern oder der Vorhersage weiterer Konstrukte durch die Einstellung gegenüber und den Umgang mit Fehlern. In Abgrenzung dazu stellt sich im Rahmen der vorliegenden Arbeit primär die Frage, ob und wie die persönlichen Gefühle der Lernenden im Umgang mit Fehlern im Mathematikunterricht prognostiziert werden können. Insbesondere werden in diesem Zusammenhang die Skalen Fehlerlernorientierung (FLO) und Fehlerangst (FA) von Lernenden im Mathematikunterricht als Grundlage einerseits für die Einstellung der Lernenden gegenüber Fehlern und andererseits für die Emotionen beim Umgang mit Fehlern fokussiert.

Im Rahmen der Beleuchtung des theoretischen Hintergrundes in Kapitel zwei werden relevante Begriffe und Modelle bezüglich der Fehlerkultur im Mathematikunterricht und des Selbstkonzepts genauer betrachtet. Anschließend werden bei der Auseinandersetzung mit dem aktuellen Forschungsstand bisherige Erkenntnisse im Zusammenhang mit diesen Konstrukten sowie bestehende Lücken in diesem Forschungsgebiet aufgezeigt. Das dritte Kapitel befasst sich mit der präzisen Einbettung der vorliegenden Arbeit in den Forschungskontext und leitet theoriebasiert die zentralen

Fragestellungen her. Hier wird außerdem die Relevanz der Untersuchung begründet und betont.

In dem anschließenden vierten Kapitel wird das methodische Vorgehen im Rahmen der Erhebung beschrieben. Dazu gehören die Untersuchungsform, die Stichprobe und das Vorgehen, die verwendeten Instrumente, der Umgang mit besonderen Datenpunkten sowie die Auswertungsstrategien. Die genaue Darstellung der Ergebnisse erfolgt in Kapitel fünf.

Abschließend werden diese im sechsten Kapitel diskutiert. Dafür werden die Ergebnisse zunächst zusammengefasst und wiederum in den theoretischen Kontext eingebettet. Zudem werden die Grenzen der Untersuchung aufgezeigt und diskutiert. Das Kapitel schließt mit einem Ausblick auf mögliche weiterführende Untersuchungen.

Der verwendete Fragebogen ist im Anhang beigefügt.

2 Theorie

Im Rahmen des theoretischen Hintergrunds werden in diesem Kapitel bezüglich der Fehlerkultur insbesondere der Fehlerbegriff, die Theorie des Negativen Wissens¹ und der positiven Fehlerkultur auch im Hinblick auf den Mathematikunterricht ausführlich betrachtet. Auf Grund der erachteten Relevanz für das Thema der vorliegenden Arbeit insgesamt wird auf den theoretischen Hintergrund der Fehlerkultur in dieser Arbeit verstärkt eingegangen, obwohl sich die empirische Untersuchung primär auf die Empfindungen der Lernenden im Hinblick auf Fehler und einen entsprechenden Umgang bezieht.

Weiterhin wird das Konstrukt des Selbstkonzepts mit dem hierarchischen Modell nach Shavelson, Hubner und Stanton (1976) kurz erläutert. Anschließend erfolgt die Eingliederung der Fehlerkultur und des mathematischen Selbstkonzepts (MSK) in den Stand der aktuellen Forschung. In diesem Zusammenhang wird auch verdeutlicht in welchen Bereichen der Forschung Lücken bestehen und inwiefern sich die Fragestellung der vorliegenden Arbeit in diese einfügt.

2.1 Fehlerkultur

Die Fehlerkultur erweist sich bei genauerer Betrachtung nicht nur im schulischen Kontext, sondern in jeglicher Lebenssituation eines jeden Menschen als bedeutsam. Dabei können Folgehandlungen auf einen Fehler zunächst automatisiert erscheinen. Inwiefern hier jedoch oftmals primär ein Lernprozess erfolgt, wird in dem folgenden Kapitel näher beleuchtet.

Während der Literaturrecherche zum Thema Fehlerkultur im Unterricht erwiesen sich die Publikationen um den Schweizer Pädagogen Fritz Oser als besonders aufschlussreich. Einige dieser Arbeiten entstanden in Zusammenarbeit mit beispielsweise Maria Spsychiger und Tina Hascher. Zudem war festzustellen, dass sich ein immenser Anteil der Veröffentlichungen rund um die Thematik der Fehlerkultur seit der Jahrhundertwende auf

¹ Das Wort „negativ“ wird in der vorliegenden Arbeit im Rahmen der Begriffsverwendung „Negatives Wissen“ als Eigenname stets großgeschrieben.

Arbeiten von Oser und seinen Kolleg*innen beruft (unter vielen weiteren seien hier Dresel, Schober, Ziegler, Grassinger und Steuer 2013; Gartmeier, Bauer, Gruber und Heid 2008; Heinze 2004; Seifried und Wuttke 2010; Steuer 2014 und Tulis 2010 genannt).

Insbesondere werden in dem ersten Unterpunkt dieses Kapitels der Fehlerbegriff (auch in Abgrenzung zum Irrtum) und die Theorie des Negativen Wissens genauer betrachtet. Anschließend wird das Konstrukt der Fehlerkultur als solches definiert und im schulischen Kontext des Mathematikunterrichts näher erläutert. Im Zuge dessen werden auch die der Untersuchung zu Grunde liegenden Einstellungsmerkmale FLO und FA vorgestellt.

2.1.1 Fehler und Negatives Wissen

Eine tiefgreifende Befassung mit dem Thema der Fehlerkultur, führt zunächst zu einer näheren Auseinandersetzung mit dem Fehlerbegriff. Dieser wird im Alltag in vielerlei Situationen verwendet, seien es flüchtige, grobe, schwerwiegende, kluge Fehler oder beispielsweise auch solche, die die Schönheit betreffen. Nach der Unterscheidung von Weimer (1925) lässt sich vereinfacht zusammenfassen: einige Fehler *hat* man, andere *macht* man.

Die folgenden Betrachtungen beziehen sich auf jene Fehler, die man *macht*. Bei näherer Sichtung der Literatur zur Fehlerthematik fällt auf, dass es viele unterschiedliche Ansichten und Definitionen in Bezug auf Fehler gibt. Die Schwierigkeit findet sich dabei hauptsächlich in der klaren Trennung von Korrektem und Nichtkorrektem, da eine solche Grenze Voraussetzung für die Beurteilung darüber ist, ob es sich bei einer bestimmten Handlung oder Äußerung tatsächlich um einen Fehler handelt oder nicht (Heinze 2004). Keller (1980) beschreibt Fehler beispielsweise sehr allgemein als „Frustration von Erwartung“ und Hartinger dagegen etwas schärfer, indem er äußert „Fehler bezeichnen grundsätzlich die Abweichung von einer – wie auch immer – als richtig gesetzten Norm“² (Hartinger 1997, zitiert nach Schoy-Lutz 2005, S. 33). Der Bezug auf eine gesetzte Norm überbrückt dabei die von

² Die Formatierung von Schoy-Lutz wurde hier nicht übernommen.

Heinze genannte Schwierigkeit hinsichtlich der deutlichen Abgrenzung von Richtig und Falsch. Eine weitere Formulierung liefert Weimer (1925), der den Fehlerbegriff klar vom Irrtum absetzt. Einen Fehler beschreibt er demnach als „Handlung, die gegen die Absicht ihres Urhebers vom Richtigen abweicht und deren Unrichtigkeit bedingt ist durch ein Versagen psychischer Funktionen“ (Weimer 1925, S. 5). Unter ebendiesen psychischen Funktionen versteht er beispielsweise den Mangel an Konzentration, Aufmerksamkeit und Wahrnehmungsschärfe. Ein Irrtum hingegen liegt vor, wenn die betroffene Person in einem seelischen Zustand verharret, in der sie das Falsche als Richtig annimmt, was schließlich auf die Unkenntnis bestimmter Tatsachen zurückzuführen ist und nicht etwa auf das Versagen psychischer Funktionen (ebd.). Weimers Formulierung des Fehlerbegriffs als vom Richtigen abweichende Handlung ist der von Hartinger letztlich nicht besonders fern. Sie unterscheiden sich jedoch dahingehend, dass Weimer zusätzlich einen Urheber der Handlung erwähnt, gegen dessen Absicht die Abweichung strebt. Dies impliziert ausdrücklich, dass an dieser Situation mehrere Personen beteiligt sein können, wobei dieser Urheber die Norm festlegt. Der Ursprung der Norm bei Hartinger wird eher allgemein gefasst.

Oser und Hascher (1996) formulieren schließlich den Fehlerbegriff nicht nur als Normabweichung, wie in den bisherigen Formulierungen, sondern räumen dem Fehler zusätzlich einen funktionalen Aspekt ein.

„Ein ‚Fehler‘ ist ein von einer Norm abweichender Sachverhalt oder Prozeß, der es überhaupt erst ermöglicht, den diesem Sachverhalt oder Prozeß entgegengesetzten richtigen normbezogenen Sachverhalt in seinen Abgrenzungen zu erkennen.“ (Oser & Hascher 1996, zitiert nach Rollett 1999, S. 72)

Diese Formulierung verdeutlicht, dass das Falsche erst das Richtige als solches beleuchtet und abgrenzt, weshalb Oser et al. (1999) hier auch den Begriff „Abgrenzungswissen“ verwenden. Dem Fehler an sich, welcher typischerweise eher negativ konnotiert ist, wird in dieser Definition somit eine durchaus positive Funktion zugesprochen. In Anlehnung an den Fehlerbegriff von Oser und Hascher formulierte Heinze (2004) eine Definition speziell

für den Mathematikunterricht. Demzufolge ist ein Fehler „eine Äußerung, die gegen die allgemeingültigen Aussagen und Definitionen der Mathematik sowie gegen allgemein akzeptiertes mathematisch-methodisches Vorgehen verstößt“ (Heinze 2004, S. 223). Heinze betont dabei, dass die fehlende Erwähnung der positiven Funktion von Fehlern diese hier keines Falls negieren soll. Die Formulierung stelle lediglich eine Betrachtung aus anderer Perspektive dar (ebd.).

Obwohl Heinze (2004) eine Fehlerdefinition explizit für den Mathematikunterricht verfasst hat, soll wegen der fehlenden Betonung der positiven Fehlerkomponente in der vorliegenden Arbeit für die Festlegung einer Definition nicht auf den Fehlerbegriff von Heinze, sondern auf den von Oser und Hascher (1996, zitiert nach Rollett 1999) zurückgegriffen werden.

Diese Definition des Fehlers weist bereits deutlich auf das Lernpotential von Fehlern hin. Die typische einseitige Perspektive, Fehler seien negativ und würden auf menschliches Versagen hinweisen, erkennt nach Zapf, Frese und Brodbeck (1999) nicht, dass Fehler durchaus in wichtige Prozesse der Informationsverarbeitung münden können und Menschen – in deutlicher Abgrenzung zu Maschinen, die schließlich „ihren Geist aufgeben würden“ (Zapf et al. 1999, S. 400) – letztlich auch in fehlerhaften Situationen noch handlungsfähig sind. Aus Fehlern zu lernen bedeutet nach Oser et al. (1999) gleichermaßen auch Grenzen zu erleben und als Konsequenz eben diese Fehler in Zukunft zu vermeiden. Das Fehlermachen allein reicht jedoch nicht aus, um daraus zu lernen und eine entsprechende Änderung hervorzurufen. Bereits Appelt (1933) betont, dass ein Fehler zunächst erkannt und eingesehen werden muss. Als Folge dessen sollte innerlich Ärger über den Fehler herrschen und dem Falschen gegenüber keine Toleranz, sondern ein notwendiger Widerstand bestehen (Oser und Spychiger 2005).

Nachdem nun die Frage nach dem Fehlerbegriff im Allgemeinen geklärt ist, wird im Anschluss der Fehler im Kontext des Mathematikunterrichts betrachtet, der im Rahmen dieser Arbeit fokussiert wird. Dazu wird näher untersucht, welche Arten von Fehlern im Mathematikunterricht typisch sind. Fehler sollten zunächst nicht isoliert, sondern im Kontext des Auftretens

betrachtet werden (Heinze 2004). Sowohl Lehrperson, als auch Lernende sollten sich hier entsprechend fragen, ob ein Fehler im Zuge der Erarbeitung eines neuen Sachverhalts oder im Rahmen einer Leistungssituation, beispielsweise einer Klassenarbeit, in welcher bereits bekannte Zusammenhänge abgefragt werden, aufgetreten ist. Eine Befragung von Lernenden der zehnten Klasse im Jahr 1993 bezüglich ihrer Einstellung gegenüber Fehlern ergab, dass sie Fehler abhängig vom situativen Kontext nicht immer als hilfreich empfinden (Oser et al. 1999). So bewerten sie Fehler als erlaubt, wenn das Wissen zum Thema noch gar nicht hoch sein kann oder niedrig ausfallende Konsequenzen zu erwarten sind. In Leistungssituationen hingegen empfanden die Lernenden das Fehlermachen sogar als unverzeihlich (ebd.).

Bereits 1933 betonte Appelt, dass zahlreiche Fehlerursachen oft im Verborgenen bleiben und demnach nicht sicher festgestellt werden können. Letztlich können Fehler auch verdeutlichen, dass die Lernenden etwas falsch verstanden haben, weil beispielsweise die Erläuterung der Lehrperson nicht hinreichend war oder die Lehrperson die Schwierigkeiten der Lernenden nicht erkannt hat (ebd.). 1980 erklärt auch Radatz, dass entgegen früherer Annahmen im Rahmen der behavioristischen Erziehungstheorie Unsicherheit und Nachlässigkeit meist nicht die Ursache von Fehlern darstellen. Vielmehr basieren Fehler im Mathematikunterricht auf vorangegangenen unterrichtlichen Erfahrungen (ebd.).

Um speziell für den Mathematikunterricht Fehler zu spezifizieren sei hier die Unterteilung von Schmassmann (1992, zitiert nach Oser et al. 1999) aufgeführt, wonach Schnittstellenfehler (Fehler im Umgang mit Symbolen), Verständnisfehler (Fehler bei der Wissensvernetzung), Automatisierungsfehler (Fehler bei der Kombination verschiedener Symbole) und Umsetzungsfehler (Fehler bei Transferleistungen) betrachtet werden. Käser (2011) erachtet hier eine weit größere Unterscheidung als fruchtbar, nämlich die in *systematische* und *typische Fehler*, wobei er für erstere auf eine Definition von Cox (1975) zurückgreift. Demnach sind *systematische Fehler* solche, die gehäuft auftreten und eine algorithmische Struktur aufweisen. Die Häufung

wird hier sogar klar mit drei von fünf Fällen definiert (Cox 1975). *Typische Fehler* hingegen treten bei bestimmten Aufgabenformaten grundsätzlich gehäuft auf und unterscheiden sich insbesondere darin von den *systematischen*, dass sie nicht nur bei einem Individuum, sondern in der Population der Lernenden auftreten (Käser 2011).

Die Unterschiedlichkeit der Ansichten über Fehler im Mathematikunterricht betont umso mehr die Wichtigkeit der Betrachtung des Kontextes, in dem ein Fehler aufgetreten ist auf der einen Seite sowie eine Auseinandersetzung mit dem Fehler auf der anderen, um schließlich einen Lernprozess zu generieren.

Im Rahmen der Theorie des sogenannten Fehlerlernens wurde insbesondere durch Minsky (1994) und Oser et al. (1999) der Begriff des Negativen Wissens geprägt. Der theoretische Ansatz hinter dem Begriff erscheint aus Sicht von Oser und Spychiger (2005) sehr komplex, situativ und subjektiv.

„Unter Negativem Wissen verstehen wir jene Aspekte des Erkennens, die eine bisher erworbene Struktur ins Wanken bringen oder ihr aber eine unerschütterbare Sicherheit geben. Wenn Negatives Wissen das Gegenteil von dem ist, was eine Sache konstituiert, dann muss die Erkenntnis von jedem Begriff und jedem Konzept, die im Lernprozess erworben werden, genau dieses Negative Wissen als Konstituente mit einbeziehen.“ (Oser und Spychiger 2005, S. 11)

Negatives Wissen meine demnach das Wissen darüber, was oder wie etwas nicht ist bzw. nicht funktioniert, um herauszufinden was oder wie es denn tatsächlich ist bzw. funktioniert. Ebenso gehöre beim Ausschlussprinzip auch das Ausgeschlossene zum letztlichen Wissen über das Nichtausgeschlossene und somit betonen Oser und Spychiger (2005) das Negative Wissen als gleichzeitige und gleichwertige Begleitung des Positiven Wissens. Aus Fehlern zu lernen bedeutet demnach also auch zu vergleichen und in diesem Sinne Unterscheidungskwissen zu erlangen (Spychiger et al. 1999). Unter Bezugnahme auf den metaphorischen Vergleich von Glasersfeld (1991) – Wissen sei im konstruktivistischen Sinne eine Karte dessen, was die Realität erlaubt – ergänzen Gartmeier et al. (2008) das Negative Wissen auf dieser Karte als ungünstige Wege, nachteilige Routen oder falsche Abbiegungen. Zur Betonung des positiven Aspekts Negativen

Wissens nennen sie als Beispiel einen Taxifahrer, der einen Umweg fährt, weil er weiß, dass er auf dem kürzesten Weg durch Bauarbeiten länger brauchen würde (ebd.).

Der Aufbau Negativen Wissens erfolgt zumeist über das Fehlermachen selbst und die Bewusstwerdung darüber, da dies mit dem Bedürfnis oder zumindest dem Ruf nach dem Richtigen einhergeht (Oser und Spychiger 2005). Das Fehlerlernen erscheint damit in einem kontrafaktischen Licht, denn die Einsicht darüber, dass ein bestimmtes Handeln nicht zielführend ist, erfolgt ungewollt erst durch ebendieses Handeln (Oser et al. 1999). Ähnlich wie beim Lernprozess nach einem Fehler ist jedoch auch der Aufbau Negativen Wissens nach dem Fehlermachen nicht selbstverständlich. Hierzu braucht es nach Oser et al. (1999) *sinnvolle Fehler*, denen am Ende ein sicheres Beherrschen folgt. Zudem muss in Bezug auf Richtig und Falsch fest verankertes Wissen vorhanden sein. In Abgrenzung dazu sehen sie *unsinnige Fehler* als solche an, welche sich wiederholen und keine künftige Fehlervermeidung zur Folge haben (ebd.). Nach dem Aufbau Negativen Wissens folgt durch das Rekonstruieren des „Falsch-Richtig-Gefälles“ ein Prozess der Handlungsanpassung. Zunächst wird dabei kontrastiv zwischen Richtig und Falsch abgeglichen, worauf anschließend eine veränderte automatisierte Handlung folgt (Oser und Spychiger 2005).

Grundlegend sollten fehlerhafte Handlungen entsprechend als Anlass für neue Erkenntnisse begriffen werden. Sogar Befunde aus der Neurophysiologie deuten inzwischen darauf hin, dass schneller gelernt wird, wenn zunächst eine fehlerhafte, statt einer korrekten Vermutung zu einem Zusammenhang aufgestellt wurde (Wills, Lavric, Croft und Hodgson 2007).

2.1.2 Fehlerkultur im Mathematikunterricht

Die Konsequenzen von Fehlern können in jeglichen Situationen sehr unterschiedlich sein. Der Schulunterricht stellt in Bezug auf Fehler ein sehr offenes System dar, in dem – im Gegensatz beispielsweise zu lebensrettenden Maßnahmen – Fehler zugelassen werden dürfen, sogar sollen, und stets neue Korrekturen erfolgen können (Oser und Spychiger 2005).

Die Fehlerkultur fußt nach Spychiger et al. (1999) auf zwei verknüpften

Pfeilern: dem, der ermutigt und Hemmungen abbaut sowie dem, der sich auf die Didaktik und die fehlerbezogene Lernprozessausrichtung bezieht. Schlussfolgernd kann man diese Pfeiler als einen pädagogischen und einen didaktischen Pfeiler bezeichnen.

Das Ziel einer positiven Fehlerkultur ist letztlich die wirkungsvolle Fehlervermeidung oder sogar -abwesenheit in Kontrollsituationen durch das Fehlermachen in Verarbeitungsphasen (Oser und Spychiger 2005). Der Begriff der Fehlerkultur im unterrichtlichen Rahmen meint somit Gelegenheiten zum Aufbau von Unterscheidungswissen in mündlichen sowie schriftlichen Interaktionen so zu bieten, dass die Lernenden statt Einschränkung Spaß daran erleben (Oser und Spychiger 2005; Spychiger et al. 1999). Bereits hier wird deutlich, dass das didaktische Verhalten der Lehrperson einen maßgeblichen Beitrag zur Fehlerkultur leistet. Die Wichtigkeit der Handlungen durch die Lehrperson soll hier der Vollständigkeit halber betont und kurz beleuchtet werden, obwohl der Fokus im Rahmen dieser Arbeit auf den Lernenden und ihrer individuellen Einstellung gegenüber Fehlern im Mathematikunterricht liegt.

Fehler im Unterricht werden sowohl von Lehrpersonen, als auch von Lernenden oft als Störungen aufgefasst und abgetan, statt als Lernsituationen erkannt. Auch in Anlehnung an Weimers Unterscheidung zwischen Irrtum und Fehler betonen Oser et al. (1999) daher insbesondere die Wichtigkeit des Fehlersuchens sowie die anschließende Korrektur und Begründung in drei Schritten. Erstens müssen das Falsche sowie die entsprechende Konsequenz erkannt werden. Als Zweites muss der Fehler in seinem Entstehen nachvollzogen und verstanden werden, sodass an dritter Stelle die Möglichkeit zur Korrektur besteht (ebd.).

Oftmals sprechen Lehrpersonen im Unterrichtskontext von der Wichtigkeit der Fehlertoleranz und dem damit einhergehenden Verständnis gegenüber Fehlern. Dieser Ansatz wird von Oser und Spychiger (2005) jedoch als unerträglich und zweideutig empfunden.

„Fehler und Falsches können nicht einfach zugelassen werden; sie müssen vermieden werden, damit das Richtige seinen Platz in der Welt

erhält. Umgekehrt muss jeder Lernprozess durch Falsches hindurch zum Richtigen finden. [...] Man kann auf das Falsche nicht verzichten, will man das Richtige richtig erkennen. Man muss aber das Falsche bekämpfen, damit es ein Richtiges richtig wird.“ (Oser und Spychiger 2005, S. 13)

Dennoch erscheint der Ansatz, Fehlern nicht im negativen Sinne zu begegnen hilfreich, denn die Entfaltung des Lernpotenzials der Fehler hängt nicht zuletzt von dem Umgang der Lehrpersonen sowie der Lernenden mit ihnen ab. Genauer stellt sich hier die Frage danach, auf welche Weise auf Fehler eingegangen wird und insbesondere auch, ob ihnen Strafen folgen (Wuttke, Seifried und Mindnich 2008). An dieser Stelle wird besonders deutlich, dass im Unterricht ein subtiler Umgang mit Fehlern gefragt ist, um diese zunächst sinnvoll zu nutzen und sie später vermeiden zu können. Oser und Spychiger (2005) verstehen darunter eine kontrastierende Konfrontation mit dem Richtigen, bei der ein Bewusstsein über die Situation entsteht, in der der Fehler aufgetreten ist. Insbesondere betonen sie hier, dass ein innerer Anspruch auf das Richtige bestehen sollte und kein Lerner von außen beschämt werden darf, da dies den Aufbau des Negativen Wissens gefährdet und folglich kein Lernprozess stattfindet. Die Gelegenheit zur Wiederholung einer Handlung und in diesem Sinne zur Korrektur des Fehlers schafft hier Sicherheit im allgemeinen Umgang mit Fehlern (Oser und Spychiger 2005). Um den Lernenden dies zu ermöglichen, ist das Bestehen einer gewissen Vertrauensbasis innerhalb der Klasse unerlässlich, weswegen auch der Begriff der Vertrauenskultur als Dimension der Fehlerkultur verwendet wird (Spychiger et al. 1999). So ist beispielsweise ausdrücklich erwünscht, dass sich Lehrpersonen emotional positiv an den Lösungen oder gefundenen Alternativen beteiligen, um negative Situationen seitens der Lernenden möglichst zu vermeiden und den Lernprozess auf diese Weise zu unterstützen (ebd.; Oser et al. 1999). Letztlich ist aber auch das Klima unter den Lernenden von sehr hoher Bedeutung. Eine Unterscheidung in sogenannte *positive* und *negative Beschämer* (Oser und Spychiger 2005) liefert hier einen genaueren Einblick in die Emotionen der Lernenden nach einem Fehler. Die *positiven Beschämer* meinen demnach ein gewisses Maß an Scham oder Wut sich selbst gegenüber wegen eines Fehlers oder eines Hinweises einer

vertrauten Person bezüglich eines Fehlers. Im Gegensatz dazu meinen *negative Beschämer* Demütigung und Verletzung der Integration derjenigen Person, die einen Fehler gemacht hat (ebd.). Diese baut dadurch statt Negativem Wissen eher Hass gegenüber den anderen beteiligten Personen auf und der Lernprozess wird entsprechend gestoppt. Schließlich überwiegt die empfundene Unfähigkeit durch die Demütigung gegenüber den Erfolgen (ebd.), sodass sich insgesamt ein unbefriedigendes Gefühl bezüglich der Schule im Allgemeinen oder auch konkret des Mathematikunterrichts aufbaut. In diesem Zusammenhang entsteht die Assoziation zum Thema Angst, welches an späterer Stelle beleuchtet wird.

Im Rahmen einer positiven Fehlerkultur sollten die Lernenden dennoch die Möglichkeit bekommen, aus den Fehlern der anderen zu lernen, was nach Oser und Spychiger (2005) zum Aufbau „advokatorischen“ Negativen Wissens führt, also dem stellvertretenden Lernen aus Fehlern. Fehler einzelner Lernender im Klassenverband publik zu machen, kann sich demnach einerseits positiv auswirken, indem alle daraus lernen können und andererseits negativ, indem über diese Lernenden ein soziales Urteil gefällt wird (Oser et al. 1999). Aufgrund dieses ambivalenten Effekts erscheint eine gute Vertrauensbasis umso bedeutsamer für eine positive Fehlerkultur im Mathematikunterricht. Schließlich formuliert Schüttelkopf (2015) klare Regeln um eine positive Fehlerkultur zu schaffen, nach denen auf Schuldzuweisungen und Blamage verzichtet werden soll. Stattdessen braucht es im Umgang mit Fehlern Lösungsorientierung, Gemeinschaft und Kommunikation sowie Unterstützung und Zuversicht (Schüttelkopf 2015).

Betrachtet man nun den Lernenden individuell in seinem Umgang mit Fehlern im Mathematikunterricht, so erscheinen zwei Konstrukte von besonderer Bedeutung: die Lernorientierung in Bezug auf Fehler (FLO) und die Angst vor Fehlern (FA). Diese zwei Aspekte untersuchten Spychiger, Kuster und Oser (2006) neben zwei weiteren zum Verhalten der Lehrperson, bezüglich der Fehlerkultur im Unterricht. Die Konzepte der FLO und der FA werden im Folgenden kurz erläutert.

Der FLO wohnt eine sehr hohe Bedeutung inne, da sie neben dem Unterrichtsklima als Grundbedingung von Fehlerkultur aufgefasst wird (Spychiger et al. 2006). Dabei geht es in erster Linie um die Zuwendung zum Fehler und den entsprechenden Umgang im kognitiven Bereich, also beispielsweise um Fehlerstrategien, die Intensität, mit der sich dem Fehler zugewandt wird oder die Fehlerbereitschaft (ebd.). Selbstverständlich sollten nicht nur die Lernenden eine hohe Lernbereitschaft in Bezug auf Fehler aufweisen, auch die Lehrpersonen sollten über eine hohe FLO verfügen und diese entsprechend auch vermitteln. Da die vorliegende Arbeit sich jedoch in erster Linie den Lernenden zuwendet, soll dies hier nicht weiter ausgeführt werden³.

Die FA konnte im Rahmen der bisherigen Ausführung bereits als bedeutsamer Aspekt im Umgang mit Fehlern vermutet werden, insbesondere im Zusammenhang mit den *negativen Beschämern*. Appelt (1930) betont, man müsse sich in die Seele des Schülers versetzen und berücksichtigen, dass den Lernenden ihre Fehler oft peinlich sind und beschreibt die Erfahrung, dass die Furcht vor dem Fehlermachen teilweise so stark sein kann, dass die Lernenden sich im Unterricht kaum noch zu etwas äußern. Ein hierfür gängiges Konstrukt ist mit Sicherheit die Prüfungsangst, bei der die Lernenden Sorge haben, gewissen Anforderungen nicht gerecht zu werden oder das Gelernte plötzlich zu vergessen. Diese Angst kann den Lernprozess durchaus negativ beeinflussen, da negative Emotionen letztlich eine Antwort auf negativ bewertete Ergebnisse sind (Stein und Trabasso 1991; Spsychiger et al. 2006). Heinze, Ufer, Rach und Reiss (2012) führen die negativen Assoziationen im Zusammenhang mit Fehlern darauf zurück, dass Fehler zu den wichtigsten Kriterien im Rahmen einer Leistungsbewertung gehören. Die FA geht dabei in gewissem Maße mit einer empfundenen Bedrohlichkeit gegenüber der Aufgabe oder Situation einher, was den Aufbau Negativen Wissens hemmen kann. Auf der anderen Seite kann die FA in einer bestimmten Ausprägung jedoch auch lernwirksam sein (Oser und

³ Die FLO der Lehrperson wird im Rahmen der Untersuchungen von Spsychiger et al. unter dem Aspekt der Fehlerfreundlichkeit verbucht, s. Spsychiger et al. 2006.

Spychiger 2005).

Hier ist zu betonen, dass die FA nicht als negatives Pendant zur FLO aufgefasst werden soll. Beide Konstrukte werden als voneinander unterschiedlich aufgefasst und bilden nicht die beiden Extrema einer zentralen Skala (Spychiger et al. 2006; Kreutzmann et al. 2014).

2.2 Selbstkonzept

Bei tieferer Auseinandersetzung mit dem Ursprung des Selbstkonzepts trifft man nahezu zwangsläufig auf Literatur von James, welcher 1892 eine bedeutende Arbeit veröffentlichte, infolge derer er als Begründer der Selbstkonzeptforschung angesehen werden kann (Möller und Trautwein 2015). James stellte sich die Frage, weshalb zwei Personen mit ganz ähnlichen Fähigkeiten doch ganz unterschiedliche Bilder von sich selbst haben können und letztlich entsprechend zufrieden oder unzufrieden mit sich selbst sind. Im Zuge solcher Überlegungen differenzierte er das Selbst und fokussierte somit einerseits das „I“ als betrachtendes Subjekt oder Beobachter*in und andererseits das „Me“ als betrachtetes Objekt oder Beobachtete*r, welches letztlich auch dem Selbstkonzept entspricht (James 1892/1999).

Ein positives Selbstkonzept bildet im pädagogischen Sinne ein bedeutendes Erziehungsziel, da es eng mit dem psychischen Wohlbefinden nicht nur bei Kindern und Jugendlichen, sondern auch bei Erwachsenen verknüpft ist (Möller und Trautwein 2015). Der Begriff des Selbstkonzepts meint heute persönliche Einschätzungen und Einstellungen bezüglich der eigenen Person, welche einerseits auf globaler Ebene die Person an sich und andererseits auf rationaler Ebene die Fähigkeiten sowie Kompetenzen berücksichtigen (ebd.). Shavelson et al. (1976) beschreiben das Selbstkonzept als Wahrnehmung der eigenen Person, welche von eigenen Erfahrungen, Umwelteinflüssen und bedeutsamen Bezugspersonen geformt wird. Zudem sehen sie hinter dem Begriff des Selbstkonzepts ein multidimensionales Konstrukt, welches sie in ihrem hierarchischen Selbstkonzeptmodell⁴ präsentieren (ebd.).

⁴ Möller und Trautwein (2015) führen das Modell auch in deutscher Sprache auf.

Die höchste Ebene bildet dabei das allgemeine Selbstkonzept, welches sich auf zweiter Ebene in schulische und nicht-schulische (soziale, emotionale und physische) Aspekte untergliedert. An dieser Stelle soll nur das schulische Selbstkonzept untersucht werden. Dieses unterteilt sich auf dritter Ebene in fachspezifische Kategorien, zu denen auch das MSK gehört. In weiteren unteren Ebenen werden Teilfertigkeiten und eigene Verhaltensbewertungen in speziellen Situationen platziert (ebd., Möller und Trautwein 2015, S. 180). Weiterhin nahmen Shavelson et al. (1976) an, dass sich das Selbstkonzept mit dem Entwicklungsverlauf der Person weiter ausdifferenziert.

Dieses erste hierarchische Modell wurde später revidiert, indem eine Unterteilung des schulischen Selbstkonzepts in das mathematische und das verbale Selbstkonzept erfolgte (Marsh, Byrne und Shavelson 1988). Unter die mathematische Komponente fällt dabei neben dem Fach Mathematik beispielsweise auch das Fach Physik, während das verbale Selbstkonzept u. a. auch die Fremdsprachen und das Fach Geschichte umfasst (ebd.).

Es lässt sich im Rahmen der bisherigen Ausführungen durchaus erkennen, dass das Selbstkonzept von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst wird. Insbesondere ist in diesem Zusammenhang der Big-Fish-Little-Pond-Effekt, im Deutschen auch Fischteicheffekt, zu nennen. Dieser besagt zusammengefasst, dass Lernende mit vergleichbarer Begabung ein höheres Selbstkonzept entwickeln, wenn sie eine Schule mit geringem Begabungsniveau besuchen und umgekehrt ein geringeres Selbstkonzept aufweisen, wenn sie eine Schule mit hohem Begabungsniveau besuchen (Marsh 2005). Metaphorisch gesprochen spiegeln diese Situationen einen großen Fisch in einem kleinen Teich und einen kleinen Fisch in einem großen Teich wider. Dieser Effekt erscheint nachvollziehbar, da sich Personen in Relation zu ihren jeweiligen Bezugsgruppen vergleichen.

In der Forschung werden zwei Ansätze bezüglich des Selbstkonzepts beleuchtet: *skill development* und *self enhancement* (Dickhäuser 2006). Laut dem Ansatz des *skill development* wird das Selbstkonzept einer Person teilweise von vorhergegangenen Erfahrungen bestimmt, wie beispielsweise

Leistungsergebnissen (ebd.). Hier finden folglich Vergleiche unter den Lernenden innerhalb der Bezugsgruppe, also beispielsweise der Klasse, statt, weswegen auch der Big-Fish-Little-Pond-Effekt diesem Ansatz zuzuordnen ist. Der zweite Ansatz des *self enhancement* beschreibt umgekehrt den Einfluss des Selbstkonzepts auf Leistungen oder künftiges Verhalten. Demnach besteht zwischen Leistungen und Selbstkonzept, wenn man beide Ansätze nebeneinander betrachtet, ein sich gegenseitig verstärkender Effekt (Möller und Trautwein 2015; Köller, Schnabel und Baumert 2000).

Lohbeck (2017) merkt an, dass Erkenntnisse zur eigenen Leistungsfähigkeit erst gefasst werden können, wenn die Leistung in Relation zu bestimmten Maßstäben betrachtet wird. Demnach liegt nahe, dass sich die individuell bevorzugte Wahl der dafür verwendeten Bezugsnorm auf die Entwicklung des Selbstkonzepts auswirkt. Je nach Bezugsnorm erfolgt dementsprechend ein Vergleich auf individueller Ebene (z. B. mit vorangegangenen Leistungen), auf sozialer Ebene (z. B. mit den Mitschüler*innen der eigenen Klasse) oder auf kriterialer Ebene (z. B. durch Orientierung an der Note oder anderen Normen) (ebd.).

2.3 Aktueller Forschungsstand

Das Selbstkonzept stand in den letzten Jahren im Zentrum zahlreicher Untersuchungen (z. B. Baumeister, Campbell, Krueger und Vohs 2003; Benölken 2014; Jopt 1978; Köller, Trautwein, Lüdtke und Baumert 2006; Rost, Dickhäuser, Sparfeldt und Schilling 2004; Schilling, Sparfeldt und Rost 2006) welche sich hauptsächlich mit Geschlechterunterschieden sowie Leistungszusammenhängen auseinandersetzten. Köller et al. (2006) stellten beispielsweise fest, dass sich das MSK zwischen den Klassenstufen zehn und zwölf für Lernende im Leistungskurs günstiger entwickelt, als für jene im Grundkurs. Schließlich spiegelte sich in dieser Untersuchung auch der Big-Fish-Little-Pond-Effekt wider (ebd.).

Das Konstrukt der Fehlerkultur wurde bisher in mehreren Studien sowohl im allgemeinen schulischen Kontext (vorrangig in der Grundschule, z. B. Oser et al. 1999; Spychiger et al. 2006; Kreutzmann, Zander und Hannover

2014; Seifried et al. 2010; Heimbeck, Frese, Sonnentag und Keith 2003), als auch speziell für den Mathematikunterricht untersucht (z. B. Cox 1975; Dresel et al. 2013; Grassinger und Dresel 2017; Rach, Ufer und Heinze 2012; Tulis 2010; Steuer, Rosentritt-Brunn und Dresel 2013). Insbesondere stellten Kreutzmann et al. (2014) fest, dass sich die FLO und die FA als prädiktiv für die schulische Selbstwirksamkeitserwartung erwiesen. Untersuchungen für das Fach Mathematik ergaben außerdem, dass Mädchen mehr Angst und Scham sowie ein niedrigeres MSK aufwiesen (Tulis 2010). Im Rahmen dieser Studie konnte die Hypothese, dass ein hohes Selbstkonzept negative Emotionen nach Misserfolgen abschwächt, jedoch nicht bestätigt werden. Eine weitere Untersuchung von Steuer et al. (2013) zeigte allerdings einen Zusammenhang zwischen dem MSK und dem Umgang mit Fehlern. Das MSK prognostizierte hier affektiv-motivational adaptive und in geringem Maße auch handlungsadaptive Reaktionen⁵ auf Fehler. In jüngster Zeit bestätigten auch Grassinger und Dresel (2017), dass ein hohes MSK mit adaptiven Reaktionen auf Fehler verbunden ist.

Justicia-Galiano, Martín-Puga, Linares und Pelegrina (2017) von der Universität Jaén in Spanien fanden heraus, dass das MSK den Zusammenhang zwischen der Mathematikleistung und der Angst im Fach Mathematik mediiert. Diese Angst bezieht sich jedoch allgemein auf Spannungsgefühle hinsichtlich der Mathematik und nicht explizit auf Fehler (ebd.).

Obwohl es durchaus schon Untersuchungen gegeben hat, die das MSK neben Aspekten der Fehlerkultur betrachtet haben, gibt es bisher keine näheren Untersuchungen im Sinne einer Prognose für die FLO oder die FA. Zumeist wurden diese Aspekte zur Vorhersage anderer Konstrukte verwendet (z. B. Kreutzmann et al. 2014). Weitere Studien (z. B. Steuer et al. 2013; Grassinger und Dresel 2017) fanden zwar heraus, dass das MSK Prognosen bezüglich des Umgangs mit Fehlern liefert, betrachteten jedoch nicht

⁵ Für einen adaptive Umgang mit Fehlern werden zwei Komponenten betrachtet: der *affektiv-motivational adaptive* Umgang (Lernmotivation und -freude aufrechterhalten und negative Reaktionen regulieren) und auf volitionaler Ebene der *handlungsadaptive* Umgang (Fehleranalysen, Bilden von Handlungsintentionen, Fehlerüberwindung) (Tulis et al. 2011; Grassinger und Dresel 2017).

ausdrücklich die persönliche und individuelle Einstellung der Lernenden gegenüber Fehlern sowie ihre diesbezüglichen Gefühle, insbesondere nicht im Hinblick auf die FA. Zudem wurde die Fehlerkultur über den Schüler*innenfragebogen zur Fehlerkultur im Unterricht (SchüFekU) bisher noch nicht in der Sekundarstufe II erhoben⁶. Die Nutzung des SchüFekU im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde jedoch durch den Einsatz des Fragebogens im Rahmen einer Pilotstudie an einer Berufsschule (Seifried et al. 2010) bestärkt.

⁶ Der SchüFekU eignet sich laut Spychiger et al. (2006) für die Klassenstufen vier bis neun. Da im Rahmen dieser Arbeit kein Grund zur Annahme einer Nichteignung für höhere Schulklassen besteht, wurde er trotz der Empfehlung eingesetzt.

3 Fragestellungen

Der Mathematikunterricht in der Schule liefert größtenteils eine sehr konkrete Annäherung an Richtig und Falsch sowie an bestimmte Vorgehensweisen (Spychiger et al. 1999). Hier erfolgt keine Bewertung eines Ergebnisses im Sinne von gut oder weniger gut, sondern größtenteils eindeutig in richtig und falsch (ebd.). Dies mag einen eher eingeschränkten Blick auf die Mathematik liefern, denn diese beinhaltet weitaus mehr als nur einen Algorithmus und ein entsprechendes Ergebnis. Dennoch vermag dieser oberflächlich erscheinende Vergleich bezüglich der Schulmathematik in Abgrenzung zu vielen anderen Unterrichtsfächern auf Grund der strikten Normen in der Mathematik zu greifen. Fehler sind dadurch schließlich relativ klar zu bestimmen, sodass hier eine dichotome Kategorisierung in Richtig und Falsch gefördert wird (Steuer 2014). In diesem Zusammenhang können Lernende mit dem Mathematikunterricht – aufgrund von erlebten Demütigungen, Bloßstellungen oder anderweitigen negativen Erlebnissen in Folge eines Fehlers – Angst oder andere negative Emotionen verbinden. Daher erscheinen die empfundene FA sowie die FLO für die persönliche Einstellung gegenüber Fehlern und dementsprechend auch für den individuellen Umgang mit ihnen sehr bedeutsam. Insbesondere im Mathematikunterricht muss demnach weiterhin für eine Fehlerkultur, für positive Aspekte des Fehlermachens und für den Blick auf Fehler als Lernchance sensibilisiert werden. Die Relevanz eines positiven Umgangs mit Fehlern im Mathematikunterricht ist schließlich im Hinblick auf den darauf aufbauenden Lernprozess nicht von der Hand zu weisen.

In diesem Rahmen stellt sich die Frage, ob – und wenn ja wodurch – die FLO und die FA beeinflusst werden und inwieweit man sie folglich mit Hilfe anderer Merkmale prognostizieren kann. Im Folgenden wird die Wahl der verwendeten Prädiktoren vorgestellt und begründet.

Zunächst wird vermutet, dass das Geschlecht einen Einfluss auf die FLO und die FA aufweist. Insbesondere für die FA wird die Aufnahme des Geschlechts als Prädiktor insofern bestärkt, als dass Tulis (2010) herausgefunden hat, dass Schüler*innen in Bezug auf Angst und Scham

Geschlechterunterschiede aufweisen.

Weiterhin soll die Klassenstufe als unabhängige Variable betrachtet werden. Diese repräsentiert hier in erster Linie das Alter der Schüler*innen, welches aus Gründen der Anonymität nicht erhoben wurde. Es wurde bereits herausgefunden, dass der Anteil der Schüler*innen, die sich durch die schulischen Anforderungen belastet fühlen mit dem Alter steigt (HBSC-Studienverbund Deutschland 2015). Da zu diesen schulischen Anforderungen auch Leistungsanforderungen im unterrichtlichen Rahmen zählen, welche wiederum mit Fehlersituationen verbunden sind, soll dies als Indiz für die Betrachtung der Klassenstufe in der Untersuchung der FLO und der FA betrachtet werden.

Eine Untersuchung im Hinblick auf eine positive Fehlerkultur und den schulischen Erfolg ergab, dass sich der adaptive Umgang mit Fehlern positiv auf die Schulleistung auswirkt (Grassinger, Scheunpflug, Zeinz und Dresel 2018). Umgekehrt stellt sich jedoch auch die Frage, ob die Leistung im Mathematikunterricht prädiktiv für die FLO und die FA ist, ob also leistungsstarke Lernende eine andere FLO bzw. FA aufweisen, als leistungsschwächere. Daher wird die Leistung im Fach Mathematik hier ebenfalls als Prädiktor betrachtet. Als Repräsentant für die Leistung wurde hier die letzte Zeugnisnote gewählt, da diese die gesamten Mathematikleistungen des vorangegangenen Halbjahres umfasst und somit mehr über die Leistung aussagt, als beispielsweise die Note einer einzelnen Klassenarbeit.

Die letzte Variable, welche hier als Prädiktor betrachtet wird, ist das MSK. Aufgrund der bereits untersuchten Zusammenhänge zwischen dem MSK und dem adaptiven Umgang mit Fehlern (Grassinger und Dresel 2017; Steuer 2014), drängt sich die Wahl des MSK als Prädiktor hier geradezu auf.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit stellen sich auf Grundlage der theoretischen Ausführungen in diesem Kapitel folgende Fragen.

- (1) Lässt sich die FLO durch die Prädiktoren Geschlecht, Klassenstufe, Leistung und MSK vorhersagen?
- (2) Lässt sich die FA durch die Prädiktoren Geschlecht, Klassenstufe, Leistung und MSK vorhersagen?

Diesen beiden Fragestellungen schließen sich entsprechend der theoretischen Ausführungen die folgenden Hypothesen an.

- (H1a) Das Geschlecht ist signifikanter Prädiktor für das Kriterium FLO.
- (H1b) Die Klassenstufe ist signifikanter Prädiktor für das Kriterium FLO.
- (H1c) Die Leistung ist signifikanter Prädiktor für das Kriterium FLO.
- (H1d) Das MSK ist signifikanter Prädiktor für das Kriterium FLO.
- (H2a) Das Geschlecht ist signifikanter Prädiktor für das Kriterium FA.
- (H2b) Die Klassenstufe ist signifikanter Prädiktor für das Kriterium FA.
- (H2c) Die Leistung ist signifikanter Prädiktor für das Kriterium FA.
- (H2d) Das MSK ist signifikanter Prädiktor für das Kriterium FA.

4 Methode

Das folgende Kapitel dieser Arbeit fokussiert die Methodik im Rahmen der durchgeführten Erhebung. Hier wird zunächst das Forschungsdesign der Untersuchung vorgestellt und begründet. Im Anschluss erfolgen die Vorstellung der gewählten Stichprobe sowie eine kurze Erläuterung zur Vorgehensweise, welche sich durch die Maßnahmen zur Eindämmung des Corona-Virus während der Erhebung etwas schwieriger gestaltete. Im Zentrum des sich anschließenden dritten Unterpunkts steht die Vorstellung der verwendeten Fragebögen. Der Umgang mit fehlenden Werten und einflussreichen Datenpunkten wird in einem vierten Unterpunkt erläutert. Abschließend werden die Auswertungs- und Analysemethoden im Rahmen der Untersuchung genau vorgestellt. Dazu gehören u. a. die Betrachtung der Regressionsannahmen sowie das Vorgehen für die Untersuchung auf Mediationseffekte nach Baron und Kenny (1986).

4.1 Form der Untersuchung

Für die einmalige Erhebung der aufgeführten Merkmale der Lernenden eignet sich ein nicht-experimentelles Forschungsdesign am besten. Unter Verwendung von Fragebögen sollten im Rahmen der Querschnittsmessung möglichst viele quantitative Daten erhoben werden, um schließlich die Aussagekraft der Ergebnisse zu verbessern. Die verwendeten Fragebögen, welche in Kapitel 4.3 vorgestellt werden, wurden bereits im Zuge anderer Untersuchungen erfolgreich erprobt.

Die Entscheidung, die Erhebung in den Klassenstufen zehn und elf durchzuführen⁷, fußt primär auf der Vermutung, dass sich das Selbstkonzept mit zunehmendem Alter weiter differenziert (Shavelson et al. 1976). Dementsprechend sollte die Befragung an einem Gymnasium erfolgen. Die Erhebung der letzten Zeugnisnote erfolgt lediglich durch die Angabe der Lernenden und wurde zur Gewährleistung der Anonymität nicht kontrolliert.

⁷ Zunächst war die Erhebung in den Klassenstufen elf und zwölf geplant, was auf Grund der Corona-Pandemie leider nicht realisierbar war, da sich die Erhebung durch die Pandemie verzögerte und sich die zwölften Klassen zum Zeitpunkt der Erhebung nicht mehr im Unterricht befanden.

4.2 Stichprobe und Vorgehen

Die Erhebung wurde in den zehnten (138 Lernende) und elften Klassen (126 Lernende) eines Gymnasiums in durchgeführt⁸. Die befragten Lernenden ($N = 268$) waren zwischen 15 und 19 Jahre alt, 114 von ihnen waren männlich, 149 weiblich, drei Lernende gaben ihr Geschlecht mit „divers“ an und zwei Lernende machten diesbezüglich keine Angabe. Fragebögen beispielsweise mit fehlenden Werten wurden in der Auswertung nicht berücksichtigt (nähere Ausführungen in Kapitel 4.4). Die Anzahl der in den Datensatz aufgenommenen Fragebögen belief sich somit auf $N = 247$. Von den 142 Mädchen und 105 Jungen, deren Fragebögen in der Auswertung berücksichtigt wurden, besuchten 130 die zehnte Klasse und 117 die elfte.

Die Erhebung aller Daten erstreckte sich über mehrere Tage, da durch die Eindämmung des Corona-Virus an keinem Tag alle Schüler*innen beider Klassenstufen gleichzeitig im Schulgebäude sein durften. Aufgrund der Situation konnte die Befragung zudem nicht im Mathematikunterricht stattfinden, daher bekamen die Lehrpersonen, die an den betreffenden Tagen in den jeweiligen Klassen waren die Fragebögen ausgehändigt und verteilten diese an die Schüler*innen. Bedingt durch die Corona-Pandemie war es von Seiten der Schule nicht möglich, alle Daten durch eine einzige Person erheben zu lassen⁹. Aufgrund der fehlenden Anwesenheit eines Ansprechpartners zur Befragung für die Schüler*innen, enthielt der Fragebogen einen kurzen Einführungstext, welcher den Lernenden den Hintergrund der Erhebung erläuterte.

Die Option der Verteilung der Fragebögen an die Schüler*innen zum Ausfüllen zu Hause oder auch online stand zwar im Raum, wurde jedoch aus drei Gründen abgelehnt. Erstens sollten die Lernenden die Fragen möglichst spontan beantworten. Zweitens wäre bei der Option der Beantwortung zu Hause mit einem höheren Zeitfaktor zu rechnen, was auch zum dritten

⁸ Vier Teilnehmer*innen gaben ihre Klassenstufe nicht an.

⁹ Die Anwesenheit der Verfasserin dieser Arbeit ließ sich für die Erhebungen leider nicht realisieren, da sich neben den Personen, welche zum Schulalltag gehören, keine weiteren Personen für längere Zeit im Schulgebäude aufhalten durften.

Aspekt führt: die Rücklaufquote wäre sehr wahrscheinlich deutlich geringer gewesen.

4.3 Erhebungsinstrumente

Der Fragebogen, den die Lernenden erhalten und ausgefüllt haben, beinhaltete in erster Linie die drei Skalen FLO, FA und MSK. Zudem wurden jeweils das Geschlecht (männlich, weiblich, divers), die Klassenstufe (zehn, elf) sowie die Leistung¹⁰ in Form der letzten Zeugnisnote im Fach Mathematik erhoben. Grundlage für den verwendeten Fragebogen bildeten einerseits der SchüFekU (Spychiger et al. 2006) für die Skalen FLO und FA und andererseits der Fragebogen zur Erhebung des MSK aus der Erhebung zu Kompetenzen und Einstellungen von Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe sieben (KESS 7) (Bos 2009).

Der SchüFekU ist für die Klassenstufen vier bis neun geeignet und wurde im Herbst 2003 mit 304 Schüler*innen im Alter von zwölf bis 15 Jahren erprobt. Außerhalb der vorgegebenen Klassenstufen wurde der Bogen weiterhin für eine Erhebung in Berufsschulen mit einer Teilnehmerzahl von 1136 Schüler*innen verwendet (Seifried et al. 2010). Der SchüFekU zum Konstrukt der Fehlerkultur von Spsychiger et al. (2006) enthält die vier Skalen FLO¹¹, Fehlerfreundlichkeit, Normtransparenz und FA. Von diesen enthielt der im Rahmen dieser Arbeit genutzte Fragebogen lediglich die zwei Skalen FLO und FA, da sich diese konkret auf die Lernenden und deren Einstellung gegenüber Fehlern beziehen. Die sogenannten „Lehrerskalen“ Fehlerfreundlichkeit und Normtransparenz beziehen sich mit Formulierungen wie „Unsere Lehrerin versucht es zu vertuschen, wenn sie selber etwas falsch gemacht hat.“ (Fehlerfreundlichkeit, Spsychiger et al., 2006, S. 99) oder „Ich weiß oft nicht, warum ich im Unterricht von meiner Lehrerin

¹⁰ Im Rahmen der Auswertung wird diese Variable mit „Note“ bezeichnet, da die Verwendung des Leistungsbegriffs im Hinblick auf die Interpretation irreführend sein könnte. Eine hohe Leistung entspräche hier nämlich einer schlechten Note und umgekehrt. Eine Umkodierung der Variablen sollte an dieser Stelle nicht erfolgen, da die Interpretation der Noten als solche in der aktuellen Darstellung besser verständlich ist.

¹¹ Bei Spsychiger et al. (2006) wird für diese Skala der Begriff „Lernorientierung“ verwendet. Um den Bezug auf den Umgang mit Fehlern zu verdeutlichen, wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit weiterhin die Formulierung FLO verwendet.

angeschnauzt werde.“ (Normtransparenz, Spychiger et al., 2006, S. 100) primär auf das Verhalten der Lehrperson und nicht auf die persönliche Einstellung der Schüler*innen gegenüber Fehlern. Für die hier erfolgte Erhebung lag der Fokus jedoch auf dieser individuellen Einstellung gegenüber Fehlern seitens der Lernenden, sodass nur die Schüler*innenskalen FLO und FA erhoben wurden.

Beide Skalen verfügen über ein vierstufiges Antwortformat („stimmt ganz und gar nicht“, „stimmt eher nicht“, „stimmt zum Teil“, „stimmt voll und ganz“). Die Item-Formulierungen wurden hier insofern geändert, dass sie sich speziell auf das Fach Mathematik beziehen und gendergerecht sind. Dafür wurden beispielsweise in den Items das Wort „Unterricht“ zu „Mathematikunterricht“ sowie „Lehrerin“ zu „Mathematiklehrer / Mathematiklehrerin“ geändert.

Die Skala zur FLO umfasst acht Items. Mit diesen werden einstellungsbezogene, leistungsmotivationale und reflexive Aspekte der FLO beleuchtet (Spychiger et al. 2006). Mit der FLO-Skala wurde demnach schließlich erfragt, ob die Schüler*innen Fehler als Lerngelegenheiten erkennen und ob sie bereit sind, sich mit Fehlern auseinanderzusetzen, diese zu korrigieren und aus ihnen zu lernen (z. B. „Fehler im Mathematikunterricht helfen mir, es hinterher besser zu machen.“; 8 Items; Cronbachs $\alpha = 0.73$).

Die Items zur FA erfragten Selbsteinschätzungen zum Verhalten und Befinden der Lernenden, welche sich konkret auf die Angst vor Fehlern, die Scham und die Schuldgefühle im Zusammenhang mit auftretenden Fehlern beziehen (z. B. „Ich schäme mich im Mathematikunterricht, wenn ich vor der Klasse Fehler mache.“; 5 Items; Cronbachs $\alpha = 0.81$).

Die Items der Skalen FLO und FA wurden im Fragebogen vermischt und dementsprechend in zufälliger Reihenfolge (für alle Schüler*innen gleich) präsentiert. Diese Entscheidung basiert auf einer entsprechenden Empfehlung von Spychiger et al. (2006), welche mit der nicht offensichtlichen Durchschaubarkeit des Fragebogaufbaus begründet wurde.

Die für das MSK verwendete Skala wurde im Rahmen der Erhebung zu KESS 7 erprobt (Bos 2009) und weist ebenfalls ein vierstufiges

Antwortformat auf („Stimme überhaupt nicht zu“, „Stimme wenig zu“, „Stimme einigermaßen zu“, „Stimme stark zu“). Dieser Fragebogen basiert wiederum auf zuvor verwendeten Items für das MSK von Jopt (1978), Jerusalem (1984) und Baumert, Gruehn, Heyn, Köller und Schnabel (1997). Mit der Skala wurde erhoben, wie die Schüler*innen ihre Begabung und ihre Fähigkeiten für das Fach Mathematik einschätzen (z. B. „Bei manchen Sachen in Mathematik weiß ich von vornherein: ‚Das verstehe ich nie.‘“; 7 Items; Cronbachs $\alpha = 0.91$). Die Items waren zunächst so formuliert, dass hohe Zustimmung mit einem negativen MSK verbunden ist. Daher wurden die Items der MSK-Skala umgepolt, sodass ein hohes MSK durch einen hohen Wert repräsentiert wird.

4.4 Umgang mit fehlenden Werten und einflussreichen Daten

Bei fehlenden Werten wurde jeweils der vollständige Fall gelöscht und somit aus dem verwendeten Datensatz und der Auswertung ausgeschlossen. Ebenso wurde mit einflussreichen Datenpunkten verfahren, welche bei den Regressionsrechnungen Residuen mit einem Abstand von mindestens drei Standardabweichungen zum Mittelwert aufwiesen. Lernende, die ihr Geschlecht mit „divers“ angegeben haben, konnten in der Auswertung nicht berücksichtigt werden, da diese Angabe lediglich dreimal getroffen wurde und die Gruppengröße daher zu gering ist, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. Insgesamt wurden 21 Fälle aus dem Datensatz ausgeschlossen, darunter 16 Fälle mit unvollständigen Angaben, zwei Ausreißer im Rahmen der Regressionsrechnungen und drei Fälle, in denen das Geschlecht mit „divers“ angegeben wurde. Der Datensatz verringerte sich demnach auf $N = 247$ mit 142 Schülerinnen und 105 Schülern.

4.5 Auswertungsstrategien

Zunächst werden die Ergebnisse aus den Fragebögen für die Skalen FLO, FA und MSK in Form von Mittelwerten und Standardabweichungen deskriptiv präsentiert. Häufigkeitsverteilungen der Noten geben Aufschluss über die Leistungen der Schüler*innen. Weiterhin wird ein ungerichteter t-Test für die Skalen FLO und FA durchgeführt, um eventuell bestehende

Geschlechterunterschiede zu erfassen.

Um anschließend Voraussagen zur FA und FLO im Mathematikunterricht unter Berücksichtigung der Klassenstufe, des Geschlechts, der Note und dem MSK treffen zu können, werden im Rahmen dieser Arbeit zwei multiple Regressionsrechnungen auf die Prädiktoren Geschlecht, Klassenstufe, Note und MSK durchgeführt. Die Datenauswertung erfolgt mit dem Datenanalyse-Programm JASP (Version 0.12.2.0).

Die Regressoren Geschlecht und Klassenstufe verfügen über je zwei Ausprägungen und wurden direkt zu Beginn binär kodiert (0 = weiblich, 1 = männlich und bezüglich der Klassenstufe 0 = zehn, 1 = elf), sodass sie als dichotome Prädiktoren in die Rechnung einfließen. Beim Geschlecht bilden die Mädchen die Referenzkategorie und bei der Klassenstufe der zehnte Jahrgang. Die Variable Note wird im Rahmen dieser Arbeit als intervallskaliert betrachtet.

Um im Rahmen der multiplen Regressionsrechnungen korrekte Ergebnisse zu erzielen, müssen zunächst verschiedene Annahmen bezüglich der betrachteten Variablen geprüft werden (Gollwitzer, Eid und Schmitt 2013; Tiede 1987).

Korrekte Spezifikation des Modells

Ein wichtiger Aspekt ist die korrekte Spezifikation des Modells, welche sichert, dass alle relevanten unabhängigen Variablen und keine irrelevanten in der Rechnung berücksichtigt werden. Bei entsprechender Verletzung wären die jeweiligen Konsequenzen eines „Underfittings“ (fehlende Aufnahme relevanter unabhängiger Variablen im Modell) bzw. „Overfittings“ (Aufnahme irrelevanter unabhängiger Variablen im Modell) eine verringerte Teststatistik oder eine verzerrte Schätzung der Regressionsgewichte (Gollwitzer et al. 2013). Um einem Underfitting entgegenzuwirken, wurde vor der Erhebung genau überlegt, welche Daten erhoben werden sollen, daher steht hier nur noch die Prüfung des Overfittings aus. Dafür werden die Prädiktoren in den Regressionsrechnungen dahingehend untersucht, ob sie tatsächlich einen Einfluss auf das Kriterium haben. Variablen mit einem Regressionsgewicht von Null werden als Prädiktoren aus den Modellen

gestrichen, um ein Overfitting und folglich eine Verzerrung der Schätzung zu vermeiden (Gollwitzer et al. 2013). Für die Modellerstellung werden daher zunächst einfache lineare Regressionen gerechnet, in der jeweils nur ein Prädiktor betrachtet wird und anschließend eine multiple, in der alle vier Prädiktoren gemeinsam in einem Modell betrachtet werden. Dabei wird untersucht, welche Variablen tatsächlich Einfluss auf die jeweiligen Kriterien haben und welche für eine möglichst genaue Vorhersage des Kriteriums ggf. aus der Rechnung entfernt werden sollten.

Linearität

Für eine korrekte Spezifikation und den Erhalt tatsächlich repräsentativer Ergebnisse für die Zusammenhänge, muss weiterhin die Linearität zwischen dem Kriterium und den Prädiktoren geprüft werden (Fromm und Baur 2008). Diese Prüfung betrifft hier für beide Rechnungen jeweils den Prädiktor des MSK und erfolgt auf visueller Ebene mit Hilfe von Streudiagrammen und der Anwendung des LOESS-Glättungsverfahrens für eine robuste Schätzung der Regressionsgewichte.

Homoskedastizität

Im Folgenden wird die Homoskedastizität, also die Varianzhomogenität der Residuen, untersucht. Dafür werden die durch die Regression vorhergesagten Werte in einem Diagramm gegen die standardisierten Residuen aufgetragen und interpretiert. Heteroskedastizität könnte hier einerseits zu einer verzerrten Bestimmung der Standardfehler und Irrtumswahrscheinlichkeiten führen und andererseits auf eine eventuell unzutreffende Spezifizierung des Modells hinweisen (Gollwitzer et al. 2013).

Normalverteilung der Residuen

Bezüglich der Residuen wird die geforderte Normalverteilung als weitere Voraussetzung mit Hilfe eines Quantil-Quantil-Plots sowie eines Histogramms untersucht.

Multikollinearität

Im Falle von hohen Korrelationen unter den Prädiktoren ergeben sich in der Rechnung große Standardfehler der Regressionsgewichte der betroffenen

Variablen, was entsprechende unpräzise Schätzungen bedingt (Gollwitzer et al. 2013). Die Untersuchung auf Multikollinearität erfolgt hier durch Betrachtung der Korrelationsmatrix, des Toleranzfaktors und des Varianzinflationsfaktors (VIF). Da der Toleranzfaktor der Kehrwert des VIF ist und beide somit dieselbe Information enthalten, soll es hier genügen, nur den VIF zu betrachten. Im optimalen Fall liegt dieser nahe der Eins und überschreitet den Wert zehn nicht (ebd.).

Autokorrelation

Bei einer multiplen linearen Regression darf keine Autokorrelation zwischen den Residuen auftreten. Eine Voraussetzung für Autokorrelation wäre, dass die einzelnen Fälle sortiert sind (Fromm und Baur 2008). Da der Datensatz hier über keine systematische Ordnung verfügt, ist eine Autokorrelation der Residuen nicht zu erwarten, sodass eine entsprechende Prüfung an dieser Stelle hinfällig ist.

Ausreißer

Im Rahmen der Regressionsrechnung werden Fälle, deren Residuen mindestens drei Standardabweichungen vom Mittelwert entfernt sind, identifiziert und, wie bereits erwähnt, aus dem Datensatz entfernt. In den Regressionsrechnungen sind folglich keine Ausreißer vorhanden.

Für die Regressionsrechnungen werden sowohl die nicht standardisierten Pfadkoeffizienten B mit dem jeweils entsprechenden Standardfehler $SE(B)$, als auch die standardisierten Koeffizienten β für die unterschiedlichen Modelle berichtet. Die Signifikanz des Gesamtmodells wird über eine F -Statistik geprüft. Der korrigierte Determinationskoeffizient gibt Aufschluss über den Anteil der durch das Modell erklärten Varianz an der Gesamtvarianz.

Um schließlich zu prüfen, welches Modell sich am besten zur Vorhersage der abhängigen Variablen eignet, wird in JASP eine weitere multiple Regressionsrechnung mit Rückwärtselimination durchgeführt, in der zunächst alle Prädiktoren aufgenommen und anschließend jene schrittweise entfernt werden, die keinen signifikanten Beitrag zur Vorhersage leisten. An diesem Modell erfolgt zudem die Prüfung der Hypothesen.

Das Signifikanzniveau wurde im Rahmen der Auswertung für die statistischen Tests auf $\alpha = .05$ festgelegt. Bezüglich der Regressionsrechnungen werden nur die standardisierten Pfadkoeffizienten interpretiert.

5 Ergebnisse

Im folgenden fünften Kapitel der vorliegenden Arbeit werden die Resultate der Auswertung präsentiert. Dafür werden zunächst die ersten Ergebnisse der Erhebung aufgezeigt. Anschließend werden die Ergebnisse der Untersuchungen zu den Regressionsannahmen in einem zweiten Unterpunkt „Erste Analysen“ festgehalten. Die Präsentation für die Kriterien FLO und FA wird dabei parallel betrachtet. Daraufhin werden die konkrete Regressionsrechnung, die Betrachtung der unterschiedlichen Werte und die Ergebnisse der geprüften Mediationseffekte erst für die FLO und dann für die FA in dem dritten Unterpunkt „Ergebnisse der Regressionsanalysen“ erfolgen.

5.1 Erste Ergebnisse

Insgesamt waren 57.5 % der 247 Lernenden weiblich; 52.6 % aller Teilnehmer*innen besuchten die zehnte Klasse. Für die drei Skalen FLO, FA und MSK gab es jeweils ein vierstufiges Antwortformat, sodass die Kodierung entsprechend von eins bis vier vorgenommen wurde. Dabei steht die eins jeweils für eine niedrige Ausprägung und die vier für eine hohe¹².

Tabelle 1
Deskriptive Statistiken für die Modellvariablen

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Schiefe	Kurtosis
FLO	2.62	0.48	−0.07	−0.05
FA	2.20	0.74	0.52	−0.45
MSK	2.57	0.80	−0.003	−0.99

Anmerkungen. *N* = 247. FLO = Fehlerlernorientierung. FA = Fehlerangst. MSK = mathematisches Selbstkonzept. *M* = Mittelwert. *SD* = Standardabweichung.

Bezüglich der FLO ergab sich ein Mittelwert im mittleren Bereich der Antwortskala. Schiefe und Kurtosis deuten für die FLO mit den Werten nahe Null auf eine Normalverteilung hin. Für die Betrachtung des Mittelwertes der FA ist anzumerken, dass ein mittlerer Wert hier als positiv im Hinblick auf die Fehlerkultur zu erachten ist, da ein gewisses Maß an FA für den

¹² Die Skala MSK wurde dementsprechend umkodiert.

Lernprozess förderlich sein kann (Spychiger et al. 2006). Der erreichte Mittelwert ist hier folglich als fehlerkulturpositiv aufzufassen. Betrachtet man Schiefe und Kurtosis für die FA genauer, so ist hier eine rechtsschiefe Verteilung festzustellen. Demnach treten Werte über dem Mittelwert der FA etwas seltener auf also solche, die kleiner sind als der Mittelwert. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass eine sehr hohe FA seltener ist, als eine niedrige. Dem Mittelwert kann entnommen werden, dass 50 % aller Teilnehmer*innen einen Wert von maximal 2.20 aufweisen. Die Bestimmung der Quartile ergibt, dass lediglich ein Viertel der Lernenden einen Wert über 2.60 aufweist. Weiterhin ist an dem negativen Wert für die Kurtosis zu erkennen, dass die Verteilung hier flacher verläuft, als die Normalverteilung. Die Betrachtung der Schiefe für das MSK deutet auf eine symmetrische Verteilung um den Wert 2.57 hin. Die Kurtosis verweist hier im Vergleich zur Normalverteilung allerdings ebenfalls auf einen abgeflachten, bzw. flachgipfligen Verlauf.

Der Mittelwert der Mathematiknoten, bezogen auf die selbst angegebene letzte Zeugnisnote, beträgt für die zehnten Klassen zusammen 2.93 ($SD = 0.98$). In der elften Klassenstufe ergibt sich hier mit 2.69 ($SD = 1.02$) eine etwas bessere Durchschnittsnote. Dabei wurde in Klasse elf am häufigsten die Note 2 (35.04 %) und in Klasse zehn die Note 3 (36.15 %) angegeben (Abbildungen 1 und 2)

Abbildung 1: Häufigkeitsverteilung der Note in Klasse 10

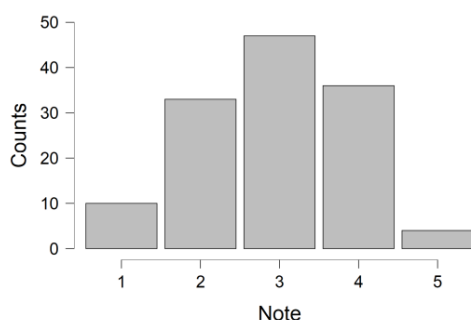
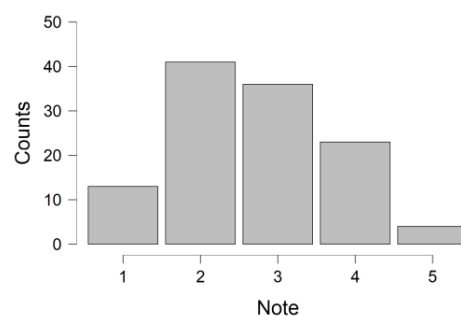


Abbildung 2: Häufigkeitsverteilung der Note in Klasse 11



Für die zehnte Klasse ist außerdem anzumerken, dass die Note 4 häufiger berichtet wurde, als die Note 2.

Da im folgenden Verlauf der Arbeit u. a. das Geschlecht als Prädiktor zur Vorhersage der FLO und der FA betrachtet wird, sollen diese Skalen hier für Jungen und Mädchen kurz beleuchtet werden. Für die FLO ergab sich für die Mädchen ein Mittelwert von $M = 2.68$ ($SD = 0.48$) und für die Jungen von $M = 2.54$ ($SD = 0.46$). Ein ungerichteter t-Test bestätigt einen statistisch signifikanten Geschlechterunterschied für die FLO ($t(245) = 2.21$, $p = 0.03$). Im Hinblick auf die FA zeigt sich ebenfalls ein statistisch bedeutsamer Unterschied zwischen Mädchen und Jungen ($t(245) = 4.46$, $p < 0.001$). Hier ergab sich für die Mädchen der Mittelwert $M = 2.38$ ($SD = 0.73$) und für die Jungen $M = 1.97$ ($SD = 0.68$).

Nach Cohen (1988) ergibt sich hier ein kleiner Effekt ($d = 0.28$) für die FLO sowie ein mittlerer Effekt ($d = 0.57$) für die FA.

Die Betrachtung der Korrelationen unter den erhobenen Variablen zeigt erste signifikante Zusammenhänge (Tabelle 2). Am höchsten ist hier der negative Zusammenhang zwischen dem MSK und der Note, welcher bereits aus vielen Untersuchungen bekannt war. Hinsichtlich der Interpretation ist zu beachten, dass der negative Zusammenhang hier darauf zurückzuführen ist, dass eine niedrigere Note einer besseren Leistung entspricht. Am geringsten ist die Korrelation zwischen den beiden betrachteten Skalen der Fehlerkultur. Dennoch gibt es einen statistisch bedeutsamen negativen Zusammenhang zwischen ihnen.

Tabelle 2
Korrelation zwischen den Modellvariablen

	1	2	3	4
1. FLO	–			
2. FA	–0.16*	–		
3. MSK	0.47***	–0.49***	–	
4. Note	–0.35***	0.38***	–0.65***	–

Anmerkungen. $N = 247$. FLO = Fehlerlernorientierung.

FA = Fehlerangst. MSK = mathematisches Selbstkonzept.

* $p < .05$. *** $p < .001$.

5.2 Erste Analysen

Korrekte Spezifikation des Modells

In einem ersten Schritt werden einfache Regressionsrechnungen für die Kriterien und die jeweiligen Prädiktoren durchgeführt, um den Einfluss der gewählten Prädiktoren auf das vorherzusagende Konstrukt zu prüfen und somit einem Overfitting entgegenzuwirken. Dabei ergibt sich für die Vorhersage der FLO, dass der Prädiktor Klassenstufe in der einfachen Regressionsrechnung einerseits einen Pfadkoeffizienten nahe Null aufweist und andererseits keinen signifikanten Beitrag zur Vorhersage der FLO liefern kann ($\beta = -0.013$, $p = 0.836$). In einer multiplen Regressionsrechnung, in der alle vier Prädiktoren in einem Modell zusammengefasst werden, ergibt sich für die Klassenstufe ein ähnlicher, hier jedoch positiver Pfadkoeffizient ($\beta = 0.002$, $p = 0.978$). Zudem zeigt sich, dass die Güte des Modells durch den Ausschluss der Klassenstufe als Prädiktor geringfügig verbessert werden kann. Da dieser Ausschluss zusätzlich Einfluss auf die Regressionsgewichte und die Standardfehler der übrigen Prädiktoren hat und die Vorhersage so genau wie möglich erfolgen soll, wird die Variable Klassenstufe für die folgenden Rechnungen nicht als Prädiktor zur Vorhersage der FLO erfasst. Bereits an dieser Stelle muss die Hypothese H1b verworfen werden.

Für die FA zeigt die Rechnung ein ähnliches Ergebnis. In einer einfachen Regressionsrechnung für den Prädiktor Klassenstufe ergibt sich ein Pfadkoeffizient nahe Null und keine Signifikanz des Effekts auf die FA ($\beta = 0.03$, $p = 0.60$). In einer multiplen Rechnung mit allen Prädiktoren zeigt sich auch hier ein sehr kleiner, nun negativer, Wert für den Pfadkoeffizienten der Variablen Klassenstufe ($\beta = -0.01$, $p = 0.80$). Ebenso bedingt der Ausschluss der Klassenstufe eine geringe Verbesserung der Güte, weshalb die Klassenstufe auch für die Vorhersage der FA als Prädiktor ausgeschlossen wird. Die Hypothesen H2b muss hier demnach ebenfalls verworfen werden, da sich die Klassenstufe im Rahmen der Untersuchung nicht als prädiktiv erweist.

Die Aufnahmereihenfolge der Prädiktoren für die folgenden multiplen

Regressionsrechnungen ist mit der entsprechenden Modellbezeichnung in Tabelle 3 abgebildet.

Tabelle 3

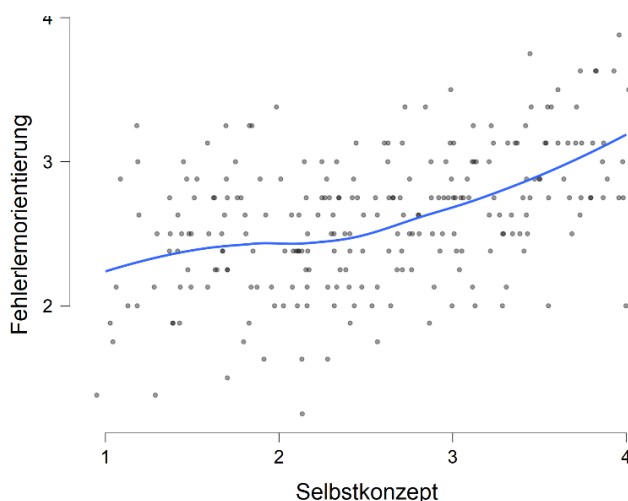
Aufnahmereihenfolge der Prädiktoren mit entsprechender Modellbezeichnung

Modell	Prädiktoren
1	Geschlecht
2	Geschlecht, Leistung
3	Geschlecht, Leistung, MSK

Linearität

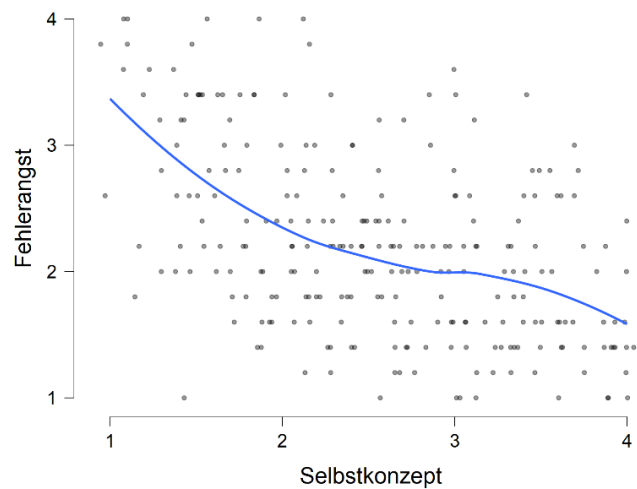
Im nächsten Schritt wird überprüft, ob das MSK zu der FLO und zu der FA einen jeweils linearen Zusammenhang aufweist. Das LOESS-Glättungsverfahren liefert für eine genauere Abschätzung der Art des Zusammenhangs eine Linie in jedem Streudiagramm (Abbildungen 3 und 4). Das Verhältnis zwischen dem MSK und einerseits der FLO sowie andererseits der FA kann nach Betrachtung der Streudiagramme als etwa linear aufgefasst werden.

Abbildung 3: Streudiagramm für das mathematische Selbstkonzept und die Fehlerlernorientierung mit LOESS-Linie



Zwischen dem MSK und der FLO (Abbildung 3) ist dabei ein positiver Zusammenhang festzustellen, welcher bereits durch den Korrelationskoeffizienten bekannt war. Zwischen dem MSK und der FA zeigt Abbildung 4 den bisherigen Erkenntnissen entsprechend einen negativen Zusammenhang.

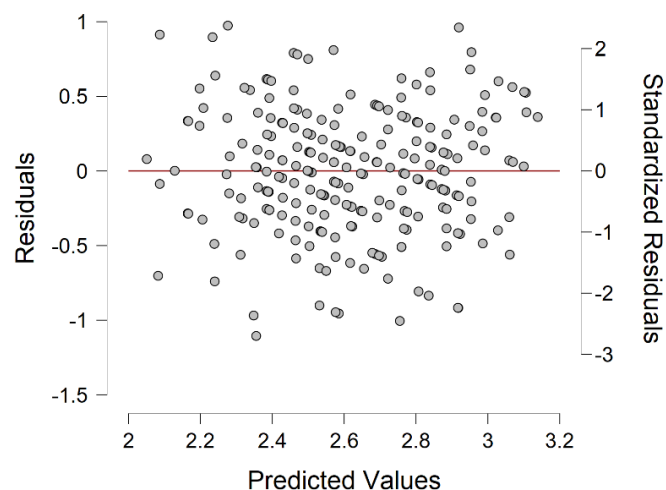
Abbildung 4: Streudiagramm für das mathematische Selbstkonzept und die Fehlerangst mit LOESS-Linie



Homoskedastizität

Die Untersuchung der Homoskedastizität führt zu der Betrachtung der durch die Regressionsrechnungen vorhergesagten Werte und den zugehörigen Residuen. Die entsprechenden Diagramme werden für alle Modelle in beiden Rechnungen betrachtet. Für Modell 3 beider Rechnungen zeigen die Abbildungen 5 und 6 die vorhergesagten Werte der Rechnung auf der Abszissenachse sowie die entsprechenden Residuen auf der Ordinatenachse.

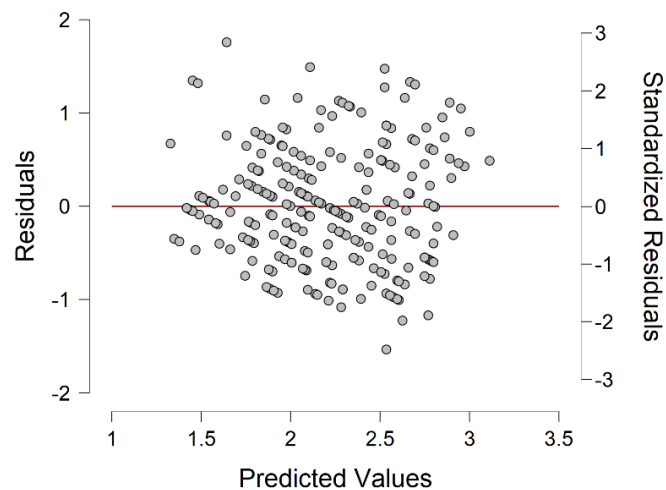
Abbildung 5: Diagramm zur Prüfung der Homoskedastizität der Residuen für die Vorhersage der Fehlerlernorientierung (Modell 3)



Für die Vorhersage der FLO (Abbildung 5) ist eine unsystematische Schwankung der Residuen um Null zu erkennen, demnach sind die

Varianzen hier homogen. Bezüglich der FA (Abbildung 6) ist für größere Werte eine etwas stärkere Streuung der negativen Residuen zu erkennen, als bei kleinen Werten. Insgesamt ist dieser Effekt hier jedoch klein, sodass durchaus von Varianzhomogenität ausgegangen werden kann. Die Annahme der Homoskedastizität der Residuen wird somit als bestätigt erachtet.

Abbildung 6: Diagramm zur Prüfung der Homoskedastizität der Residuen für die Vorhersage der Fehlerangst (Modell 3)



Normalverteilung der Residuen

Die Prüfung auf Normalverteilung der Residuen erfolgt u. a. über die Betrachtung der Quantil-Quantil-Diagramme (Abbildungen 7 und 8). Diese zeigen den Zusammenhang zwischen den erwarteten Quantilen bei einer Normalverteilung (Abszissenachse) und den Quantilen der beobachteten Residuen der jeweiligen Regressionsrechnung (Ordinatenachse). Zusätzlich werden Histogramme der standardisierten Residuen mit den entsprechenden Verteilungskurven ausgegeben. Die Prüfung auf Normalverteilung erfolgt ebenfalls für alle drei Modelle, wird hier jedoch lediglich für Modell 3 aufgeführt.

Abbildung 7: Quantil-Quantil-Diagramm für die Residuen der Vorhersage der Fehlerlernorientierung

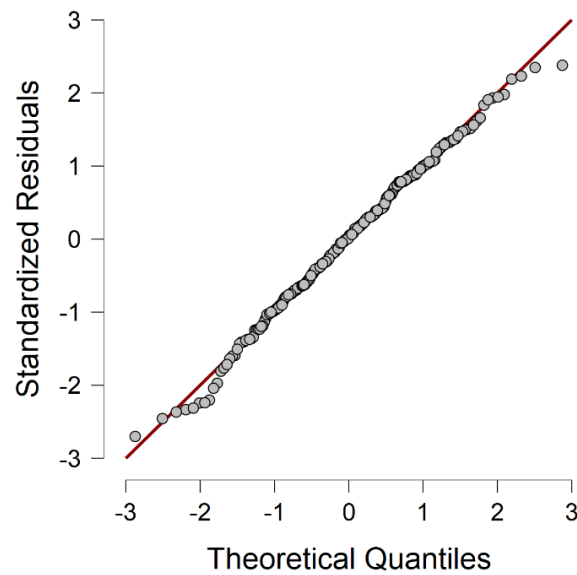
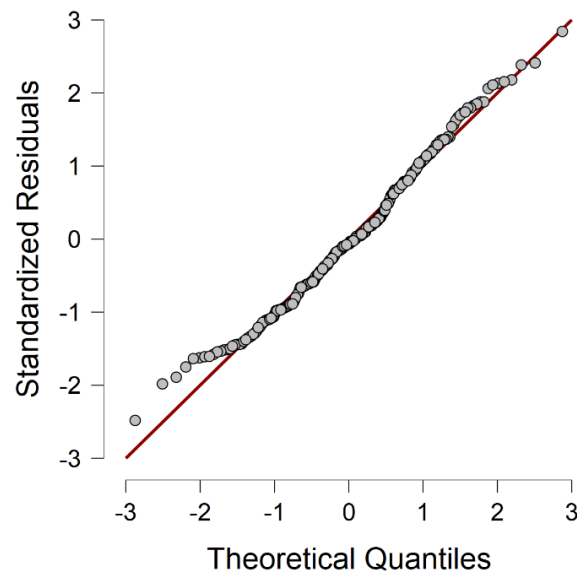


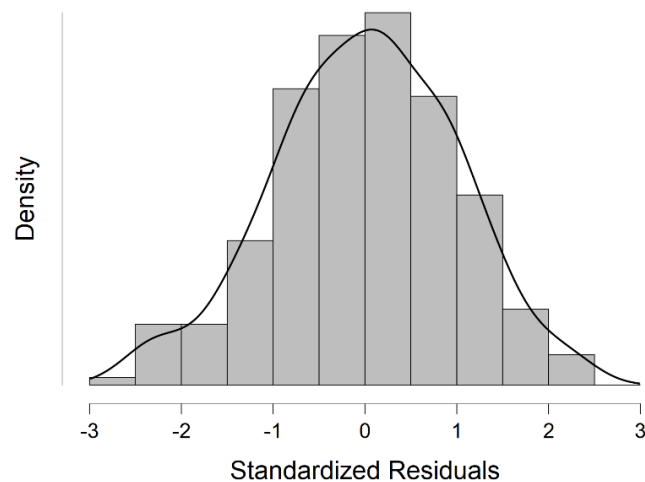
Abbildung 8: Quantil-Quantil-Diagramm für die Residuen der Vorhersage der Fehlerangst



In beiden Quantil-Quantil-Diagrammen ist eine Gerade abgebildet, welche die Lage der Wertepaare unter der Annahme, dass diese einer Normalverteilung folgen, anzeigt. Da die Wertepaare in beiden Plots approximativ auf dieser Geraden liegen, kann eine Normalverteilung der Residuen geschlossen werden.

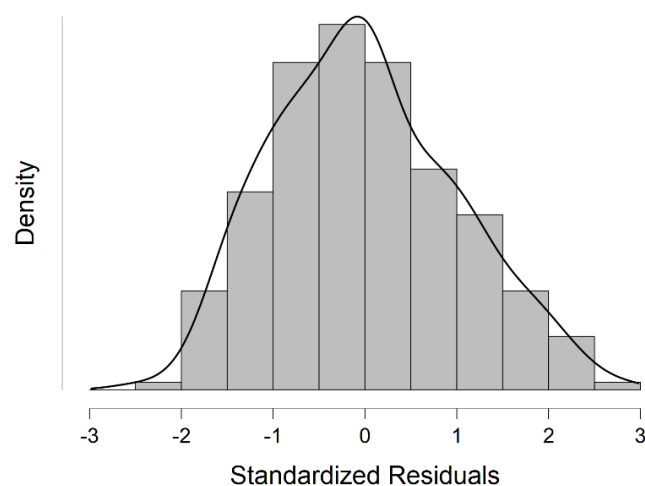
Die Annahme über die Normalverteilung der Residuen wird durch die Histogramme (Abbildungen 9 und 10) zusätzlich manifestiert.

Abbildung 9: Histogramm der Residuen aus der Regressionsrechnung zur Vorhersage der Fehlerlernorientierung



Insbesondere bei den Residuen zur Vorhersage der FLO (Abbildung 9) gleicht die abgebildete Verteilungskurve stark der einer Normalverteilung. Bezüglich der FA (Abbildung 10) ist für die negativen Residuen ein steilerer Kurvenverlauf zu beobachten, als für die positiven. Dennoch passt die Kurve hinreichend gut zu der einer Normalverteilung.

Abbildung 10: Histogramm der Residuen aus der Regressionsrechnung zur Vorhersage der Fehlerangst



Keine Multikollinearität

Um Aussagen über die Multikollinearität treffen zu können, werden die Prädiktoren zunächst auf Korrelationen untereinander untersucht. Dabei zeigt sich ein signifikanter negativer Zusammenhang zwischen dem MSK und der letzten Zeugnisnote im Fach Mathematik ($r = -.65$, $p < .001$), dementsprechend haben Schüler*innen mit einem hohen MSK in der Stichprobe niedrigere Noten (hier ist zu beachten: je niedriger der Wert für die Note, desto besser ist die Note). Ob diese Korrelation die Annahme der Multikollinearität verletzt, kann mit Hilfe des Toleranzfaktors, bzw. des Varianzinflationsfaktors (VIF) ermittelt werden. Die Note und das MSK weisen mit einem VIF von 1.74 dabei die höchsten Werte auf, während sich für die Variablen Klassenstufe und Geschlecht jeweils ein VIF von 1.02 ergibt. Insgesamt befinden sich alle Werte im geforderten Bereich nahe der Eins. Folglich gilt die Annahme, dass zwischen den Regressoren keine Multikollinearität vorliegt, als bestätigt.

Da im Zuge der ersten Analysen alle Annahmen für die multiple Regressionsrechnung für alle Modelle geprüft und bestätigt werden konnten, kann die Rechnung durchgeführt werden. Zudem können unverzerrte Ergebnisse erwartet werden.

5.3 Ergebnisse der Regressionsrechnungen

Zunächst sollen die Ergebnisse der multiplen Regressionsrechnung der FLO auf die Prädiktoren Note, Geschlecht und MSK betrachtet werden. In Tabelle 4 werden für die drei betrachteten Modelle jeweils der nicht standardisierte Pfadkoeffizient B und der standardisierte Koeffizient β für die unterschiedlichen Prädiktoren mit den entsprechenden Signifikanzniveaus sowie der jeweilige Standardfehler $SE(B)$ aufgeführt. Zusätzlich werden in der Tabelle die Determinationskoeffizienten, die adjustierten Determinationskoeffizienten und deren Änderung zwischen zwei Modellen berichtet. Abschließend kann die Gesamtsignifikanz der Modelle aus der F-Statistik abgelesen werden. Im Folgenden werden die Ergebnisse der einzelnen Modelle genauer beleuchtet.

Tabelle 4
Multiple Regression zur Vorhersage der Fehlerlernorientierung

Variable	Modell 1			Modell 2			Modell 3		
	<i>B</i>	<i>SE(B)</i>	β	<i>B</i>	<i>SE(B)</i>	β	<i>B</i>	<i>SE(B)</i>	β
Konstante	2.68***	0.04		3.16***	0.09		2.10***	0.19	
Geschlecht (m) ^a	-0.13*	0.06	-0.14	-0.15**	0.06	-0.16	-0.19***	0.05	-0.20
Note				-0.17***	0.03	-0.36	-0.03	0.03	-0.07
MSK							0.27***	0.04	0.45
R^2	0.019			0.146			0.264		
R^2 (korr.)	0.015			0.139			0.255		
ΔR^2 (korr.)				0.124			0.116		
F-Statistik	$F(1, 245) = 4.86^*$			$F(2, 244) = 20.94^{***}$			$F(3, 243) = 29.08^{***}$		

Anmerkungen. $N = 247$. MSK = mathematisches Selbstkonzept. *B* = nicht standardisierter Pfadkoeffizient. *SE(B)* = Standardfehler von *B*. β = standardisierter Pfadkoeffizient. R^2 = Determinationskoeffizient. R^2 (korr.) = korrigierter Determinationskoeffizient. ΔR^2 (korr.) = Zuwachsrate des korrigierten Determinationskoeffizienten.

^a Referenzkategorie Geschlecht = weiblich; (m) = männlich.

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$

Bei der Betrachtung der Ergebnisse zum Geschlecht beziehen sich die Regressionskoeffizienten auf die Referenzkategorie weiblich. Das erste Modell entspricht einer einfachen linearen Regression der FLO auf das Geschlecht. Das Modell erklärt 1.5 % der Gesamtvarianz und weist laut F-Statistik Signifikanz auf ($F(1, 245) = 4.86$ mit $p = 0.03$). Dies bedeutet, dass die Nullhypothese (alle Regressionskoeffizienten sind Null und somit besteht kein Zusammenhang zwischen der abhängigen und den unabhängigen Variablen) dieses varianzanalytischen Tests mit entsprechend geringer Irrtumswahrscheinlichkeit verworfen werden kann. Die Betrachtung des Pfadkoeffizienten β verdeutlicht den signifikanten Effekt ($p = 0.03$), dass die Jungen im Mittel eine um 0.14 Standardabweichungen niedrigere FLO berichteten, als die Mädchen.

Dieser Effekt verstärkt sich leicht durch die Aufnahme der Note als Prädiktor (Modell 2), hier ist der Einfluss jedoch auf einem höheren Signifikanzniveau ($p = 0.01$). Dieses weist auf einen statistisch bedeutsamen Unterschied von 0.16 Standardabweichungen zwischen Jungen und Mädchen unter Kontrolle der Note hin.

Zwischen Note und FLO ergibt sich in Modell 2 unter Kontrolle des Geschlechts ein signifikanter, negativer Zusammenhang. Demnach sinkt der Wert für die FLO um 0.36 Standardabweichungen, wenn sich die Note um eine Standardabweichung erhöht, also verschlechtert. Eine schlechtere Note ist demzufolge mit einer niedrigeren FLO verbunden. Modell 2 kann weitere 12.4 % und somit insgesamt 13.9 % der Gesamtvarianz erklären und gilt als statistisch signifikantes Modell ($F(2, 244) = 20.94$ mit $p < 0.001$).

Letzteres gilt ebenso für Modell 3 ($F(3, 243) = 29.08$ mit $p < 0.001$), welches durch die zusätzliche Aufnahme des Prädiktors MSK weitere 11.6 % und demnach insgesamt 25.5 % der Varianz der FLO erklären kann. Der Effekt des Geschlechterunterschieds hat sich von Modell 2 zu Modell 3 nochmals leicht erhöht und weist in Modell 3 ein wieder höheres Signifikanzniveau auf. Jungen haben demnach eine im Mittel um 0.20 Standardabweichungen niedrigere FLO als Mädchen. Unter Kontrolle des MSK hat die Note keinen statistisch bedeutsamen Einfluss mehr auf die FLO ($p = 0.34$). Dies lässt

einen Mediationseffekt vermuten, welcher an späterer Stelle geprüft wird. Zwischen dem MSK und der FLO zeigt sich schließlich den Erkenntnissen aus der Linearitätsannahme entsprechend ein positiver Zusammenhang. Demnach erhöht sich der Wert für die FLO um 0.45 Standardabweichungen, wenn sich das MSK um eine Standardabweichung erhöht. Der Vergleich zwischen den standardisierten Koeffizienten zeigt, dass das MSK unter allen Prädiktoren den stärksten Effekt auf die FLO aufweist.

Eine weitere multiple Regressionsrechnung mit Rückwärtselimination ergibt, dass das beste signifikante Modell ($F(2, 244) = 43.23, p < 0.001$) zur Vorhersage der FLO unter Berücksichtigung der im Rahmen dieser Arbeit betrachteten Prädiktoren bisher noch nicht aufgeführt wurde. Dieses wird nun in einem vierten Modell betrachtet. Gleichzeitig werden die Hypothesen H1a, H1c und H1d an diesem Modell überprüft, da es sich für die Vorhersage der FLO unter allen hier betrachteten Modellen am besten eignet.

Mit Modell 4 wird demnach eine multiple Regression des Kriteriums FLO auf die Prädiktoren Geschlecht und MSK beschrieben. In Anbetracht des nicht signifikanten Effekts der Note auf die FLO unter Kontrolle des MSK liegt eine genauere Betrachtung von Modell 4 nahe. Da die Note in diesem Modell nicht als Prädiktor aufgeführt wird, muss die Hypothese H1c an dieser Stelle verworfen werden.

Der Einfluss des Geschlechts auf die FLO stimmt hier mit dem aus Modell 3 überein: Jungen berichteten im Mittel einen um 0.20 Standardabweichungen geringeren Wert für die FLO als Mädchen ($B = -0.19, SE(B) = 0.05, \beta = -0.20, p < 0.001$), was schließlich die Hypothese H1a bestätigt. Bezüglich des MSK ist der Einfluss durch den Ausschluss der Note als Prädiktor gestiegen, sodass ein um eine Standardabweichung höheres MSK nun mit einer Erhöhung der FLO um eine halbe Standardabweichung zusammenhängt ($B = 0.30, SE(B) = 0.03, \beta = 0.50, p < 0.001$). Durch diesen Effekt wird auch die Hypothese H1d bestätigt. Insgesamt kann Modell 4 an der Gesamtvarianz der FLO 25.6 % erklären.

Da der Einfluss der Note in Modell drei unter Kontrolle des MSK nicht mehr signifikant ist, kann hier vermutet werden, dass das MSK den Zusammenhang zwischen Note und FLO mediiert. Die Überprüfung auf einen Mediationseffekt zwischen dem MSK, der Note und der FLO erfolgt nach dem Modell von Baron und Kenny (1986). Dafür werden vier Bedingungen mit Hilfe von drei Regressionsrechnungen getestet, welche hier im Allgemeinen kurz erläutert werden.

Die erste Bedingung ist die, dass die unabhängige Variable in einer ersten Regressionsrechnung einen signifikanten Effekt auf den Mediator aufweist. Weiterhin muss die unabhängige Variable in einer zweiten Regression einen signifikanten Einfluss auf die abhängige Variable zeigen. In einer dritten Regressionsrechnung muss der Mediator unter Kontrolle der unabhängigen Variablen einen signifikanten Effekt auf die abhängige Variable aufweisen. Abschließend besteht ein Mediationseffekt, wenn die unabhängige Variable unter Kontrolle des Mediators keinen Effekt mehr auf die abhängige Variable hat (Baron und Kenny 1986).

Die erste Bedingung nach Baron und Kenny (1986) kann nach einer ersten Rechnung bestätigt werden. Diese Regression liefert eine signifikante F-Statistik ($F(1, 245) = 175.53, p < 0.001$) und einen signifikanten Einfluss der Note auf das MSK ($B = -0.52, SE(B) = 0.04, \beta = -0.65, p < 0.001$). Die zweite Regressionsrechnung zeigt in einem mit $F(1, 245) = 34.04, p < 0.001$ ebenfalls statistisch bedeutsamen Modell einen signifikanten Effekt der Note auf die FLO ($B = -0.17, SE(B) = 0.03, \beta = -0.35, p < 0.001$). Die Signifikanz dieses Zusammenhangs ist aus Modell 2 (Tabelle 4) bereits bekannt. In der letzten Regression zur abschließenden Prüfung des Mediationseffekts ergibt sich unter Kontrolle der Note in einem signifikanten Modell ($F(2, 244) = 35.75, p < 0.001$) ein ebenfalls statistisch bedeutsamer Einfluss des MSK auf die FLO ($B = 0.25, SE(B) = 0.04, \beta = 0.42, p < 0.001$). Die Note weist in dieser Rechnung jedoch keinen signifikanten Effekt mehr auf die FLO auf ($p = 0.31$). Demnach gibt es hier tatsächlich einen Mediationseffekt, wobei das MSK den Zusammenhang zwischen Note und FLO mediiert.

Tabelle 5
Multiple Regression zur Vorhersage der Fehlerangst

Variable	Modell 1			Modell 2			Modell 3		
	<i>B</i>	<i>SE(B)</i>	β	<i>B</i>	<i>SE(B)</i>	β	<i>B</i>	<i>SE(B)</i>	β
Konstante	2.38***	0.06		1.60***	0.13		3.01***	0.29	
Geschlecht (m) ^a	−0.41***	0.09	−0.27	−0.38***	0.09	−0.26	−0.33***	0.08	−0.22
Note				0.27***	0.04	0.37	0.09	0.05	0.12
MSK							−0.36***	0.07	−0.39
R^2	0.075			0.212			0.299		
R^2 (korr.)	0.071			0.205			0.290		
ΔR^2 (korr.)				0.134			0.085		
F-Statistik	$F(1, 245) = 19.88^{***}$			$F(2, 244) = 32.80^{***}$			$F(3, 243) = 34.49^{***}$		

Anmerkungen. $N = 247$. MSK = mathematisches Selbstkonzept. *B* = nicht standardisierter Pfadkoeffizient. *SE(B)* = Standardfehler von *B*. β = standardisierter Pfadkoeffizient. R^2 = Determinationskoeffizient. R^2 (korr.) = korrigierter Determinationskoeffizient. ΔR^2 (korr.) = Zuwachsrates des korrigierten Determinationskoeffizienten.

^a Referenzkategorie Geschlecht = weiblich; (m) = männlich.

*** $p < .001$

Im Folgenden wird die Regressionsrechnung zur Vorhersage der FA im Mathematikunterricht ausgewertet (Tabelle 5)

Modell 1 zeigt auch hier einen Geschlechterunterschied, demzufolge sich für die Jungen ein um 0.27 Standardabweichungen niedrigerer Wert für die FA ergibt, als für die Mädchen. Durch die alleinige Betrachtung des Geschlechts als erklärende Variable lassen sich 7.1 % der Gesamtvarianz der FA erklären. Das Modell weist einen statistisch bedeutsamen F-Wert auf ($F(1, 245) = 19.88, p < 0.001$).

Der Geschlechterunterschied erhält in Modell 2 unter Kontrolle der Note eine marginal schwächere Ausprägung ($\beta = -0.26, p < 0.001$). Die Note zeigt hier einen etwas stärkeren Einfluss auf die FA, als das Geschlecht. Dabei erhöht sich der Wert für die FA um 0.37 Standardabweichungen, wenn die Note um eine Standardabweichung höher wird. Eine höhere, also schlechtere Note ist dementsprechend statistisch bedeutsam mit einer höheren FA verbunden. Durch dieses Modell können 20.5 % der Varianz erklärt werden, was im Vergleich zu Modell 1 einer zusätzlichen Aufklärung von 13.4 % an der Gesamtvarianz entspricht. Modell 2 weist ebenso einen signifikanten F-Wert auf ($F(2, 244) = 32.80, p < 0.001$).

Auch Modell 3, welches noch weitere 8.5 % und somit insgesamt 29.0 % der Gesamtvarianz der FA erklärt, erweist sich als signifikant ($F(3, 243) = 34.49, p < 0.001$). Der Effekt für das Geschlecht ist in Modell 3 nochmals etwas geringer als in Modell 2, sodass Jungen unter Kontrolle der Note und des MSK einen um 0.22 Standardabweichungen geringeren Wert für die FA berichten, als Mädchen. Den größten Einfluss auf die FA weist unter den betrachteten Prädiktoren das MSK auf, welches in einem negativen Zusammenhang zur FA steht. Ein um eine Standardabweichung höheres MSK geht dabei mit einer um 0.39 Standardabweichungen geringeren FA einher. Ähnlich wie bei der Vorhersage der FLO, schwindet auch hier in Modell 3 durch die zusätzliche unabhängige Variable der signifikante Einfluss der Note auf die FA.

Die abschließende multiple Regression mit Rückwärtselimination zeigt, dass sich das betrachtete Modell 3 unter Berücksichtigung aller im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Prädiktoren zur Vorhersage der FA tatsächlich am besten eignet. Demnach erfolgt die Prüfung der Hypothesen hier im Nachhinein an diesem Modell. Die Hypothese H2c muss aufgrund des fehlenden signifikanten Effekts der Note auf die FA in Modell 3 verworfen werden. Die Hypothesen H2a und H2d hingegen werden durch die statistisch bedeutsamen Effekte auf die FA bestätigt.

In Anbetracht dessen, dass der Effekt der Note auch bei der Vorhersage der FA unter Kontrolle des MSK nicht mehr signifikant ist, soll auch hier nach dem Modell von Baron und Kenny (1986) geprüft werden, ob das MSK den Zusammenhang zwischen Note und FA mediiert.

Die Erfüllung der ersten Bedingung ist aus der Untersuchung zur Vorhersage der FLO bereits bekannt. Diese besagt, dass der Einfluss der Note auf das MSK Signifikanz aufweisen muss. Ein zweites signifikantes Regressionsmodell ($F(1, 245) = 42.01, p < 0.001$) zeigt weiterhin, dass die Note auch einen statistisch bedeutsamen Effekt auf die FA hat ($B = 0.28, SE(B) = 0.04, \beta = 0.38, p < 0.001$). Das dritte Regressionsmodell ($F(2, 244) = 40.59, p < 0.001$) ergibt einerseits, dass das MSK unter Kontrolle der Note einen signifikanten Effekt auf die FA aufweist ($B = -0.39, SE(B) = 0.07, \beta = -0.42$ mit $p < 0.001$) und andererseits, dass die Note unter Kontrolle des MSK keinen signifikanten Einfluss mehr auf die FA zeigt ($p = 0.13$). Schlussfolgernd liegt auch hier ein Mediationseffekt durch das MSK auf die Beziehung zwischen Note und FA vor.

6 Diskussion

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden die individuelle Einstellung der Lernenden gegenüber Fehlern sowie ihre Gefühle im Umgang mit ihnen untersucht. In der Auswertung ergaben sich statistisch bedeutsame Geschlechterunterschiede. Für die FLO zeigte sich ein kleiner Effekt zu Gunsten der Mädchen. Im Hinblick auf die FA berichteten Mädchen mit einem mittleren Effekt höhere Werte, als Jungen. Dieser Effekt war entsprechend den Untersuchungen von Tulis (2010) bereits zu vermuten. Die erreichten Werte für die FA sind im Durchschnitt als fehlerkulturpositiv zu interpretieren.

Für die primären Untersuchungen im Rahmen der Fragestellungen, ob die FLO bzw. die FA für den Mathematikunterricht durch Geschlecht, Klassenstufe, Mathematiknote und MSK vorhergesagt werden können, wurden zwei multiple Regressionsanalysen schrittweise für jeweils unterschiedliche Modelle durchgeführt.

Bezüglich der ersten zentralen Frage dieser Arbeit, ob Geschlecht, Klassenstufe, Mathematiknote und MSK die FLO vorhersagen können, ergeben sich die folgenden Zusammenhänge. Das Geschlecht und das MSK erweisen sich erwartungsgemäß als prädiktiv, wodurch die Hypothesen H1a „Das Geschlecht ist signifikanter Prädiktor für das Kriterium FLO“ und H1d „Das MSK ist signifikanter Prädiktor für das Kriterium FLO“ bestätigt werden. Der größte beobachtete Effekt auf die FLO wird durch das MSK verzeichnet. Schüler*innen mit einem höheren MSK weisen demnach auch eine höhere FLO auf. Es kann schließlich davon ausgegangen werden, dass die Zuwendung zum Fehler und der entsprechende Umgang im kognitiven Bereich einerseits bei Mädchen höher ist als bei Jungen und andererseits höher ist, wenn die Schüler*innen ihre Fähigkeiten im Fach Mathematik selbst als gut einschätzen. Unter Berücksichtigung des Geschlechts und des MSK können 25.5 % der Gesamtvarianz der FLO erklärt werden. Demzufolge muss es noch weitere Variablen mit Einfluss auf die FLO geben, welche im Rahmen dieser Arbeit nicht betrachtet wurden.

Zudem wurde festgestellt, dass das MSK den Zusammenhang zwischen Note und FLO mediert, was zu einer erwartungswidrigen Verwerfung der Hypothese H1c „Die Leistung ist signifikanter Prädiktor für das Kriterium FLO“ führt, da der Effekt der Note auf die FLO lediglich durch das MSK vermittelt wird. In Anbetracht der bisherigen Untersuchungen zu den Zusammenhängen zwischen Leistung und Selbstkonzept erscheint der Mediationseffekt des MSK auf die Beziehung zwischen Note und FLO hier auch naheliegend. Die Hypothese H1b „Die Klassenstufe ist signifikanter Prädiktor für das Kriterium FLO“ muss ebenfalls entgegen der Erwartung verworfen werden, da sich die Klassenstufe in der Untersuchung nicht als prädiktiv für die FLO erweist.

Im Rahmen der zweiten zentralen Fragestellung wurde untersucht, ob das Geschlecht, die Klassenstufe, die Mathematiknote und das MSK prädiktiv für die FA sind. In diesem Zusammenhang erweisen sich aufgrund der Berechnungen erwartungskonform das Geschlecht und das MSK als signifikante Prädiktoren für die FA, sodass die Hypothesen H2a „Das Geschlecht ist signifikanter Prädiktor für das Kriterium FA“ und H2d „Das MSK ist signifikanter Prädiktor für das Kriterium FA“ bestätigt werden. Der Einfluss des MSK ist auch hier am stärksten und zeigt, dass Schüler*innen mit einem niedrigeren MSK eine höhere FA aufweisen. Dementsprechend sind Gefühle wie Scham, Schuld und Angst im Mathematikunterricht bei den Schüler*innen stärker ausgeprägt, die ihre Fähigkeiten im Fach als schlechter einschätzen. Insbesondere besteht hier – wie in den theoretischen Ausführungen beschrieben – die Gefahr, dass negative Emotionen als Antwort auf als negativ erlebte Fehlersituationen vorherrschen. Insgesamt können mit den Prädiktoren Geschlecht und MSK 29.0 % der Varianz der FA erklärt werden. Auch hier gibt es offensichtlich weitere Faktoren, welche die FA beeinflussen.

Die Hypothese H2c „Die Leistung ist signifikanter Prädiktor für das Kriterium FA“ muss verworfen werden, da die Beziehung zwischen der Note und der FA durch das MSK vermittelt wird und die Note als unabhängige Variable somit keinen signifikanten Effekt auf die FA zeigt. Als erwartungswidrig ist

zu verzeichnen, dass sich die Klassenstufe als Indiz für das Alter der Lernenden im Rahmen der Vorhersage der FA nicht als prädiktiv erweist. Dementsprechend muss die Hypothese H2b „Die Klassenstufe ist signifikanter Prädiktor für das Kriterium FA“ ebenfalls verworfen werden.

Im Rahmen der Untersuchungen bestehen gewisse Grenzen im Hinblick auf eine Interpretation. Zunächst ist zu betonen, dass die Note von den Schüler*innen jeweils selbst angegeben und nicht auf Richtigkeit überprüft wurde. Diese Grenze wurde jedoch bewusst in Kauf genommen, um die Anonymität zu wahren.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass durch die Wahl der Klassenstufe nur zwei Kategorien (die Klassenstufen zehn und elf) betrachtet wurden. Die befragten Schüler*innen wiesen allerdings eine Altersspanne von vier Jahren auf. Die Betrachtung des Alters in diesen vier Kategorien wäre hier vermutlich kaum möglich gewesen, da die Anzahl der Schüler*innen, die 15 (jüngste teilnehmende Person) oder 19 (älteste teilnehmende Person) Jahre alt sind, wahrscheinlich zu klein gewesen wäre, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. Um verlässliche Aussagen bezüglich eines möglichen Einflusses des Alters auf die FLO oder die FA zu erhalten, müsste hier eine umfangreichere Erhebung durchgeführt werden, in welcher entweder konkrete Altersgruppen unterschieden werden oder ein größerer Unterschied bezüglich der betrachteten Klassenstufen gewählt wird (beispielsweise bei Einstieg und Abschluss der gymnasialen Oberstufe). Sollte das Alter prädiktiv für die FLO oder die FA sein, könnte eine solche Erhebung Aufschluss über den möglichen Effekt geben. Die Frage nach dem prädiktiven Einfluss des Alters auf die FLO und die FA konnte im Rahmen der Untersuchung hier nicht bestätigt werden, wird aber in Anbetracht der geringen Aussagekraft der Klassenstufe in dieser Erhebung als noch offen bewertet.

Zudem ist im Rahmen der Auswertung und Interpretation zu beachten, dass eine Regressionsrechnung allein keine Kausalität impliziert. Aufgrund der theoriebasierten Entwicklung der Fragestellung, der theoretischen Vorüberlegungen und der Ergebnisse der Regressionsrechnungen ist jedoch von

einem Einfluss des Geschlechts und des MSK auf die FLO und die FA auszugehen.

Da der prädiktive Einfluss des MSK auf den adaptiven Umgang mit Fehlern bereits bekannt ist (Steuer 2014), erscheint die Rolle der FLO bzw. der FA in diesem Zusammenhang interessant. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde gezeigt, dass das MSK signifikanter Prädiktor für die FLO ist, somit könnte vermutet werden, dass die FLO die Beziehung zwischen MSK und dem adaptiven Umgang mit Fehlern mediiert. Durch die Untersuchungen von Grassinger et al. (2017) und die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sind nach Baron und Kenny (1976) bereits zwei von vier Bedingungen für die Mediation des Zusammenhangs zwischen MSK und adaptivem Umgang mit Fehlern durch die FLO bestätigt.

Für die Praxis lassen sich hier nur marginal Schlussfolgerungen für Lehrpersonen auf pädagogischer Ebene ziehen. Dem Thema Fehlerkultur sollte im Mathematikunterricht grundsätzlich Raum geschaffen werden. Dabei sollte immer Vorsicht beim Publizieren von Fehlern im Klassenverband walten, um Demütigungen und Bloßstellungen und somit negative Emotionen im Allgemeinen zu vermeiden. Lehrpersonen sollten hier aber auch beachten, dass die FA im Mathematikunterricht bei Mädchen durchschnittlich etwas höher ist als bei Jungen. Die Betonung der Lernchance im Zuge des Fehlermachens sollte wiederum auf Seiten der Jungen etwas stärker hervorgehoben werden. Dennoch sollten Lehrpersonen hier sensibel und empathisch mit allen Lernenden bezüglich der Thematik des Fehlermachens verfahren, da es selbstverständlich auch Jungen mit hoher FA sowie Mädchen mit niedriger FLO gibt.

Aus Betrachtungen der zwei weiteren Skalen Fehlerfreundlichkeit und Normtransparenz der Fehlerkultur von Spychiger et al. (2006) könnten in künftigen Untersuchungen weitere Konsequenzen für Lehrpersonen auf pädagogischer Ebene gezogen werden. Zudem erscheinen hier auch die Konstrukte des Fachinteresses der Lernenden sowie deren Selbstwirksamkeitserwartung in Hinblick auf die Fehlerkultur von Bedeutung. Bei Kreutzmann et al. (2014) erwiesen sich die FLO und die FA bereits als prädiktiv für die

schulische Selbstwirksamkeitserwartung. Hier wäre es interessant zu beleuchten, ob diese Konzepte sich gegenseitig beeinflussen.

Im Rahmen der Auseinandersetzung mit der Fehlerthematik im Mathematikunterricht wird schließlich deutlich: Fehler können sowohl als fruchtbar, als auch als furchtbar angesehen und empfunden werden. Insbesondere hängt diese Einstellung der Schüler*innen mit dem MSK zusammen und unterscheidet sich zwischen den Geschlechtern.

Abschließend sollen das Konzept einer positiven Fehlerkultur und die Auffassung von Fehlern als Lernchance in einem Zitat von Konfuzius hervorgehoben werden.

„Der Meister sprach: Fehler begehen und sich nicht ändern, das nenne ich fürwahr verfehlt.“ (Kung Fu Tse: Gespräche, zitiert nach Koerrenz, Kenklies, Kauhaus und Schwarzkopf 2017, S. 51)

7 Anhang

Im Folgenden ist der Fragebogen aufgeführt, welchen die Schüler*innen erhalten und ausgefüllt haben.

Liebe Schülerinnen, liebe Schüler,

ich schreibe aktuell meine Masterarbeit, in der ich mich mit der Fehlerkultur im Mathematikunterricht befasse. Dafür habe ich Fragebögen für Schülerinnen und Schüler vorbereitet, die ich anschließend auswerten werde. Ich bitte euch, mich mit eurer Teilnahme zu unterstützen. Bitte nehmt euch die Zeit den Bogen sorgfältig auszufüllen, die Befragung dauert etwa 10 Minuten. Vielen Dank!

Beste Grüße,

Datenschutz

Der verantwortungsbewusste Umgang mit den erhobenen Daten ist für mich selbstverständlich. Die Daten werden anonymisiert erhoben, sodass nicht auf einzelne Personen rückgeschlossen werden kann. Die Auswertung erfolgt ausschließlich aggregiert.

Instruktionen zum Ausfüllen des Fragebogens

Bitte füllt den Fragebogen spontan aus. Es gibt kein „richtig“ oder „falsch“ bei der Beantwortung.

Setzt pro Zeile bitte **genau ein Kreuz** und setzt dieses jeweils **in** ein Feld (nicht zwischen zwei Feldern).

Geschlecht:	☐ männlich	☐ weiblich	☐ divers			
Klassenstufe:	☐ 10	☐ 11				
Letzte Mathematikzeugnisnote:	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6

Wie sehr würdest du den folgenden Aussagen zustimmen?

	Stimmt ganz und gar nicht	Stimmt eher nicht	Stimmt zum Teil	Stimmt voll und ganz
Es macht mir Freude, mir durch Fehler neues Wissen anzueignen.				
Ich bekomme Angst, wenn ich im Mathematikunterricht Fehler mache.				
Fehler in Prüfungen werden von mir immer freiwillig verbessert, auch wenn es die Lehrperson nicht extra sagt.				
Wenn ich im Mathematikunterricht Fehler mache, mache ich mir Vorwürfe, dass ich zu wenig gelernt oder nicht genug aufgepasst habe.				
Fehler, die ich während des Mathematikunterrichts gemacht habe, schaue ich mir zu Hause ganz genau an.				
Ich schäme mich im Mathematikunterricht, wenn ich vor der Klasse Fehler mache.				
Es macht mir Spaß, bei einer Aufgabe verschiedene Lösungswege auszuprobieren.				
Ich habe Angst vor der Mathematiklehrerin / dem Mathematiklehrer, wenn ich eine schriftliche Arbeit mit vielen Fehlern zurückbekomme.				
Wenn ich im Mathematikunterricht etwas ungeschickt mache, nehme ich dies als Gelegenheit wahr, daraus zu lernen.				
Fehler im Mathematikunterricht helfen mir, es hinterher besser zu machen.				
Vor der Schulstunde habe ich manchmal Angst, dass ich während des Mathematikunterrichts Fehler machen könnte.				
Falsche Lösungen in Mathematikaufgaben überdenke ich mehrmals.				
Manchmal hilft es mir im Mathematikunterricht einen Fehler in Erinnerung zu behalten, um ihn nicht wieder zu machen.				

-----Nächste Seite-----

Inwieweit stimmst du den folgenden Aussagen zu?

	Stimme überhaupt nicht zu	Stimme wenig zu	Stimme einigermaßen zu	Stimme stark zu
Für Mathematik habe ich einfach keine Begabung.				
Das Fach Mathematik wäre mir lieber, wenn es nicht so schwierig wäre.				
Bei manchen Sachen in Mathematik weiß ich von vornherein: „Das verstehe ich nie.“				
Obwohl ich mir bestimmt Mühe gebe, fällt mir Mathematik schwerer als vielen meiner Mitschüler und Mitschülerinnen.				
Wenn ich im Mathematikunterricht etwas nicht verstehe, gebe ich gleich auf.				
Was wir im Mathematikunterricht durchnehmen, kann ich mir schlecht merken.				
Mathematik liegt mir nicht besonders.				

Vielen Dank für eure Teilnahme!

8 Literaturverzeichnis

- Appelt, E. P. (1933): Fehlerverhütung und Fehlerverbesserung. In: *Monatsheft für Deutschen Unterricht* 25 (8), S. 234–240.
- Baron, Reuben M.; Kenny, David A. (1986): The Moderator-Mediator Variable Distinction in Social Psychological Research: Conceptual, Strategic, and Statistical Considerations. In: *Journal of Personality and Social Psychology* 51 (No. 6), S. 1173–1182.
- Baumeister, Roy F.; Campbell, Jennifer D.; Krueger, Joachim I.; Vohs, Kathleen D. (2003): Does High Self-Esteem Cause Better Performance, Interpersonal Success, Happiness, or Healthier Lifestyles? In: *Psychological Science in the Public Interest* Vol. 4 (No. 1), S. 1–44.
- Baumert, Jürgen; Gruehn, Sabine; Heyn, Susanne; Köller, Olaf; Schnabel, Kai-Uwe (1997): *Bildungsverläufe und Psychosoziale Entwicklung im Jugendalter (BIJU). Dokumentation - Band 1. Skalen Längsschnitt I. Wellen 1-4. Unter Mitarbeit von Ingo Leven, Nike Pläßmeier, Rolf Schleußer, Nicola Tauscher und Frauke Thebis.*
- Benölken, Ralf (2014): Begabung, Geschlecht und Motivation. In: *J Math Didakt* 35 (1), S. 129–158. DOI: 10.1007/s13138-013-0059-9.
- Bienenstein, Stefan; Rother, Mathias (2009): Fehler in der Psychotherapie. Theorie, Beispiele und Lösungsansätze für die Praxis. Wien: Springer. Online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10350037>.
- Bos, Wilfried (2009): KESS 7. Skalenhandbuch zur Dokumentation der Erhebungsinstrumente. Münster: Waxmann (HANSE - Hamburger Schriften zur Qualität im Bildungswesen, 4).
- Cohen, Jacob (1988): *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. New York: Lawrence Erlbaum Associates, Publisher.

- Cox, L. S. (1975): Systematic Errors in the Four Vertical Algorithms in Normal and Handicapped Populations. In: *Journal for Research in Mathematics Education* Vol. 6 (No. 4), S. 202–220.
- Dickhäuser, Oliver (2006): Fähigkeitsselbstkonzepte. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 20 (1/2), S. 5–8. DOI: 10.1024/1010-0652.20.12.5.
- Dresel, Markus; Schober, Barbara; Ziegler, Albert; Grassinger, Robert; Steuer, Gabriele (2013): Affektiv-motivational adaptive und handlungsadaptive Reaktionen auf Fehler im Lernprozess*. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 27 (4), S. 255–271. DOI: 10.1024/1010-0652/a000111.
- Fromm, Sabine; Baur, Nina (2008): Datenanalyse mit SPSS für Fortgeschrittene. Ein Arbeitsbuch. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden.
- Gartmeier, Martin; Bauer, Johannes; Gruber, Hans; Heid, Helmut (2008): Negative Knowledge: Understanding Professional Learning and Expertise. In: *Vocations and Learning* 1 (2), S. 87–103. DOI: 10.1007/s12186-008-9006-1.
- Glaserfeld, Ernst von (1991): A Constructivist's View of Learning and Teaching. In: R. Duit, F. Goldberg und H. Niedderer (Hg.): *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies. Proceedings of an international workshop*. Kiel: IPN, S. 29–39.
- Gollwitzer, Mario; Eid, Michael; Schmitt, Manfred (2013): Statistik und Forschungsmethoden. Lehrbuch. Mit Online-Materialien. Deutsche Erstausgabe, 3., korrigierte Aufl. Weinheim, Basel: Beltz Verlagsgruppe.
- Grassinger, Robert; Dresel, Markus (2017): Who learns from errors on a class test? Antecedents and profiles of adaptive reactions to errors

- in a failure situation. In: *Learning and Individual Differences* 53, S. 61–68. DOI: 10.1016/j.lindif.2016.11.009.
- Grassinger, Robert; Scheunpflug, Annette; Zeinz, Horst; Dresel, Markus (2018): Smart is who makes lots of errors? The relevance of adaptive reactions to errors and a positive error climate for academic achievement. In: *High Ability Studies* 29 (1), S. 37–49. DOI: 10.1080/13598139.2018.1459294.
- HBSC-Studienverbund Deutschland (2015): Studie Health Behaviour in School-aged Children – Faktenblatt „Schulische Belastung von Kindern und Jugendlichen“.
- Heimbeck, Doerte; Frese, Michael; Sonnentag, Sabine; Keith, Nina (2003): Integrating errors into the training process: the function of error management instructions and the role of goal orientation. In: *Personnel Psychology* 56 (2), 333-361.
- Heinze, Aiso (2004): Zum Umgang mit Fehlern im Unterrichtsgespräch der Sekundarstufe I. Theoretische Grundlegung, Methode und Ergebnisse einer Videostudie. In: *JMD* 25 (3/4), S. 221–244.
- Heinze, Aiso; Ufer, Stefan; Rach, Stefanie; Reiss, Kristina (2012): The Student Perspective on Dealing with Errors in Mathematics Class. In: Eveline Wuttke und Jürgen Seifried (Hg.): *Learning from errors at school and at work*. Opladen, Berlin, Farmington Hills, MI: Verlag Barbara Budrich (Research in vocational education, Volume 1), S. 65–80.
- James, William (1999): The Self. In: Roy F. Baumeister (Hg.): *The self in social psychology*. Philadelphia, Pa.: Psychology Press (Key readings in social psychology), S. 69–77.
- Jerusalem, Matthias (1984): Selbstbezogene Kognitionen in schulischen Bezugsgruppen. Eine Längsschnittstudie. Freie Universität Berlin. Institut für Psychologie.

- Jopt, Uwe-Jörg (1978): Selbstkonzept und Ursachenerklärung in der Schule. Zur Attribuierung von Schulleistungen. 1. Aufl. Bochum: Kamp.
- Justicia-Galiano, M. José; Martín-Puga, M. Eva; Linares, Rocío; Pelegrina, Santiago (2017): Math anxiety and math performance in children: The mediating roles of working memory and math self-concept. In: *The British journal of educational psychology* 87 (4), S. 573–589. DOI: 10.1111/bjep.12165.
- Käser, Udo (2011): Fehler begehen – Mathematik verstehen. Über die Bedeutung von Fehlern für das Verstehen. In: Markus Alexander Helmerich, Katja Lengnink, Gregor Nickel und Martin Rathgeb (Hg.): Mathematik verstehen. Philosophische und didaktische Perspektiven. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden, 167-178.
- Koerrenz, Ralf; Kenklies, Karsten; Kauhaus, Hanna; Schwarzkopf, Matthias (2017): Geschichte der Pädagogik. Paderborn: Ferdinand Schöningh (UTB basics, 4524). Online verfügbar unter <http://www.utb-studi-e-book.de/9783838545240>.
- Köller, Olaf; Schnabel, Kai-Uwe; Baumert, Jürgen (2000): Der Einfluß der Leistungsstärke von Schulen auf das fachspezifische Selbstkonzept der Begabung und das Interesse. In: *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie* (32), S. 70–80.
- Köller, Olaf; Trautwein, Ulrich; Lüdtke, Oliver; Baumert, Jürgen (2006): Zum Zusammenspiel von schulischer Leistung, Selbstkonzept und Interesse in der gymnasialen Oberstufe. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 20 (1/2), S. 27–39. DOI: 10.1024/1010-0652.20.12.27.
- Kreutzmann, Madeleine; Zander, Lysann; Hannover, Bettina (2014): Versuch macht kluch g?! In: *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie*

- und Pädagogische Psychologie* 46 (2), S. 101–113. DOI: 10.1026/0049-8637/a000103.
- Marsh, Herbert W. (2005): Big-Fish-Little-Pond Effect on Academic Self-Concept. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 19 (3), S. 119–129. DOI: 10.1024/1010-0652.19.3.119.
- Marsh, Herbert W.; Byrne, Barbara M.; Shavelson, Richard J. (1988): A Multifaceted Academic Self-Concept: Its Hierarchical Structure and Its Relation to Academic Achievement. In: *Journal of Educational Psychology* Vol. 80 (No. 3), S. 366–380.
- Minsky, Marvin (1994): Negative Expertise. In: *International Journal of Expert Systems* Vol. 7, 1994, S. 13–19.
- Möller, Jens; Trautwein, Ulrich (2015): Selbstkonzept. In: Elke Wild und Jens Möller (Hg.): *Pädagogische Psychologie*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Oser, Fritz; Hascher, Tina; Spychiger, Maria (1999): Lernen aus Fehlern. Zur Psychologie des "negativen" Wissens. In: Wolfgang Althof (Hg.): *Fehlerwelten. Vom Fehlermachen und Lernen aus Fehlern*: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 11–42.
- Oser, Fritz; Spychiger, Maria (2005): Lernen ist schmerzhaft. Zur Theorie des negativen Wissens und zur Praxis der Fehlerkultur. Weinheim: Beltz (Beltz-Pädagogik).
- Rach, Stefanie; Ufer, Stefan; Heinze, Aiso (2012): Lernen aus Fehlern im Mathematikunterricht - kognitive und affektive Effekte zweier Interventionsmaßnahmen. In: *Unterrichtswissenschaft* 40 (3), S. 213–234.
- Radatz, Hendrik (1980): Students' Errors in the Mathematical Learning Process: A Survey. In: *For the Learning of Mathematics* Vol. 1 (No. 1), S. 16–20.

- Rost, Detlef H.; Dickhäuser, Oliver; Sparfeldt, Jörn R.; Schilling, Susanne R. (2004): Fachspezifische Selbstkonzepte und Schulleistungen im dimensional Vergleich. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 18 (1), S. 43–52. DOI: 10.1024/1010-0652.18.1.43.
- Schilling, Susanne R.; Sparfeldt, Jörn R.; Rost, Detlef H. (2006): Facetten schulischen Selbstkonzepts. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 20 (1/2), S. 9–18. DOI: 10.1024/1010-0652.20.12.9.
- Schoy-Lutz, Monika (2005): Fehlerkultur im Mathematikunterricht. Theoretische Grundlegung und evaluierte unterrichtspraktische Erprobung anhand der Unterrichtseinheit "Einführung in die Satzgruppe des Pythagoras". Zugl.: Weingarten, Pädag. Hochsch., Diss., 2004. Hildesheim: Franzbecker (Texte zur mathematischen Forschung und Lehre, 39).
- Schüttelkopf, Elke M. (2015): Lernen aus Fehlern. Wie man aus Schaden klug wird. Freiburg: Haufe-Lexware GmbH & Co. KG (Haufe TaschenGuide). Online verfügbar unter https://www.wiso-net.de/document/HAUF,AHAU__9783648067062127.
- Seifried; Jürgen; Wuttke; Eveline (2010): Student errors: how teachers diagnose them and how they respond to them. In: *Empirical research in vocational education and training* 2 (2), S. 147–162.
- Shavelson, Richard J.; Hubner, Judith J.; Stanton, George C. (1976): Self-Concept: Validation of Construct Interpretations. In: *Review of Educational Research* Vol. 46 (No. 3), S. 407–441.
- Spychiger, Maria; Kuster, Reto; Oser, Fritz (2006): Dimensionen von Fehlerkultur in der Schule und deren Messung. Der Schülerfragebogen zur Fehlerkultur im Unterricht für Mittel- und Oberstufe. In: *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften* 28 (1), S. 87–110.
- Spychiger, Maria; Oser, Fritz; Hascher, Tina; Mahler, Fabienne (1999): Entwicklung einer Fehlerkultur in der Schule. In: Wolfgang Althof

- (Hg.): Fehlerwelten. Vom Fehlermachen und Lernen aus Fehlern: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 43–70.
- Stein, Nancy L.; Trabasso, Tom (1991): Children's understanding of changing emotional states. In: Carolyn Saarni (Hg.): Children's understanding of emotion. Cambridge: Univ (Cambridge Studies in Social & Emotional Development), S. 50–77.
- Steuer, Gabriele (2014): Fehlerklima in der Klasse. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Steuer, Gabriele; Rosentritt-Brunn, Gisela; Dresel, Markus (2013): Dealing with errors in mathematics classrooms: Structure and relevance of perceived error climate. In: *Contemporary Educational Psychology* 38 (3), S. 196–210. DOI: 10.1016/j.cedpsych.2013.03.002.
- Tiede, Manfred (1987): Statistik, Regressions- und Korrelationsanalyse. München: Oldenbourg.
- Tulis, Maria (2010): Individualisierung im Fach Mathematik: Effekte auf Leistung und Emotionen. In: F.W. Hesse (Hg.): Wissensprozesse und digitale Medien, Band 17. Berlin: LOGOS Verlag.
- Tulis, Maria; Grassinger, Robert; Dresel, Markus (2011): Adaptiver Umgang mit Fehlern als Aspekt der Lernmotivation und des selbstregulierten Lernens von Overachievern. In: Markus Dresel und Lena Lämmle (Hg.): Motivation, Selbstregulation und Leistungsexzellenz. Münster: LIT (Talentförderung, Expertiseentwicklung, Leistungsexzellenz, 9), S. 29–51.
- Weimer, Hermann (1925): Psychologie der Fehler. Leipzig: Klinkhardt.
- Wills, A. J.; Lavric, A.; Croft, G. S.; Hodgson, T. L. (2007): Predictive Learning, Prediction Errors, and Attention: Evidence from Event-related Potentials and Eye Tracking. In: *Journal of Cognitive Neuroscience* 19 (5), S. 843–854.

Wuttke, Eveleine; Seifried, Jürgen; Mindnich, Anja (2008): Umgang mit Fehlern und Ungewißheit im Unterricht: Entwicklung eines Beobachtungsinstruments und erste empirische Befunde. In: Michaela Gläser-Zikuda und Jürgen Seifried (Hg.): Lehrerexpertise. Analyse und Bedeutung unterrichtlichen Handelns. Münster: Waxmann, 91-111.

Zapf, Dieter; Frese, Michael; Brodbeck, Felix C. (1999): Fehler und Fehlermanagement. In: D. Frey, C. Hoyos und D. Stahlberg (Hg.): Arbeits- und Organisations-Psychologie. Weinheim: Beltz Verlag, S. 398–411.

Zapf, Dieter; Reason, James (1994): Introduction: Human Errors and Error Handling. In: *Applied Psychology: An International Review* 43 (4), S. 427–432.