

Übergänge im MINT-Lehramtsstudium: Eine empirische Analyse bildungsbezogener Entscheidungsprozesse

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät
der Eberhard Karls Universität Tübingen

vorgelegt von
Vera Luise Heusel

Tübingen

2025

1. Betreuer:	Prof. Dr. Augustin Kelava
2. Betreuerin:	Prof. Dr. Kathleen Stürmer
Tag der mündlichen Prüfung:	26.01.2026
Dekanin:	Prof. Dr. Taiga Brahm
Dekan:	Prof. Dr. Dominik Papies
1. Gutachter:	Prof. Dr. Augustin Kelava
2. Gutachter:	Prof. Dr. Thorsten Bohl

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die mich bei der Entstehung dieser Dissertation auf verschiedenste Art und Weise unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt meinem Erstbetreuer Prof. Dr. Augustin Kelava für die wertvolle wissenschaftliche Anleitung, die konstruktiven Anregungen und die Unterstützung während meiner gesamten Zeit am Methodenzentrum. Tino, ohne Deine Expertise und Dein großes Vertrauen in meine Arbeit wäre diese Dissertation nicht möglich gewesen. Außerdem möchte ich meiner Zweitbetreuerin Prof. Dr. Kathleen Stürmer an dieser Stelle meinen Dank aussprechen.

Des Weiteren danke ich all meinen Kolleginnen und Kollegen für die unvergessliche Zeit am Methodenzentrum. Insbesondere möchte ich Dr. Judith Glaesser für die stets großartige Zusammenarbeit und die wertvollen Ratschläge, die entscheidend zu dieser Arbeit beigetragen haben, danken. Zudem danke ich Désirée, Lukas und Michael. Ihr habt meine Zeit am Methodenzentrum extrem bereichert und ich bin froh, dass wir nicht nur Kollegen, sondern auch Freunde geworden sind.

Außerdem möchte ich auch meiner Familie und all meinen Freunden für die Unterstützung und Geduld danken. Ein besonderer Dank geht an Ina. Danke dass Du immer für mich da warst und mir bei jedem noch so kleinen Problem zugehört hast.

Mein größter Dank gilt meinem Freund Dennis, der mich stets bei allem unterstützt und motiviert hat und immer geduldig mit mir war. Du hast mir gezeigt, wie schön das Leben abseits des Schreibtisches sein kann.

Zusammenfassung

Im Schulfach Mathematik besteht in Deutschland gegenwärtig ein großer und zudem steigender Mangel an Lehrkräften (siehe z.B. Anger et al., 2021). Dadurch ist ein ausreichendes Angebot von Mathematikunterricht durch qualifizierte Lehrpersonen gefährdet. Aufgrund der hohen Relevanz von mathematischen Kompetenzen in zahlreichen Studien- und Berufsfeldern besteht hier dringender Handlungsbedarf. Ansatzpunkte zur Verbesserung der Situation bieten verschiedene Problemfelder, die sich im Hinblick auf die Ausbildung und Einstellung angehender Lehrkräfte ergeben und zum Mangel beitragen können.

Den folgenden drei Problembereichen widme ich mich im Rahmen dieser Dissertation. Erstens scheiden viele Studierende des Mathematiklehramts bereits im Laufe des ersten Studienjahres aus. Konkret beläuft sich die Abbruchquote in Mathematikstudiengängen insgesamt laut aktuellsten Zahlen auf etwa 59% (Heublein et al., 2022). Zweitens stellt die praktische Studienphase, die ich im Folgenden auch als „Schulpraxissemester“ bezeichne, eine weitere Herausforderung dar, die zur kritischen Reflexion des Berufswunsches führen kann (Porsch, 2019). Drittens entscheiden sich auch nach dem erfolgreichen Abschluss des Lehramtsstudiums einige potenzielle Lehrkräfte gegen die Arbeit in diesem Beruf und verfolgen stattdessen alternative Karrieren (Franz et al., 2023; Gülen et al., 2022). Vor allem die Motivation hinter Studienabbrüchen wurde sowohl auf theoretischer (Bean, 1980; Tinto, 1975) als auch auf empirischer Basis (z.B. Müller & Schneider, 2013; Rump et al., 2017; Schnettler et al., 2020) bereits umfassend erforscht. Dennoch stellt die Untersuchung der besonderen Gegebenheiten im Mathematiklehramt beziehungsweise in mathematiklastigen Fächern im Hinblick auf die aktuelle Mangellage nach wie vor ein wichtiges Forschungsdesiderat dar.

Eine zentrale Herausforderung des Mathematik-Lehramtsstudiums ergibt sich durch die sogenannte *doppelte Diskontinuität* nach Klein (1908). Die erste Diskontinuität zeigt sich bereits beim Übergang von der Schul- zur Universitätsmathematik und betrifft daher nicht nur Lehramtsstudierende, sondern alle Studienanfänger¹ im Fach Mathematik (Isaev, 2021). Sie

¹Im Interesse der besseren Lesbarkeit werden im Folgenden keine geschlechtsspezifischen Personenbezeichnungen verwendet. Auf die gleichzeitige Verwendung weiblicher und männlicher Sprachformen wird dementsprechend verzichtet. Wenn möglich werden geschlechtsneutrale Bezeichnungen bevorzugt. Anderenfalls schließt die gewählte männliche Form eine entsprechende weibliche Form gleichberechtigt ein.

resultiert aus der unterschiedlichen Herangehensweise von der Universitätsmathematik im Vergleich zur Schulmathematik. Während man sich in der Schulmathematik an konkreten Beispielen orientiert und ihr somit in erster Linie eine allgemeinbildende Rolle zugeschrieben werden kann, wird in der Universitätsmathematik ein davon abweichender Ansatz verfolgt, der vorrangig auf mathematische Beweisführung fokussiert ist (Dörfler & McLone, 1986; Rach & Heinze, 2013). Die Mathematik wird dabei in erster Linie als „kontextfreie Theorie“ gelehrt (Rach & Heinze, 2013; S. 126). Diese Umstände führen bei den Studierenden sowohl zu Leistungs- als auch zu Motivationsproblemen (Andrà et al., 2011; Geisler, 2020; Glaesser et al., 2021), welche sich auch in der überdurchschnittlich hohen Studienabbruchquote (Heublein et al., 2022) widerspiegeln.

Die zweite Diskontinuität zeigt sich beim Übergang von der Universitätsmathematik zurück zur Schulmathematik (Klein, 1908). Prediger (2013) weist darauf hin, dass auf Grund der unterschiedlichen Charaktere von Schul- und Universitätsmathematik das im Hochschulstudium erworbene fachliche Wissen von Lehrkräften in der schulischen Unterrichtspraxis nur begrenzt angewendet oder didaktisch umgesetzt wird. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Diskontinuität nicht erst beim eigentlichen Berufseintritt, sondern bereits im Rahmen von schulpraktischen Erfahrungen, wie etwa dem Schulpraxissemester, zum Tragen kommt. Längere Praxisphasen sind, wenn auch in unterschiedlicher konkreter Ausgestaltung, inzwischen in den meisten deutschen Bundesländern ein verpflichtender Bestandteil von Lehramtsstudiengängen (vgl. KMK, 2024). Auf Grund der zweiten Diskontinuität erscheint es plausibel, dass die Studierenden diese schulpraktischen Erfahrungen besonders im Hinblick auf ihre fachlichen Vermittlungskompetenzen als herausfordernd erleben. Dies könnte wiederum zu einem kritischen Überdenken der ursprünglichen Berufswahl führen. Empirische Untersuchungen zum Erleben praktischer Studienphasen speziell im Fach Mathematik existieren bislang jedoch nicht.

Neben den Herausforderungen durch die doppelte Diskontinuität ergibt sich eine weitere Hürde bezüglich des Übergangs vom Studium in den Lehrberuf. Gerade für Absolventen im Fach Mathematik beziehungsweise in den MINT-Fächern insgesamt eröffnen sich an dieser Stelle häufig lukrative Karrieremöglichkeiten mit besseren Verdienst- und Entwicklungsperspektiven. Daher entscheidet sich ein Teil der Absolventen gegen den Lehrberuf und wechselt stattdessen in andere Branchen (Franz et al., 2023; Gülen et al., 2022).

Welche Motive hierbei eine Rolle spielen, wurde allerdings bislang nur unzulänglich erforscht.

Insgesamt gehe ich davon aus, dass die beschriebenen Übergangssituationen innerhalb der Lehrkräftebildung eine wichtige Rolle im Hinblick auf den Lehrkräftemangel in der Mathematik und im MINT-Bereich spielen. Daher untersuche ich in dieser Dissertation verschiedene Einflussfaktoren auf eine mögliche berufliche Umorientierung an diesen Übergängen. Die Erkenntnisse aus dieser Arbeit sollen Anhaltspunkte für die Entwicklung effektiver Maßnahmen, die dem bestehenden Lehrkräftemangel entgegenwirken, bieten. Die Dissertation basiert auf drei Teilstudien mit unterschiedlichem inhaltlichem Fokus, welche im Folgenden kurz zusammengefasst werden.

In Studie 1 (*Comparing Dropout Intentions of B.Ed. and B.Sc. Students Using Intensive Longitudinal Data*) wurden frühe Studienabbrüche im Mathematiklehramtsstudium (B.Ed.) sowie im fachwissenschaftlichen Mathematikstudium (B.Sc.) erforscht. Studienabbrüche wurden hierbei als Prozesse, welche sich durch eine Akkumulation verschiedener abbruchfördernder Motive über die Zeit ergeben, definiert. Um sowohl den Einfluss zeitlich stabiler, interindividueller Differenzen als auch den Einfluss intraindividueller Veränderungen von emotional-affektiven Zustände berücksichtigen zu können, wurde ein sogenannter RDSEM-Ansatz (residual dynamic structural equation modeling; Asparouhov et al., 2018) unter Verwendung hochfrequenter Längsschnittdaten genutzt. Der thematische Fokus der Studie lag auf den Unterschieden in den Studienabbruchmotiven zwischen Mathematikstudierenden im Lehramtsstudiengang und im B.Sc. Die Ergebnisse zeigten, dass sich beide Gruppen hinsichtlich ihrer stabilen kognitiven (z.B. mathematische Vorkenntnisse) und motivationalen (z.B. berufliche Interessen) Eingangsvariablen unterschieden. Zudem zeigten sich Unterschiede bezüglich des intraindividuellen Einflusses zeitlich veränderlicher, motivationaler Zustände. So konnte unter anderem beobachtet werden, dass eine steigende wahrgenommene Schwierigkeit der Studienhalte im Falle der Studierenden im B.Ed. auch zu einer Erhöhung der Studienabbruchneigungen führte, wohingegen dieser Zusammenhang bei den Studierenden im B.Sc. statistisch nicht signifikant war. In der Gesamtschau legen die Befunde nahe, dass die beiden Gruppen im Hinblick auf die Entwicklung von Interventionsstrategien, die der Reduktion von Studienabbrüchen dienen sollen, als heterogen betrachtet werden sollten.

Für Studie 2 (*Bridging the Gap? A Qualitative Exploration of Practical Study Phases in Math Teacher Education in the Face of the Double Discontinuity*) wurden Lehramtsstudierende im Fach Mathematik, die kurz zuvor ihr Schulpraxissemester absolviert hatten, im Rahmen einer Interviewstudie befragt. Hierbei sollten vor allem Erkenntnisse zum Übergang von der Universität an die Schule vor dem Hintergrund der doppelten Diskontinuität (Klein, 1908) gewonnen werden. Aus den Befragungen ergab sich, dass die praktische Studienphase trotz einer Reihe an Herausforderungen insgesamt als sehr positiv bewertet wurde und die Studierenden in ihrer ursprünglichen Berufswahl bestärkte. Die mit dem Übergang an die Schule einhergehende Diskontinuität wurde, verglichen mit der ersten Diskontinuität, als weitaus weniger problematisch wahrgenommen. Die Studierenden fühlten sich durch ihr fundiertes mathematisches Wissen kompetent in ihrer Rolle als Lehrkraft und begannen in vielen Fällen, dieses Wissen in Bezug auf ihre berufliche Tätigkeit wertzuschätzen. Probleme bei der Übertragbarkeit des universitären Fachwissens auf die schulische Unterrichtsgestaltung ergaben sich in erster Linie in den Zweitfächern der Studierenden, nicht aber im Fach Mathematik. Zudem zeigten sich bei einigen Studierenden unabhängig vom Unterrichtsfach Schwierigkeiten im Hinblick auf die Klassenführung. Es ergab sich an dieser Stelle eine große Diskrepanz zwischen der theoretisch angenommenen und der tatsächlich erlebten Diskontinuität, die einer näheren Untersuchung bedarf.

Während Studie 1 und Studie 2 einen offensichtlichen Bezug zur doppelten Diskontinuität aufwiesen, widmete ich mich in Studie 3 (*Career Transitions in Teacher Education: A Multigroup Analysis of STEM and Non-STEM Graduates*) einer weiteren Übergangsphase, den bis dato eher selten betrachteten beruflichen Übergängen nach Abschluss des Lehramtsstudiums. Hierbei bezog ich mich anders als zuvor nicht ausschließlich auf Studierende im Fach Mathematik, sondern fokussierte mich auf potenzielle Unterschiede zwischen MINT- und nicht-MINT-Absolventen. Wie bereits zuvor ausgeführt, kann angenommen werden, dass die Chancen, einen attraktiven Beruf außerhalb der Lehrtätigkeit zu finden, sich maßgeblich zwischen diesen Fächergruppen unterscheiden. Dieser Umstand kann wiederum persönliche Motive für eine Abkehr vom Lehrberuf beeinflussen. In Studie 3 wurden daher Prädiktoren für den Übergang in den Vorbereitungsdienst anhand von Mehrgruppenanalysen untersucht. Hierbei wurden die Motivation für die Wahl des Lehramtsstudiums, Persönlichkeitsmerkmale, Interessen, studienbezogene und soziodemographische Variablen einbezogen. In der Gruppe der Lehramtsabsolventen außerhalb des MINT-Bereichs erwiesen sich die ursprünglichen Motive für die Wahl des

Lehramtsstudiums, insbesondere fachliche und monetäre Interessen, als die stärksten Prädiktoren für den Verbleib im Lehrberuf. Zudem spielte die Studienzufriedenheit eine wichtige Rolle. Im Falle der MINT-Lehramtsabsolventen hingegen, konnte ich keine konkreten Muster, die den Verbleib im Lehramt erklärten, identifizieren. Daraus kann geschlossen werden, dass an dieser Stelle andere Faktoren, als die in der Studie untersuchten, relevant sind. Diese könnten sowohl arbeitsmarktbezogene Aspekte wie etwa die Vergütung als auch vorangegangene negative Erfahrungen im Schulpraxissemester sein.

In Summe ergibt sich, dass der Lehrkräftemangel im Fach Mathematik beziehungsweise im MINT-Bereich zumindest in Teilen auf berufliche Umorientierungen im Rahmen von Übergangssituationen im Lehramt zurückgeführt werden kann. Obwohl je nach Übergang verschiedene Faktoren im Hinblick auf eine eventuelle Umorientierung aktiv werden, lassen sich diese stets in das übergeordnete Konzept der affektiven und kognitiven Person-Umwelt-Passung einordnen. Die Befunde aus den Studien verdeutlichen zudem, dass zur Reduktion von Studienabbrüchen beziehungsweise zur Förderung des Übergangs vom Lehramtsstudium in den Schuldienst fachspezifische Faktoren miteinbezogen werden sollten.

Ausgehend von den empirischen Befunden meiner drei Studien sowie dem theoretischen Fundament dieser Dissertation entwickle ich abschließend ein Modell zur Erklärung von Umorientierungen im MINT-Lehramt. Dieses Modell kann einen wertvollen Ausgangspunkt für zukünftige Forschung zum Lehrkräftemangel leisten und soll somit dessen nachhaltige Reduktion vorantreiben.

Inhalt

1	Einleitung und theoretischer Rahmen.....	1
1.1	Die doppelte Diskontinuität im Mathematiklehramt.....	4
1.1.1	Die drei Ebenen der doppelten Diskontinuität	5
1.1.2	Die erste Diskontinuität.....	6
1.1.3	Die zweite Diskontinuität.....	6
1.2	Theoretische Perspektiven zu Bildungsentscheidungen und Berufswahl	8
1.2.1	Erwartungs-x Wert-Modelle	8
1.2.2	Das Erwartungs-Wert-Modell nach Eccles und Kollegen	9
1.2.3	Hollands Theorie der beruflichen Interessen.....	10
1.2.4	Das Fünf-Faktoren-Modell der Persönlichkeit.....	13
1.3	Übergangsphasen im (Mathematik-)Lehramtsstudium als kritische Phasen	15
1.3.1	Struktur der Lehrerausbildung in Deutschland.....	15
1.3.2	Die Bedeutung von Übergängen in der Bildung.....	16
1.3.3	Der Übergang von der Schule an die Universität	17
1.3.4	Der Übergang von der Universität an die Schule im Rahmen von praktischen Phasen	22
1.3.5	Der Übergang vom Lehramtsstudium ins Berufsleben	25
2	Zielsetzung und Forschungsfragen.....	29
3	Studie 1	31
4	Studie 2	77
5	Studie 3	103

6	Zusammenfassende Diskussion	133
6.1	Diskussion der Ergebnisse.....	134
6.1.1	Der Übergang an die Universität und frühe Studienabbrüche im Mathematiklehramt	134
6.1.2	Der Übergang von Universität an die Schule im Rahmen des Schulpraxissemesters	138
6.1.3	Der Übergang von der Universität in den Beruf.....	139
6.1.4	Entwicklung eines integrativen Modells zur Erklärung von Umorientierungen im Rahmen der MINT-Lehrkräfteausbildung.....	141
6.2	Stärken und Limitationen	153
6.3	Implikationen für Forschung und Praxis	157
6.3.1	Implikationen für zukünftige Forschung	157
6.3.2	Implikationen für die Praxis	159
6.4	Fazit	161
7	Literatur	163

1 Einleitung und theoretischer Rahmen

Die Mathematik spielt in unserem alltäglichen Leben, wenn auch häufig unbewusst, eine wichtige Rolle. Gleichzeitig stellt sie auch eine wichtige Grundlage für die Naturwissenschaften dar. So ist in MINT-Studiengängen an deutschen Universitäten und Hochschulen die Teilnahme an Lehrveranstaltungen der höheren Mathematik zumeist obligatorisch. Dies gilt sowohl für fachwissenschaftliche Studiengänge als auch für Lehramtsstudiengänge. Im Hinblick auf den institutionalisierten Erwerb mathematischer Kompetenzen spielen vor allem die Mathematiklehrkräfte an den Schulen eine wichtige Rolle. Daraus ergibt sich, dass die Sicherung des Bedarfs an qualifizierten Lehrkräften in diesem Bereich ein zentrales bildungspolitisches Ziel darstellt. In der Realität zeigt sich allerdings ein drastischer und stetig zunehmender Lehrkräftemangel in der Mathematik sowie im MINT-Bereich insgesamt, der sich über die gesamte Bundesrepublik erstreckt (Anger et al., 2021).

Eine Besonderheit der universitären Lehrerbildung in Deutschland ist deren ausbildungsähnlicher Charakter und die konkrete Vorbereitung der Studierenden auf die zukünftige Arbeit als Lehrkraft. Dadurch kann die Aufnahme eines Lehramtsstudiums bereits als eine erste Entscheidung für den Lehrberuf gewertet werden (vgl. Lorentzen et al., 2019). Es ist davon auszugehen, dass vor allem verschiedene Übergangssituationen im Rahmen der Lehrerausbildung Hürden darstellen, die zu einer beruflichen Umorientierung führen können. Bei der Betrachtung und Bewertung dieser Übergänge sollten nicht nur die individuellen Charakteristika der Studierenden, sondern auch fachspezifische Gegebenheiten berücksichtigt werden, da angenommen werden kann, dass diesen eine wichtige Rolle zukommt. So können sich beispielsweise höhere kognitive Anforderungen von Studieninhalten in einer höheren Abbruchquote widerspiegeln.

Während ich mich in den vorherigen Ausführungen sowohl auf Mathematik als auch auf die MINT-Fächer im Allgemeinen bezogen habe, gehe ich nun im Hinblick auf den Übergang an die Universität sowie den Übergang in das Schulpraxissemester speziell auf Mathematik als Studienfach ein. Dies erlaubt eine tiefergehende und präzisere Analyse. Da Mathematik, wie bereits ausgeführt, elementarer Bestandteil vieler MINT-Fächer ist, lässt sich allerdings eine Vielzahl der Befunde auch auf diese übertragen.

Die erste wichtige Schwellensituation im Mathematiklehramt tritt beim Übergang von der Schulmathematik zur Universitätsmathematik auf (Klein, 1908). An dieser Stelle muss betont werden, dass in der Mathematik, anders als in den meisten anderen Fächern (siehe z.B. Busker, 2010 für das Fach Chemie), nicht davon ausgegangen werden kann, dass schulische Inhalte eine vereinfachte Form der an der Universität gelehrt, fachlichen Inhalte sind. Vielmehr vollzieht sich beim Übergang an die Universität ein plötzlicher Wandel von anwendungsorientierten Rechenaufgaben hin zu formeller mathematischer Beweisführung (Dörfler & McLone, 1986; Rach & Heinze, 2013). Dies stellt die Studierenden oftmals vor große Herausforderungen, da sie ihre mathematischen Kenntnisse aus Schulzeiten nur bedingt mit den neuen, universitätsmathematischen Inhalten in Verbindung bringen können (Weber, 2024). Dadurch entwickeln Studierende gerade in den ersten Semestern, in denen Module wie „Analysis“ oder „Lineare Algebra“ zu den obligatorischen Vorlesungen zählen, Leistungs- und Motivationsprobleme (z.B. Glaesser et al., 2021). Zudem sollten weitere, fachunspezifische Schwierigkeiten beim Wechsel von der Schule an die Universität an dieser Stelle nicht außer Acht gelassen werden.

Eine weitere große Herausforderung stellt der Übergang von der Universitätsmathematik zurück zur Schulmathematik im Kontext des Schulpraxissemesters dar. Hierbei haben die Studierenden die Gelegenheit, eigenständig, wenn auch unter engmaschiger Begleitung, an einer Schule zu unterrichten. Im Hinblick auf die Verschiedenartigkeit von Schulmathematik und Universitätsmathematik ist davon auszugehen, dass es den Studierenden in dieser Situation häufig schwer fällt, ihr fachlich-mathematisches Wissen in sinnvoller Weise auf den schulischen Kontext zu übertragen (Prediger, 2013; Weber, 2024). Die mit der Verschiedenartigkeit von Schulmathematik und Universitätsmathematik einhergehende Problematik ist auch unter dem Namen *doppelte Diskontinuität* (Klein, 1908) bekannt und wird im nachfolgenden Kapitel näher beleuchtet.

Eine dritte Schwellensituation ergibt sich nach dem erfolgreichen Abschluss des Studiums beim Übergang ins Berufsleben. Obwohl das Lehramtsstudium konkret auf den Lehrberuf vorbereitet, entscheidet sich ein nicht unerheblicher Teil (siehe z.B. Franz et al., 2023; Gülen et al., 2022) der Absolventen für einen alternativen Berufsweg. Gerade für Lehramtsabsolventen der Mathematik oder der MINT-Fächer im Allgemeinen ergeben sich häufig attraktive Alternativen außerhalb der Schulen, beispielsweise in Bezug auf Arbeitsbedingungen, Aufstiegschancen und Vergütung. Von besonderer Bedeutung sind hierbei

Berufsfelder, bei denen analytische Fähigkeiten gefragt sind, z.B. die Banken- und Versicherungsbranche oder die Unternehmensberatung. Je nach individueller Präferenz und Lebenssituation kann das Vorliegen dieser zahlreichen Alternativen letztendlich zu einer beruflichen Umorientierung beitragen.

In der vorliegenden Dissertation befasse ich mich mit der Untersuchung der beschriebenen Übergänge im (Mathematik-)Lehramt und deren Auswirkungen. In Studie 1 nahm ich in diesem Zusammenhang den Übergang von der Schulmathematik zur Universitätsmathematik mittels hochfrequenter Längsschnittdaten in den Blick. Im Anschluss fokussierte ich mich in Studie 2 auf den Übergang von der Universitätsmathematik zur Schulmathematik im Kontext des Schulpraxissemesters. Hierfür wurde eine Interviewstudie durchgeführt. Schließlich widmete ich mich in Studie 3 den beruflichen Übergängen von (MINT-)Lehramtsabsolventen nach der Beendigung des universitären Studiums anhand der Analyse von Daten aus dem Nationalen Bildungspanel (NEPS).

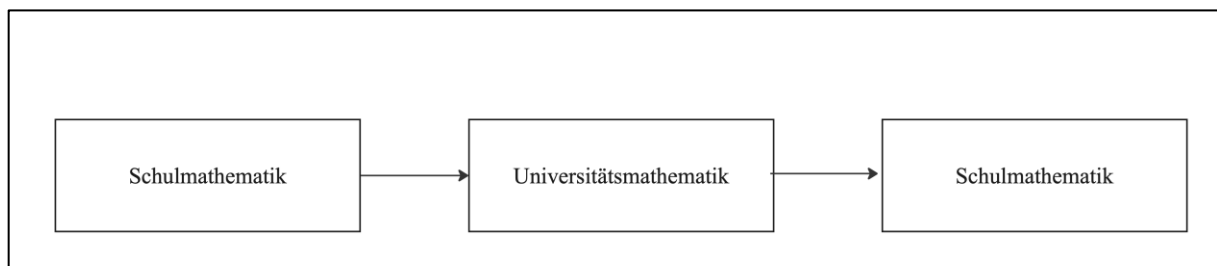
Die Dissertation ist wie folgt strukturiert: In Kapitel 1 werden die theoretischen Grundlagen für die vorliegende Arbeit eingeführt. Hierbei wird zunächst näher auf die doppelte Diskontinuität (Abschnitt 1.1), bekannte Theorien zu Bildungsentscheidungen und Berufswahl (Abschnitt 1.2) sowie Übergangsphasen im Lehramt als kritische Phasen (Abschnitt 1.3) eingegangen. Im zweiten Kapitel folgt ein Überblick über die Forschungsfragen und die Zielsetzung dieser Dissertation. In den Kapiteln 3-5 folgen die verschiedenen Teilstudien des Promotionsprojekts. Die Gesamtdiskussion der zentralen Ergebnisse erfolgt in Abschnitt 6.1. Aus den Forschungsergebnissen und den diskutierten Theorien zu Bildungsentscheidung und Berufswahl entwickle ich zudem ein Modell zur Erklärung von Umorientierungen im MINT-Lehramt. In Abschnitt 6.2 gehe ich auf die Stärken und Limitationen der Dissertation ein. Den Implikationen für Forschung und Praxis widme ich mich in Abschnitt 6.3. Ich schließe die Dissertation mit einem allgemeinen Fazit (Abschnitt 6.4).

1.1 Die doppelte Diskontinuität im Mathematiklehramt

Die doppelte Diskontinuität (Klein, 1908) spielt für die vorliegende Dissertation eine zentrale Rolle. Sie beschreibt wichtige Herausforderungen des Lehramtsstudiums im Fach Mathematik beziehungsweise in mathematiklastigen Fächern, aus welchen letztendlich die Verwerfung des ursprünglichen Berufswunsches resultieren könnte. Im Folgenden gehe ich daher im Detail auf die doppelte Diskontinuität ein.

Abbildung 1

Die doppelte Diskontinuität im Mathematiklehramt



Wie Abbildung 1 veranschaulicht, wechseln angehende Mathematiklehrkräfte bei Studienbeginn von der Schulmathematik zur Universitätsmathematik und kehren anschließend im Rahmen ihrer beruflichen Tätigkeit wieder zur Schulmathematik zurück. In seinem Werk „Elementarmathematik vom höheren Standpunkt aus“ bezeichnet der deutsche Mathematiker Felix Klein (1908, S. 1) dieses Phänomen als sogenannte „doppelte Diskontinuität“, welche ein zentrales Problem der Mathematiklehrausbildung darstellt. Auch über ein Jahrhundert später wird dieses Phänomen sowie dessen Auswirkungen sowohl auf nationaler (z.B. Weber, 2024) als auch auf internationaler Ebene (z.B. Kilpatrick, 2019) diskutiert (vgl. Isaev, 2021). Die Problematik der doppelten Diskontinuität besteht in erster Linie darin, dass Lehramtsstudierende keine Verbindung zwischen der Schulmathematik und der Universitätsmathematik herstellen können (Bauer & Partheil, 2009). Während in der Schulmathematik ein anwendungsorientierter Ansatz verfolgt wird, liegt der Fokus in der Universitätsmathematik vor allem auf formeller Beweisführung (Engelbrecht, 2010; Gueudet, 2008; Rach, 2014). Wie der Begriff „doppelte Diskontinuität“ vermuten lässt, erleben angehende Mathematiklehrkräfte durch diese Diskrepanzen gleich zwei große Brüche im

Verlauf ihrer Ausbildung. Dies gilt vor allem für das gymnasiale Lehramt beziehungsweise im internationalen Kontext vergleichbare Schulformen, da der inhaltliche Fokus des Studienganges klar auf fachwissenschaftlichen Inhalten liegt. Die mathematischen Grundveranstaltungen im Mathematiklehramt für Gymnasien sind daher zumeist nicht speziell auf das spätere Berufsbild ausgerichtet, sondern finden in der Regel gemeinsamen mit den Studierenden im Mathematik B.Sc. statt (Tatto et al., 2010; Weber et al., 2024). Der erste Bruch ergibt sich daher beim Übergang von der Schule an die Universität, während der Übergang von der Universität zurück an die Schule einen erneuten Bruch beinhaltet. Im Folgenden betrachte ich die verschiedenen Ebenen, auf denen sich die beschriebene Diskontinuität zeigt. Im Anschluss beleuchte ich sowohl das Problemfeld der ersten Diskontinuität als auch das der zweiten Diskontinuität im Detail.

1.1.1 Die drei Ebenen der doppelten Diskontinuität

Die fehlende wahrgenommene Verbindung zwischen der Schulmathematik und der Universitätsmathematik entsteht wie bereits ausgeführt durch die unterschiedliche Natur der beiden Ansätze. Diese zeigt sich gemäß Bauer und Partheil (Bauer & Partheil, 2009, S.86 ff.) auf drei verschiedenen Ebenen: Inhaltsebene, Zielebene und Argumentationsebene.

Die Diskontinuität auf der *Inhaltsebene* lässt sich am Beispiel der Geometrie veranschaulichen. In der Schule wird vor allem die Elementargeometrie oder analytische Geometrie behandelt, wohingegen an der Universität insbesondere die Teilgebiete algebraische Geometrie und Differentialgeometrie relevant sind (Bauer & Partheil, 2009, S. 86). Zusätzlich dazu ergibt sich eine Diskontinuität auf der *Zielebene*. Dies bedeutet, dass selbst im Falle von thematischen Überschneidungen unterschiedliche Ziele verfolgt werden. Zur Veranschaulichung dieser Diskontinuität führen Bauer und Partheil (2009, S. 86-87) die Integrationstheorie an. In der Schule liegt der Fokus auf der anwendungsbezogenen Integralrechnung. An der Universität hingegen geht es vor allem um formelle Beweise der Integrierbarkeit. Die dritte Diskontinuität ergibt sich auf der *Argumentationsebene*. Gemäß Bauer und Partheil (2009, S. 87) hat die Universitätsmathematik einen axiomatisch-deduktiven Aufbau. Dies impliziert, dass bei der Erschließung eines mathematischen Teilgebiets immer auch dessen deduktiver Aufbau relevant ist. Bauer und Partheil (2009, S. 87) illustrieren dies am Beispiel des Zwischenwertsatzes. In der Schule wird im Zusammenhang mit diesem lediglich das Plausibilitätsargument angeführt. Dieses impliziert, dass jede zur x-Achse

parallele Gerade den Graphen einer stetigen Funktion im betrachteten Intervall schneiden muss. An der Universität hingegen sind Argumente dieser Art lediglich eine Art Vorüberlegung zur Herleitung des Zwischenwertsatzes. Erst dann folgt der deduktive Beweis (ebd.). Die Unterteilung der Diskontinuität in drei verschiedene Einflussebenen findet sich auch in weiteren Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet wieder (z.B. Isaev, 2021).

Während Inhalts- und Zieldiskontinuitäten in verschiedenen Fächern auftreten können, scheint die Diskontinuität auf der Argumentationsebene eine Problematik zu sein, die sich ausschließlich auf die Mathematik bezieht (Bauer & Partheil, 2009).

1.1.2 Die erste Diskontinuität

Wie bereits ausgeführt, ergibt sich die erste der beiden Diskontinuitäten beim Übergang von der Schule an die Universität. Die an dieser Stelle auftretende, offensichtliche Veränderung in der Natur der gelehrten Mathematik wird von den Studierenden oftmals als eine Art Bruch wahrgenommen (Weber et al., 2024). Als besonders problematisch erweist sich in diesem Kontext vor allem die zuvor ausgeführte Argumentationsdiskontinuität (Bauer & Partheil, 2009). Im universitären Mathematikstudium ergeben sich daher vor allem im Hinblick auf die mathematische Beweisführung Schwierigkeiten, was nicht nur auf die inhaltliche Komplexität, sondern vor allem auch auf mangelndes Vorwissen aus der Schule zurückzuführen ist (Rach, 2014). In der Folge entstehen in den ersten Studiensemestern häufig Leistungs- und Motivationsproblemen (z.B. Glaesser et al., 2021).

Die Problematik des Übergangs von der Schulmathematik ist Gegenstand zahlreicher Forschungsarbeiten (Clark & Lovric, 2009; Sönmez & Güven, 2022). Sie betrifft nicht nur Studierende des Mathematiklehramts, sondern Mathematik-Studierende in allen Studiengängen (Weber et al., 2024).

1.1.3 Die zweite Diskontinuität

Eine weitere Diskontinuität, die allerdings exklusiv im Mathematiklehramtsstudium bewältigt werden muss, ist jene, die beim Übergang von der Universität zurück an die Schule auftritt. Klein (1908, S. 1) beschreibt die zweite Diskontinuität mit folgenden Worten:

[...] Tritt er aber nach Absolvierung des Studiums ins Lehramt über, so muss er eben diese herkömmliche Elementarmathematik schulmäßig unterrichten, und da er diese Aufgabe

kaum selbstständig mit der Hochschulmathematik in Zusammenhang bringen kann, so nimmt er bald die althergebrachte Unterrichtstradition auf, und das Hochschulstudium bleibt ihm nur eine mehr oder minder angenehme Erinnerung, die auf seinen Unterricht keinen Einfluss hat [...]

Demnach kann auf Grund der Verschiedenheit von Universitätsmathematik und Schulmathematik das an der Universität erworbene mathematische Wissen nur in begrenzter Form für die Unterrichtspraxis aktiviert werden (Isaev, 2021; Prediger, 2013). Die Studierenden erwarten allerdings, dass die Inhalte des Lehramtsstudiums dem angestrebten Berufsbild entsprechen (Hefendehl-Hebeker, 2013; Isaev, 2021). Dass dies eben nicht der Realität entspricht, zeigt beispielsweise die Studie von Hoth et al. (2020), welche einen Zuwachs des universitätsmathematischen Wissens, nicht aber des schulmathematischen Wissens im Laufe der ersten beiden Studiensemester zeigt. Die Verknüpfung von Universitätsmathematik und Schulmathematik schlägt hier also häufig fehl (Hefendehl-Hebeker, 2013) und die Studierenden fühlen sich oft unzureichend auf ihre Arbeit als Lehrkraft vorbereitet.

Es kann angenommen werden, dass sich die Auswirkungen der zweiten Diskontinuität nicht erst beim eigentlichen Berufseintritt zeigen, sondern schon im Verlauf des universitären Studiums wirksam werden (Isaev, 2021). Die Studierenden betrachten vor allem fachdidaktische Inhalte als relevant, wohingegen fachwissenschaftliche Inhalte eher als notwendiges Übel zum Erreichen des Abschlusses angesehen werden (Bauer & Partheil, 2009; Isaev, 2021; Lorentzen et al., 2019). Im Gegensatz zur ersten Diskontinuität, der vor allem ein mangelnder inhaltlicher Zusammenhang mit der Schulmathematik sowie die hohe Komplexität der an der Universität gelehrt Inhalte zu Grunde liegt, besteht in diesem Zusammenhang also eher ein Relevanzproblem (Weber, 2024). Konkrete Auswirkungen beider Diskontinuitäten auf den Studienverlauf diskutiere ich in Abschnitt 1.3.

1.2 Theoretische Perspektiven zu Bildungsentscheidungen und Berufswahl

In diesem Kapitel diskutiere ich zwei bekannte Ansätze zu Bildungsentscheidungen beziehungsweise zur Berufswahl, das Erwartungs-Wert-Modell nach Eccles und Kollegen (z.B. Eccles et al., 1983) sowie Hollands (1997) Theorie der beruflichen Interessen. Zudem wird das sogenannte Fünf-Faktoren-Modell der Persönlichkeit (Costa & McCrae, 1992) eingeführt. Diese Modelle bilden einen übergeordneten theoretischen Rahmen für die Dissertation, da sie bei der Erklärung von Entscheidungen, die an den bereits beschriebenen Schwellensituationen getroffen werden, Anwendung finden. Ich führe die Theorien und Modelle hier zunächst allgemein ein und erläutere anschließend in Abschnitt 1.3 die Bedeutung dieser Konzepte für die einzelnen Übergänge im Mathematik- beziehungsweise MINT-Lehramt.

1.2.1 Erwartungs-x Wert-Modelle

Unter dem Stichwort Erwartungs-x Wert-Modelle lässt sich eine Vielzahl von Theorien zur Erklärung von Handlungszielen zusammenfassen. Ihnen allen liegt die gemeinsame Annahme zugrunde, dass sowohl der subjektive Wert eines Ziels als auch die Chance, dieses zu erreichen, die Handlungsabsichten von Individuen bestimmen (Schuster, 2017). Demnach sind Individuen besonders motiviert, wenn ihnen ein Ziel ihnen sowohl wertvoll als auch erreichbar erscheint (ebd.). Die verschiedenen bestehenden Erwartungs-x Wert-Theorien unterscheiden sich in erster Linie hinsichtlich der Annahme, wie Erwartungs- und Wert-Urteile zu Stande kommen (ebd.)

Heute bekannte Erwartungs-x Wert-Modelle sind auf die Überlegungen von Atkinson (1957) zur Entstehung von Leistungsmotivation zurückzuführen, welche in einer Vielzahl von Experimenten überprüft und bestätigt werden konnten (siehe z.B. Hamilton, 1974). Atkinson (1957, S. 362) definiert den Wert eines Ziels als Funktion des Anreizwert des Erfolgs, welcher von der Schwierigkeit einer Aufgabe abhängt. Die Aufgabenschwierigkeit wiederum hängt von der subjektiven Erfolgswahrscheinlichkeit ab. Demnach geht Atkinson (1957) von einem inversen Verhältnis zwischen Erfolgserwartungen und dem Wert der Zielerreichung aus (vgl. Eccles & Wigfield, 2002; Schuster, 2017). Dies bedeutet, dass Zielen mit hohen Erfolgserwartungen per se auch ein geringerer Wert zugeschrieben wird (Atkinson, 1957). In der Bildungsforschung hat vor allem das Erwartungs-Wert-Modell (engl. expectancy-value

model) nach Eccles und Kollegen (z.B. Eccles et al., 1983) große Bekanntheit erlangt. Es stellt auch für diese Dissertation eine wichtige Grundlage dar und wird daher im Folgenden näher erläutert.

1.2.2 Das Erwartungs-Wert-Modell nach Eccles und Kollegen

In ihrem Erwartungs-Wert-Modell gehen Eccles und Kollegen (z.B. Eccles et al., 1983) anders als Atkinson (1957) davon aus, dass der Wert einer Aufgabe (engl. task value) multidimensional ist und sich aus insgesamt vier verschiedenen Komponenten zusammensetzt: Bedeutungswert (engl. attainment value), intrinsischer Wert (intrinsic value), Nützlichkeitswert (utility value) und Kosten (cost; siehe z.B. Eccles & Wigfield, 2002). Hierbei wird der Bedeutungswert eine als die persönliche Wichtigkeit, die Aufgabe gut zu erfüllen definiert (Eccles et al., 1983). Der intrinsische Wert beschreibt die Freude, die eine Person bei der Erfüllung einer Aufgabe empfindet, beziehungsweise das subjektive Interesse an einer Aufgabe (Eccles & Wigfield, 2002). Diese Definition ähnelt der Definition der intrinsischen Motivation von Deci und Ryan (1985) in ihrer Selbstbestimmungstheorie (Eccles & Wigfield, 2002). Der Nützlichkeitswert beschreibt, inwiefern eine Aufgabe zur Erreichung aktueller oder zukünftiger Ziele beiträgt (ebd.) Kosten werden als negative Wertkomponente verstanden (z.B. Eccles et al., 1983). Dazu gehören etwa die Angst zu scheitern oder auch Opportunitätskosten (Eccles & Wigfield, 2002).

Erfolgserwartungen werden in der Erwartungs-Wert-Theorie ähnlich wie Selbstwirksamkeitserwartungen nach Bandura (1997) konzeptualisiert und sind aufgabenbezogen (Eccles & Wigfield, 2002). Durch das mehrdimensionale Verständnis des Werts wird die inverse Verknüpfung zwischen Wert und Erfolgserwartung, welche Atkinson (1957) einst definierte, aufgehoben (vgl. Viehauser, 2020). Es wird also nicht länger davon ausgegangen, dass eine hohe Erfolgserwartung zwingend auch mit einem geringen subjektiven Wert einhergeht (Eccles & Wigfield, 2002).

Zusammengefasst lässt sich aus dem Erwartungs-Wert-Modell also folgendes ableiten: Je positiver eine bestimmte Alternative im Vergleich zu einer anderen Alternative im Hinblick auf Erfolgserwartungen und Wert eingeschätzt wird, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit für die Wahl dieser bestimmten Alternative (Eccles et al., 1983).

In der vorliegenden Dissertation spielt das Erwartungs-Wert-Modell nach Eccles und Kollegen eine entscheidende Rolle, da es sowohl im Kontext von Studienentscheidungen beziehungsweise Studienabbrüchen als auch hinsichtlich der Berufswahl als Erklärungsansatz Anwendung finden kann. Konkret gehe ich davon aus, dass eine höhere Erfolgserwartung und ein höherer subjektiver Wert in Bezug auf das Lehramtsstudium oder den Lehrberuf mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für einen Verbleib in diesem Berufsfeld einhergehen.

1.2.3 Hollands Theorie der beruflichen Interessen

Eine der bekanntesten Theorien zur Berufswahl ist die sogenannte „Theory of vocational personalities and work environments“ (Holland, 1997), welche auch unter dem Namen „person-environment fit theory“ beziehungsweise im deutschen Raum unter dem Namen Person-Umwelt-Modell bekannt ist (siehe z.B. Eder & Bergmann, 2015; Nieskens, 2009).

In Anlehnung an Nieskens (2009) lassen sich die Grundannahmen nach Holland (1997, S. 2-4) wie folgt zusammenfassen:

- (1) In unserem Kulturkreis können Menschen in folgende Persönlichkeitstypen unterteilt werden: Realistic, Investigative, Artistic, Social, Enterprising sowie Conventional. Diese Persönlichkeitstypen spiegeln sich auch in den beruflichen Interessenorientierungen, Fähigkeiten und Einstellungen wider. Der Primärtyp ist der Typ mit der höchsten Übereinstimmung mit den tatsächlichen Merkmalen einer Person, der Sekundärtyp der, mit der zweithöchsten Übereinstimmung usw.
- (2) Neben Personen können auch Umwelten in diese zuvor beschriebenen Typen unterteilt werden. In jeder dieser Umwelten finden sich hauptsächlich Personen mit dem entsprechenden Persönlichkeitstyp wieder. Demnach entsteht durch das Zusammenkommen von Menschen mit einer bestimmten Eigenschaft die dazu passende Umwelt.
- (3) Individuen begeben sich vorrangig in Umwelten, in denen sie ihre Fähigkeiten und Fertigkeiten anwenden können, ihre Werte und Einstellungen zum Ausdruck bringen können sowie Probleme oder Rollen übernehmen können, die in Einklang mit dem eigenen Persönlichkeitstyp stehen.

- (4) Das Verhalten von Individuen entsteht durch die Interaktion zwischen Persönlichkeit und Umwelt. Sind beide bekannt, können Voraussagen über das individuelle Verhalten getroffen werden.

Die durch Holland (1997) definierten Persönlichkeitstypen beziehungsweise Umwelten können gemäß Bergmann und Eder (2005, S.15) folgendermaßen ins Deutsche übersetzt werden: praktisch-technisch, intellektuell-forschend, künstlerisch-sprachlich, sozial, unternehmerisch und konventionell.

Im Folgenden zitiere ich die Beschreibung der Persönlichkeitstypen nach Bergmann und Eder (2005, S. 15):

Realistic (Praktisch-technische Orientierung)

Personen dieses Typs bevorzugen Tätigkeiten, die Kraft, Koordination und Handgeschicklichkeit erfordern und zu konkreten, sichtbaren Ergebnissen führen. Sie weisen Fähigkeiten und Fertigkeiten vor allem im mechanischen, technischen, elektrotechnischen und landwirtschaftlichen Bereich auf, während sie erzieherische oder soziale Aktivitäten eher ablehnen.

Investigative (Intellektuell-forschende Orientierung)

Personen dieses Typs bevorzugen Aktivitäten, bei denen die Auseinandersetzung mit physischen, biologischen oder kulturellen Phänomenen mithilfe systematischer Beobachtung und Forschung im Mittelpunkt steht. Sie weisen Fähigkeiten und Fertigkeiten vor allem im mathematischen und naturwissenschaftlichen Bereich auf

Artistic (Künstlerisch-sprachliche Orientierung)

Personen dieses Typs bevorzugen offene, unstrukturierte Tätigkeiten, die eine künstlerische Selbstdarstellung oder die Schaffung kreativer Produkte ermöglichen. Ihre Fähigkeiten liegen vor allem im Bereich von Sprache, Kunst, Musik, Schauspiel und Schriftstellerei

Social (Soziale Orientierung)

Personen dieses Typs bevorzugen Tätigkeiten, bei denen sie sich mit anderen in Form von Unterrichten, Lehren, Ausbilden, Versorgen oder Pflegen befassen können. Ihre Stärken liegen im Bereich der zwischenmenschlichen Beziehungen

Enterprising (Unternehmerische Orientierung)

Personen dieses Typs bevorzugen Tätigkeiten und Situationen, bei denen sie andere mithilfe der Sprache oder anderer Mittel beeinflussen, zu etwas bringen, führen, auch manipulieren können. Ihre Stärken liegen im Bereich der Führungs- und Überzeugungsqualität

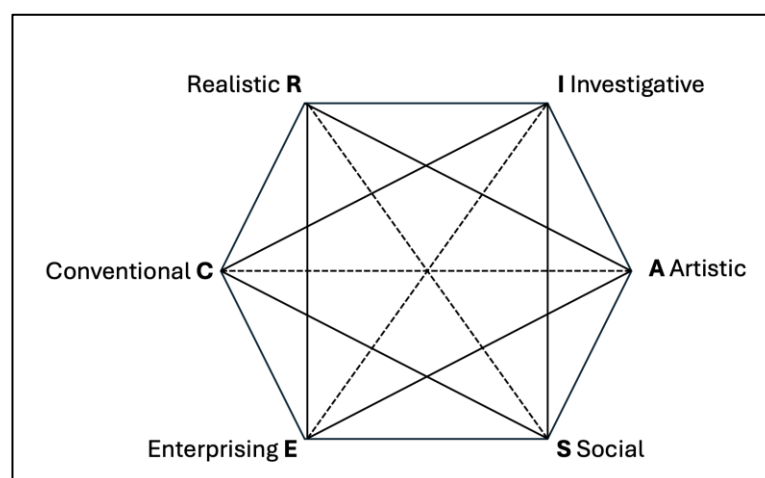
Conventional (Konventionelle Orientierung)

Personen dieses Typs bevorzugen Tätigkeiten, bei denen der strukturierte und regelhafte Umgang mit Daten im Vordergrund steht, z.B. Aufzeichnungen führen, Daten speichern, Dokumentationen führen, mit Büromaschinen arbeiten u. ä. (ordnend-verwaltende Tätigkeiten). Ihre Stärken liegen im Bereich rechnerischer und geschäftlicher Fähigkeiten.

Aus seiner Theorie zur Berufswahl leitet Holland (1997) das sogenannte R-I-A-S-E-C-Modell ab, dessen Name sich aus den Anfangsbuchstaben der sechs beschriebenen Orientierungen zusammensetzt. Annahme dieses Modells ist, dass die verschiedenen Orientierungen in einer hexagonalen Beziehung (siehe Abbildung 2) zueinander stehen, welche die psychologische Ähnlichkeit dieser repräsentiert (vgl. Nieskens, 2009). So sind beispielsweise realistische (realistic - R) and soziale (social -S) Interessen gegensätzlich. Zwischen ihnen besteht also die größtmögliche Entfernung. Dies impliziert, dass Personen mit primär realistischen Interessen in der Regel nur eine geringe Affinität zu sozialen Tätigkeiten aufweisen und umgekehrt (Wille et al., 2020).

Abbildung 2

Hexagonale Beziehungen zwischen den Dimensionen aus dem RIASEC Modell. Adaptiert nach Bergmann (1992, S. 201).



Die Messung der Instrumente und Konstrukte des RIASEC-Modells erfolgt beispielsweise durch den sogenannten Allgemeinen Interessen-Struktur-Test (AIST) beziehungsweise den Umwelt-Struktur-Test (UST) nach Bergmann und Eder (1992) sowie deren überarbeitete Fassungen (Bergmann & Eder, 2005), welche diesbezüglich die am häufigsten genutzten Instrumente im deutschsprachigen Raum darstellen (Nieskens, 2009).

Obwohl berufliche Interessen in erster Linie als Präferenzen betrachtet werden, können diese gemäß Holland (1997) auch Einstellungen, Ziele und Werte, Fähigkeiten, Kompetenzen oder Selbstwirksamkeitsannahmen beinhalten (vgl. Wille et al., 2020). Die Passung von Person und Arbeitsumwelt kann daher als wichtige Voraussetzung für die berufliche Zufriedenheit angesehen werden (Holland, 1997).

Basierend auf der Rolle der Interessenkongruenz kann davon ausgegangen werden, dass eine mangelnde Passung zwischen den beruflichen Interessen und der Studienumwelt beziehungsweise der beruflichen Umwelt zum Wunsch nach Umorientierung beitragen kann. Daher spielt das RIASEC-Modell für diese Dissertation eine wichtige Rolle.

1.2.4 Das Fünf-Faktoren-Modell der Persönlichkeit

Das Fünf-Faktoren-Modell (FFM) der Persönlichkeit, welches oft nur unter dem Namen Big Five (erstmalig genutzt durch Goldberg, 1981) bekannt ist, ist das weltweit meistgenutzte Modell zur Beschreibung der Persönlichkeit von Individuen. Die Entstehung des Modells kann auf Allport und Odbert (1936) zurückgeführt werden und basiert auf dem lexikalischen Ansatz (Rammstedt et al., 2023). Es umfasst gemäß Tupes und Christal (1992) die fünf Persönlichkeitsdimensionen Extraversion, Verträglichkeit, Gewissenhaftigkeit, Neurotizismus und Offenheit. Die Big Five konnten in allen westlichen Sprachräumen repliziert werden und gelten daher international als Konzept zur Persönlichkeitsbeschreibung (Rammstedt et al., 2023).

Es existiert eine Vielzahl an Verfahren zur Erfassung der Big Five. So erlaubt das bekannte NEO Personality Inventory (NEO-PI-R) nach Costa and McCrae (1992) das insgesamt 240 Items umfassende, die Erfassung der einzelnen Facetten der fünf übergeordneten Dimensionen (Rammstedt et al., 2023). Ein kurzes Instrument, das auf Grund seines geringen Umfangs häufig in der deutschsprachigen Forschung Anwendung findet, ist das sogenannte BFI-10 (Rammstedt, 2007; Rammstedt & John, 2007) welches jede der fünf Hauptdimensionen

anhand zweier Items erfasst. In den NEPS-Daten, die Studie 3 in der vorliegenden Dissertation als Datengrundlage dienen, wird das BFI-10 nach der Empfehlung von Rammstedt und John (2007) in einer 11-item Version als Erhebungsinstrument genutzt, bei welcher die Dimension Verträglichkeit um ein zusätzliches Item erweitert wurde (Wohlkinger et al., 2011).

In Bezug auf den Lehrberuf kann davon ausgegangen werden, dass vor allem das Persönlichkeitsmerkmal Extraversion relevant ist, da mit der Tätigkeit ein hohes Maß an sozialer Interaktion einhergeht, was wiederum eine gewisse Kommunikations- und Kontaktfähigkeit voraussetzt (Keiner & Hany, 2017). Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der individuellen Ausprägung der Extraversion und der Berufszufriedenheit im Lehramt und den schulpraktischen Leistungen zeigten beispielsweise Mayr und Mayrhofer (1994). Gemäß Hoyle (2006) existiert zudem ein bedeutsamer Zusammenhang zwischen dem Persönlichkeitsmerkmal Gewissenhaftigkeit und der selbstregulatorischen Fähigkeiten von Individuen. Die Selbstregulation beschreibt hierbei die Fähigkeit von Personen, ihre Gefühle, Gedanken und ihr Verhalten an situationale Gegebenheiten anzupassen und ihre Ziele zu verfolgen (Gawrilow & Rauch, 2017). Es überrascht daher nicht, dass in vielen vorangegangenen Studien ein Zusammenhang zwischen dem Grad der Gewissenhaftigkeit und den akademischen Leistungen aufgezeigt werden konnte (siehe z.B. Nofle & Robins, 2007). Ich gehe daher davon aus, dass die Gewissenhaftigkeit gerade beim Auftreten von Schwierigkeiten in Studium oder Beruf eine bedeutsame Rolle spielt. Ein weiterer Faktor, der mit dem Verbleib in einem Studium oder Beruf zusammenhängen könnte, ist zudem auch die Offenheit einer Person. Diese geht beispielsweise mit der Aufgeschlossenheit gegenüber neuen Erfahrungen und der Suche nach Abwechslung einher (vgl. Costa & McCrae, 1992). Es kann daher angenommen werden, dass sehr offene Personen eine Bereitschaft zur beruflichen Umorientierung aufweisen. Auf die Faktoren Verträglichkeit und Neurotizismus, die ebenfalls Bestandteil der Big Five sind, gehe ich an dieser Stelle nicht vertiefend ein, da sie im Kontext dieser Dissertation empirisch nicht berücksichtigt wurden.

1.3 Übergangsphasen im (Mathematik-)Lehramtsstudium als kritische Phasen

Im folgenden Abschnitt gebe ich einen Überblick über die Struktur der Lehrerausbildung in Deutschland und damit einhergehende Übergangsphasen. Anschließend wird die Problematik von Übergängen im Allgemeinen beleuchtet. Es schließt sich eine Diskussion der Schwierigkeiten an den verschiedenen Übergängen an. Hierbei wird sowohl auf allgemeine als auch auf Faktoren, die sich spezifisch für das Mathematiklehramt ergeben, eingegangen. Zudem wird ein Bezug zwischen den zuvor eingeführten Theorien und den einzelnen Übergängen hergestellt.

1.3.1 Struktur der Lehrerausbildung in Deutschland

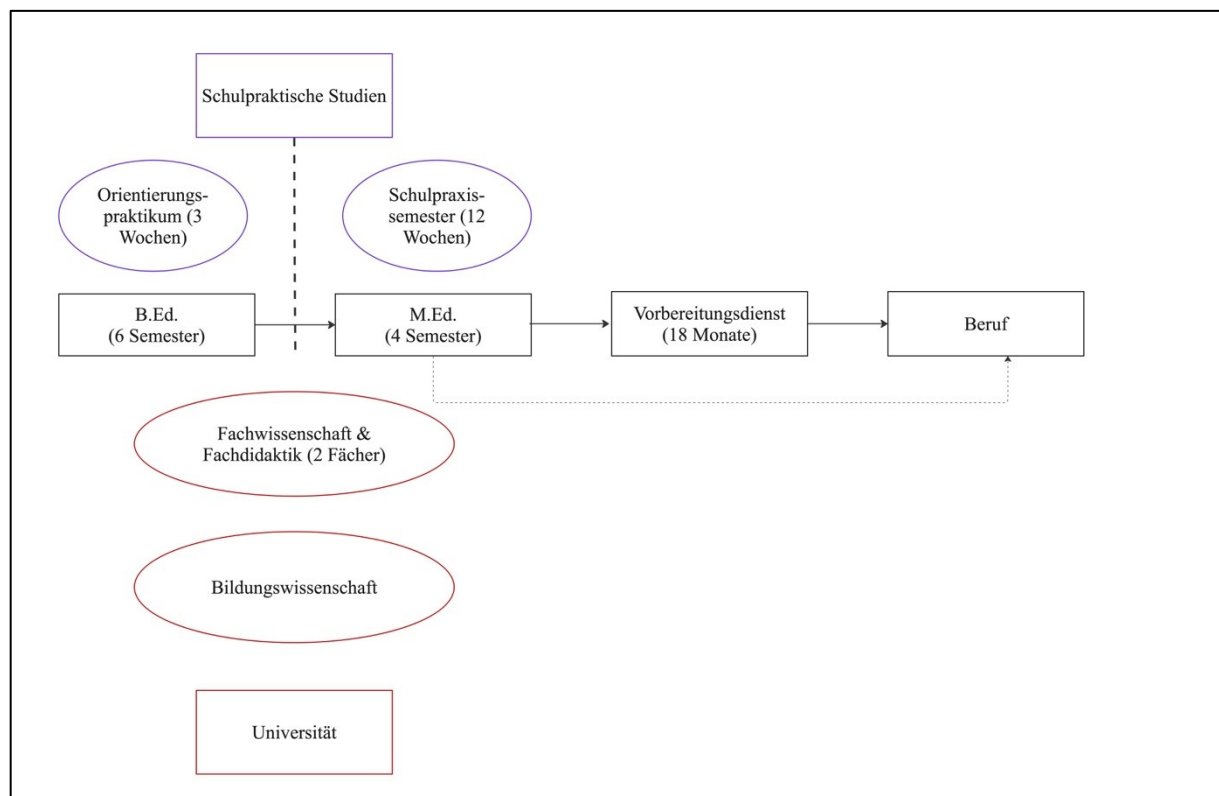
Eine Besonderheit der Lehrerausbildung in Deutschland ist, dass die Entscheidung für den Lehrberuf bereits mit der Einschreibung in einen Lehramtsstudiengang getroffen wird. Trotz des Fokus auf den Lehrberuf überwiegen vor allem im Falle des Gymnasiallehramts die fachwissenschaftlichen Studieninhalte. Seit den Reformen im Zuge des Bologna-Prozesses in Deutschland gliedern sich die Lehramtsstudiengänge in den meisten Bundesländern nicht wie zuvor in ein erstes und ein zweites Staatsexamen, sondern in einen Bachelor of Education sowie einen konsekutiven Master of Education (KMK, 2018). Auf die universitäre Phase folgt dann der sogenannte Vorbereitungsdienst, der je nach Bundesland 1,5 bis 2 Jahre dauert (Kultusministerkonferenz, 2012, 2019a, 2019b). Seit einigen Jahren ist außerdem in den meisten Bundesländern bereits während der universitären Phase ein längerer praktischer Aufenthalt an einer entsprechenden Schule vorgesehen (KMK, 2024), im Rahmen dessen erste Unterrichtserfahrungen gesammelt werden können. Die spezifische Ausgestaltung dieser Praxisphasen unterscheidet sich allerdings zwischen den Bundesländern. Studierende des Gymnasiallehramts in Baden-Württemberg müssen im Rahmen des Schulpraxissemesters einen 12-wöchigen Aufenthalt an einem allgemeinbildenden Gymnasium oder einer beruflichen Schule absolvieren (Kultusministerium, 2022).

Durch die Struktur des Lehramtsstudiums in Deutschland ergeben sich im Rahmen dessen verschiedene, obligatorische Übergänge. Zuerst ist der Übergang an die Universität zu bewältigen, darauf folgt der Übergang ins Schulpraxissemester und nach Studienabschluss die Aufnahme des Referendariats. Diesem wiederum schließt sich der tatsächliche Berufseinstieg

an. Jeder der genannten Übergängen geht mit verschiedenen Herausforderungen einher, die von den Betroffenen zu bewältigen sind. Es kann davon ausgegangen werden, dass vor allem diese Übergänge mit einer Reflexion der ursprünglichen Berufswahl verbunden sind. Für ein besseres Verständnis visualisiere ich die Struktur des gymnasialen Lehramtsstudiums in Abbildung 3. Hierbei orientiere ich mich an den Gegebenheiten im Bundesland Baden-Württemberg (vgl. Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2015)

Abbildung 3

Struktur des gymnasialen Lehramtsstudiums in Baden-Württemberg



1.3.2 Die Bedeutung von Übergängen in der Bildung

Im Laufe ihres Lebens werden Individuen immer wieder mit verschiedenen Übergangssituationen konfrontiert, welche zentrale Wendepunkte in ihrem Leben darstellen können. In der Bildungsforschung wird der Begriff „Übergang“ meist mit Statuspassagen im Bildungssystem in Verbindung gebracht (Tillmann, 2013). So ist beispielsweise der Eintritt in die Grundschule oder auch der Wechsel von der Grundschule in die weiterführende Schule ein

häufig untersuchter Übergang. Diese sind erwartbar und weitestgehend standardisiert (ebd.). In der vorliegenden Dissertation beziehe ich mich ebenfalls auf solch institutionalisierte Übergänge. Im Zusammenhang mit diesen findet häufig der sogenannte „Transitionsansatz“ Anwendung. Gemäß Faust (2013, S. 33) können Transitionen als „erwartete oder plötzliche Übergänge im Lebenslauf, in denen das Individuum Lebensbereiche wechselt und dabei Veränderungen in Status, Rolle und/oder Identität erfährt“ beschrieben werden. Übergänge werden demnach als Prozesse und nicht als Einzelereignisse verstanden. Diese Definition entspricht auch der Konzeption von Übergängen in dieser Dissertation. Institutionalisierte Übergänge müssen kollektiv von den Mitgliedern der entsprechenden Kohorte bewältigt werden. Dennoch ergeben sich hierbei wichtige Unterschiede im Hinblick auf das Erleben und die Verarbeitung dieser (Tillmann, 2013).

Im Folgenden gehe ich näher auf die zentralen Übergänge im Kontext des Lehramtsstudiums ein. Diese werden zunächst jeweils im Allgemeinen betrachtet, bevor eine Ausführung mathematik- beziehungsweise MINT-spezifischer Besonderheiten erfolgt.

1.3.3 Der Übergang von der Schule an die Universität

Studienwahl

Ein bedeutsamer Übergang im Leben vieler ist der Wechsel von der Schule in ein Studium. In der Vergangenheit fanden bereits zahlreiche motivationspsychologische Modelle und Ansätze Eingang in die Klassifikation von Studienwahlmotiven.

Eine Vielzahl der empirisch als bedeutsam identifizierten Motive der Studienwahl kann gemäß Göller and Besser (2023) in das Erwartungs-Wert-Modell nach Eccles und Kollegen als übergreifende Rahmentheorie eingeordnet werden. In diesem Modell wird, wie bereits ausgeführt, davon ausgegangen, dass Menschen beim Treffen von Entscheidungen die zu erwartenden Belastungen und Erträge sowie die Erfolgsaussichten gegeneinander abwägen (vgl. Eccles et al., 1983). Für die Wahl des Studienfachs lassen sich diese wie folgt definieren (vgl. Karst et al., 2017, S. 211-212): Der intrinsische Wert entspricht dem Spaß, den sich die Person vom Studium des angestrebten Faches erhofft, während der Bedeutungswert beschreibt, wie wichtig es einer Person im Hinblick auf das eigene Selbstbild ist, im entsprechenden Fach gute Leistungen zu zeigen. Der Nützlichkeitswert hingegen basiert auf der angenommenen Nützlichkeit des Studiums für die Zukunft, beispielsweise im Hinblick auf den eigenen

Berufswunsch. Kosten bilden die negative Wertkomponente ab und sind nicht zwingend monetär. Hierunter fallen beispielsweise Opportunitätskosten, die aus dem Verzicht auf ein anderes Studienfach resultieren oder aber die Zeit, die in das Studium investiert werden muss. Karriereaussichten hingegen können als Ertragskomponente betrachtet werden, für welche auch die Erfolgsaussichten im Studium eine Rolle spielen, da sie die angestrebte Karriere erst ermöglichen (vgl. Erikson & Jonsson, 1996; Lörz, 2012).

Da Studieneinsteiger noch keine eigenen Erfahrungen im Hinblick auf das Studium sammeln konnten, müssen sie sich bei der Einschätzung der Wertkomponenten vor allem an Vermutungen über das Studienfach orientieren (Karst et al., 2017). Dass die Erwartungen und Realität dann bei Studienbeginn häufig differieren, überrascht somit nicht.

Entscheidung für das Lehramt

Im Unterschied zu vielen anderen Studiengängen bereitet das Lehramtsstudium bereits von Anfang an gezielt auf einen bestimmten Beruf vor, weshalb Studienwahlmotive in diesem Fall auch als Motive der Berufswahl betrachtet werden können (Göller & Besser, 2023). Es ist daher davon auszugehen, dass berufliche Interessen im Sinne des RIASEC-Modells (Holland, 1997) einen bedeutsamen Einfluss auf die Wahl eines Lehramtsstudiums haben. Weitere Motive für die Wahl des Lehramtsstudiums können anhand des FEMOLA-Instruments nach Pohlmann und Möller (2010), das auf Erwartungs-Wert-Ansätzen basiert und gerade in der deutschsprachigen Forschung bereits häufig Anwendung fand, wie folgt klassifiziert werden: Die beruflichen Interessen beziehungsweise der Berufswunsch gehen in Form der Wertkomponente in das Modell ein. Konkret werden diese anhand der Aspekte „Pädagogisches Interesse“ und „Fachliches Interesse“ operationalisiert. Ein weiterer Aspekt des subjektiven Wertes ist die wahrgenommene „Nützlichkeit“ des Lehrberufs. Die Erfolgserwartungen gehen mittels der Aspekte „Fähigkeitsüberzeugung“ sowie „Geringe Schwierigkeit des Studiums“ in das Modell ein. Zusätzlich zu den Komponenten aus dem Erwartungs-Wert-Modell geht der Faktor „soziale Einflüsse“ in das Modell ein. Pohlmann und Möller (2010) konnten basierend auf verschiedenen Datensätzen die faktorielle Struktur des Modells anhand der konfirmatorischen Faktorenanalyse bestätigen.

Bewältigung des Studieneinstiegs und Studienabbrüche

Sofern nach der sorgfältigen Abwägung von Kosten, Erträgen und Erfolgsaussichten ein Studium aufgenommen wurde, erweist sich insbesondere der Übergang an die Universität häufig als herausfordernd. Anders als an der Schule ist der universitäre Alltag meist weniger strukturiert und erfordert ein hohes Maß an Eigeninitiative und Organisation (Gueudet, 2008; Isaev, 2021; Roth et al., 2015). Hinzu kommt, dass die fachliche Tiefe sowie die Fülle an Inhalten das Pensum an der Schule übersteigen (Isaev, 2021; Robert & Schwarzenberger, 2002).

Die Art und Weise, wie die Herausforderungen des Studieneinstiegs gemeistert werden, beeinflusst maßgeblich den weiteren Studienverlauf (Heublein et al., 2017). Wichtige Faktoren für die Bewältigung des Studienbeginns sind beispielsweise fachliches Vorwissen, ein gutes Zeitmanagement, selbstständiges Arbeiten und Lernen und wissenschaftliches Arbeiten (ebd.). Gelingt die Bewältigung nicht, kann dies in letzter Instanz zum Abbruch des Studiums führen, welcher häufig bereits in den ersten Studiensemestern stattfindet (ebd.).

Für die Erklärung von Studienabbrüchen existieren in der bestehenden Literatur verschiedenste Modelle. Dies ist zum einen auf die Vielzahl von Faktoren, die einen Studienabbruch bedingen und zum anderen auf die unterschiedlichen fachlichen Disziplinen, die sich mit Studienabbrüchen befassen, zurückzuführen (Sarcletti & Müller, 2011). Eines der bekanntesten Studienabbruchmodelle ist das *Student Integration Model* nach Tinto (1975). Dieses nimmt die soziale und akademische Integration in die Hochschulumgebung als zentrale Determinanten des Studienverbleibs in den Blick. Dem Modell liegt ein prozessuales Verständnis von Studienabbrüchen zugrunde, so dass auch Variablen aus der Zeit vor dem Studium Einfluss finden. Beispiele hierfür sind der familiäre Hintergrund, Persönlichkeitsmerkmale sowie schulische Voraussetzungen (Tinto, 1975, vgl. Sarcletti & Müller, 2011). Im Gegensatz dazu wird im *Student Attrition Model* von Bean (1980, 1983) angenommen, dass Studienabbrüche analog zu Mitarbeiterfluktuationen in Unternehmen zu verstehen sind. Hierbei sind sowohl die Eigenschaften der Studierenden selbst, z.B. deren erbrachte Leistungen, als auch organisatorische Einflussfaktoren, wie beispielsweise die Qualität der Bildungsinstitution relevant (ebd.). Ein bekanntes Modell aus dem deutschsprachigen Raum ist das Studienabbruchmodell des DZHW (Heublein et al., 2017; Heublein et al., 2010). Auch in diesem Modell wird der Studienabbruch als längerfristiger Prozess, bei welchem sich verschiedene Gründe akkumulieren, verstanden. Hierbei fließen

sowohl Faktoren aus der Zeit vor dem Studium, z.B. soziale Herkunft, als auch die aktuelle Studiensituation, beispielsweise im Hinblick auf Motivation und Leistung, mit ein (vgl. Theune, 2022).

In Studie 1 in der vorliegenden Dissertation greife ich diese Prozessperspektive auf, indem ich ebenfalls Faktoren aus der Studienvorphase, wie zum Beispiel das mathematische Vorwissen aber auch die aktuelle Studiensituation berücksichtige. Zudem untersuche ich anstatt von eigentlichen Studienabbrüchen die Studienabbruchneigungen, welche längsschnittlich erhoben werden können. Zudem sind sie eng mit den tatsächlichen Studienabbrüchen korreliert. So zeigen beispielsweise die Befunde von Kelava et al. (2022), dass 86% der Studierenden in den Fächern Mathematik und Physik, die ihr Studium abbrachen, bereits viele Wochen im Voraus Studienabbruchneigungen aufwiesen.

Fachspezifische Herausforderungen des Mathematiklehramts beim Übergang an die Universität

Neben allgemeinen, nicht fachbezogenen Faktoren, die zur erfolgreichen Bewältigung des Studieneinstiegs beitragen können, sind vor allem auch fachspezifische Gegebenheiten zu betrachten. Im Folgenden wird daher näher auf die Umstände im Mathematiklehramt eingegangen.

Wie bereits erwähnt entsteht die besondere Schwierigkeit beim Übergang an die Universität im Fach Mathematik durch die Diskontinuität zwischen der Schulmathematik und der Universitätsmathematik (Klein, 1908). Vor allem die mathematische Beweisführung bereitet vielen Studierenden große Schwierigkeiten (S Rach, 2014), da sie nicht nur mangelnde Vorkenntnisse, sondern auch falsche Vorstellungen mitbringen (Rach & Heinze, 2013). Diese Schwierigkeiten kontrastieren häufig mit der positiven Wahrnehmung der mathematischen Kompetenzen zu Schulzeiten und rütteln somit am mathematischen Selbstkonzept (Rach & Heinze, 2013). Dieses wiederum hat gemäß des Erwartungs-Wert-Modells einen entscheidenden Einfluss auf die Erfolgserwartungen (Eccles & Wigfield, 2002). Es ist daher davon auszugehen, dass sich bei Studienbeginn ein großer Kontrast zwischen den Erwartungen und der vorgefundenen Studienrealität einstellt, welcher sich auch in hohen Abbruchquoten im Fach Mathematik und im MINT-Bereich insgesamt (siehe Heublein et al., 2022) widerspiegelt.

Die Problematik am sekundär-tertiären Übergang im Fach Mathematik ist Gegenstand zahlreicher Forschungsarbeiten auf internationaler Ebene (z.B. Clark & Lovric, 2009; Gueudet, 2008). Dabei wird meist entweder ein Fokus auf das theoretische Verständnis des Übergangs gesetzt (z.B. Clark & Lovric, 2009) oder es werden verschiedene Maßnahmen, welche die Übergangsphase unterstützen sollen, in den Blick genommen (z.B. Rach & Heinze, 2013).

Obwohl die beschriebene Diskontinuität beim Übergang von der Schulmathematik zur Universitätsmathematik von allen Studierenden in diesem Fach zu überwinden ist, scheinen verschiedene Charakteristika eine Rolle für die erfolgreiche Bewältigung zu spielen. Erwartungsgemäß hat an dieser Stelle gerade das mathematische Vorwissen einen großen Einfluss, wie sich beispielsweise in der Studie von Andrà et al. (2011) zeigt. Zudem scheinen motivationale Faktoren wie etwa das mathematische Selbstkonzept oder das Interesse an Universitätsmathematik eine Rolle zu spielen (Geisler, 2020). Die Studie von Glaesser et al. (2021) zeigt, dass Motivation, sowohl in Form von stabilen, sogenannter „Traits“, als auch in Form von zeitlich veränderlichen, sogenannten „States“ bedeutsam für die Entwicklung von Abbruchintentionen in Mathematik bzw. Physik ist. Zudem zeigt die Studie von Kelava et al. (2022), dass Abbruchintentionen in diesen Fächern sowohl durch stabile Charakteristika wie etwa kognitive Fähigkeiten als auch durch intra-individuelle Veränderungen affektiver States vorhergesagt werden können.

Während Leistungsprobleme vor allem auf den mangelnden inhaltlichen Zusammenhang zwischen Schulmathematik und Universitätsmathematik, also auf die erste Diskontinuität, zurückzuführen sind, können Motivationsprobleme unter anderem auch als Resultat der zweiten Diskontinuität, also der mangelnden wahrgenommenen Relevanz der Universitätsmathematik für die Schulmathematik interpretiert werden (vgl. Isaev, 2021; Weber, 2024). Gerade zu Studienbeginn dominieren fachliche Vorlesungen wie Analysis und Lineare Algebra den Studienalltag. Im Hinblick auf diese fällt es den Studierenden häufig schwer, zu erkennen, inwiefern die Inhalte für die zukünftige Arbeit als Lehrkraft an Gymnasien relevant sind (ebd.). Im Sinne der Erwartungs-Wert-Theorie ergibt sich hier also ein geringer Nützlichkeitswert des Mathematikstudiums. Zudem entsteht eine große Diskrepanz zwischen den beruflichen Interessen und der fachlich-mathematischen Studienausrichtung, die sich nicht nur durch den hohen fachlichen Anteil in den Vorlesungen, sondern auch den Raum, den diese durch ihre Komplexität einnehmen, entfaltet. Im Gegensatz zu den sozialen Interessen ist anzunehmen, dass die intellektuell-forschenden Interessen, die im Zuge der fachlichen

Vorlesungen durchaus hilfreich sind, unter den Lehramtsstudierenden eher gering ausgeprägt sind. Schließlich identifizieren sich diese vorrangig als Lehrpersonen und nicht in erster Linie als Wissenschaftler (vgl. Bauer & Hefendehl-Hebeker, 2018). Diese Diskrepanz kann im Sinne einer mangelnden Person-Umwelt-Passung (vgl. Holland, 1997) gedeutet werden. Insofern wird die zweite Diskontinuität nicht erst beim eigentlichen Übergang in den Beruf oder in praktische Phasen, sondern bereits während dem theoretischen Studium wirksam (Isaev, 2021).

1.3.4 Der Übergang von der Universität an die Schule im Rahmen von praktischen Phasen

Im Unterschied zu rein fachwissenschaftlichen Studiengängen, ist im Rahmen des Lehramtsstudiums in den meisten deutschen Bundesländern ein Langzeitpraktikum an einer Schule obligatorisch. Dieses soll die Verknüpfung von Theorie und Praxis fördern (Caruso et al., 2022; HRK, 2016). Im Bundesland Baden-Württemberg, auf welches sich die vorliegende Dissertation bezieht, ist das sogenannte Schulpraxissemester integraler Bestandteil des M.Ed. und zugleich eine Voraussetzung für die Zulassung zum Vorbereitungsdienst (Ministerium für Kultus, 2022). Im Rahmen des Praxissemesters bereiten die Studierenden selbst Unterricht vor, unterrichten und nehmen aktiv am Schulgeschehen teil.

In der Handreichung zum Schulpraxissemester im Gymnasialen Lehramt in Baden-Württemberg wird das Ziel des Praxissemesters beispielsweise wie folgt beschrieben (Ministerium für Kultus, 2022, S.1 ff.):

[...] Das SPS dient der Berufsvorbereitung und bietet im Rahmen des Studiums letztmalig die Möglichkeit zur praktischen Berufsorientierung. Es dient der Stärkung des Bezugs zur Schulpraxis bei den Studierenden für das Lehramt Gymnasium und ermöglicht ihnen ein fundiertes Kennenlernen des gesamten Tätigkeitsfeldes Schule unter professioneller Begleitung durch die Schulen und Seminare für Ausbildung und Fortbildung der Lehrkräfte. Der Schulalltag mit den verschiedenen Unterrichtssituationen stellt vielfältige und komplexe Anforderungen an eine Lehrkraft, die von den Studierenden unmittelbar erfahren werden können. Gleichzeitig erfolgt ein wichtiger Schritt der Qualifizierung für die Schulpraxis, die im Vorbereitungsdienst fortgeführt und mit dem Staatsexamen insoweit abgeschlossen wird, dass eine Einstellung in den Schuldienst möglich ist. [...]

Durch das reale Arbeitsumfeld bieten Schulpraktika wichtige Einblicke in die alltägliche Arbeit als Lehrkraft und somit eine wertvolle Gelegenheit zur Reflexion der Berufswahl (Porsch, 2019). Die Studierenden können abgleichen, inwiefern ihre beruflichen Interessen (vgl. Holland, 1997) oder auch ihre Persönlichkeit tatsächlich mit der späteren Tätigkeit in Einklang zu bringen sind. Negative Erfahrungen im Praxissemester können Unsicherheiten im

Hinblick auf die Berufswahl als Lehrkraft begünstigen oder sogar herbeiführen, was letzten Endes sogar zu einem späten Studienabbruch führen könnte (Seifert & Schaper, 2018). Welche konkreten Schwierigkeiten sich während des Praxissemesters ergeben können, wird im folgenden Absatz diskutiert.

Schwierigkeiten im Praxissemester

Auch wenn die praktische Erfahrung in vielerlei Hinsicht Chancen mit sich bringt, birgt sie verschiedene Herausforderungen und wird daher häufig durch die Studierenden als stressigste Phase der Lehramtsausbildung beschrieben (Chaplain, 2008; Kyriacou & Stephens, 1999). Obwohl sowohl die Herausforderungen des Referendariats als auch des eigentlichen Berufseintritts bereits recht umfassend erforscht wurden, ist die Forschung zum vorgelagerten Schulpraxissemester insgesamt dennoch noch recht dürftig. Dadurch, dass Studierende beim Schulpraxissemester aktiv in den Schulalltag integriert werden, selbst Unterricht vorbereiten und auch unterrichten, bestehen an dieser Stelle einige Parallelen zum tatsächlichen Berufseinstieg, auf welchen ich daher im Folgenden kurz eingehe.

Ein bekanntes Phänomen, das beim Berufseinstieg im Lehramt häufig beschrieben wird, ist der sogenannte Praxisschock (z.B. Klusmann et al., 2012). Hierbei kontrastieren die Erwartungen an den Lehrberuf, welche sich im Laufe des Studiums entwickelten, mit den dort tatsächlich angetroffenen Herausforderungen (Veenman, 1984). In seiner Reviewstudie identifizierte Veenman (1984) hierbei die Disziplin der Schüler und deren Motivation, den Umgang mit individuellen Unterschieden, die Beziehungen zu den Eltern, die Organisation des Unterrichts, einen Mangel an geeigneten Lehrmitteln- oder materialen und den Umgang mit den Problemen einzelner Schüler als die acht am häufigsten wahrgenommenen Probleme unter Berufsanfängern im Lehramt. Diese Herausforderungen können unterschiedlich schwerwiegende Symptome von Stress bis hin zu Burnout auslösen (Klusmann et al., 2012).

Diese größtenteils negative Beschreibung der Erfahrungen im Zusammenhang mit dem Übergang in den Lehrerberuf spiegelt sich auch in Phasenmodellen zur Beschreibung des Berufseinstiegs von Lehrkräften, wie beispielsweise im Modell von Huberman (1989), in welchem diese Phase als „Überlebensphase“ bezeichnet wird (vgl. Klusmann et al., 2012). Im Hinblick auf diese Darstellung des Berufseinstiegs als Lehrkraft kann davon ausgegangen werden, dass auch das Schulpraxissemester mit zahlreichen Herausforderungen beziehungsweise Belastungen einhergeht (z.B. Kücholl et al., 2019). Es zeigt sich in

verschiedenen Studien zu längeren Praxisaufenthalten an Schulen, dass diese oft belastender im Vergleich zu den regulären, theoretischen Studienphasen erlebt werden (siehe z.B. Holtz, 2014).

Obwohl viele Parallelen zum tatsächlichen Berufseinstieg bestehen, gibt es dennoch auch einige wichtige Unterschiede im Hinblick auf das Praxissemester, welche ich im Folgenden ausführe. So sind die Studierenden im Praxissemester nicht „nur“ Lehrpersonen, sondern gleichzeitig auch Lernende und Forschende. All diese Anforderungsbereiche müssen sie gleichermaßen erfüllen (Homann et al., 2024). Allerdings ist davon auszugehen, dass das Praxissemester eher als eine Art Testphase empfunden wird, was mit weniger Leistungsdruck und Verantwortungsbewusstsein einhergehen könnte, allerdings auch mit weniger Vorerfahrung. Konkret beschreiben die Studierenden beispielsweise folgende Belastungen im Praxissemester: Das Verhalten der Schüler, die unklaren Rollenzuschreibungen sowie die Betreuung und Organisation (Krawiec et al., 2020, vgl. Homann et al., 2024).

Auf Grund der Besonderheiten des Schulpraxissemesters erscheint es nicht nur sinnvoll, sondern notwendig, dieses spezifisch zu erforschen und nicht ausschließlich auf Rückschlüsse aus den Befunden zum eigentlichen Berufseinstieg oder dem Referendariat zurückzugreifen.

Spezifische Gegebenheiten im Mathematiklehramt

Neben den allgemeinen Herausforderungen des Praxissemesters ergeben sich im Fach Mathematik durch die zuvor bereits ausgeführte doppelte Diskontinuität zusätzliche Schwierigkeiten. Obwohl sich die Ausführungen von Felix Klein (1908) auf den tatsächlichen Berufseinstieg beziehen, kann davon ausgegangen werden, dass die Problematik, zumindest in Teilen, bereits im Rahmen des Schulpraxissemesters wirksam wird.

Die beschriebenen Schwierigkeiten, das mathematische Wissen aus dem Studium in der Praxis anzuwenden (Weber, 2024) gepaart mit der ohnehin höheren Belastung im Schulpraxissemester (vgl. Holtz, 2014) lassen es plausibel erscheinen, dass sich gerade im Fach Mathematik die praktische Studienphase oftmals zu einer großen Belastung entwickelt, die mit hohen emotionalen Kosten einhergehen kann. Daraus könnte ein kritisches Überdenken der Entscheidung für die zukünftige Arbeit als Lehrkraft resultieren. Es ist also denkbar, dass sich trotz der vermeintlich deutlich höheren Vereinbarkeit von beruflichen Interessen und der auszuführenden Tätigkeit im Vergleich zur Studieneingangsphase an dieser Stelle Probleme

ergeben, die beispielsweise zu geringen Werthaltungen im Sinne der Erwartungs-Wert-Theorie (Eccles et al., 1983) führen können. Inwiefern sich dies dann in einem Wunsch nach Umorientierung manifestiert, hängt unter anderem von persönlichen Charaktereigenschaften ab, die einen Einfluss auf den Umgang mit entstehenden Problematiken haben. Allerdings besteht an dieser Stelle noch Forschungsbedarf, da die Problematik rund um den Praxisschock bislang nur im Allgemeinen, nicht aber bezogen auf einzelne Fächer und deren spezifische Herausforderungen erforscht wurde. Diesem Forschungsdesiderat wird in Studie 2 in der vorliegenden Dissertation nachgegangen, in welcher das Erleben des Schulpraxissemesters vor dem Hintergrund der doppelten Diskontinuität untersucht wird.

1.3.5 Der Übergang vom Lehramtsstudium ins Berufsleben

Die Vorstellung, dass die beruflichen Verläufe von Lehramtsstudierenden stets linear sind und die Studierenden sich nach erfolgreicher Absolvierung der universitären Phase in den Vorbereitungsdienst begeben, ist weit verbreitet (Wolf, 2015). In der Realität zeigt sich allerdings, dass sich ein nicht unerheblicher Anteil der Lehramtsabsolventen nach ihrem Studienabschluss gegen ein Referendariat entscheidet (Franz et al., 2023; Gülen et al., 2022). Dies kann gleichzeitig als vorläufige Entscheidung gegen den Lehrberuf interpretiert werden. Mit Sicherheit gibt es auch Studierende, die zunächst das Referat absolvieren und dann entweder einen anderen Beruf ausüben. Allerdings beläuft sich der Anteil derer, die vom Referendariat in den Schuldienst übergehen auf etwa 98 % (Gülen et al., 2022). Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind daher ausschließlich Studierende, die den universitären Teil des Studiums bereits absolviert haben und sich anschließend gegen ein Referendariat entscheiden. Im Hinblick auf den Lehrkräftemangel ist dieses Forschungsfeld von hoher Relevanz, da auch das bessere Verständnis dieser späten Abkehr vom Lehrberuf zu einem höheren Verbleib im Lehrberuf beitragen könnte.

Erklärungsansätze zu beruflichen Übergängen von Lehrkräften

Wichtige Anhaltspunkte für die Erklärung der beruflichen Übergänge von Lehrkräften liefert insbesondere das bereits ausführlich beschriebene Erwartungs-Wert-Modell nach Eccles und Kollegen (z.B. Eccles et al., 1983), welches auch die theoretische Grundlage für Studie 3 bildet.

Folgt man Franz et al. (2023), die ebenfalls die Übergänge von Lehramtsabsolventen in den Blick nahmen, kann aus dem Erwartungs-Wert-Modell (Eccles et al., 1983) eine ganze Reihe an Prädiktoren abgeleitet werden, die den Übergang in den Lehrberuf beziehungsweise die Entscheidung für einen alternativen Berufsweg voraussagen können. Der Aspekt der persönlichen Bedeutung (attainment value) kann, wie oben bereits ausgeführt wurde, über die Persönlichkeitsmerkmale (Big Five) operationalisiert werden. Intrinsischer Wert und persönlicher Nutzen (intrinsic value und utility value) werden im Modell durch die beruflichen Interessen und die Motivation für die Wahl des Lehramts repräsentiert (Franz et al., 2023). Die beruflichen Interessen können anhand des RIASEC-Modells nach Holland (1997) klassifiziert werden. Die Motivation für die Wahl des Lehramtsstudiums und damit indirekt auch die Wahl des Lehrberufs kann hierbei anhand des FEMOLA-Instruments (Pohlmann & Möller, 2010), welches auch zu einem vorherigen Zeitpunkt in dieser Arbeit bereits erläutert wurde, erfasst werden (vgl. Franz et al., 2023). Erfolgserwartungen lassen sich über die Abschlussnoten, also vorherige universitäre Leistungen abbilden (ebd.) In Studie 3 verwende ich, ebenso wie Franz et al. (2023) das Erwartungs-Wert-Modell als theoretisches Rahmenkonstrukt.

Formen des Übergangs nach dem Lehramtsstudium

Da, häufig von einem weitestgehend standardisierten Verlaufsmuster ausgegangen wird (Wolf, 2015), ist der Forschungsstand hinsichtlich der beruflichen Übergänge von Lehramtsabsolventen insgesamt als unzureichend zu bewerten (Gülen et al., 2022). Auf Grund der spezifischen Gegebenheiten des Lehramtsstudiums in Deutschland liefern hierbei vor allem Untersuchungen aus dem deutschen Raum Ansatzpunkte für diese Dissertation.

Zuerst stellt sich die Frage, wie sich der berufliche Verbleib überhaupt konzeptualisieren lässt. Eine Untersuchung der einzelnen Berufe, in welchen die Absolventen einmünden, erschien mir im Hinblick auf die aktuelle Datenlage nicht umsetzbar, weshalb eine gröbere Unterteilung notwendig ist. Gülen et al. (2022) schlagen die folgenden berufsübergreifenden Kategorien für den posthochschulischen Verbleib von Lehramtsabsolventen vor: *professionsspezifischer Verbleib*, *akademischer Verbleib* und *professionsunspezifischer Verbleib*. Dabei beschreibt der professionsspezifische Verbleib den Übergang in den

Vorbereitungsdienst beziehungsweise den direkten Übergang in den Lehrberuf² im schulischen Bereich. Dem akademischen Verbleib hingegen werden alle Absolventen zugeordnet, die entweder eine Promotion begonnen oder diese beendet haben. In die Kategorie professionsunspezifischer Verbleib fallen diejenigen Absolventen, die einen Beruf außerhalb des Lehramts ausüben und auch zuvor nie in diesem Beruf tätig waren (Gülen et al., 2022). Eine ähnliche Unterscheidung treffen Franz et al. (2023). Die Autoren unterscheiden zwischen den selbsterklärenden Kategorien *Übergang ins Referendariat*, *direkter Einstieg in den Beruf als Lehrkraft (ohne vorheriges Referendariat)* sowie *kein Übergang in Tätigkeiten mit Lehramtsbezug innerhalb der ersten 12 Monate nach Studienabschluss*.

In der vorliegenden Arbeit orientiere ich mich an beiden Kategorisierungen und treffe eine Unterscheidung zwischen den zwei Kategorien *Übergang ins Referendariat oder direkt in den Lehrberuf* und *Kein Übergang ins Referendariat oder in den Lehrberuf*. Diese Unterteilung ging aus der Überlegung hervor, dass es wegen des Fachkräftemangels grundsätzlich problematisch ist, wenn eine potenzielle Lehrkraft das System verlässt, unabhängig davon, in welchem Bereich die Person stattdessen eine Anstellung findet. Daher galt mein Interesse hier der Identifikation von Faktoren, die sich positiv oder negativ auf den Verbleib im System auswirken und nicht den verschiedenen Alternativen des Verbleibs.

Berufliche Mobilität von MINT versus nicht-MINT Absolventen

Im Gegensatz zum Studieneinstieg und zum Schulpraxissemester fokussiere ich mich im Hinblick auf die berufliche Mobilität von Lehrkräften nicht ausschließlich auf Absolventen im Fach Mathematik. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass die berufliche Mobilität mutmaßlich in hohem Maße von der Verfügbarkeit attraktiver Alternativen abhängig ist. Es ist wiederum denkbar, dass diese sich nicht vorrangig zwischen Mathematik- und nicht-Mathematik-Absolventen unterscheidet, sondern eher zwischen MINT- und nicht MINT-Absolventen.

Im MINT-Bereich herrscht in Deutschland sowohl an den Schulen als auch in der Industrie ein Fachkräftemangel (Anger et al., 2021). Dies führt nicht nur zu Quereinstiegen von

² Ein direkter Übergang von der Universität in den Lehrberuf ist gegebenenfalls an Privatschulen möglich

nicht-Lehramtsabsolventen in Mangelfächern wie Mathematik oder Physik, sondern auch dazu, dass Lehramtsabsolventen aus dem MINT-Bereich auch gleichzeitig gefragte Arbeitskräfte in der Industrie sind. Zudem zeigt sich in Deutschland ein deutliches Gehaltsplus in der MINT-Branche verglichen mit vielen anderen Branchen. So lag das Median-Bruttogehalt der Vollzeitbeschäftigten in MINT-Berufen laut aktueller Erhebungen bei 4.163 Euro, wohingegen der Medianlohn aller Vollzeitbeschäftigten mit 3.516 Euro deutlich niedriger ist (Anger & Plünnecke, 2022). Darüber hinaus ist die Arbeitslosenquote in diesem Bereich deutlich geringer als in vielen anderen Berufsfeldern (Noonan, 2017; Wille et al., 2020). All diese Faktoren deuten auf eine hohe Verfügbarkeit von attraktiven beruflichen Alternativen im MINT-Bereich, verglichen mit anderen Fachbereichen hin. Diese Annahme findet sich auch in bereits bestehenden Studien zur Thematik der beruflichen Mobilität von Lehramtsabsolventen wieder. So kontrollieren beispielsweise Franz et al. (2023) in ihrer Studie dafür, ob die Absolventen mindestens ein Fach aus dem MINT-Bereich studiert hatten oder nicht.

Meines Wissens liegen allerdings bislang keine Analysen vor, die die Stärke des Einflusses verschiedener Faktoren auf den Verbleib im Lehrberuf gruppenspezifisch untersuchen.

2 Zielsetzung und Forschungsfragen

Im Laufe des Lehramtsstudiums müssen Studierende zahlreiche Herausforderungen bewältigen, die sich vor allem im Rahmen von Übergangssituationen ergeben. Es wird deutlich, dass hierbei oftmals auch die bereits zu Studienbeginn getroffene Entscheidung für das Lehramt überdacht wird. Im ersten Kapitel dieser Dissertation wurden die verschiedenen Übergänge und damit einhergehende Schwierigkeiten im Detail erläutert. Zudem wurden verschiedene Theorien und Modelle eingeführt, die zur Erklärung der Entscheidungen der Studierenden an Übergängen dienen. Ich habe gezeigt, dass sowohl die doppelte Diskontinuität als Besonderheit des Mathematiklehramtsstudiums als auch verschiedene, personenbezogene Theorien zur Studien- und Berufswahl hinsichtlich dieser Thematik Anwendung finden können.

Das übergeordnete Ziel der vorliegenden Dissertation ist es, ein insgesamt besseres Verständnis von Übergangssituationen im Lehramtsstudium, insbesondere im Fach Mathematik und im MINT-Bereich im Allgemeinen zu erlangen. Daher beleuchte ich diese Thematik anhand dreier Teilstudien, die sich mit je einem der ausgeführten Übergänge im Detail befassen. Im Anschluss führe ich die Ergebnisse aus den drei Teilstudien und die verschiedenen, in Kapitel 1 diskutierten theoretischen Ansätze zu einem integrativen Modell zur Erklärung von Umorientierungen im Rahmen der MINT-Lehramtsausbildung zusammen.

Folgende Fragestellungen waren Gegenstand der verschiedenen Teilstudien:

In Studie 1 setzte ich einen Fokus auf Studienabbrüche im Mathematik B.Ed. beziehungsweise im Mathematik B.Sc. Die übergeordnete Fragestellung war dabei, welche Unterschiede hinsichtlich der Studienabbruchneigungen von Mathematikstudierenden im B.Ed. beziehungsweise im B.Sc. bestehen. Konkret wurde diese Fragestellung anhand folgender, untergeordneter Fragestellungen bearbeitet:

- Welche Gruppe neigt eher zum Studienabbruch und wie entwickelt sich die Abbruchneigung im Verlauf des ersten Fachsemesters?
- Welche Unterschiede bestehen zwischen beiden Gruppen hinsichtlich der Eingangsvariablen (z.B. mathematische Kompetenz, fachliche Motivation etc.)?
- Unterscheiden sich die Motive für eine Studienabbruchneigung zwischen beiden Gruppen?

In **Studie 2** untersuche ich, wie Studierende im Mathematiklehramt das Schulpraxissemester vor dem Hintergrund der doppelten Diskontinuität erleben. Insbesondere war hierbei von Interesse, wie die Studierenden die Diskontinuität beim Übergang von der Universität zurück an die Schule wahrnehmen und ob diese als gleichermaßen problematisch wie die erste Diskontinuität empfunden wird. Des Weiteren lag ein Fokus darauf, zu erforschen, ob und inwiefern die doppelte Diskontinuität wirklich ein mathematikspezifisches Phänomen ist.

In **Studie 3** nehme ich die beruflichen Übergänge von Lehramtsabsolventen in den Blick. Konkret fokussiere ich mich hierbei auf die Frage, wie groß der Anteil derer ist, die nach Beendigung der universitären Phase der Lehrerbildung nicht in das Referat übergehen und welche Motive hierfür aus dem Erwartungs-Wert-Modell abgeleitet werden könnten. Zudem analysiere ich, inwieweit sich diese Motive zwischen MINT- und nicht-MINT-Absolventen unterscheiden.

Die Dissertation als Ganzes leistet somit einen Beitrag zur Bildungsforschung und insbesondere zur Forschung zum Lehramt der Mathematik. Sie liefert ein tiefgreifendes Verständnis der Schwierigkeiten, die sich an den verschiedenen Schwellensituationen ergeben sowie den Entscheidungen, die im Rahmen von Übergängen getroffen werden. Somit bietet die Dissertation auch Anhaltspunkte für politische Entscheidungsträger, die Maßnahmen im Hinblick auf den Lehrkräftemangel im Fach Mathematik beziehungsweise im MINT-Bereich im Allgemeinen entwickeln.

3 Studie 1

Kapitel 3 basiert auf folgender, bereits veröffentlichter Publikation: Heusel, L., Glaesser, J., Kilian, P., Merk, S., & Kelava, A. (2023). Comparing dropout intentions of math students on trainee teacher courses versus Bachelor of Science courses using intensive longitudinal data. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1205949>

Die hier wiedergegebene Version unterscheidet sich geringfügig von der veröffentlichten Version.

Dieses Projekt ist Teil der „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“, einer gemeinsamen Initiative von Bund und Ländern zur Verbesserung der Qualität der Lehrerbildung. Das Programm wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Die in dieser Studie verwendeten Daten wurden im Rahmen des SAM-Projekts erhoben, das ebenfalls durch eine Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen: 16PX16008A und 16PX16008B) unterstützt wurde.

Abstract

In the past, high dropout rates of university math students have been recurrently observed, causing psychological and economic costs for individuals and society. In this article, we draw on prospective, intensive longitudinal data (ILD) collected at a large German university to examine the effects of stable inter-individual differences (e.g., general math competencies) and intra-individual changes (e.g., motivational states) on the intention to drop out of math studies, an important precursor for actual dropout. Given the ongoing discussion on whether student teachers differ from other types of students in their characteristics (e.g., with respect to cognitive abilities), we were particularly interested in differences in dropout intentions between first-year math B.Sc. and B.Ed. students, who attend the same introductory lectures. Using recent residual dynamic structural equation modeling techniques (RDSEM) we find that dropout intentions of math students in their first semester depend on both baseline characteristics and motivational changeable states which occur during the course. Furthermore, it is shown that B.Sc. and B.Ed. students differ regarding their intra-individual effects and have different trajectories of dropout intentions over time such that they cannot be assumed to be a homogeneous group. The results suggest that the two groups require differential treatment concerning the prevention of early dropouts.

Keywords: residual dynamic structural equation modeling, dropout intentions, teacher education, mathematics, intensive longitudinal data

1 Introduction

In Germany, there exists a large and growing skills shortage in the STEM areas (science, technology, engineering, and mathematics), a trend that is simultaneously observed in industry and for teachers of these subjects (Anger et al., 2021). High and increasing university dropout rates in STEM subjects reinforce the problem. Particularly in math studies, the figures are alarming since the dropout rate in undergraduate studies recently reached 58% (Heublein et al., 2020).³ These circumstances call for the identification of risk factors for dropout in both math teacher training and general math courses to help in understanding this phenomenon.

With the present study, we aim to provide an in-depth understanding of individual determinants of dropout by considering (i) *a priori* dispositions which are stable over time and which differ on the inter-individual level, (ii) as well as states which are more changeable within a person. Both of these are related to the development of dropout intentions (see, e.g., Kelava et al., 2022). Dropout intentions are closely linked to actual dropouts but can be proxied more reliably since they do not require the analysis of de-registration certificates, which are often not available to researchers. Furthermore, at this point, interventions aimed at preventing actual dropouts are still possible.

Even though the existing body of knowledge concerning university dropout in general is large, it can only serve as a starting point for the present investigation. Varying dropout rates and requirements across different fields of study stress the importance of subject-specific considerations, which are found to be rare in the literature.

In math studies, the discontinuity that students experience at the transition from school to university is likely to be one of the key factors behind high dropout rates. While school mathematics is application-oriented, academic mathematics has a theoretical character and focuses on proof (Hoyles et al., 2001; Engelbrecht, 2010). Thus, school mathematics cannot just be seen as a simplification of university mathematics (Rach and Heinze, 2013). Given these circumstances, math students may have misconceptions about the study contents and lack of prior knowledge. Therefore, motivational problems and performance issues are believed to

³ This figure is based on the graduation class of 2018 and therefore reflects pre-COVID-19 dropout rates which increases comparability and representativeness.

constitute an important cause for early dropouts in mathematics (see, e.g., Andrà et al., 2011; Geisler, 2020; Glaesser et al., 2021).

Given that the likelihood of developing dropout intentions has been shown to be high throughout the first semester and given that more than a third of all math students enrolled in a prototypical German university was found to drop out during the entry phase (Kelava et al., 2022), such early dropouts are of particular interest.

As (A) math and physics Bachelor of Science (B.Sc.) students and (B) math Bachelor of Education (B.Ed.) students usually attend the same introductory math lectures during their first year at university in Germany, one might also want to treat them as homogeneous regarding early dropouts. However, given that math students enrolled in trainee teacher courses (B.Ed.) prepare for becoming math teachers, while B.Sc. students have not yet had to commit themselves to a particular future profession, it can be assumed that the choice of the study program is associated with different expectations about the lecture contents and different characteristics even within the subject of mathematics. For instance, Roloff Henoch et al. (2015) show that STEM teacher candidates differ from other types of STEM students with respect to (occupational) interests but there were no significant differences regarding cognitive abilities or personality characteristics. Kilian et al. (2020) find differences between math B.Ed. and B.Sc. students regarding mathematical knowledge. However, they do not find any evidence for differences in high school GPAs. The latter is in line with the findings by Blömeke (2009) who also shows that math teachers and other types of math graduates do not differ with respect to GPAs. Nevertheless, it was shown that there exist significant differences regarding mathematical interest and subject-related motivation. Thus, even though the picture is not entirely clear, there exists some empirical evidence in support of existing differences between math teacher candidates or STEM teacher candidates and other types of students in these areas.

Those *a priori* differences are likely to have an impact on the way in which math B.Ed. versus B.Sc. students react to the difficulties which occur at the transition to university mathematics. Nevertheless, it remains an open question whether or to what extent students from these groups differ with respect to (i) the average level of dropout intentions experienced throughout the first semester or (ii) regarding within-person relationships between changes in certain motivational states and thoughts about leaving university. For the development of

tailored interventions to prevent dropout in math studies, it is, however, important to examine whether these differences exist. Therefore, the present study aims to shed light on this issue.

For our analyses we draw on prospective intensive longitudinal data (ILD) on math students from a large German university (Glaesser et al., 2021; Kelava et al., 2022) which make it possible to capture the high variability of affective and motivational states. As a methodological approach which is suitable given the complex structure of the ILD, we apply residual dynamic structural equation models (RDSEM; Asparouhov et al., 2018). RDSEM allow to study simultaneously the impact of intra-individual changes in states which vary over time, and inter-individual differences which are stable over time, on the intention to drop out. Another way of putting it would be to say inter-individual differences exist already at the beginning of the semester, while intra-individual differences are states which may be seen as reaction to experiences made during the semester, these might include performance (e.g., test results).

To the best of our knowledge, no prior studies have examined differences in dropout decisions between math B.Ed. and B.Sc. students using dynamic structural equation modeling with ILD. Overall, we expect that the usage of the ILD alongside the innovative RDSEM approach creates new, valuable insights that can be utilized to improve understanding of the process of dropout and subsequently as a starting point for the design of appropriate intervention strategies.

The remainder of this paper is organized as follows. The next section gives an overview of the theoretical framework and previous literature. Then, the current study is explained in more detail and the research questions are presented. After that, further information on the data used in this study is provided followed by the description of the methodology and the results. The last section closes with a discussion of the empirical findings.

2 Theoretical Background and Literature

2.1 A Process Perspective on Dropout

As university dropout is not only a recent concern but has been an important issue for decades, the first theoretical models to explain this phenomenon have been developed long ago and maintained their relevance until today. One of the most famous pioneering models is the

Student Integration Model by Tinto (1975) which states that a student's level of social as well as academic integration into the college environment impacts college persistence. Another well-known model for explaining dropout is the *Student Attrition Model* by Bean (1980, 1983). It is based on the theory of organizational turnover and the theory of planned behavior. According to the model, dropout can be viewed as similar to employee turnover and is the result of an interplay of students' background characteristics (e.g., performance) and organizational determinants (e.g., institutional quality). However, both models mainly refer to colleges or universities in the US. A well-known model for the German university context is the *Model for Student Dropout Processes* (Heublein et al., 2010, 2017). It frames the decision to drop out as a multidimensional, longer-term process which is influenced by a variety of impact factors concerning both the pre-study phase and the current study phase. The final decision to quit studies is understood as the result of an accumulation of factors that promote dropout.

In line with the model by Heublein et al. (2010, 2017) we take a process perspective on dropout and therefore focus on dropout intentions, which can be measured longitudinally, rather than actual dropout. Given the theory of planned behavior (Ajzen, 1985, 1987), which implies that intentions predict behavior, and given that the strength of an intention is positively related to the likelihood that the behavior occurs (Ajzen, 1991), it can be assumed that dropout intentions are indicators for actual dropout (see also Bean, 1982). Kelava et al. (2022) showed that among the students who actually dropped out, 86% had dropout intentions before which were detected by the authors' statistical algorithm in advance.

In view of this process perspective, longitudinal studies seem best suited to study dropout intentions. Longitudinal designs make it possible to take into account the intra-individual as well as the inter-individual level. Both dimensions can be assumed to be relevant for the development of dropout intentions (e.g., Glaesser et al., 2021; Kelava et al., 2022). While the intra-individual level refers to changes within an individual over time, the inter-individual level refers to time-invariant differences between persons (e.g., with respect to cognitive attainment). On the intra-individual level, especially motivational states have been shown to be relevant for the development of dropout intentions (see, e.g., Dresel and Grassinger, 2013; Schnettler et al., 2020; Kelava et al., 2022). Such within-person changes in motivational states can for instance result from performance-related issues or external events.

2.2. The Development of Dropout Intentions from a Theoretical Point of View

The models for dropout which have been explained above address different levels of influence (e.g., individual, institutional, environmental). Even though institutional (e.g., academic selectivity; Pascarella and Terenzini, 2005) and environmental factors (e.g., working alongside studies; Sevilla et al., 2010) have been shown to play a role for university dropout, we concentrate on individual determinants in what follows.

The reason is that motivation and performance issues are believed to make an important contribution to the development of dropout intentions in the early phase of math studies (Andrà et al., 2011; Geisler, 2020; Glaesser et al., 2021).

Models from the field of career choice provide a theoretical foundation for the selection of individual-level variables that can help in explaining the development of an intention to drop out. A theory which is frequently applied to the prediction of educational outcomes (e.g., Schneider and Preckel, 2017; Schnettler et al., 2020) is the so-called expectancy-value theory (EVT; Eccles and Wigfield, 1995; Wigfield and Cambria, 2010). The EVT postulates that individuals' motivation to accomplish a specific task is determined by the interplay of their expectancies for success and the value placed on that task. Task value can be divided into several components, i.e., attainment value (personal importance of doing well on the task), intrinsic value (personal enjoyment of the task), and utility value (how well does the task relate to current and future goals). Costs is the fourth component of task value and represents the negative aspects which result from engaging in the task. These are for instance fear of failure or success, performance anxiety, the effort needed to complete the task or opportunity costs (Eccles et al., 1983; Eccles and Wigfield, 2002). Expectancies for success in the context of the EVT refer to individuals' beliefs about their success in an upcoming task (Eccles and Wigfield, 2002).

It can be derived from the EVT that motivation is highest when individuals believe they can succeed (high expectancy) and when they perceive the outcomes as valuable (high task value). Therefore, we assume that students who have low expectations for success and devalue the outcomes of their university education are more likely to develop dropout intentions.

Based on the EVT we included items which relate to the four facets of task value in our study. To take into account expectancy beliefs, we included mathematical self-concept. Self-

concept is commonly used as a proxy for expectancy (e.g., Nagengast et al., 2011) since these constructs are indistinguishable in empirical reality (Eccles and Wigfield, 2002). Understanding of the lecture content and perceived ability are concepts which are also closely linked to individual expectations for success and therefore included in the study as well.

The theory of vocational personalities and work environments (Holland, 1997), also known as the person-environment fit theory, is another theory that has been used in the context of academic decision-making (e.g., Wille et al., 2020). The theory focuses on the interaction between individuals' personality traits and the characteristics of their work environment and therefore primarily addresses vocational choices and job satisfaction. However, it can also provide some insights into the factors that contribute to university dropout.

According to Holland (1997), individuals possess different vocational personalities which are characterized by their preferences, interests, and values. These are realistic (R), investigative (I), artistic (A), social (S), enterprising (E) and conventional (C). Vocational environments can also be classified based on these six different types. Thus, vocational personalities can either be matched or mismatched with the characteristics of the work environment, which influences for instance job selection, job changes and vocational satisfaction.

In the context of university dropout, a mismatch between the vocational personalities of students and their chosen academic path can lead to low study satisfaction or motivation and ultimately the decision to drop out.

2.3 Empirical Findings on Dropout (Intentions) in General

While the theories pointed out above provide a helpful basis for the explanation of dropout intentions, previous empirical findings should be taken into account as well. Since it has been shown that dropout intentions depend on the same set of predictors like actual dropout (Fleischer et al., 2019) we also take into account studies that focus on dropout.

There exists a variety of individual characteristics that have been identified empirically as predictive factors for student dropout. Firstly, pre-university performance in the form of high school GPAs plays an important role for quitting studies. This relationship is mediated through the effect of high school GPAs on study performance at university, which is itself a predictor

of dropout (Allen et al., 2008; Voelkle and Sander, 2008). Moreover, study motivation matters as revealed in a meta-analysis by Robbins et al. (2004). This holds true not only for motivational states that occur during the university course, for instance disappointed study expectations (Heublein et al., 2017) but also for motivational factors related to the study decision itself (e.g., intrinsic motivation; Heublein et al., 2017; Rump et al., 2017). Another possible determinant of leaving university early is gender. For instance, Leppel (2002) shows that women in general drop out less frequently than men on average. However, some studies point in the direction that a distinction between male- or female-dominated fields must be made. Nevertheless, results concerning the direction of the effect of gender proportions are found to be controversial (see Johnes and McNabb, 2004; Mastekaasa and Smeby, 2008). For the German context, it has been shown that among students who enrolled for the first time in the years 2009 to 2013, the success rates of women in the subject group mathematics and natural sciences were slightly higher than those of men, except for the year 2011 (Statistisches Bundesamt, 2023). As university entrance qualifications in Germany can be obtained not only at general-education Gymnasiums (similar to British grammar schools) which have an academic focus, but also at different types of vocational upper secondary schools, the type of school attended also has an impact (Müller and Schneider, 2013). Students who received their university entrance qualification at a general-education Gymnasium are less likely to drop out than students from other school types (Heublein et al., 2017). One possible reason is that there is a better fit between the imparted skills and the requirements of academic studies. Furthermore, the school type attended is associated with parental educational background (Lörz et al., 2011) which is itself related to dropout (e.g., Aina, 2013).

2.4 Math-Specific Risk Factors for Dropout

As previously pointed out, difficulties at the transition to university, particularly the gap between school and university mathematics, are believed to constitute a substantial contribution to high dropout rates in math studies. While in many subjects university studies directly build up on school contents (see, e.g., Nagy, 2006; Busker, 2010 for chemistry), tertiary mathematics has a different character compared to school mathematics (Hoyles et al., 2001; Rach and Heinze, 2013). At the university, formal-deductive proofs drastically gain in relevance compared to secondary school mathematics (see, e.g., Rach, 2014) which marks one of the most substantial differences between both disciplines (e.g., Gueudet, 2008; Engelbrecht, 2010). Given the complexity of mathematical proof and the lack of appropriate prior knowledge, the

acquisition of skills for mathematical proof is a major challenge for new students that comes along with a variety of difficulties (Rach, 2014).

Difficulties at the transition to university mathematics are not limited to the German university context that is specifically considered in the present paper. In fact, they seem to be part of a general issue that is frequently addressed in the international literature (see, e.g., Moore, 1994; De Guzman et al., 1998; Daskalogianni and Simpson, 2002; Di Martino and Gregorio, 2019; Sönmez and Güven, 2022). Accordingly, all math students are exposed to such a discontinuity between school and university mathematics. Still, the way in which this challenge is dealt with and, in particular, to what extent it influences early dropout decisions differs across students with different characteristics. However, only little research has so far been carried out on individual risk factors for and mechanisms behind early dropouts in math studies.

Andrà et al. (2011), using a sample of undergraduate math students at an Italian university, provide evidence that not only a lack of knowledge but also students' beliefs and motivations are relevant for dropout decisions. The importance of motivational factors for early dropouts is also supported by Geisler's (2020) findings. Drawing on a sample of first-year math students at a German university, the author shows that students who dropped out were less interested in university mathematics and had a lower mathematical self-concept compared to those who did not drop out. Furthermore, he finds that only in the group of dropouts there was a decline in mathematical self-concept between the beginning and the middle of the first semester.

However, the studies mentioned have a retrospective design that might suffer from distortions and/or consider only a few points in time which are not sufficient to capture the changeability of motivational states. The work by Glaesser et al. (2021), which is based on the same dataset as the one used in the present study, resolves these issues. Using multilevel models with prospective data, the authors show that motivation related factors play an important role for the development of dropout intentions across first-semester math B.Ed. as well as math B.Sc. and physics B.Sc. students. This is shown to hold true for stable traits as well as changeable states. Regarding the changeable states, fear of failure appears to be a particularly strong predictor for dropout intentions. Kelava et al. (2022) drawing on the same dataset as well show that the emergence of an intention to quit can be forecasted by both stable student

characteristics (cognitive abilities, i.e., IQ) and intra-individual changes in affective states 8 weeks before a student actually drops out, making it possible to identify students at risk in a timely manner.

Overall, the existing literature stresses the importance of performance related and motivational factors and suggests considering changeable states alongside stable characteristics for explaining dropout (intentions) in university math studies.

2.5 Possible Differences Between B.Ed. and B.Sc. Students

A special feature of the German tertiary educational system is the fact that in most cases, students have to decide right at the start of their studies whether they wish to become teachers. If that is the case, they embark on a teacher training course from the first semester. While math B.Ed. students get prepared for becoming math teachers and therefore must attend math specific as well as teaching specific modules, the B.Sc. students receive a more general mathematical education that allows them to decide on a particular future profession at a later point in time. Even though switching between B.Ed. and B.Sc. studies within a certain study subject is easily possible, the division between the courses is not purely formal since students enrolled in teacher training courses are quite certain about becoming teachers already at the beginning of their studies (Bauer et al., 2011). These circumstances make it possible for us to investigate whether math B.Ed. students preparing for teaching at the Gymnasium and math/physics B.Sc. students, who attend the same compulsory first-year math lectures, differ from each other regarding early dropouts.

Given the distinction regarding the professional fields that B.Ed. and B.Sc. prepare for, it can be assumed that expectations, motivations, abilities, and other personal characteristics differ right from the start between the two types of students.⁴

Probably the most intuitive difference between teacher candidates and other types of students can be found with respect to occupational interests. Within the STEM area, teacher

⁴ Even though a variety of studies also address differences between teacher candidates studying to become a Gymnasium teacher and teacher candidates studying to become a teacher at the primary or lower secondary level (e.g., Spinath et al., 2005; Neugebauer, 2013), the latter are not part of our study since our aim is to compare different types of students who attend the same introductory math lectures, i.e., math and physics B.Sc. students as well as teacher candidates studying to become a Gymnasium math teacher.

candidates were shown to have lower investigative and realistic interests but higher social interests compared to the other students (Roloff Henoch et al., 2015). Moreover, there exist demographic differences. In contrast to STEM studies in general, which are dominated by males, more than half of the students enrolled in studies which prepare for teaching mathematics at the Gymnasium are female (Hefendehl-Hebeker, 2013).

Furthermore, Kilian et al. (2020) provide evidence that math B.Ed. students have lower prior mathematical knowledge compared to B.Sc. students at the start of their studies and had worse math grades in school, but they did not have lower high school GPAs. Klusmann et al. (2009), by contrast, do not find differences in mathematical knowledge, GPAs or general cognitive abilities between student teachers who qualify for teaching at secondary schools and other types of students while controlling for gender. However, even though the authors differentiate between STEM and non-STEM majors, it has to be taken into account that these results do not specifically refer to math students.

Despite the findings being contradictory, negative stereotypes regarding the characteristics of trainee teachers versus other students for academic success persist (see Blömeke, 2005), a view which is also supported by the respective lecturers (see Günther and Koeszegi, 2015 for the subject of mathematics). As already shown in other contexts, such negative stereotypes can lower the academic self-concept (Ertl et al., 2017) and as a consequence the actual achievement (Marsh and Scalas, 2011).

Moreover, there are reasons to believe that the relative impact of extrinsic motives for study choice is higher among B.Ed. students than B.Sc. students. Firstly, the teaching profession in Germany offers high financial and job security as well as compatibility between family and work and is therefore favored by people that attach great importance to these factors (Weishaupt and Huth, 2012; Neugebauer, 2013). Secondly, some students choose math only as a strategically favorable supplementary subject for civil service positions instead of basing their choice on mathematical interest (Hefendehl-Hebeker, 2013). Thus, it comes as no surprise that the motivation for math contents is found to be lower for math trainee teachers than for other math students (Blömeke, 2009).

In addition, B.Ed. students in particular are likely to suffer from a perceived mismatch between the course contents and their chosen profession. The reason is that they are often not able to see the relevance of university mathematics for their future work as a math teacher

(Höttecke et al., 2018). This is also linked to the self-image of student teachers as educators rather than academics (Bauer and Hefendehl-Hebeker, 2018).

Finally, one should bear in mind that B.Ed. students are enrolled in two subjects and furthermore have to take lectures in subject didactics, education, and psychology which imposes additional pressure and reduces the time that students are able to invest in math lectures.

Given that some of the factors mentioned above, such as mismatch between course content and profession (Radisch et al., 2018) or self-concept (Geisler, 2020), have already been shown to matter for dropout in math studies, we expect to find differences in the overall level of dropout intentions between math B.Sc. and B.Ed. students. In addition, we believe that the differences between the two groups of students outlined in this section may lead to differences in the strength of the associations between certain changeable motivational states and the intention to drop out, as noted above.

3 The Present Study

The literature on student dropout in mathematics is sparse and not focused on subject specific risk factors, and also does not make comparisons between those students who wish to become math teachers in the future and those who do not. Given the postulated differences between these two groups pointed out above, it seems, however, important to distinguish between them in order to design tailored interventions aiming at the reduction of dropout in math studies. The German context, where math students usually have to decide at the beginning of their studies whether they wish to enroll into B.Ed. or B.Sc. studies but still attend the same compulsory first-year math lectures provides unique opportunities to study eventual differences in more detail.

Our main focus lies on motivational and performance related factors since they have been shown to be particularly important for dropout in math. We use prospective ILD on math students from a large German university. Compared to retrospective data, they offer the advantage that distortions from wrong memory can be avoided (Neugebauer et al., 2019). Instead of actual dropouts we study dropout intentions, which can be surveyed longitudinally, making it possible to link current fluctuations in dropout intentions to current fluctuations in changeable states. In order to be able to consider not only time-variant factors but also baseline characteristics measured at the beginning of the course, we use residual dynamic structural

equation models (RDSEM; Asparouhov et al., 2018) that can handle both at the same time. Thus, applying advanced statistical methods and distinguishing between teacher candidates and B.Sc. students, we aim to provide a more in-depth understanding of the complex process of dropout in math studies.

Given the assumption of differences in characteristics between math B.Ed. and B.Sc. students, we derived the following research questions to guide the analyses:

- Do B.Sc. and B.Ed. students show different trajectories and/or different average levels of dropout intentions over the course of the first semester (RQ1)?
- Can we predict the mean intensity of dropout intentions experienced throughout the first semester on the basis of initial student characteristics? If so, does the choice of the study program itself (B.Ed. versus B.Sc.) have an effect once we control for initial differences in performance and motivation between B.Sc. and B.Ed. students? (RQ2)
- Which motivational states predict dropout intentions on the within level (in the sense of auto- and cross-regressive relationships), and to what extent do these relationships differ between B.Ed. and B.Sc. students? (RQ3)

Given that previous findings concerning differences between B.Ed. and B.Sc. students are controversial and given that there is a lack of studies using high-frequency data in this context, our study is rather exploratory in nature and we do not have specific hypotheses with respect to our research questions. With regard to RQ1, we rely on descriptive approaches, whereas answering RQ2 and RQ3 involves analytical strategies, i.e., RDSEM.

4 Method

4.1 Study Design and Sample

The data used in the present paper comes from a prospective, intensive longitudinal study on students enrolled in math courses at a large German university. The initial survey of that study took place in the second week of the first semester ($t = 0$) and included questions on students' stable socio-demographic characteristics, interests, motivations as well as personality traits, whereby the latter are not part of the present study. Furthermore, a test of mathematical content knowledge was conducted. This initial survey was followed by online questionnaires that the students received each Monday, Wednesday, and Friday throughout their first semester.

In these online questionnaires, students were asked about changeable affective, performance related and motivational states. In addition, at each measurement occasion, data on their current intention to drop out was collected (Glaesser et al., 2021; Kelava et al., 2022). In return for their participation, the students received vouchers for an e-commerce company.

Data collection took place during the winter semester of 2017/2018. We obtained survey data on 116 first-year students of math B.Ed., math B.Sc. and physics B.Sc. Over the course of the semester, each of them was invited to respond to a voluntary online survey at 50 points in time. As the participants did not answer all questionnaires, about 20 (19.88) data points per person were available on average.

In math studies, in order to be admitted to the final exams, a minimum number of points had to be reached in the exercise sheets handed out during the semester. Students who started studies earlier and received an exam admission in a previous semester might already have failed exams in the past. For those who have failed several times, dropping out might no longer be voluntary. Thus, their comparability to the first-semester students was limited. This held true for six students which we excluded from our sample.

Moreover, we excluded five students with fewer than two observations since they show no within-person variability, which is, however, needed for the usage of RDSEM as will become clearer in what follows. Thus, we ended up with 105 students, more precisely, 55 students in the math B.Ed. and 50 students in physics or math B.Sc.⁵

Of the students in the overall sample, about 48% were enrolled in the B.Ed. program, 43% were female and 73% had attended a general education Gymnasium. The average GPA, where lower numbers indicated better performance, was 1.86, which is considerably better than the German average (in the different federal states, the average GPA ranged between 2.16 and 2.67 in the school year 2020; KMK, 2021) and implies that the math students in our sample generally possessed favorable cognitive performance capacities. On the entrance test of

⁵ According to recent simulation studies on dynamic latent variable model frameworks (see, e.g., Andriamiarana et al., 2023) our sample size fulfills the requirements for precise parameter estimation with RDSEM.

mathematical knowledge, they scored on average 10.4 out of 20 possible points. For more detailed summary statistics of the between-level variables see Table A1 in the appendix.

4.2 Measurements

4.2.1 Outcome Variable

The main dependent variable in the present study was the intention to drop out (*DropoutIntention*, “At the moment, I am thinking about dropping out of math studies”) which was measured on a 4-point scale reaching from *strongly disagree* (1) to *strongly agree* (4). It was measured repeatedly at the same occasions as the other changeable states. This approach offers methodological advantages over the usage of the actual dropout, as pointed out above.

4.2.2 Within-Level Predictors

As we drew on longitudinal data for our analyses, we had available multiple measurements nested within individuals (Steele, 2008). RDSEMs (Asparouhov et al., 2018), which will be explained in more detail in the section below, employ a multilevel approach to address the nested data structure. Level 1 contains the within-level measurement occasions for each individual and reflects the within-person associations between time-varying covariates and the outcome variable. On Level 2, inter-individual differences in the person-specific slopes and the person-specific intercept of the outcomes obtained on Level 1 can be modeled with separate equations (McNeish and Hamaker, 2020). Thus, we used different sets of predictors on the within- and the between-level which will be discussed below.

In the present study, the covariates considered on the within-level predicted the extent to which fluctuations in a certain changeable state were related to fluctuations in dropout intentions. In line with the existing literature on dropout in math, we based our choice of within-level predictors on the assumption that motivational states are determinants of dropout intentions on the intra-individual level.

Therefore, three facets of value which were directly derived from the expectancy-value theory (EVT; Eccles and Wigfield, 1995; Wigfield and Cambria, 2010) were considered. More precisely, we included Utility Value (*UV*, “This content will be useful for my future

profession”), Attainment Value (*AV*, “It is important for me to know a lot about this content”) and Costs (*CO*, “Dealing with this content exhausts me”).⁶

Furthermore, one item that measures students’ understanding (*understand*, “I understand the current lecture content”), one that measures how they assess themselves in comparison to their fellow students (*assess*, “This is how I rate my own knowledge and ability in comparison to my fellow students at the moment”) and one that refers to the fear of performance related failure (*fear*, “At the moment I am afraid that I will not be able to complete my studies”) were included. The inclusion of these variables follows implicitly from the EVT as well. All within-level covariates considered in this study were measured on a 4-point scale with 1 indicating strongest disagreement and 4 indicating strongest agreement. Moreover, all these measures are single-item measures with the respective item provided in brackets.

4.2.3 Between-Level Predictors

As pointed out above, the between-level predictors can be used to explain inter-individual differences in the person-specific slope coefficients and the intercept from the Level 1 equations. The latter corresponds to the average level of an individual’s dropout intentions across all measurement occasions. The between-level predictors were measured once at the beginning of the studies and thus capture *a priori* differences between students. We based our variable selection on determinants identified in existing (math) dropout literature and the postulated differences between B.Ed. and B.Sc. students.

As background variables, we included gender and a dichotomous indicator for whether the student attended a general education or a vocational Gymnasium. As previously noted, university entrance certificates can be obtained at either type of school in Germany. Furthermore, we controlled for *a priori* performance measures, i.e., high school GPA and mathematical knowledge at the beginning of the studies, which was assessed using selected TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) items (see, e.g., Baumert et al., 2000; Mullis et al., 2005). These measures can also serve as proxies for general cognitive abilities (e.g., Deary et al., 2007; Rindermann, 2007). School grades in Germany range from 1

⁶ We did not include IV as within-level predictor due to collinearity.

(*excellent*) to 6 (*insufficient*) with 4 (*sufficient*) being the highest passing grade. The maximum score in the test of mathematical knowledge was 20.

We accounted for motivational variables on this level as well, since it can be assumed that they do not only exist as changeable states but also as stable character traits (Glaesser et al., 2021). Firstly, we again used facets from the EVT, namely AV, IV (“I liked the study contents”),⁷ UV and CO. Secondly, we controlled for mathematical self-concept. It was measured based on the average of four items which the students had to rank from 1 to 4 with 4 indicating strongest agreement (e.g., „I am good at mathematics“).

Moreover, we included dimensions of the AIST-R (Bergmann and Eder, 2005) that measures vocational interests based on the theory of vocational personalities and work environments by Holland (1997). For each of the six dimensions of AIST-R, the participants had to rank five related interests from 1 (lowest) to 5 (highest). Then, an average score for each subscale was determined. We controlled for AIST-S and AIST-I, which reflect social (sample item: “Advocating for the concerns of others”) and investigative interests (sample item: “Reading scientific articles”) since it can be assumed that these are the interests which are the most important for math (teacher) education.

Lastly, a dichotomous indicator for whether a student was enrolled in the B.Ed. program (*teacher*) was introduced. It allowed to capture course-related student characteristics that are linked to dropout in math studies and that had not yet been captured by the other variables included. The teacher indicator also served as moderator to make it possible to differentiate between B.Ed. and B.Sc. students regarding the person-specific slopes from the within-level model. These slopes reflect the strength of the intra-individual relationship between the time-variant covariates and dropout intentions. Based on the literature at hand, we expect to find group differences regarding gender distribution and occupational interests. In particular, we expect the share of women to be significantly higher in the B.Ed. program. Furthermore, we assume that teacher candidates have higher social interests and lower scientific interests compared to B.Sc. students. We also assume that mathematical interest (i.e., AV and IV) is higher among B.Sc. students. Regarding further facets of motivation as well as cognitive abilities (e.g., GPA and mathematical knowledge), we did not have specific expectations due

⁷Sample items for the other value-related facets of the EVT are provided in the previous subchapter.

to controversial findings or a lack of previous studies, however, we assume that there might exist some differences as well.

4.3 Statistical Analyses

We used Stata (Version 17; StataCorp, 2021) and JASP (JASP Team, 2022) for descriptive statistics and group comparisons. To study the impact of inter-individual differences and intra-individual changes on dropout intentions, RDSEM were applied in Mplus Version 8.8 (Muthén and Muthén, 1998-2017). They can be seen as a special case of ordinary DSEM models and provide high flexibility since they encompass multilevel modeling, structural equation modeling (SEM), time-varying effects modeling (TVEM) as well as time-series modeling (Asparouhov et al., 2018). Thus, they are suitable for the complex structure of the ILD used in the present study.

Given the multilevel perspective, within-person associations are modeled on Level 1, whereas between-person differences enter the model on Level 2 (McNeish and Hamaker, 2020). In contrast to standard DSEM that put an emphasis on lagged or cross-lagged relationships, RDSEM focus on contemporaneous associations between variables. Therefore, the within-person model is further divided into a structural part and an autoregressive part. The structural part contains only concurrent relationships and can be interpreted analogously to within-person models in standard two-level SEM (Asparouhov and Muthén, 2020). To account for the autocorrelation in ILD as well, which can typically be approximated by an AR(1) process (McNeish and Hamaker, 2020), the dynamic part of the model is modeled on the residuals (Asparouhov and Muthén, 2020). Taking into account the content-related considerations from above, the following random intercept model was specified:⁸

⁸ The predictors and the outcome in our model are all manifest. Even though RDSEM is originally a latent-variable approach, it can also handle models with manifest variables only (for examples see, e.g., Hamaker et al., 2018; McNeish and Hamaker, 2020).

Level 1:

$$\text{DropoutIntention}_{ti} = \alpha_i + \beta_{1i} \text{UV}_{ti}^c + \beta_{2i} \text{AV}_{ti}^c + \beta_{3i} \text{CO}_{ti}^c \quad (1)$$

$$+ \beta_{4i} \text{understand}_{ti}^c + \beta_{5i} \text{assess}_{ti}^c$$

$$+ \beta_{6i} \text{fear}_{ti}^c + \beta_{7i} \text{time}_{ti} + e_{ti}$$

$$e_{ti} = \varphi_i e_{(t-1)i} + \delta_{ti} \quad (2)$$

Level 2:

Random effect

$$\alpha_i = \gamma_{00} + \gamma_{01} \text{teach}_i + \psi X_i + u_{0i} \quad (3)$$

Fixed effects

$$\varphi_i = \gamma_{10} + \gamma_{11} \text{teach}_i \quad (4)$$

$$\beta_{1i} = \gamma_{20} + \gamma_{21} \text{teach}_i \quad (5)$$

$$\beta_{2i} = \gamma_{30} + \gamma_{31} \text{teach}_i \quad (6)$$

$$\beta_{3i} = \gamma_{40} + \gamma_{41} \text{teach}_i \quad (7)$$

$$\beta_{4i} = \gamma_{50} + \gamma_{51} \text{teach}_i \quad (8)$$

$$\beta_{5i} = \gamma_{60} + \gamma_{61} \text{teach}_i \quad (9)$$

$$\beta_{6i} = \gamma_{70} + \gamma_{71} \text{teach}_i \quad (10)$$

$$\beta_{7i} = \gamma_{80} + \gamma_{81} \text{teach}_i, \quad (11)$$

where X_i corresponds to the row vector of stable a priori predictors (except for the moderator variable teach_i) which have been grand-mean centered in the case of those which were non-dichotomous. It is assumed that $\delta_{ti} \sim N(0, \sigma^2)$, $u_{0i} \sim N(0, \sigma^2)$ and $e_{ti} \sim N(0, \sigma^2)$ (McNeish and Hamaker, 2020).

On Level 1, we examined the relationship between changeable motivational states and dropout intentions. More precisely, we wished to assess whether deviations in the within-level predictors relative to the person's own mean, rather than the grand mean over all cases, predict an increase or decrease in the outcome variable. This can be achieved by applying latent person-mean centering to all covariates used on the within level, as indicated by the superscript "c" (McNeish and Hamaker, 2020). Latent person-mean centering is the default option in Mplus and offers methodological advantages over observed centering which are discussed in Asparouhov and Muthén (2019) and Lüdtke et al. (2008). We considered the temporal stability of the intention to drop out by allowing for autocorrelation of the residuals, as explained above. To control for a possible linear time trend in the outcome variable, *time* was included as an additional within-level covariate (see Wang and Maxwell, 2015; Hamaker et al., 2018; McNeish and Hamaker, 2020).

On Level 2, we modeled between-person differences in the intercept and the slopes from our Level 1 equations. The intercept α_i , which corresponds to an individual i 's mean level of dropout intentions averaged across all measurement occasions, was regressed on the set of stable variables from the initial survey. Furthermore, all person-specific slopes were regressed on the teacher candidate indicator $teach_i$ to study differences between B.Sc. and B.Ed. students regarding the strength of the influence of the within-level predictors. Thus, the intercepts of the person-specific slopes (γ_{10} to γ_{80}) can be interpreted as the effects for B.Sc. students, whereas the coefficients γ_{11} to γ_{81} correspond to the additional slope increments for teacher candidates.

We assumed constant residual variances across individuals. In addition to what is displayed here, the between-parts of the changeable covariates entered the model as well as latent variables with estimated means and variances (see McNeish and Hamaker, 2020). Furthermore, all covariates used in the within-level equations (except for *time*) were brought into the model by allowing their residuals to be serially correlated. In this way, we were able to apply missing data theory and listwise deletion was avoided (see also Muthén and Muthén, 1998-2018; Wang and Wang, 2019).

For model estimation, we applied a Bayesian estimator with non-informative priors and 6,000 Markov Chain Monte Carlo (MCMC) iterations with the Gibbs sampler. We used the default option with two chains of which the first half was discarded as burn-in phase. Missing data treatment was likelihood based and yields consistent estimates under MAR (missing at

random). To account for unequally spaced observations, Mplus' "tinterval" option was used (for further details on RDSEM estimation see Asparouhov et al., 2018; McNeish and Hamaker, 2020). Convergence was checked graphically via trace plots and posterior parameter distribution as well as analytically *via* the potential scale reduction (PSR) statistic, Rhat, by Gelman and Rubin (1992), which corresponds to a weighted average of within- and between-chain variances. A value close to 1 suggests convergence. For all parameters, a Rhat <1.011 was reached.

5 Results

5.1 Group Comparison

The research questions for the present paper are based on the expectation that there exist *a priori* differences between math B.Ed. and physics or math B.Sc. students that might also be related to dropout decisions. Table 1 contains comparisons of both groups regarding initial characteristics.

As expected, there was a large and statistically significant difference in the share of women. While 68% of the B.Ed. students were female, this was the case for only about 20% of the B.Sc. students ($p < 0.001$, $BF_{10} = 96650.401$, $\log(OR) = 2.064$). Furthermore, the average mathematical knowledge of B.Ed. students was almost two points lower compared to B.Sc. students, which is remarkable given that the maximum possible score was 20 ($p = 0.007$, $BF_{10} = 5.971$, $\delta = 0.494$). However, it is evident that the B.Sc. students also may have deficits in their mathematical knowledge since they score only just over 11 points out of 20 on the mathematical knowledge test. In spite of the knowledge differences, high school GPAs did not differ significantly between the groups ($p = 0.910$, $BF_{10} = 0.208$, $\delta = 0.019$). Both findings are in line with previous results discussed above. Regarding the motivational variables measured at the start of the studies, we did, against our expectations, not find significant differences in IV ($p = 0.380$, $BF_{10} = 0.290$, $\delta = 0.151$) or AV ($p = 0.797$, $BF_{10} = 0.213$, $\delta = 0.044$). The same held true for UV ($p = 0.587$, $BF_{10} = 0.236$, $\delta = 0.094$). Furthermore, teacher candidates did not have a worse mathematical self-concept ($p = 0.655$, $BF_{10} = 0.226$, $\delta = 0.077$). However, B.Ed. students started with a more negative attitude towards the non-monetary costs the studies will cause ($p = 0.017$, $BF_{10} = 2.966$, $\delta = -0.436$). As expected, the investigative interest of B.Sc. students was much higher ($p < 0.001$, $BF_{10} = 1.781e^{10}$, $\delta = 1.583$) and their social interest much

lower ($p < 0.001$, $BF_{10} = 1.268e^{13}$, $\delta = -1.847$) compared to teacher candidates which is in line with Roloff Henoch et al. (2015).

Overall, these findings confirm the existence of many of the suggested a priori differences between B.Ed. and B.Sc. students for the sample used in this analysis. Thus, we controlled for them in our RDSEM.

Table 1

Comparison of Initial Characteristics of B.Ed. and B.Sc. Students

Baseline characteristics	B.Ed.	B.Sc.	Pr(> t)	δ	BF_{10}
	<i>M</i>	<i>M</i>			
	(<i>SD</i>)	(<i>SD</i>)			
High school GPA	1.854 (0.491)	1.865 (0.544)	(.910)	0.019 [-0.341, 0.381]	0.208
Mathematical knowledge	9.420 _b (3.459)	11.273 _a (3.338)	(.007)	0.494 [0.118, 0.880]	5.971
AV (trait)	2.897 (0.333)	2.914 (0.344)	(.797)	0.044 [-0.316, 0.407]	0.213
IV (trait)	3.335 (0.448)	3.423 (0.569)	(.380)	0.151 [-0.209, 0.518]	0.290
UV (trait)	3.022 (0.524)	3.076 (0.485)	(.587)	0.094 [-0.265, 0.458]	0.236
CO (trait)	2.577 _a (0.642)	2.308 _b (0.471)	(.017)	-0.436 [-0.819, -0.064]	2.966
Mathematical self-concept	2.318 (0.247)	2.341 (0.271)	(.655)	0.077 [-0.283, 0.440]	0.226
AIST-I	3.064 _b (0.900)	4.305 _a (0.604)	(.000)	1.583 [1.136, 2.032]	1.781e ¹⁰
AIST-S	3.895 _a (0.732)	2.404 _b (0.833)	(.000)	-1.847 [-2.315, -1.382]	1.268e ¹³

	%	%	$\Pr(> \chi^2)$	Log (OR)	BF ₁₀
	(<i>n</i>)	(<i>n</i>)			
Female	68.0 _a (34)	20.4 _b (11)	(.000)	2.064 [1.181, 2.948]	96650.401
General education Gymnasium	73.5 (37)	72.7 (40)	(.932)	0.039 [-0.809, 0.888]	0.421
<i>N</i>	50	55			

Note. δ reflects the median of the posterior distribution for the effect size in the population, 95% credible intervals in brackets. To compute Bayes factors (BF₁₀), a Cauchy distribution centered on an effect size of 0 and a width of 0.707 was assumed, which is the default in JASP (Goss-Sampson, 2020). To compute Bayes factors for dichotomous responses, Poisson sampling was assumed. Means with different subscripts differ at the $p = .05$ level.

5.1.1 RQ1

In order to find an answer to RQ1, which refers to differences in the average level and the patterns of dropout intentions between B.Ed. and B.Sc. students, we took a closer look at the dropout intentions over the course of the first semester. Figure 1 displays the trajectories separately for B.Sc. and B.Ed. students.

A visual inspection reveals that the level of dropout intentions averaged across all B.Ed. students at the beginning of the semester was slightly higher than the mean dropout intentions of B.Sc. students at this point in time. At the first measurement occasion, in the second week of the semester, the average level of dropout intentions among B.Ed. students was 1.6 (out of 4), whereas the intention to drop out among B.Sc. students amounted to approximately 1.2. In addition, there was higher between-person variability in dropout intentions among B.Ed. students at the start of studies as indicated by the vertical bars. Moreover, B.Ed. students showed a small downwards trend over the course of the first semester whereas the pattern appeared to be curvilinear for B.Sc. students. Thus, their intention to drop out was comparatively low at the beginning and the end of the semester but higher in the middle. Here, it has to be taken into account that students who dropped out during the observation period did no longer take part in the questionnaires. However, the patterns of sample attrition were found to be similar in both groups. In general, trainee teachers had a slightly higher mean level of dropout intentions compared to B.Sc. students as indicated by the horizontal lines. Furthermore, the timing of the peaks was not identical. For instance, a sharp increase in dropout intentions was observed around the 20th measurement occasion for B.Sc. students but not for B.Ed. students.

To answer RQ1, it can be concluded that the dropout intentions of B.Sc. and B.Ed. students did apparently not evolve in parallel, even though the average differences were rather small.

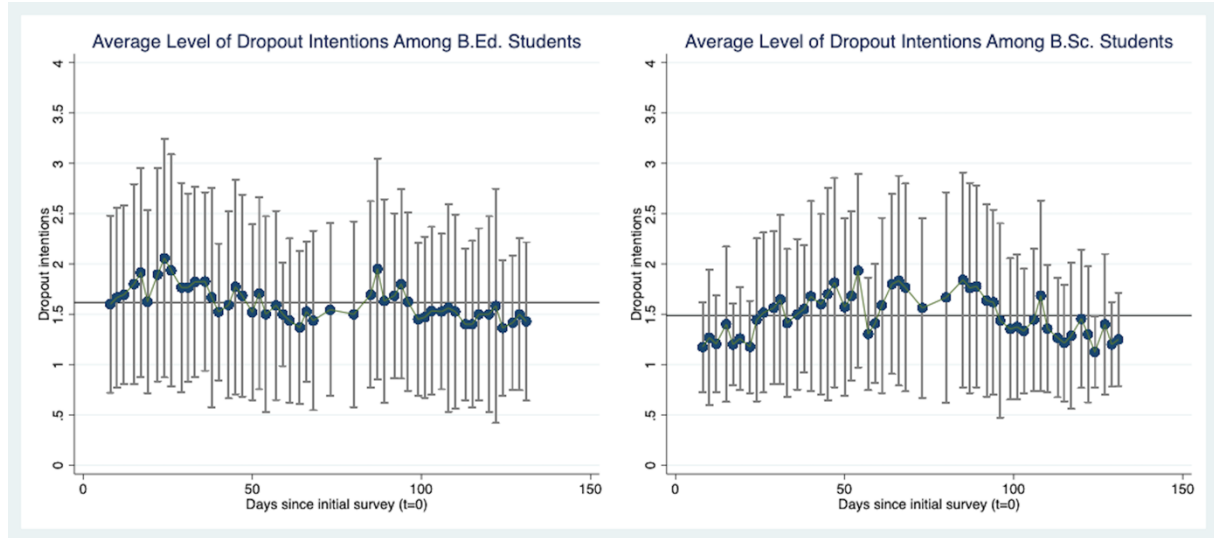


Figure 1. Visualization of dropout intentions at each point in time, averaged across individuals, separately for B.Ed. and B.Sc. students. Bars reflect the corresponding standard deviations. The figure was created using Stata (Version 17).

5.2 RDSEM Results

In this section, the results obtained from RDSEM are presented. All results are unstandardized so that, in contrast to average within-level standardized results, inferences can be drawn for other individuals from the population (Hamaker et al., 2018).

Reported point estimates for each parameter refer to the median of the respective posterior parameter distribution. If the corresponding 95% credible interval (central posterior interval; Bayesian analog of frequentist confidence interval) did not contain 0, parameters were considered statistically different from 0 (see, e.g., McNeish and Hamaker, 2020).

5.2.1 RQ2

RQ2 relates to the prediction of the mean level of dropout intentions over time, which can, while controlling for a linear time trend, be understood as the location of each student's horizontal mean line around which his or her dropout intentions fluctuate across the first semester. For an individual i , this horizontal line is reflected by the person-specific intercept α_i . This person-specific intercept is modeled as a function of the time-invariant covariates presented above. Positive coefficients on these covariates indicate a vertical upwards shift in the location of the mean line, whereas negative coefficients indicate a downwards shift (McNeish and Hamaker, 2020). Results are displayed in Table 2.

In Model 1, gender and school type attended were included as background variables. Furthermore, we controlled for GPA and the results of the test of mathematical knowledge as *a priori* performance indicators. We found that school type ($b = -0.335$, 95% credible interval $[-0.642, -0.027]$) and mathematical knowledge ($b = -0.063$, $[-0.110, -0.017]$) had significant and sizable effects on the individual mean level of dropout intentions over time, while we did not find significant effects of GPA or gender. Furthermore, we found that the horizontal mean line around which dropout intentions fluctuate was elevated by 0.437 $[0.146, 0.730]$ units for B.Ed. students compared to B.Sc. students.

In Model 2, we also controlled for the set of motivational variables. While the effects for school type ($b = -0.373$, $[-0.678, -0.068]$) and mathematical knowledge ($b = -0.058$, $[-0.103, -0.012]$) remained significant and similar in size, the effect of the teacher indicator ($b = 0.252$, $[-0.154, 0.659]$) was no longer significant. Among the newly added motivational variables, UV ($b = 0.327$, $[0.044, 0.608]$), IV ($b = -0.343$, $[-0.612, -0.081]$) and CO ($b = 0.229$, $[0.001, 0.457]$) had a large effect on the location of the horizontal mean line around which dropout intentions vary, while none of the other variables showed any significant effects. In contrast to the direction of the effects of IV and CO which seem plausible, the positive effect found for UV is somewhat surprising. One would rather assume that students who perceive their studies as highly valuable for their future careers are less prone to dropping out.

With regard to RQ2, the findings for the effects of the stable characteristics imply two things. Firstly, we were able to identify a variety of *a priori* characteristics that have predictive power for the overall level of dropout intentions over the course of the first semester. Secondly,

the effect of the study program in which the individuals were enrolled no longer played a role once we controlled not only for performance but also for motivational measures.

5.2.2 RQ3

RQ3 concerns the detection of possible differences between B.Ed. and B.Sc. students regarding the effect of intra-individual fluctuations in motivational states on the intention to drop out. Thus, we considered the equations for the person-specific slopes φ_i and β_{1i} to β_{7i} obtained from the within-level estimations. As pointed out before, the intercepts of these slopes (γ_{10} to γ_{80}) can be interpreted as the effect for B.Sc. students ($teacher_i = 0$), whereas the additional effect for B.Ed. students ($teacher_i = 1$) is reflected by the coefficients on the teacher candidate indicator (γ_{11} to γ_{81}). Estimation results are given in Table 3.

Firstly, we found that dropout intentions exhibited serial correlation ($\gamma_{10} = 0.339, [0.254, 0.423]$) and there were no group differences regarding the strength of the serial correlation ($\gamma_{11} = 0.050, [-0.056, 0.167]$). In addition, we found that for both B.Sc. and B.Ed. students, an increase in fear of failure was associated with an increase in dropout intentions ($\gamma_{70} = 0.279, [0.226, 0.334]$). Again, we did not find a significant additional effect for B.Ed. students ($\gamma_{71} = -0.062, [-0.139, 0.018]$). For trainee teachers, fluctuations in the perceived costs ($\gamma_{41} = 0.083, [0.009, 0.158]$), the understanding of the lecture contents ($\gamma_{51} = -0.085, [-0.155, -0.011]$) and the assessment of one's own knowledge ($\gamma_{61} = -0.126, [-0.233, -0.020]$) also had an impact on dropout intentions. Higher perceived costs led to an increase, whereas a better understanding of the lecture contents and a more positive relative assessment of one's own knowledge were associated with a decline in dropout intentions on the intra-individual level. However, these factors did not play any role for B.Sc. students since the corresponding intercepts, $\gamma_{40} = 0.001, [-0.048, 0.048]$, $\gamma_{50} = -0.003, [-0.054, 0.048]$, and $\gamma_{60} = -0.005, [-0.077, 0.066]$, were not significantly different from 0. In neither of the two groups, statistically meaningful associations between UV ($\gamma_{20} = -0.042, [-0.094, 0.011]$; $\gamma_{21} = 0.069, [-0.003, 0.141]$) or AV ($\gamma_{30} = -0.050, [-0.105, 0.003]$; $\gamma_{31} = -0.037, [-0.112, 0.037]$) and dropout intentions were found. Furthermore, the time trend which was apparent for the B.Ed. students in the visual presentation of the descriptive results was not found to be statistically significant, and nor was there a significant trend for the other group ($\gamma_{80} = 0.008, [-0.002, 0.017]$; $\gamma_{81} = -0.009, [-0.024,$

0.005]). Overall, the direction of the significant within-level associations was found to be plausible without exceptions.

To sum up, it can be concluded that the level of dropout intentions an individual experiences throughout the first semester remains more or less stable over time and that some degree of persistence is present. Moreover, fear of failure appears to be an important within-level predictor for both B.Sc. and B.Ed. students. In the group of teacher candidates we were able to identify additional predictors of dropout intentions on the inter-individual level, i.e., the level of perceived costs, assessment of one's own mathematical knowledge and the understanding of lecture contents.

Table 2

Effects of Stable Characteristics on the Average Level of Dropout Intentions

Predictors	Outcome: Average level of dropout intentions across the first semester (α_i)	
	Model 1	Model 2
B.Ed.	0.437* [0.146, 0.730]	0.252 [-0.154, 0.659]
Female	-0.119 [-0.430, 0.190]	-0.215 [-0.532, 0.111]
High school GPA	-0.134 [-0.417, 0.142]	-0.084 [-0.350, 0.181]
Mathematical knowledge	-0.063* [-0.110, -0.017]	-0.058* [-0.103, -0.012]
General education gymnasium	-0.335* [-0.642, -0.027]	-0.373* [-0.678, -0.068]
AV (trait)		0.177 [-0.233, 0.587]
IV (trait)		-0.343* [-0.612, -0.081]
UV (trait)		0.327* [0.044, 0.608]
CO (trait)		0.229* [0.001, 0.457]

Mathematical self-concept		0.115 [-0.413, 0.639]
AIST-I		-0.042 [-0.214, 0.125]
AIST-S		0.085 [-0.083, 0.242]
Intercept (γ_{00})	1.695* [1.421, 1.969]	1.857* [1.535, 2.172]
Res. Var. (τ_{00})	0.352* [0.249, 0.495]	0.316* [0.220, 0.457]

Note. Unstandardized results. 95% credible intervals in brackets. Parameter estimates whose 95% credible interval does not contain 0 are marked with an asterisk.

Table 3

Estimates for Within-Person Associations

Effect	Notation	Posterior Median	95% Credible Interval
Intercept (φ)	γ_{10}	0.339*	[0.254, 0.423]
Intercept (β_1)	γ_{20}	-0.042	[-0.094, 0.011]
Intercept (β_2)	γ_{30}	-0.050	[-0.105, 0.003]
Intercept (β_3)	γ_{40}	0.001	[-0.048, 0.048]
Intercept (β_4)	γ_{50}	-0.003	[-0.054, 0.048]
Intercept (β_5)	γ_{60}	-0.005	[-0.077, 0.066]
Intercept (β_6)	γ_{70}	0.279*	[0.226, 0.334]
Intercept (β_7)	γ_{80}	0.008	[-0.002, 0.017]
φ on teacher	γ_{11}	0.050	[-0.056, 0.167]
β_1 on teacher	γ_{21}	0.069	[-0.003, 0.141]
β_2 on teacher	γ_{31}	-0.037	[-0.112, 0.037]

β_3 on teacher	γ_{41}	0.083*	[0.009, 0.158]
β_4 on teacher	γ_{51}	-0.085*	[-0.155, -0.011]
β_5 on teacher	γ_{61}	-0.126*	[-0.233, -0.020]
β_6 on teacher	γ_{71}	-0.062	[-0.139, 0.018]
β_7 on teacher	γ_{81}	-0.009	[-0.024, 0.005]

Note. Unstandardized results. Parameter estimates whose 95% credible interval does not contain 0 are marked with an asterisk. φ reflects the autocorrelation of dropout intentions, whereas β_1 corresponds to the effect of Utility Value (UV), β_2 corresponds to the effect of Attainment Value (AV) and β_3 to the level of perceived costs (CO) on the level of dropout intentions. The effect of understanding the lecture contents is reflected by β_4 , the effect of the assessment of one's own knowledge is represented by β_5 and β_6 corresponds to the effect of fear of failure. β_7 corresponds to a trend in dropout intentions over time. The intercepts of these slopes (γ_{10} to γ_{80}) can be interpreted as the average effect for B.Sc. students ($teacher_i = 0$), whereas the additional effect for B.Ed. students ($teacher_i = 1$) is reflected by the coefficients on the teacher candidate indicator (γ_{11} to γ_{81}).

6 Discussion and Conclusion

The aim of the present study was to identify risk factors for early dropout in university math studies. In order to achieve this, we studied the effects of initial characteristics and changeable states collected during the first semester on the dropout intentions of B.Ed. and B.Sc. students. A special focus was on the question of whether there exist differences between these two groups of students which is particularly of interest given that they usually attend the same math lectures during their first year at university, even though their eventual profession differs. We addressed primarily motivational and performance related factors since we assumed that they play the main role for dropouts in this field.

Our descriptive results show that dropout intentions of math B.Sc. and B.Ed. students did not evolve in parallel during the first semester and showed a different timing of the peaks. This could indicate that the groups reacted in a different way to certain events that occurred during the semester or that they were exposed to them to a different degree. Examples here might be unexpectedly good or bad performance in an exercise sheet, a high workload in a course that only one of the groups had attended or certain statements by a lecturer about teacher candidates versus B.Sc. students. Furthermore, we found a higher average level of dropout intentions among teacher candidates. As implied by the between-level estimation results from RDSEM, this difference remained significant as long as we controlled for background

characteristics and prior performance measures only, but the difference disappeared once motivational variables measured at the beginning of the course were added to the model.

In general, the type of school attended, the mathematical knowledge at the beginning of the studies, UV, IV and CO had predictive power for the mean level of dropout intentions. All these effects were sizable, and their direction seems plausible except for UV. We found that a higher utility value at the entrance to university was associated with a higher level of dropout intentions over the course of the first semester. One possible explanation might be that especially those students that attach high utility to math studies have wrong expectations about the study contents. These misconceptions are typically corrected as they progress through their studies, which can lead to feelings of disappointment and ultimately an intention to drop out (see also Glaesser et al., 2021). Surprisingly, we did not find a significant effect of high school GPAs. However, given the fact that we controlled for math performance at the same time, which has been shown to predict dropout intentions, it can be assumed that GPAs simply did not contain information beyond math performance. While there were no group differences with respect to the significant predictors school type, UV, or IV, our group comparison revealed that mathematical knowledge (see also Kilian et al., 2020) and perceived costs largely differed between B.Ed. and B.Sc. students. The latter two findings are supportive of the widely accepted hypothesis of negative selection into the teaching profession. This hypothesis states that student teachers have lower cognitive abilities as well as unfavorable motivational characteristics compared to other types of students (see, e.g., Guarino et al., 2006).

Several conclusions can be drawn from these findings. Firstly, it is possible to explain differences between B.Ed. and B.Sc. students regarding the mean level of dropout intentions experienced during the first semester based on variables collected at the beginning of studies. Thus, the study program itself cannot be assumed to impose an additional dropout risk (see also Kilian et al., 2020). Secondly, background characteristics and performance measures alone are not enough to explain those differences. Instead, motivational factors have to be taken into account as well. Lastly, especially larger knowledge deficits and unfavorable attitudes towards the non-monetary costs of studying math can be identified as responsible for the higher overall level of dropout intentions among teacher candidates.

Regarding the within-person processes, it turned out that dropout intentions exhibit substantial persistence over time in both groups ($\gamma_{10} = 0.339, [0.254, 0.423]$), which means that

once a student deviates from his or her average level of dropout intentions, it takes some time to return. Furthermore, we found that, apart from this autoregressive relationship, fear of failure was the most important predictor of dropout intentions for both B.Ed. and B.Sc. students ($\gamma_{70} = 0.279$, [0.226, 0.334]), which is in line with Glaesser et al. (2021).

Only in the group of B.Ed. students we were able to identify additional factors on the intra-individual level. An increase in perceived costs, a lack of understanding the lecture contents and a worse assessment of one's own knowledge of the lecture contents compared to fellow students also contributed to an increase in the intention to drop out. While the size of the effects of costs and understanding were small, the size of the effect of knowledge assessment was remarkable and approximately half the magnitude of fear of failure ($\gamma_{61} = -0.126$, [-0.233, -0.020]). A significant linear time trend was not found in either of the groups, implying that dropout intentions did not systematically increase or decline over the course of the first semester.

We assume that the differences in intra-individual relations between B.Ed. and B.Sc. students that we found result from the initial differences between these groups. The fact that an increase in the level of perceived costs only leads to an increase in dropout intentions for teacher candidates can be assumed to be related to the finding that this group already starts with a worse attitude towards the non-monetary costs of studying mathematics. Another important aspect might be that teacher candidates are enrolled into two subjects and also take lectures in didactics, education and psychology, which reduces the time they are able to spend on math lectures. In a similar direction, the result that the assessment of one's own mathematical knowledge and the understanding of the lecture contents has an intra-individual impact on the dropout intentions of B.Ed. students but not on those of B.Sc. could result from the poorer starting point in terms of mathematical knowledge. Moreover, given that the student teachers in contrast to B.Sc. students rather had social than investigative interests, their frustration tolerance in the subject-specific, mathematical lectures might in general be lower.

Overall, the results from this study stress one more time the importance of baseline characteristics and changeable states for the development of dropout intentions in general math courses and math teacher trainee courses (see also Glaesser et al., 2021; Kelava et al., 2022). Study motivation and performance in particular were shown to be important predictors of dropout intentions which supports the findings by Andrà et al. (2011) and Geisler (2020) who

also highlight the relevance of these factors. Thus, it is possible to identify persons at risk of developing high average levels of dropout intentions as early as at the beginning of the first semester. Even though the enrollment into teacher training instead of general math courses does not lead to higher levels of dropout intentions in itself, it was shown that B.Sc. students in general possess more favorable cognitive and motivational prerequisites for succeeding in math studies compared to B.Ed. students. Furthermore, it was illustrated that the mean level of dropout intentions among B.Sc. students increases towards the middle of the semester while mean dropout intentions of B.Ed. students were particularly high at the beginning of their studies. Apart from differences in patterns and average levels of dropout intentions, differences regarding within-person processes were also found between B.Ed. and B.Sc. students. Therefore, these two groups of students should not be regarded as homogeneous with respect to early dropouts.

Hence, the present study contributes to the research on dropout in general math courses as well as math teacher training. By considering stable initial characteristics as well as changeable states as predictors of dropout intentions in the first semester, it provides a deeper understanding of risk factors for early dropouts. Due to the distinction between B.Ed. and B.Sc. students, important differences within the field of mathematics have been demonstrated.

These insights can be used to facilitate the development of suitable interventions which ease the transition to university mathematics (see, e.g., Engelbrecht, 2010; Kosiol et al., 2019) and subsequently lead to a reduction of dropouts in math studies. Firstly, based on our findings, it seems reasonable to collect student information not only on prior achievement but also on motivational factors at the beginning of the studies to identify students with a high risk of developing dropout intentions right from the start and to offer support. Another possibility in this context could be the development of appropriate entry requirements. Since dropout intentions exhibit within-person variability and depend on states that are changeable within a person, it seems, however, not sufficient to collect student information only at the start of studies. Instead, additional data collection on a regular basis during the studies in the semester is essential to provide intervention strategies in a timely manner (see also Glaesser et al., 2021). Given that the intra-individual processes leading to dropout intentions differ between B.Sc. and B.Ed. students, the results further imply that separate interventions might be needed for these groups. Here, it seems important to consider the *a priori* differences in motivation and achievement found between teacher candidates and B.Sc. students since they are likely to

contribute to the differences in intra-individual processes. For the timing of interventions, it should also be taken into account that the occasions at which high average levels of dropout intentions for B.Ed. students versus B.Sc. students occurred were not the same, as explained above. However, the concrete conceptualization of targeted intervention strategies for B.Sc. and B.Ed. students requires further investigations and is beyond the scope of this study.

While the present study provides some new and valuable insights, it also comes with methodological limitations. Given the special features of the German educational system with the early separation of B.Ed. and B.Sc. students, direct applicability of the results to universities in other countries cannot be assumed. Furthermore, to increase representativity within the German context, students from other universities could be included as well. However, even though there might exist regional differences in student characteristics since some universities have specific term admission restrictions, study course curricula during the first year are comparable across the country, so that the university under consideration can be assumed to be prototypical regarding study contents and structure of math studies in Germany. Another methodological challenge arises from the usage of non-randomized data which impedes causal interpretation of the results. Time-varying omitted variables remain a concern regarding intra-individual mechanisms in spite of the decomposition into within- and between-person variation which shall ensure that within-person dynamics are not biased by time-invariant omitted variables (Allison, 2009; Hamaker et al., 2018; Lüdtke and Robitzsch, 2021). Furthermore, on the within-level, we study concurrent relationships between variables, whereas causal interpretation would require temporal order (Hamaker et al., 2018; McNeish and Hamaker, 2020). A further limitation of the study is that, while we were able to detect differences regarding within-level associations between dropout intentions and changeable states for B.Ed. and B.Sc. students, we can only make assumptions about their origin, however, we are not able to explain them based on our model. The same holds true for the triggers of the peaks in dropout intentions and the reason why their timing differs between the groups.

Thus, understanding the complex mechanisms behind the differences found between B.Ed. and B.Sc. students and the identification of specific events that lead to sharp increases in dropout intentions provides fruitful directions for future research.

References

- Aina, C. (2013). Parental background and university dropout in Italy. *Higher Education*, 65(4), 437-456.
- Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior. In J. Kuhl & J. Beckmann (Eds.), *Action-control: From cognition to behavior* (pp. 11-39). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-69746-3_2
- Ajzen, I. (1987). Attitudes, traits, and actions: Dispositional prediction of behavior in personality and social psychology. In L. Berkowitz (Ed.), *Advances in experimental social psychology* (Vol. 20, pp. 1-63). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2601\(08\)60411-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2601(08)60411-6)
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179-211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Allen, J., Robbins, S. B., Casillas, A., & Oh, I.-S. (2008). Third-year college retention and transfer: Effects of academic performance, motivation, and social connectedness. *Research in Higher Education*, 49(7), 647-664. <https://doi.org/10.1007/s11162-008-9098-3>
- Allison, P. D. (2009). *Fixed effects regression models*. Sage. <https://doi.org/10.4135/9781412993869>
- Andrà, C., Magnano, G., & Morselli, F. (2011). Drop-out undergraduate students in mathematics: An exploratory study. In B. Roesken & M. Casper (Eds.), *Current State of Research on Mathematical Beliefs XVII. Proceedings of the MAVI-17 Conference September 17-20, 2011* (pp. 13-22). Ruhr University Bochum. Available at: https://www.mathematical-views.org/wp-content/uploads/sites/10/2020/06/proceedings_mavi17.pdf
- Andriamiarana, V., Kilian, P., Kelava, A., & Brandt, H. (2023). On the requirements of non-linear dynamic latent class SEM: A simulation study with varying numbers of subjects and time points. *Structural Equation Modeling*. <https://doi.org/10.1080/10705511.2023.2169698>
- Anger, C., Kohlisch, E., & Plünnecke, A. (2021). *MINT-Herbstreport 2021. Mehr Frauen für MINT gewinnen – Herausforderungen von Dekarbonisierung, Digitalisierung und Demographie meistern*. Institut der deutschen Wirtschaft. Available at: <https://www.iwkoeln.de/studien/christina-anger-enno-kohlisch-axel-pluennecke-mehr->

frauen-fuer-mint-gewinnen-herausforderungen-von-dekarbonisierung-digitalisierung-und-demografie-meistern.html

- Asparouhov, T., Hamaker, E. L., & Muthén, B. O. (2018). Dynamic structural equation models. *Structural Equation Modeling*, 25(3), 359-388. <https://doi.org/10.1080/10705511.2017.1406803>
- Asparouhov, T., & Muthén, B. O. (2019). Latent variable centering of predictors and mediators in multilevel and time-series models. *Structural Equation Modeling*, 26(1), 119-142. <https://doi.org/10.1080/10705511.2018.1511375>
- Asparouhov, T., & Muthén, B. O. (2020). Comparison of models for the analysis of intensive longitudinal data. *Structural Equation Modeling*, 27(2), 275-297. <https://doi.org/10.1080/10705511.2019.1626733>
- Bauer, J., Diercks, U., Retelsdorf, J., Kauper, T., Zimmermann, F., Köller, O., Möller, J., & Prenzel, M. (2011). Spannungsfeld Polyvalenz in der Lehrerbildung: Wie polyvalent sind Lehramtsstudiengänge und was bedeutet dies für die Berufswahlsicherheit der Studierenden? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 14, 629-649. <https://doi.org/10.1007/s11618-011-0239-7>
- Bauer, J., & Hefendehl-Hebeker, L. (2018). Das gymnasiale Lehramtsstudium – widerstreitende Anforderungen und vermittelnde Ansätze. In H.-S. Siller, W. Weigel, & J. Wörler (Eds.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2018* (pp. 9-16). WTM
- Baumert, J., Bos, W., & Lehmann, R. (2000). *TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn: Bd. 2. Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe*. Leske + Budrich.
- Bean, J. P. (1980). Dropouts and turnover: The synthesis and test of a causal model of student attrition. *Research in Higher Education*, 12, 155-187. <https://doi.org/10.1007/BF00976194>
- Bean, J. P. (1982). Student attrition, intentions, and confidence: Interaction effects in a path model. *Research in Higher Education*, 17, 291-320. <https://doi.org/10.1007/BF00977899>
- Bean, J. P. (1983). The application of a model of turnover in working organizations to the student attrition process. *The Review of Higher Education*, 6, 129-148. <https://doi.org/10.1353/rhe.1983.0026>

-
- Bergmann, C., & Eder, F. (2005). *Allgemeiner Interessen-Struktur-Test mit Umwelt-Struktur-Test (UST-R) - Revision*. Beltz.
- Blömeke, S. (2005). Das Lehrerbild in Printmedien. *Die deutsche Schule*, 97(1), 24-39.
Available at: <https://www.erziehungswissenschaften.hu-berlin.de/de/vew/institut/abteilungen/didaktik/data/aufsaeetze/2005/msk-Bloemeke-04-59-lehrerbild-3.pdf>
- Blömeke, S. (2009). Ausbildungs- und Berufserfolg im Lehramtsstudium im Vergleich zum Diplom-Studium – Zur prognostischen Validität kognitiver und psycho-motivationaler Auswahlkriterien. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 12, 82-110.
<https://doi.org/10.1007/s11618-008-0044-0>
- Busker, M. (2010). *Entwicklung einer adressatenorientierten Übungskonzeption im Übergang Schule – Universität auf Basis empirischer Analysen von Studieneingangsvoraussetzungen im Fach Chemie*. Der Andere Verlag.
- Daskalogianni, K., & Simpson, A. (2002). “Cooling-off”: The phenomenon of a problematic transition from school to university. In I. Vakalis (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on the Teaching of Mathematics (at the Undergraduate Level)* (pp. 103-110.). J. Wiley. Available at: <http://users.math.uoc.gr/~ictm2/Proceedings/pap209>
- Deary, I. J., Strand, S., Smith, P., and Fernandes, C. (2007). Intelligence and educational achievement. *Intelligence* 35, 13–21. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2006.02.001>
- De Guzman, M., Hodgson, B., Robert, A., & Villani, V. (1998). Difficulties in the passage from secondary to tertiary education. In A. Louis, U. Rehmann, & P. Schneider (Eds.), *Proceedings of the International Congress of Mathematicians* (Vol. 3, pp. 747-762). ICM. Available at: https://www.ime.usp.br/~vhgiusti/dificuldades_passagem.pdf
- Di Martino, P., & Gregorio, F. (2019). The mathematical crisis in secondary-tertiary transition. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(4), 825-843. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9894-y>
- Dresel, M., & Grassinger, R. Changes in achievement motivation among university freshmen. *Journal of Education and Training Studies* 1(2). <https://doi.org/10.11114/jets.v1i2.147>
- Eccles, J., Adler, T. F., Futterman, R., Goff, S. B., Kaczala, C. M., Meece, J. L., & Midgley, C. (1983). Expectancies, values, and academic behaviors. In J. T. Spence (Ed.), *Achievement and achievement motivation* (pp. 75-146). W. H. Freeman.

-
- Eccles, J., & Wigfield, A. (1995). In the mind of the actor: The structure of adolescents' achievement task values and expectancy-related beliefs. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 21(3), 215-225. <https://doi.org/10.1177/0146167295213003>
- Eccles, J., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual Review of Psychology*, 53(1), 109-132. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135153>
- Engelbrecht, J. (2010). Adding structure to the transition process to advanced mathematical activity. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 41(2), 143-154. <https://doi.org/10.1080/00207390903391890>
- Ertl, B., Luttenberger, S., & Paechter, M. (2017). The impact of gender stereotypes on the self-concept of female students in STEM subjects with an under-representation of females. *Frontiers in Psychology*, 8, Article 703. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00703>
- Fleischer, J., Leutner, D., Brand, M., Fischer, H., Lang, M., Schmiemann, P., & Sumfleth, E. (2019). Vorhersage des Studienabbruchs in naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 22, 1077-1097. <https://doi.org/10.1007/s11618-019-00909-w>
- Geisler, S. (2020). Early dropout from university mathematics: The role of students' attitudes towards mathematics. In M. Inprasita, N. Changsri, & N. Boonsena (Eds.), *Proceedings of the 44th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. Interim, pp. 189-198). PME. Available at: https://www.researchgate.net/publication/343320058_EARLY_DROPOUT_FROM_UNIVERSITY_MATHEMATICS_THE_ROLE_OF_STUDENTS'_ATTITUDES_TOWARDS_MATHEMATICS/link/5f22fc88458515b729f3ba40/download
- Gelman, A., & Rubin, D. B. (1992). Inference from iterative simulation using multiple sequences. *Statistical Science*, 7(4), 457-472. <https://doi.org/10.1214/ss/1177011136>
- Glaesser, J., Kilian, P., & Kelava, A. (2021). Mögliche Vorläufer von Studienabbruch in der Mathematik: Stabile Persönlichkeitsmerkmale und veränderliche affektive Zustände. In M. Neugebauer, H.-D. Daniel, & A. Wolter (Eds.), *Studienerfolg und Studienabbruch*. Springer.
- Goss-Sampson, M. A. (2020). Bayesian inference in JASP: A guide for students. Available at: http://static.jasp-stats.org/Manuals/Bayesian_Guide_v0.12.2.pdf

-
- Guarino, C. M., Santibañez, L., & Daley, G. A. (2006). Teacher recruitment and retention: A review of the recent empirical literature. *Review of Educational Research* 76(2), 173-208. <https://doi.org/10.3102/00346543076002173>
- Gueudet, G. (2008). Investigating the secondary-tertiary transition. *Educational Studies in Mathematics*, 67, 237-254.
- Günther, E. A., & Koeszegi, S. T. (2015). „Das ist aber nicht der akademische Gedanke“ – Ansprüche an Lehrende und von Lehrenden einer Technischen Universität. In K. Rheinländer (Ed.), *Ungleichheitssensible Hochschullehre: Positionen, Voraussetzungen, Perspektiven* (pp. 141-163). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-09477-5_8
- Hamaker, E. L., Asparouhov, T., Brose, A., Schmiedek, F., & Muthén, B. O. (2018). At the frontiers of modeling intensive longitudinal data: Dynamic structural equation models for the affective measurements from the COGITO study. *Multivariate Behavioral Research*, 53(6), 820-841. <https://doi.org/10.1080/00273171.2018.1446819>
- Hefendehl-Hebeker, L. (2013). Doppelte Diskontinuität oder die Chance der Brückenschläge. In C. Ableitinger, J. Kramer, & S. Prediger (Eds.), *Zur doppelten Diskontinuität in der Gymnasiallehrerbildung: Ansätze zu Verknüpfungen der fachinhaltlichen Ausbildung mit schulischen Vorerfahrungen und Erfordernissen* (pp. 1-15). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-01360-8_1
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). *Zwischen Studiererwartungen und Studienwirklichkeit. Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen*. (Forum Hochschule 1|2017). DZHW. Available at: https://www.dzhw.eu/pdf/pub_fh/fh-201701.pdf
- Heublein, U., Hutzsch, C., Schreiber, J., Sommer, D., & Besuch, G. (2010). *Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen. Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten des Studienjahres 2007/08*. (HIS: Forum Hochschule 2|2010). HIS. Available at: <http://ids.hof.uni-halle.de/documents/t1944.pdf>
- Heublein, U., Richter, J., & Schmelzer, R. (2020). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. (DZHW-Brief 3|2020). DZHW. https://doi.org/10.34878/2020.03.dzhw_brief

- Holland, J. L. (1997). *Making vocational choices: A theory of vocational personalities and work environments* (3rd ed.). Psychological Assessment Resources.
- Höttecke, D., Buth, K., Koenen, J., Masanek, N., Reichwein, W., Scholten, N., Sprenger, S., Stender, P., & Wöhlke, C. (2018). Vernetzung von Fach und Fachdidaktik in der Hamburger Lehrerbildung. In I. Glowinski, A. Borowski, J. Gillen, S. Schanze, & J. v. Meien (Eds.), *Kohärenz in der universitären Lehrerbildung* (pp. 29-51). Universitätsverlag Potsdam. Available at: https://publishup.uni-potsdam.de/opus4-ubp/frontdoor/deliver/index/docId/42806/file/conference_kohaerenz_29-51.pdf
- Hoyles, C., Newman, K., & Noss, R. (2001). Changing patterns of transition from school to university mathematics. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 32(6), 829-845. <https://doi.org/10.1080/00207390110067635>
- JASP Team. (2022). *JASP (Version 0.16.3) [Computer software]*. In <https://jasp-stats.org/>
- Johnes, G., & McNabb, R. (2004). Never give up on the good times: Student attrition in the UK. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 66, 23-47. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2004.00068.x>
- Kelava, A., Kilian, P., Glaesser, J., Merk, S., & Brandt, H. (2022). Forecasting intra-individual changes of affective states taking into account interindividual differences using intensive longitudinal data from a university student drop out study in math. *Psychometrika*, 87, 533-558. <https://doi.org/10.1007/s11336-022-09858-6>
- Kilian, P., Loose, F., & Kelava, A. (2020). Predicting math student success in the initial phase of college with sparse information using approaches from statistical learning. *Frontiers in Education*, 5. <https://doi.org/10.3389/feduc.2020.502698>
- Klusmann, U., Trautwein, U., Lüdtke, O., Kunter, M., & Baumert, J. (2009). Eingangsvoraussetzungen beim Studienbeginn: Werden die Lehramtskandidaten unterschätzt? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(34), 265-278. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.23.34.265>
- KMK. (2021). *Abiturnoten 2020 an Gymnasien, Integrierten Gesamtschulen, Fachgymnasien, Fachoberschulen und Berufsoberschulen - endgültige Ergebnisse - (Schuljahr 2019/2020)*. Available at: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Statistik/Dokumentationen/Aus_Abiturnoten_2020_Werte.pdf
- Kosiol, T., Rach, S., & Ufer, S. (2019). (Which) mathematics interest is important for a successful transition to a university study program ? *International Journal of Science*

-
- and Mathematics Education*, 17, 1359-1380. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9925-8>
- Leppel, K. (2002). Similarities and differences in college persistence of men and women. *The Review of Higher Education*, 25(4), 433-450. <https://doi.org/10.1353/rhe.2002.0021>
- Lörz, M., Quast, H., & Woisch, A. (2011). Bildungsintentionen und Entscheidungsprozesse. Studienberechtigte 2010 ein halbes Jahr vor Schulabgang. (Forum Hochschule 14/2011). HIS.
- Lüdtke, O., Marsh, H. W., Robitzsch, A., Trautwein, U., Asparouhov, T., & Muthén, B. O. (2008). The multilevel latent covariate model: A new, more reliable approach to group-level effects in contextual studies. *Psychological Methods*, 13(3), 203-229. <https://doi.org/10.1037/a0012869>
- Lüdtke, O., & Robitzsch, A. (2021). *A critique of the random intercept cross-lagged panel model*. PsyArXiv Preprints. <https://doi.org/10.31234/osf.io/6f85c>
- Marsh, H. W., & Scalas, L. F. (2011). Self-concept in learning: Reciprocal effects model between academic self-concept and academic achievement. In S. Järvelä (Ed.), *Social and Emotional Aspects of Learning* (pp. 191-197). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.00619-9>
- Mastekaasa, A., & Smeby, J.-C. (2008). Educational choice and persistence in male- and female-dominated fields. *Higher Education* 55, 189-202. <https://doi.org/10.1007/s10734-006-9042-4>
- McNeish, D., & Hamaker, E. L. (2020). A primer on two-level dynamic structural equation models for intensive longitudinal data in Mplus. *Psychological Methods*, 25(5), 610-635. <https://doi.org/10.1037/met0000250>
- Moore, R. C. (1994). Making the transition to formal proof. *Educational Studies in Mathematics*, 27(3), 249-266. <https://doi.org/10.1007/BF01273731>
- Müller, S., & Schneider, T. (2013). Educational pathways and dropout from higher education in Germany. *Longitudinal and Life Course Studies*, 4(3), 218-241. <https://doi.org/10.14301/llcs.v4i3.251>
- Mullis, I. V., Martin, M. O., Ruddock, G. J., O'Sullivan, C. Y., Arora, A., & Erberber, E. (2005). *TIMSS 2007 assessment frameworks*. TIMSS & PIRLS International Study Center. Available at: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED494654.pdf>

-
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (1998-2017). *Mplus User's Guide. Eighth Edition*. Muthén & Muthén. Available at: https://www.statmodel.com/download/usersguide/MplusUserGuideVer_8.pdf
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (1998-2018). *Mplus version 8.1 language addendum*. Muthén & Muthén. Available at: <https://www.statmodel.com/download/Version%208.1%20Language%20Addendum.pdf>
- Nagengast, B., Marsh, H. W., Scalas, L. F., Xu, M. K., Hau, K.-T., & Trautwein, U. (2011). Who took the "x" out of expectancy-value theory?: A psychological mystery, a substantive-methodological synergy, and a cross-national generalization. *Psychological Science*, 22(8), 1058-1066. <https://doi.org/10.1177/0956797611415540>
- Nagy, G. (2006). *Berufliche Interessen, kognitive und fachgebundene Kompetenzen: Ihre Bedeutung für die Studienfachwahl und die Bewährung im Studium*. [Career interest, cognitive and subject specific competences: On their relevance for course choices and study success] (Doctoral dissertation). Freie Universität Berlin. Available at: http://www.diss.fu-berlin.de/diss/receive/FUDISS_thesis_000000002714.
- Neugebauer, M. (2013). Wer entscheidet sich für ein Lehramtsstudium – und warum? Eine empirische Überprüfung der These von der Negativselektion in den Lehrerberuf. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 16(1), 157-184. <https://doi.org/10.1007/s11618-013-0343-y>
- Neugebauer, M., Heublein, U., & Daniel, A. (2019). Studienabbruch in Deutschland: Ausmaß, Ursachen, Folgen, Präventionsmöglichkeiten. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 22, 1025-1046. <https://doi.org/10.1007/s11618-019-00904-1>
- Pascarella, E. T., & Terenzini, P. T. (2005). *How college affects students: A third decade of research* (Vol. 2). Jossey-Bass.
- Rach, S. (2014). *Charakteristika von Lehr-Lern-Prozessen im Mathematikstudium: Bedingungsfaktoren für den Studienerfolg im ersten Semester*. Waxmann.
- Rach, S., & Heinze, A. (2013). Welche Studierenden sind im ersten Semester erfolgreich? Zur Rolle von Selbsterklärungen beim Mathematiklernen in der Studieneingangsphase. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 34(1), 121-147. <https://doi.org/10.1007/s13138-012-0049-3>
- Radisch, F., Driesner, I., Arndt, M., Güldener, T., Czapowski, J., Petry, M., & Seeber, A.-M. (2018). *Abschlussbericht: Studienerfolg- und misserfolg im Lehramtsstudium*.

Available at: https://www.regierung-mv.de/serviceassistent/_php/download.php?datei_id=1605186

- Rindermann, H. (2007). The g-factor of international cognitive ability comparisons: The homogeneity of results in PISA, TIMSS, PIRLS and IQ-tests across nations. *European Journal of Personality*, 21(5), 667-706. <https://doi.org/10.1002/per.634>
- Robbins, S. B., Lauver, K., Le, H., Davis, D., & Langley, R. (2004). Do psychological and study skill factors predict college outcomes? A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 130(2), 261-288. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.130.2.261>
- Roloff Henoch, J., Klusmann, U., Lüdtke, O., & Trautwein, U. (2015). Who becomes a teacher? Challenging the “negative selection” hypothesis. *Learning and Instruction*, 36, 46-56. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2014.11.005>
- Rump, M., Esdar, W., & Wild, E. (2017). Individual differences in the effects of academic motivation on higher education and students’ intention to drop out. *European Journal of Higher Education*, 7(4), 341-355. <https://doi.org/10.1080/21568235.2017.1357481>
- Schneider, M., & Preckel, F. (2017). Variables associated with achievement in higher education: A systematic review of meta-analyses. *Psychological Bulletin*, 143(6), 565-600. <https://doi.org/10.1037/bul0000098>
- Schnettler, T., Bobe, J., Scheumann, A., Fries, S., & Grunschel, C. (2020). Is it still worth it? Applying expectancy-value theory to investigate the intraindividual motivational process of forming intentions to drop out from university. *Motivation and Emotion*, 44(4), 491-507. <https://doi.org/10.1007/s11031-020-09822-w>
- Sevilla, D. D. S., Puerta, V. A., & Dávila, J. (2010). Influence of socioeconomic factors on student attrition in the social sciences. *Ciencia e interculturalidad*, 6, 72-84.
- Sönmez, N., & Güven, B. (2022). Transition to university mathematics in Turkey: Examining the views of students and faculty members on student difficulties. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s40753-022-00175-y>
- Spinath, B., van Ophuysen, S., & Heise, E. (2005). Individuelle Voraussetzungen von Studierenden zu Studienbeginn: Sind Lehramtsstudierende so schlecht wie ihr Ruf? *Psychologie in Erziehung und Unterricht (PEU)*, 52, 186-197.
- StataCorp. (2021). *Stata Statistical Software: Release 17*. In StataCorp LLC.
- Statistisches Bundesamt. (2023). Bildung und Kultur: Erfolgsquoten. Available at: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung->

- Kultur/Hochschulen/Publicationen/Downloads-Hochschulen/erfolgsquoten-5213001217004.pdf?__blob=publicationFile
- Steele, F. (2008). Multilevel models for longitudinal data. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A. (Statistics in Society)*, 171(1), 5-19. <https://doi.org/10.1111/j.1467-985X.2007.00509.x>
- Tinto, V. (1975). Dropout from higher education: A theoretical synthesis of recent research. *Review of Educational Research*, 45, 89-125. <https://doi.org/10.3102/00346543045001089>
- Voelkle, M. C., & Sander, N. (2008). University dropout: A structural equation approach to discrete-time survival analysis. *Journal of Individual Differences*, 29, 134-147. <https://doi.org/10.1027/1614-0001.29.3.134>
- Wang, J., & Wang, X. (2019). *Structural equation modeling: Applications using Mplus*. John Wiley & Sons.
- Wang, L. P., & Maxwell, S. E. (2015). On disaggregating between-person and within-person effects with longitudinal data using multilevel models. *Multivariate Behavioral Research*, 20(1), 63-83. <https://doi.org/10.1037/met0000030>
- Weishaupt, H., & Huth, R. (2012). *Systematisierung der Lehrerforschung und Verbesserung ihrer Datenbasis*. Bildungsforschung Band 36. BMBF. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/281782606>
- Wigfield, A., & Cambria, J. (2010). Students' achievement values, goal orientations, and interest: Definitions, development, and relations to achievement outcomes. *Developmental Review*, 30, 1-35. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2009.12>
- Wille, E., Stoll, G., Gfrörer, T., Cambria, J., Nagengast, B., and Trautwein, U. (2020). It takes two: expectancy-value constructs and vocational interests jointly predict STEM major choices. *Contemporary Educational Psychology*, 61:101858. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101858>

Appendix
Table A1*Summary Statistics for Between-Level Variables*

Baseline characteristics	<i>M</i>	Minimum	Maximum	<i>SD</i>
Background variables				
Female ^a	0.433	0	1	
General education Gymnasium ^a	0.731	0	1	
Initial performance				
High school GPA	1.860	1	4	0.517
Mathematical knowledge	10.390	0	20	3.526
Measures of motivation				
AV (trait)	2.906	1	4	0.338
IV (trait)	3.381	1	4	0.514
UV (trait)	3.050	1	4	0.503
CO (trait)	2.436	1	4	0.572
Mathematical self-concept	2.330	1	4	0.259
AIST-I	3.714	1	5	0.979
AIST-S	3.114	1	5	1.083
Study course				
B.Ed. ^a	0.476	0	1	

^a Dichotomous variable.

4 Studie 2

Kapitel 4 basiert auf folgendem Manuskript:

Heusel, L., Glaesser, J., Kelava, A. Bridging the Gap? A Qualitative Exploration of Practical Study Phases in Math Teacher Education in the Face of the Double Discontinuity. *Manuskript eingereicht zur Publikation.*

Die vorliegende Fassung unterscheidet sich geringfügig von der eingereichten Version.

Dieses Projekt ist Teil der „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“, einer gemeinsamen Initiative von Bund und Ländern zur Verbesserung der Qualität der Lehrerbildung. Das Programm wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Abstract

Given the gap between school and university mathematics, trainee math teachers encounter two discontinuities, at the transition from school to university and at the transition back to school, a phenomenon known as Double Discontinuity. Challenges resulting from the first discontinuity are well understood, however, little is known about students' perception of school internships completed during their studies which are subject to the second discontinuity. With the present study, we aim to contribute to a better understanding of the Double Discontinuity by focusing on practical study phases. We conducted semi-structured interviews with math teacher candidates from Germany placing special emphasis on the question to what extent the second discontinuity is experienced as equally problematic compared to the first. Our findings highlight the unequal perception of both discontinuities: While the transition to academic math was mainly associated with performance and motivation difficulties, the internship was a pleasant experience serving as a source of motivation. Students felt a sense of competence and agency in their new role as math teachers and recognized the value of their advanced mathematical knowledge. Rather than reinforcing the perceived discrepancy between school and university mathematics, the internship helped in building a bridge between both fostering students' professional development.

Keywords: *double discontinuity, teacher education, math teachers, content analysis, school internship*

1 Introduction

The perceived discrepancy between school mathematics on the one hand and university mathematics on the other hand is large. One of the main reasons is the prevalence of formal-deductive proofs in academic mathematics, contrasting with their limited role in school education (e.g., Engelbrecht, 2010; Gueudet, 2008; Rach, 2014). Therefore, prospective math teachers are assumed to encounter discontinuities both at the transition from school to university and at the transition from university back to school (Eichler & Isaev, 2023), a phenomenon which is known as Double Discontinuity (Klein, 1908).

This twofold challenge underlines the complex nature of the educational path for future math teachers. The first transition (from school to university) in particular is associated with a high number of dropouts (Geisler et al., 2023) and is therefore most likely one of the reasons for teacher shortage in this field which is a serious concern in various countries (see Anger et al., 2021 for Germany; Foster, 2019 for England). Nevertheless, some of the potential math teachers drop out at a later stage in the course of their studies. Thus, given the growing relevance of a high-quality mathematical education provided by the schools, a profound understanding of the professional obstacles arising from the Double Discontinuity at all stages of math teacher education is essential.

The specific difficulties which math students face at the secondary-tertiary transition (i.e., the first discontinuity) are well researched (e.g., De Guzman et al., 1998; Di Martino & Gregorio, 2019; Moore, 1994). However, only little is known about math students' perception of and coping with practical study phases which are subject to the second discontinuity. Practical study phases, though varying in their conception, are a central element of teacher education programs in many countries (Vick, 2006) serving as a period where students are given the chance to merge their theoretical knowledge with practical experiences in real-world workplace environments (Allen & Wright, 2014). Thus, they also offer the opportunity to review the initial career choice.

In the present study, we take a closer look at the subjective role of extended school placements for the professional development of math teacher candidates against the background of the Double Discontinuity. We chose a qualitative approach and conducted semi-structured interviews with students enrolled in a secondary-school teacher education master's program in Germany with mathematics as one of their majors. The teacher candidates study at a large

university in the federal state of Baden-Wuerttemberg, where the practical study phase is a compulsory 12-week full-time school internship, typically undertaken during the first semester of the master's program (Kultusministerium Baden-Württemberg, 2022). During this internship, students obtain their first hands-on teaching experience under guidance. By focusing on practical study phases rather than just considering the theoretical ones, we aim to contribute to a more in-depth and complete understanding of the Double Discontinuity and the resulting challenges in math teacher education. We expect that our qualitative approach generates new insights into the complex human perspectives that can be used as a starting point for the development of adequate measures of support for math teacher candidates or the adjustment of curricula.

2 Previous Findings and Theoretical Background

The focus of the present study lies on math teacher candidates' perception of practical study phases against the background of the Double Discontinuity. For a better understanding of the issue, we briefly discuss the role of school internships in teacher education and students' perceptions thereof in general before referring to the Double Discontinuity in more detail.

2.1 School Internships in Teacher Education

Practical phases are a vital component of teacher education programs in many countries (Vick, 2006). While the concrete structure and timing may vary, the goals and the tasks involved can be assumed to be similar. During practical phases, teacher candidates act fairly independently while receiving guidance from a mentor, supervisory teacher, or similar (Cohen et al., 2013). Thus, students are given the chance to merge theory and practice in real-world work environments (Allen & Wright, 2014).

While the practical experience creates unique opportunities for learning, it also comes along with negative side effects. The school placement is commonly regarded as the most stressful aspect in the professional preparation of pre-service teachers (e.g., Chaplain, 2008; Kyriacou & Stephens, 1999). Nevertheless, the extent to which students experience stress or the general perception of the internship depends on a variety of factors. Important stressors identified in previous literature are, for instance, behavior management, workload, or lack of support (Chaplain, 2008; Murray-Harvey et al., 1999).

However, the role of the subject in which students are enrolled has, to the best of our knowledge, not been considered so far. Given that the size of the gap between school content and university content may differ between subjects, specific challenges may arise. In what follows we refer to the specific conditions in mathematics in more detail.

2.2 The Double Discontinuity in Math Teacher Education

The Double Discontinuity is a well-known phenomenon among the actors in math teacher education which has first been described by the German mathematician Felix Klein (1908). The Double Discontinuity describes how math students tend to perceive school mathematics and university mathematics as different disciplines and are not able to make a connection between both (Bauer & Partheil, 2009). A key factor is the dominance of formal-deductive proofs in scientific mathematics, which contrasts with the application-oriented focus in math at school (Engelbrecht, 2010; Gueudet, 2008; Rach, 2014). Given these circumstances, students of math teacher education face a discontinuity at the transition from school to university, i.e., the first discontinuity, and at the transition from university back to school, i.e., the second discontinuity (Eichler & Isaev, 2023).

While the first discontinuity concerns students enrolled in math B.Sc. programs and math students pursuing a teaching degree equally, the second discontinuity only affects the latter. Even though Klein (1908) originally referred to the German context in his remarks, the large difference in the nature of school mathematics and scientific mathematics is a matter which extends beyond national boundaries (Rach & Heinze, 2017; see, e.g., Engelbrecht, 2010 for South Africa; Hoyles et al., 2001 for the UK; Luk, 2005 for Hong Kong). The consequences of the abrupt change in the character of the subject at the secondary-tertiary transition (Rach & Heinze, 2017) are widely discussed in the literature (e.g., De Guzman et al., 1998; Di Martino & Gregorio, 2019; Sönmez & Güven, 2022). In light of missing prior knowledge from school and the presence of misconceptions, many face difficulties with regard to the demands of scientific mathematics (Rach & Heinze, 2013). The immediate outcome of these circumstances is reflected in the internationally high dropout rates in math studies (e.g., for the US: Chen, 2013; for Italy: Di Martino & Gregorio, 2019; for Germany: Heublein et al., 2022).

In contrast, the direct consequences of the second discontinuity are less clear. Following Klein (1908), teachers frequently face difficulties in activating the mathematical knowledge acquired at university when entering the teaching profession (Prediger, 2013). Therefore, they

start sticking to the teaching practice they are familiar with from school (Klein, 1908). In fact, this problem already becomes apparent during the course of their studies. While the students start their university math courses with the expectation that the contents taught are of high relevance for their professional future, the perceived professional relevance shrinks drastically during the semester (Eichler & Isaev, 2023).

With that in mind, it seems at first glance obvious that returning to a school setting in the context of a school internship puts a large strain on math teacher trainees which might lead to a critical rethinking of career choices. However, the opposite is also plausible: The practical experience could serve as motivation in the sense that the students recognize why a profound mathematical knowledge that goes far beyond school contents is helpful for their professional career. To the best of our knowledge, students' perception of practical study phases against the background of the Double Discontinuity has not been studied on an empirical basis to date and therefore requires closer examination.

3 The Present Study

The Double Discontinuity in math teacher education is a well-known phenomenon. It provides the theoretical foundation for the conception of interventions which aim to smooth the perceived gap between school content on the one hand and university content on the other hand (Eichler & Isaev, 2023; Prediger, 2013; Winsløw & Grønbaek, 2014).

As outlined in the previous section, students' challenges at the transition from school mathematics to academic mathematics, i.e., the first discontinuity, are well researched, both on a theoretical and an empirical basis. However, little is known about the specific challenges which math teacher candidates encounter during integrated practical phases which are subject to the second discontinuity. Nevertheless, effectively tackling the shortage of math teachers requires a thorough understanding of the professional obstacles that emerge at all stages of math teacher education. In this regard, it seems particularly worthwhile to consider the perspective of the main actors themselves, i.e., the students.

In the present study, we examine the phenomenon of the Double Discontinuity and the resulting challenges in more detail by means of semi-structured interviews with math teacher candidates from Germany during their school internship. This qualitative research design offers

a rich and nuanced exploration of students' thinking and experiences. Due to the lack of previous empirical studies, we pursue an explorative approach.

We were particularly interested in how students experience the discontinuity at the transition from university to school in the context of a school internship, as compared to the initial discontinuity at the transition from school to university. A special focus lies on the question to what extent the two discontinuities are perceived as equally problematic. Furthermore, we sought to determine whether the Double Discontinuity is actually an issue specific to the subject of mathematics. Given that teacher candidates in Germany are enrolled in at least two majors, there is an opportunity for us to examine how the same individual approaches different subjects. Thus, the context of German teacher education offers unique opportunities to study the phenomenon of the Double Discontinuity in more detail.

4 Method

4.1 Design and Participants

During the present study, 14 individual, semi-structured interviews were carried out in total. All participants were enrolled in an M.Ed. program at a public university in the federal state of Baden-Wuerttemberg with mathematics as one of their majors. Participation was voluntary and the participants received an expense compensation in the amount of 20€. At the time of the interview, ten of the respondents were currently completing their internship or had just finished it while the other four respondents had already completed their internship in the previous year. For the selection of appropriate candidates, a short questionnaire was sent out a few weeks prior to the interviews. It mainly covered demographic characteristics of the students as well as information on their course of study to date. Furthermore, the participants were asked about their previous pedagogical experience. Table 1 contains selected characteristics of the interviewees. Three interviewees were male and eleven were female. All participants had previous pedagogical experience⁹ and the second majors were fairly diverse.

⁹ Previous pedagogical experience includes for instance giving private tuition, leading youth groups or different types of volunteering in the educational sector. However, it explicitly does not include work as a fully-fledged teacher.

Table 1*Selected Characteristics of the Interviewees*

Participant No.	Gender	Other Majors (Apart from Math)	Previous Pedagogical Experience [Yes/No]
1	Male	Protestant Theology	Yes
2	Female	English, Educational Sciences	Yes
3	Female	Chemistry	Yes
4	Female	Physics	Yes
5	Female	Chemistry	Yes
6	Female	Physics	Yes
7	Female	Spanish	Yes
8	Male	Physics	Yes
9	Male	Protestant Theology, Latin	Yes
10	Female	English	Yes
11	Female	Computer Science	Yes
12	Female	Economics	Yes
13	Female	Physics	Yes
14	Female	Biology	Yes

4.2 Instruments and Data Analysis

For the implementation of the interviews, an interview guide with 37 questions was developed. These questions covered the pre-study phase, the study phase before the internship, the internship itself and students' plans for the time after the internship. The interview guide was developed based on the theory of the Double Discontinuity and possible resulting difficulties. Furthermore, the current state of research on students' challenges in practical phases during teacher education studies (outlined in section 2) was taken into account. After the interviews were conducted, they were first of all transcribed. The transcribed data was then analyzed by means of content analysis (Kuckartz, 2016, 2019), a technique which is based on assigning each segment of the material to specific categories. This process is referred to as coding. In the present study, we used a concept- and data-driven coding approach (see Kuckartz, 2019). We started with a coding frame containing content-based main categories which were

directly derived from the theoretical framework on which the interview guide had been based. Subsequently the system of categories was modified taking into account the data obtained from the interviews. This process finally resulted in 17 main categories. For the research question at hand, four of these main categories were relevant and are displayed in Table 2 together with the corresponding subcategories which arose from the material. An overview of the other 13 main categories is provided in Table A1 the appendix. The transcription of the interviews as well as the systematic analysis of them were carried out using the software MAXQDA. Since the interviews were conducted in German language, the text passages presented in this paper have been translated into English.

Table 2*Relevant Categories for the Present Study*

Main Category	Subcategory	Description	Example
Motivation for Choice of Study			
	Motivation for teacher education	Students' motivation for choosing teacher education	Yes, so originally I wanted to become a primary school teacher, because I always knew that I wanted to work with children [...]
	Motivation for math	Students' motivation for enrolling in math	So yes, I've always been enthusiastic about math, it was definitely my favorite subject at school. I think it's totally fascinating and I really enjoy it. That's why it was immediately clear to me that I would also teach math, simply because I'm passionate about it.
	Motivation for other subject	Students' motivation for enrolling in their other subject	Latin was clear pretty quickly because, yes, I just thought the subject was really cool at school and I found it really easy and I really enjoyed it, even with the, I grew up bilingual, German-French and then Latin was even easier.
Transition to University			
	Math was a struggle	Students experienced the transition to university	To be honest, the start of my studies was really horrible for me.

		math in a negative and exhausting way	
	Math was challenging, but not purely in a negative way	Students experienced the transition to university math as challenging, but this challenge was not purely seen in a negative way	So, math was quite challenging at the beginning, I had already studied medical technology for two semesters, there was no math as there is now in pure math studies, it was more kind of applied than theory and so I already had a bit of an insight into math that is not school math. That's why the first semester was actually okay for me, not that it was super easy, but it wasn't a complete disaster.
	Other subject	Students' perception of the secondary-tertiary transition in their other subject	I thought it was really cool in chemistry because we had a lot of lab practicals right at the beginning and I really enjoyed it because I didn't know so much about it from school.
Expectations			
	Math fulfilled	Students' expectations about their math studies were fulfilled	So, I knew beforehand that what you know from school as math and university math are simply two different things and so I went in with these expectations [...]
	Math not fulfilled	Students' expectations about their math studies were not fulfilled	Of course not at all, but I think that's simply because it's not communicated well, that it's just something completely different.
	Other subject	Students' expectations about their other subject and if they were fulfilled	No, to be honest, I didn't really have any idea, my father is a software developer and then I thought yes, that will suit me somehow, if he does it too, then maybe he can help me a bit. But otherwise, I didn't really know what to expect from computer science.
Practical Experience			
	Preferred subject	Which subject did students prefer to teach/teach more frequently and why	So, I think I've taught a bit more math, simply because it's easier for me to teach math than physics and the preparation effort is also less, at least for the one I have to do myself now.
	Overall perception	Students' overall perception of the practical experience	Yes, but it was such a manageable challenge, so I had fun with it, I always had the impression that I could manage it well. I was also

			looking forward to getting to school somehow [...]
	Examples for difficult situations	Concrete situations which occurred during the internship, and which were experienced as difficult	I was in a sixth-grade class once, I think, and it was very challenging, they didn't participate very well, they weren't very good overall. And then I found it difficult to motivate the class to carry on and complete the tasks and also to be quiet.
	Content	Experience of the internship from a content-related point of view	And yes, well, I think in retrospect I can understand better why I did all this stuff in the Math Bachelor of Education than to begin with.
	Didactics	Experience of the internship with respect to didactics	So, I actually found it challenging in a way, but not even in math, but much more in physics, because I find it more difficult to design lessons in physics and to do didactic reduction.
	Pedagogics	Experience of the internship with respect to pedagogics	I can stand up in front of a class and just be myself. So that goes really well. It's not a problem at all, I'm accepted, it works well, I really, really enjoy it and yes, it's something I don't even think about.

5 Results

In this section, the main findings from this study will be presented. Before referring to the Double Discontinuity itself in more detail, we take a closer look at students' initial motives to enroll into math teacher training. We believe that this motivation might play a crucial role in shaping their subsequent perception of and dealing with the Double Discontinuity.

5.1 Students' Motivation to Enroll into Math Teacher Training

In this subsection, the main coding category considered is 'Motivation for Choice of Study'. The overall picture concerning the study choice is relatively uniform. For the majority of the interviewees, the reason for enrolling into teacher training courses stems from a strong intrinsic drive. To many of the participants, becoming a teacher was some kind of childhood dream while some first had alternative career options in mind or even started studying another subject before realizing that these other career pathways lack the work with children or people

in general, e.g.,

I've actually always wanted to be a teacher; I think ever since I was at primary school. (Interviewee No.7)

And then I realized relatively quickly, after one semester, that, I started medical technology, that that's not what I want to do later, but that I definitely want to work with people, and would like to work with children and young people again. (Interviewee No.4)

In general, the work with children or adolescents and the joy found in explaining things to others or guiding them was something that was frequently mentioned as a motive for the desire to become a teacher. This desire had often arisen from previous pedagogical experience.

Yes, so originally, I actually wanted to become a primary school teacher, because it was always clear to me that I wanted to work with children, because I also did it a lot in my free time, especially in our church community, where I always led a children's service on a voluntary basis, which I really enjoyed. (Interviewee No.5)

Several students further pointed out that secondary-school¹⁰ teacher training provides the opportunity to combine their social or pedagogical interests with their content-related interests.

And then because I wanted to do something social, but somehow I was also interested in math and computer science and a bit, I don't know, I always say aspiration or I don't know, primary school teaching I think would have been more focused on pedagogy and so on in terms of content and I just wanted to have a bit of content aspiration in quotation marks, which is why I then decided on Gymnasium teaching. (Interviewee No.11)

In particular, the majority of the students expressed their high interest in and enjoyment of mathematics. For many, it was their favorite subject at school. Only for two of the interviewees, recruitment opportunities played a role for choosing math.

Thus, overall, the interviewees' initial attitude towards the teaching profession and also the subject of mathematics was very positive, and they were highly motivated.

¹⁰ The secondary-school system in Germany, where our study is located, is traditionally tripartite. Starting from fifth grade students are allocated to three different types of secondary-school, i.e., *Hauptschule*, *Realschule* and *Gymnasium*. While the former two prepare for vocational training, the latter prepares for academic studies (Dustmann et al., 2017). This tripartite structure also extends to the teacher training courses. The participants in our study were all enrolled in a study program which prepares for teaching at the Gymnasium.

5.2 The Transition from School Mathematics to University Mathematics

In this section, the phase of transition from school mathematics to university mathematics from the students' point of view will be discussed. The relevant main coding categories used in this section are 'Transition to University' and 'Expectations'.

When responding to the question about how they experienced the start to their university course or their bachelor's studies in general, many interviewees immediately came to talk about the difficulties they faced in math. Some used negatively connotated words like 'exhausting', 'cruel', or 'terrible' in this context. The high volume of content and the high degree of difficulty were mentioned particularly frequently here. Furthermore, students struggled for instance with the missing link to the teaching profession or a lack of contact with fellow students due to many dropouts. For some students, the situation turned out to be so drastic that they questioned their choice of study or even considered dropping out.

At the beginning I was also on the verge of dropping out of my math degree (laughs) because I didn't feel like it anymore. (Interviewee No.1)

But I think that if I had to make the decision again, I wouldn't choose to study math again. Yes, because it's just really difficult and at times, I didn't see the connection to the teaching profession anymore [...]. (Interviewee No.7)

Thus, in the eyes of most participants, the transition to university mathematics was more of a burden than a challenge in a positive sense. Overall, this experience is in stark contrast to students' initial enthusiasm for the subject and the positive experience they had at school.

Unlike with mathematics, the transition to any other subject seemed to be less problematic. Several students pointed out that they found their other subject easier or had a greater affinity to its content.

But with Spanish, it wasn't so extreme that it pushed you to the limit. So, I wasn't afraid of failing or anything like that. (Interviewee No.7)

I thought it was really cool in chemistry because we had a lot of lab practicals right at the beginning and I really enjoyed it because I didn't know so much about it from school. (Interviewee No.5)

According to Klein (1908), the difficulties in university mathematics which are faced even by former high achievers can be traced back to the difference in the nature of university

mathematics and school mathematics. Indeed, several students came to talk about this discontinuity and how it contrasted with the expectations they had about their studies in advance.

So, when you come out of school and you're used to math like in school and then you think to yourself: "Yeah, cool, that's fun, that's what I want to do". Then you get to university, and everything is completely different. (Interviewee No.5)

Everyone always told me that it would be really difficult, but many people found school math difficult, so I couldn't imagine that it would really be that hard. I thought it would be easier (laughs). (Interviewee No.10)

However, some students stated that they were aware of the significant gap between school-level mathematics and university-level mathematics in advance.

So, I knew before that what you know from school as math and university math are simply two different things and accordingly, I went in there with this expectation [...]. (Interviewee No.4)

From the students' perspective, the discontinuity in math studies not only quite clearly existed and was worthy of comment, but it was also much more pronounced than in any other subject, including those within the STEM field. While some stated that university studies in other subjects can be understood as a more in-depth version of school content, this did not seem to hold true for the subject of mathematics.

In biology it was more or less what I expected. Because it's just a bit more in-depth compared to school and you learn a lot of things just in much, much more detail, but it's differently from math. Because you learn so much more about math, yes. (Interviewee No.14)

To sum up, we can say that the discontinuity expected to be present at the transition from school mathematics to university mathematics was experienced in exactly that way by the students in our study. Furthermore, it really does seem to be a math-specific issue rather than a general problem concerning the secondary-tertiary transition. The students were exhausted, frustrated and overwhelmed by the complexity and the high volume of the contents, and some even considered dropping out. Overall, the picture that emerges here is quite a homogeneous one: The start of their math studies was a big challenge for the students resulting in a negative experience for many of them.

5.3 The Transition from University Back to School

In this section, students' transition from university back to school in the course of their school internship will be discussed against the background of the Double Discontinuity. The relevant main coding category used in this section is 'Practical Experience'.

As it turned out in the previous section, the students experienced the beginning of their math studies as very challenging, both from a performance-related and a motivational perspective. In contrast, the experiences made in their other subject proved to be significantly less burdensome overall.

Things started to change once the students started their school internship. Many of them expressed their preference for teaching mathematics over any other subject since it was associated with less difficulty and effort. The reason given was that in mathematics they had a better idea about what they had to do, how to prepare lessons and how to teach. In this context, the close proximity of the content to be taught to the textbook and the more clearly structured nature of the subject seemed to play an important role.

So I taught significantly more lessons in math, simply because I had the feeling that you knew much more what you have to do and with chemistry I was a little bit overwhelmed at the beginning, because, so, I have the feeling in math you have a book and you know: "Okay this is the topic and if I cannot think of anything, I can still do the tasks from the book". And in chemistry it's: "Well, and this is the topic and now prepare everything". And I kind of felt like it was a bit too free for me at the beginning. (Interviewee No.3)

At this point it is, however, interesting to note that the interviewees frequently criticized the limited practical relevance of the preceding didactical lectures, particularly the fact that they lacked concrete instructions for lesson planning and the establishment of a link between school mathematics and university mathematics or a clearer focus on school math.

And the little bit of didactics that I have, I would like to use it or would like it to be used to teach me didactics. So, how do I teach them what, how do I prepare this at the student level, i.e., at this, at the student level, what is important there, what do I have to consider, what are misconceptions, i.e., what I have to achieve afterwards in my lessons, to transfer this from the mathematical level to this student level. (Interviewee No.4)

I think I would personally cope better with this gap if at least the didactics stuff was actually school math, but instead, at least I had the experience that it's mostly just, of course it's about the basic concepts, the basic ideas, the approaches and so on, but then somehow, it's very, very much the subject background and a textbook comparison. (Interviewee No.2)

In general, the gap between school mathematics and university mathematics was still very evident to many of the students at this point and also often perceived as larger compared to other subjects. Taken together, these findings imply that students did in fact experience a second discontinuity when transitioning back to school. In their view, the didactic lectures were not very helpful in establishing a clear link between school mathematics and university mathematics.

So, in math it's much more separate. In physics, you have basic courses I, II and III at the beginning of the first three semesters, which are just mechanics, electrical theory, optics, i.e., all the things you also have at school. (Interviewee No.7)

That's why I didn't find the gap so extreme. I mean with Literary or Cultural Studies, when I read Shakespeare or something, it's not something I'll probably do again at school, but I think you still do text work and stuff like that, and you do that at school too. So, you do it at a higher level, but you still do the basic principle in a way, it's still kind of similar. (Interviewee No.2)

In Latin in any case, so I have the feeling that we are prepared specifically for school for the most part. (Interviewee No.9)

Thus, the direct applicability of mathematical content knowledge in the context of teaching was perceived as very limited.

So, of course you also need the background knowledge for math, but what you apply directly in class is much more important for Spanish. (Interviewee No.8)

In spite of the missing direct link between school mathematics and university mathematics many of the interviewees recognized that their profound mathematical education facilitated a rapid comprehension of the school contents making it a meaningful and valuable asset. This also held true for those students who previously had considered dropping out of math studies.

So, you simply had a broader technical knowledge that you acquire there and then, it's also about the concepts, that you can solve problems faster and so on. Yes, so I think it's, I don't think it's wrong that you learn so much. (Interviewee No.8)

And I also noticed at school that it helped me to have so much background knowledge that I somehow quickly understood what it was all about when it came to difficult tasks. (Interviewee No.6)

And yes, in retrospect I think I can understand better why I did all these things in the math Bachelor of Education than I did in advance. Beforehand, or before my internship, it was often like: "Okay, I'll just do it so that it's done". [...] It helps me a lot when I stand in front of the class because I know, I've mastered the topic. (Interviewee No.9)

Only two students pointed out that they felt unable to make use of their mathematical knowledge from university at school.

Especially in math, all the technical lectures didn't help at all. That's not the level that you teach at school, and it doesn't do much for understanding, because the students can't do anything with it either. (Interviewee No.10)

So, I have taught a lot in math now in the school internship semester. And the, what I learned at university, I absolutely could not use at all. So, none of it. (Interviewee No.5)

When looking at the examples given for difficult situations which arose during the internship, it turns out that these mainly referred to general pedagogical concerns like handling disturbances in class.

Sure, so somehow interaction in front of the class, what do you do if there are any disturbances or something, that's then, so, yes of course that's then challenging because you're not, then, that's not used to, or I'm not used to and you don't really know what you can do now and what's the right thing to do now and yes. (Interviewee No.1)

Only one person mentioned a scenario involving difficulties related to the content itself in mathematics.

Ah that, that was grade 11, advanced course, was of course more demanding. And it was about different derivation rules and so on and it was like: "Okay, when was the last time I derived something?". I had to sit down and think about it again myself. Or the next lesson was monotonicity and curvature behavior, where I had to think to myself: "Yes, what does all this involve, what was that again?". I thought to myself for a moment: "Okay". I was a bit uncomfortable with the preliminary discussion, because I didn't really know exactly what it was all about. (Interviewee No.5)

Overall, the internship was an enjoyable and instructive experience for most of the students, even if it was also a big challenge for some of them.

So, it was a big challenge, but it was also a very, very positive one, at least for me, because it finally provided some practical experience. (Interviewee No.2)

Yes, I rather enjoyed it and of course it was a bit more demanding in terms of time, but I didn't think it was that much of a challenge. (Interviewee No.12)

No, well, I found it a nice experience, but not a big challenge or anything. But, well, it did challenge me, it wasn't easy to do it, but it wasn't a big challenge or anything. It was just a lot of fun. (Interviewee No.8)

To summarize, in contrast to the first transition, students largely did not appear to find the transition back to school unpleasant. Challenges were largely viewed as a positive

experience and any difficulties mostly arose from a lack of pedagogical experience rather than from gaps in mathematical knowledge and understanding.

6 Discussion and Conclusion

The aim of the present study was to gain a more thorough understanding of the phenomenon of the Double Discontinuity in math teacher education and its implications for trainee math teachers. We put a focus on the transition from university to school which has been given little consideration in previous research. Special emphasis was placed on the question to what extent both discontinuities are perceived as equally problematic. Furthermore, we were interested in whether the Double Discontinuity is an issue specific to the subject of mathematics. In order to study this issue in more detail, we conducted semi-structured interviews with students enrolled in a teacher education program in Germany with mathematics being one of their majors.

The picture which emerges regarding the transition from school mathematics to university mathematics was quite a uniform one with the majority of students perceiving this phase as problematic. They began their studies being highly motivated towards studying to become a math teacher and with the positive experience of math as a school subject in mind. However, they quickly started being overwhelmed by the high demands of academic math. Furthermore, several students had difficulties in recognizing the relevance of the abstract contents for their future careers. Thus, performance and motivation difficulties arose. For some students, the situation got so bad that they even considered dropping out.

Given previous findings on the secondary-tertiary transition in math teacher education or math in general (Daskalogianni & Simpson, 2002; De Guzman et al., 1998; Sönmez & Güven, 2022) and the high number of dropouts internationally (Chen, 2013; Di Martino & Gregorio, 2019; Heublein et al., 2022), these findings are not much of a surprise. While the perceived gap between school mathematics and mathematics as a scientific discipline was large, the students found the transition to university in any other subject significantly smoother, and therefore this was less often accompanied by problems. Thus, the high discrepancy between school-level content and university-level content and the various problems resulting from it seems to be an issue unique to the subject of mathematics. Hence, our findings on the first discontinuity overall seem to confirm the assumptions made by Klein (1908).

In contrast to the transition from school to university, the transition from university mathematics back to school mathematics in the context of a school internship was seen in a much more positive light and the students enjoyed the opportunity to gain some practical experience. Even though the gap between the mathematical knowledge acquired at university and the content to be taught at school was perceived as large, the situation was much more manageable now. With their extensive and profound mathematical knowledge, teacher candidates had the ability to grasp the subject matter quickly. Furthermore, they were able to make use of the materials at hand and to apply them in a targeted way. Problems which occurred were not content-related but mainly of a pedagogical nature. This experience differs from other subjects where students frequently encountered difficulties in preparing lessons and where they felt insecure. Therefore, it seems that the structured nature of the subject helped them in coping with their lack of teaching expertise. Thus, it appears that trainee math teacher's transition to school is accompanied by problems in terms of pedagogy rather than content, and that these cannot detract from the overall positive perception of the school internship.

The findings from this study clearly demonstrate that the discontinuities at the transition from school to university and at the transition from university back to school are not perceived as equally problematic on the part of the students. At the transition to academic mathematics, the students felt helpless faced with the situation in which they found themselves. Performance problems diminished the self-image of being a mathematically talented person, and the motivation which had been high initially was much diminished. Following this exhausting experience, the students experienced the transition back to school as very motivating and, if they perceived it as challenging, it was a positive challenge. They found themselves in a strong position in which they were able to understand contents quickly which gave them a sense of competence and security. As a consequence, many of the students realized why having mathematical knowledge that goes far beyond school mathematics is useful and how to apply it appropriately. Thus, rather than leading to new difficulties due to the discrepancy between school mathematics on the one hand and university mathematics on the other hand, the practical experience helped in building a bridge between the two areas. Thus, it contributes to professionalization in this respect.

By taking into account both discontinuities and pursuing a qualitative approach, new insights which improve the understanding of the phenomenon of the Double Discontinuity and potential professional obstacles resulting from it have been gained. Thus, the present study

makes an important contribution to the research on (challenges in) math teacher education. Specifically, it has been shown that measures to ease the transition to school should not solely focus on content-related or didactic aspects but first and foremost address the pedagogical problems.

Even though our study offers new insights, the research design has several limitations. First of all, the number of participants was fairly small ($N=14$). On the one hand, this made it possible to gain a detailed account from each participant, but on the other hand the small sample size severely limits the generalizability of the results. Not only is the sample fairly small, but participants cannot be assumed to have been sampled at random. First of all, the share of females in our sample was very high, i.e., about 79%.¹¹ However, it must be taken into account that teacher education studies are in general dominated by women. Another concern is that, among the participants, the motivation at the beginning of their studies was very high, and becoming a math teacher was in most cases a long-cherished dream. Just before the beginning of the school internship, all but one participant were sure about becoming a math teacher in the future. This suggests that the interviewees in our study approached the school internship with a more optimistic attitude and higher motivation than the average student which might have contributed to the overall positive perception of the school internship. The examination of the Double Discontinuity and in particular the transition from university to school on a larger scale thus remains a fruitful area for further research.

¹¹The share of women enrolled in teacher education programs in the federal state of Baden-Wuerttemberg, where our study is located, is more than 70% (Kühn, 2009).

References

- Allen, J. M., & Wright, S. E. (2014). Integrating theory and practice in the pre-service teacher education practicum. *Teachers and Teaching*, 20(2), 136-151.
<https://doi.org/10.1080/13540602.2013.848568>
- Anger, C., Kohlisch, E., & Plünnecke, A. (2021). MINT-Herbstreport 2021. Mehr Frauen für MINT gewinnen - Herausforderungen von Dekarbonisierung, Digitalisierung und Demographie meistern. Institut der deutschen Wirtschaft. Available at:
<https://www.iwkoeln.de/studien/christina-anger-enno-kohlisch-axel-pluennecke-mehr-frauen-fuer-mint-gewinnen-herausforderungen-von-dekarbonisierung-digitalisierung-und-demografie-meistern.html>
- Bauer, T., & Partheil, U. (2009). Schnittstellenmodule in der Lehramtsausbildung im Fach Mathematik. *Mathematische Semesterberichte*, 56(1), 85-103.
- Chaplain, R. P. (2008). Stress and psychological distress among trainee secondary teachers in England. *Educational Psychology*, 28(2), 195-209.
<https://doi.org/10.1080/01443410701491858>
- Chen, X. (2013). STEM Attrition: College students' path into and out of STEM fields (NCES 2014-001). National Center for Education Statistics, Institute of Education Sciences, U.S. Department of Education.
- Cohen, E., Hoz, R., & Kaplan, H. (2013). The practicum in preservice teacher education: A review of empirical studies. *Teaching Education*, 24(4), 345-380.
<https://doi.org/10.1080/10476210.2012.711815>
- Daskalogianni, K., & Simpson, A. (2002). "Cooling-off": The phenomenon of a problematic transition from school to university. In I. Vakalis (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on the Teaching of Mathematics (at the Undergraduate Level)* (pp. 103-110). J. Wiley. Available at:
<http://users.math.uoc.gr/~ictm2/Proceedings/pap209>
- De Guzman, M., Hodgson, B., Robert, A., & Villani, V. (1998). Difficulties in the passage from secondary to tertiary education. In A. Louis, U. Rehmann, & P. Schneider (Eds.), *Proceedings of the International Congress of Mathematicians* (Vol. 3, pp. 747-762). ICM. Available at: https://www.ime.usp.br/~vhgiusti/dificuldades_passagem.pdf
- Di Martino, P., & Gregorio, F. (2019). The mathematical crisis in secondary-tertiary transition. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(4), 825-843. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9894-y>

-
- Dustmann, C., Puhani, P. A., & Schönberg, U. (2017). The long-term effects of early track choice. *The Economic Journal*, 172(603), 1348-1380.
- Eichler, A., & Isaev, V. (2023). Improving prospective teachers' beliefs about a double discontinuity between school mathematics and university mathematics. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 44(1), 117-142. <https://doi.org/10.1007/s13138-022-00206-w>
- Engelbrecht, J. (2010). Adding structure to the transition process to advanced mathematical activity. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 41(2), 143-154. <https://doi.org/10.1080/00207390903391890>
- Foster, D. (2019). Initial Teacher Training in England. House of Commons Briefing Paper 6710.
- Geisler, S., Rach, S., & Rolka, K. (2023). The relation between attitudes towards mathematics and dropout from university mathematics - the mediating role of satisfaction and achievement. *Educational Studies in Mathematics*, 112, 359-381. <https://doi.org/10.1007/s10649-022-10198-6>
- Gueudet, G. (2008). Investigating the secondary - tertiary transition. *Educational Studies in Mathematics*, 67, 237-254.
- Heublein, U., Hutzsch, C., & Schmelzer, R. (2022). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland (DZHW Brief 05|2022). Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung. https://doi.org/10.34878/2022.05.dzhw_brief
- Hoyles, C., Newman, K., & Noss, R. (2001). Changing patterns of transition from school to university mathematics. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 32(6), 829-845. <https://doi.org/10.1080/00207390110067635>
- Klein, F. (1908). *Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus*. B.G. Teubner.
- Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (3rd ed.). Belz Juventa.
- Kuckartz, U. (2019). Qualitative Text Analysis: A systematic approach. In G. Kaiser & N. Presmeg (Eds.), *Compendium for Early Career Researchers in Mathematics Education* (pp.181-198). SpringerOpen. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15636-7_8
- Kultusministerium Baden-Württemberg. (2022). Handreichung zum Schulpraxissemester. Available at: https://www.praxissemester-bw.de/PS/RVO15_Handreichung.pdf

-
- Kühn, A. (2009). Lehramtsstudierende in Baden-Württemberg. Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 12/2009. Available at: https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Monatshefte/PDF/Beitrag09_12_01.pdf
- Kyriacou, C., & Stephens, P. (1999). Student teachers' concerns during teaching practice. *Evaluation and Research in Education*, 13, 18-31.
- Luk, H. S. (2005). The gap between secondary school and university mathematics. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 36(2-3), 161-174.
- Moore, R. C. (1994). Making the transition to formal proof. *Educational Studies in Mathematics*, 27(3), 249-266. <https://doi.org/10.1007/BF01273731>
- Murray-Harvey, R., Silins, H., & Saebel, J. (1999). A cross-cultural comparison of student concerns in the teaching practicum. *International Education Journal*, 11(1), 32-44.
- Prediger, S. (2013). Ein Ansatz zur Stärkung der mathematischen Fundierung unterrichtlichen Handelns. In C. Ableitinger, C. Kramer, & S. Prediger (Eds.), *Zur doppelten Diskontinuität in der Gymnasiallehrerbildung* (pp.151-168). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-01360-8_9
- Rach, S. (2014). *Charakteristika von Lehr-Lern-Prozessen im Mathematikstudium: Bedingungsfaktoren für den Studienerfolg im ersten Semester*. Waxmann.
- Rach, S., & Heinze, A. (2013). Welche Studierenden sind im ersten Semester erfolgreich? Zur Rolle von Selbsterklärungen beim Mathematiklernen in der Studieneingangsphase. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 34(1), 121-147. <https://doi.org/10.1007/s13138-012-0049-3>
- Rach, S., & Heinze, J. (2017). The transition from school to university in mathematics: Which influence do school-related variables have? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(7), 1343-1363.
- Sönmez, N., & Güven, B. (2022). Transition to university mathematics in Turkey: Examining the views of students and faculty members on student difficulties. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 9, 243-268. <https://doi.org/10.1007/s40753-022-00175-y>
- Vick, M. (2006). It's a difficult matter: Historical perspectives on the enduring problem of the practicum in teacher preparation. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 34, 181-198.

Winsløw, C., & Grønbæk, N. (2014). Klein's double discontinuity revisited: Contemporary challenges for universities preparing teachers to teach calculus. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, 34(1), 59-86.

Appendix

Table A1

Further Categories That Occurred in the Data but Were Not Relevant for the Present Study

Main Category	Description	Example
Key Data	Statements that refer to key information on the internship (e.g., the school where the internship was completed, in which grade levels students taught)	In almost all of them, actually. So, I taught sixth, seventh, eighth I actually only taught chemistry, in ninth I was also involved in math, tenth not really, but eleventh in the advanced course actually a lot, yes.
Practice Shock	Did the students experience a practice shock? Why (not)?	Practice shock? Nope. No, definitely not. Well, I have to say, I've been in front of a class before, I knew that, even if it was completely different.
Expenditure of Time	Statements that refer to the time required for the internship (also travel to school etc.), comparison to time expenditure of theoretical studies or whether it is necessary to reduce time expenditure	Less time. I already had the feeling that I had more free time. And I also did a few things at university, even though I wasn't allowed to. But you do have, well, I did have time. There were maybe two stressful weeks where the workload was a bit heavier than the normal semester before. But in general, I would say it was less work [...]
Obligations in Addition to the School Internship Semester	Students' obligations in addition to the school internship semester, e.g., work, attending lectures	I also worked a bit, so I did a bit of tutoring, which was usually once or twice a week, and then I did sport on the side. I trained two or three times a week. And then I also did things for pleasure.
Expectations about the Internship	Expectations that students had about the internship in advance and if they were fulfilled	So first of all, of course, a bit of confirmation that this is really what you want to do, because you've never really stood in front of a class for a long period of time.
Preparation for the Internship	Students' preparation and preparedness for the internship	I think not from university. Through my own work with young people and so on.
Seminar	Statements that refer to the seminars which accompanied the internship (content, structure, etc.)	I thought the didactics courses, the education courses, were really cool. But I think that always depends entirely on the person.
Dealing with Challenging Situations	Students' strategies or resources for coping with difficult situations which occurred during the internship	I think there were six or seven other interns at my school, so we were able to talk to each other regularly. What I found very helpful was that you realized that the others also have the same problems and you're not alone and everyone is at a similar level.
Cooperation with Teachers	Perception of the cooperation with teaching staff at school	[...] They were helpful, offered me lessons that I could take on, offered to help me and also just let me try things out if it wasn't

		the lesson before a class test or something, so it was good.
Feedback Received	Feedback received by mentors	It was positive and when it was negative or say criticism, it was often constructive criticism that I could accept and also understood that it was a point of criticism, it wasn't badmouthing or anything.
Thoughts about Canceling the School Internship Semester	Statements that refer to the question about whether the participant had thoughts about canceling the school internship semester at any point	[...] No, no, I, I, I didn't, except for pedagogy, that, well, that was the course I really hated, so I didn't often, I didn't often like going there, but I had no, no thought of dropping out.
General Feedback on the Internship	Praise, criticism, difficulties, or suggestions for improvement for the school internship semester	[...] Well, it would have been kind of nice if you had been paid for the, for the transport to the seminars or something, that would have been nice.
Professional Future	Plans for the professional future after the school internship	I went in with the attitude that I wanted to be a teacher. And that hasn't changed now.

5 Studie 3

Kapitel 5 basiert auf folgendem Manuskript:

Heusel, L., Glaesser, J., Kelava, A. Career Transitions in Teacher Education: A Multigroup Analysis of STEM and Non-STEM Graduates (2026). *International Journal of Science and Mathematics Education*, 24(56). <https://doi.org/10.1007/s10763-026-10682-y>

Die hier vorliegende Version basiert auf der vor der Revision eingereichten Fassung des Manuskripts und unterscheidet sich nur geringfügig von dieser.

Abstract

In Germany, there is a shortage of teachers in the STEM area which poses a serious problem to society and economy. This shortage is, among other factors, caused by the insufficient number of new students, the high number of university dropouts as well as unfavorable working conditions which lead to early career exits. While motives for study choice and study dropout have already been widely researched, we do not know much about teacher graduates who choose not to enter the profession upon completion of their studies. We believe that this decision and its underlying motives largely depend on the availability of attractive alternatives outside school, which are subject-related. In particular, we believe that the chances for finding an attractive, alternative occupation is much higher for STEM teacher graduates than for any other teacher graduates. Thus, in this study, we use multigroup structural equation modeling to identify predictors for turning away from the teaching profession, differentiating between STEM and non-STEM graduates. Our analysis includes motivation to choose teacher education studies, personality traits, interest, study-related factors, and various sociodemographic variables. While we find that initial motives for choosing teacher education studies were the strongest predictors of professional retention for non-STEM students, we were not able to identify specific patterns for STEM students. The results suggest that more research is required in order to be able to design appropriate interventions.

Keywords: *multigroup analysis, STEM, structural equation modeling, teacher education*

1 Introduction

Unlike in most countries, teacher education in Germany follows the pattern of vocational training rather than traditional studies and consists of a theoretical university phase (B.Ed. and M.Ed.)¹² as well as a subsequent practical phase which is completed directly at the schools, i.e., the preparatory service. Although teacher education courses are intended to prepare students specifically for becoming teachers, about one fifth of teacher education students do not enter the preparatory service upon graduation and will not be available to the schools in the future (Franz et al., 2023).

Given that these circumstances contribute to the shortage of teaching staff, which is particularly prevalent in the STEM area (science, technology, engineering and mathematics, e.g., Anger et al., 2021), it seems worth investigating why some teacher graduates decide to turn away from the teaching profession.

In general, existing research regarding the determinants of alternative professional pathways suggests several levels of influence, e.g., individual, training related or economic. While these are often considered in isolation, we believe that an approach which integrates several levels at the same time depicts the situation more realistically. In particular, we believe that the likelihood of choosing a career other than teaching, and the determinants of that choice, are driven by the alternatives available. One of the shortcomings of many studies on postuniversity retention of student teachers is that they do not consider the fact that the opportunities for taking up an alternative career, particularly regarding job availability or compensation, vary greatly across subjects and type of teaching degree (see, e.g., Klemm, 2020). Especially in the STEM-subjects, it may be relatively straightforward to find an attractive occupation outside school given the nationwide skills shortage, which will be discussed below.

To address these circumstances in a comprehensible yet accurate way and to gain profound knowledge on the professional retention of teacher education graduates, we apply

¹² In Germany, as part of the Bologna Process, teacher training was changed from the traditional “Staatsexamen” (state examination) to a bachelor’s and master’s system during the last few years, accompanied by various other innovations. Before that, the first state examination was awarded upon the successful completion of the theoretical study phase. At the time of the data collection for this study, the changeover was just taking place such that some students received a M.Ed., and others passed their first state examination.

multigroup structural equation models (Jöreskog, 1971; Sörbom, 1974) to data from the National Educational Panel Study (NEPS)¹³ which contain a variety of individual or teacher-training specific information on students from Germany. We chose to group respondents into STEM and non-STEM teacher graduates which allows for differences in the determinants of postuniversity retention between these groups.

Only graduates from secondary school teacher training were considered since they study their chosen substantive subjects in depth. Thus, it is likely to be much easier for them to be able to find a job in an alternative field compared with primary school teachers or special education teachers. In summary, we expect to gain detailed insights into the motives for turning away from the teaching profession upon the completion of university teacher education which will provide initial indications for the development of interventions.

In what follows, we give a brief description of the theoretical framework and discuss previous findings. We proceed with an overview of the data used for our analyses and the methodological approach. Finally, we will discuss the results and conclusions to be drawn from them.

2 Background, Theoretical Foundation and Previous Findings

2.1 Teacher Education in Germany

In Germany, unlike in many other countries, the initial decision to pursue a teaching career is already taken at the very beginning of university studies when students enroll into special teacher training (B.Ed.) programs. In principle, it is often possible to switch to a regular bachelor's program, however, those who choose teacher education programs have, at least initially, in most cases very specific ideas about their future careers (Bauer et al., 2011). The traditional division of the German secondary-school system into Hauptschule, Realschule and Gymnasium, with the latter preparing for university studies (Dustmann et al., 2017), also applies to teacher education. Study programs which prepare for teaching at the Gymnasium are the focus of this study. They have a strong emphasis on content knowledge, but they also

¹³ This paper uses data from the National Educational Panel Study (NEPS; see Blossfeld & Roßbach, 2019). The NEPS is carried out by the Leibniz Institute for Educational Trajectories (LIfBI, Germany) in cooperation with a nationwide network

include courses on pedagogical content knowledge and general pedagogical knowledge (see Shulman, 1986). Teacher education students must choose at least two out of those subjects which are taught at the Gymnasium. Most combinations are possible in this context. After completing their studies, trainee teachers are obliged to pass an 18 to 24 months preparatory service to enable them to teach at public schools (Kultusministerkonferenz, 2012, 2019a, 2019b), which are state-funded and attended by more than 90% of all students (Statistisches Bundesamt, 2020). The state financing ensures comparable quality and endowment at educational institutions all over the country (Dustmann et al., 2017).

During preparatory service, teacher candidates receive practical training at schools, but they also attend mandatory teaching seminars outside of the schools (Doil & Pietzner, 2023). Out of those students who successfully completed their preparatory service, 98 % work in the teaching profession afterwards, usually at public schools (Lenz et al., 2019; Gülen et al., 2022).

2.2 Labor Market for Teacher Education Graduates

Entry options for teachers in Germany are closely linked to the choice of subjects and type of school. While there is a shortage of teaching staff for elementary schools, lower secondary schools, vocational schools and special education schools, an excess supply of teachers for upper secondary schools has been recorded in recent years. This trend is broadly similar across federal states (e.g., Klemm, 2020). In what follows, we focus on the situation in the labor market for upper-secondary school teachers in recent years.

In spite of the overall excess supply, there are subjects which suffer from teacher shortages. Even though it was not possible for us to get access to concrete numbers on the recruitment of teaching staff in individual subjects, it is well known that especially shortages in the STEM area have steadily worsened during the last few years and the situation is expected to deteriorate increasingly. Therefore, natural scientists and mathematicians without a traditional teaching background are being recruited into the schools to cover STEM subjects, so-called lateral hires (e.g., Doil & Pietzner, 2023). In a parallel development, given their focus on content knowledge, graduates of upper-secondary school teaching courses can opt for careers outside the school. Even though the teaching profession is often chosen due to intrinsic motivation and because it offers high job security as well as making it possible to combine family and work, higher earnings in certain non-teaching fields might attract teacher graduates since teachers' salaries are bound by collective agreements. Previous research suggests that the

wage differential between teaching and non-teaching professions has an effect on the attrition of beginning teachers (Gilpin, 2011). Furthermore, Rots et al. (2014) find a negative relationship between nearly graduated student teachers' perception of the availability of attractive employment alternatives and their actual entry into the teaching profession. Due to the shortages of skilled workers in the STEM area (e.g., Anger et al., 2021), the expectations or chances of finding an attractive alternative to teaching, particularly in terms of wages, can be assumed to be substantially higher compared to, for instance, foreign languages.

In light of these circumstances, we consider an analysis that differentiates between STEM and non-STEM teachers' pathways after studies to be particularly insightful.

2.3 Theoretical Foundation and Previous Findings

Having set out the reasons for studying STEM and non-STEM teacher graduates separately, we now turn to the question of which additional variables may have an impact on their professional retention.

As pointed out above, the German teacher education system has some special features. This means that it may not be appropriate to draw on international studies to inform the debate (Gülen et al., 2022; Klusmann et al., 2012). Thus, in what follows, we focus on recent findings on career paths of former teacher trainees in Germany. Franz et al. (2023) suggest that expectancy-value theory (EVT; Wigfield & Eccles, 1992, 2000) provides a valuable framework for understanding the career choices of teacher graduates. According to EVT, these choices are made based on the subjective value and expectations of success for both the teaching profession and existing alternatives (Franz et al., 2023). Following Franz et al. (2023), a variety of determinants for the transition to the teaching profession can be derived from the EVT. The aspect of personal relevance, i.e., attainment value, can be measured in terms of personal characteristics, whereas interest and motivation cover the dimensions of intrinsic value and utility value. Costs can be understood as negative aspects of the engagement in a certain task, these can include monetary as well as psychological costs (Wigfield & Eccles, 1992, 2000). We include study satisfaction as one factor representing costs since low study satisfaction may cause psychological costs which may cause students to turn away from the teaching profession (Drüge et al., 2014; Franz et al., 2023). Final grades reflect achievement and can therefore be considered determinant of expectancies for success as a teacher (Franz et al., 2023). Using data from the NEPS, the authors study the career paths of teacher education graduates within the

first 12 months after graduation. The results suggest that women, compared to men, had a higher chance to transition to the preparatory service, and a lower chance to take up an occupation which is not related to teaching. Furthermore, students who had obtained an M.Ed. had a higher chance to transition directly to the teaching profession while the likelihood for transitioning to a job outside teaching decreases compared to those who obtained the first state examination. In addition, better final grades increased the chance to work in a non-teaching job, whereas having studied at least one subject from the STEM area led to a higher chance of starting a preparatory service. Effects have also been found for certain intrinsic and extrinsic motives for study choice as well as dimensions from the Big Five. Furthermore, higher study satisfaction increased the chance to start the preparatory service. However, the authors' model has a low pseudo-R², which suggests that there are potentially more factors, not considered up to now, which affect the professional pathway.

Gülen et al. (2022) also use NEPS data to study the relationship of career paths and sociodemographic (e.g., age) factors with achievement-related (e.g., high school GPA) and education-related (e.g., study motivation) factors. More precisely, the authors test for group differences between students pursuing three different career paths, i.e., “profession-specific”, “academic”, and “not profession-specific”. Profession-specific retention refers to students who are either completing their preparatory service or are already working as teachers. Academic retention refers to those who have started or already completed a PhD program. Students with a not profession-specific retention are those who work in a profession outside school without ever having worked in the teaching profession. The authors found that students who pursue an academic career were more often male, more often had an academic parental background, and were younger at the beginning of their studies compared to the other two groups. Furthermore, those in the group of academic retention differed from the other students with respect to achievement-related factors, i.e., better high school GPA and better grades in the degree program. However, there were no performance differences between students with profession-specific versus not profession-specific retention. In addition, students pursuing an academic career more often have had linear school careers compared to the other two groups. A low presumed level of difficulty was less important for choosing teacher education for those with academic retention compared to those with no profession-specific retention. The share of students who chose teacher education studies due to a low presumed level of difficulty significantly differs between academic and not profession-specific retention. Furthermore, intrinsic motivation of study choice is lower for students with not profession-specific career

paths compared to the other two groups, although it should be mentioned here that the overall level of intrinsic motivation was very high in all groups. Extrinsic motivation is lower for graduates with an academic path compared to those with profession-specific careers. Intellectual interests of students with an academic pathway were found to be higher than for the other two groups. Finally, students who opted for an academic or not profession-specific career had more often changed their type of degree compared to those with profession-specific retention and the share of students who changed their subject was the highest among the group with academic retention.

Collectively, these studies suggest that there are multiple levels of influence on the professional retention of teacher graduates, for instance, motivation, personal characteristics, and study-related factors.

3 The Present Study

Even though previous research identified a variety of variables that have an impact on the career paths of teacher graduates, the decision-making process as a whole does not seem to be well understood. One of the reasons might be that the existing literature does not account for differences in the availability of alternatives between different types of degrees and subjects to an appropriate extent. However, it seems plausible that the decision to choose a career other than teaching strongly depends on these alternatives. Hence, in this study, we focus on students who completed a university program which prepares them for becoming teachers at a Gymnasium. As already mentioned, these types of programs have a strong focus on subject-related content and potentially pave the way for numerous perspectives outside the teaching profession. In view of the differences already mentioned, it seems fruitful to take a detailed look at students who have chosen at least one STEM subject and students who have opted for a combination of subjects outside the STEM field. Given that the initial decision to become a teacher is already taken with the choice of a teacher education program and given the largely state-funded education system with comparable conditions across schools and universities, Germany provides an ideal setting for gaining greater insights into the topic.

We use data from the NEPS on students who completed the university part of teacher education and were then able to choose whether they wanted to move on into the preparatory service or look for an alternative occupation. We focus on these students instead of those who successfully finished their preparatory service, since it can be assumed that the decision to

become a teacher or not is already taken before going into preparatory service by most people, since 98% of those students who complete the preparatory service are employed as teachers afterwards (Gülen et al., 2022). Based on the following research questions, we aim to shed more light on this issue: Which parameters make it more or less likely to remain in a teacher education program after the completion of university-based teacher education studies? How do these relationships differ between STEM- and non-STEM graduates?

Given previous findings as well as the suggested group differences in the availability of jobs both in the teaching profession and alternatives in the industry, we assume the impact of certain variables on the retention in the teaching profession to also differ between the groups. However, we rely on an exploratory approach here, i.e., we do not have any specific hypotheses given the lack of studies that discuss this issue in more detail.

Overall, we expect to gain a better understanding of the factors which impact teacher graduates' decision to find work either inside or outside school.

4 Data and Methodology

4.1 Sample

In this study, we use data from the starting cohort “First-Year Students” (SC5) of the NEPS (NEPS Network, 2024). SC5 contains data on students from all over Germany who were enrolled for the first time in a public or state-approved institution of higher education in the winter semester of 2010/11 and who were followed up in a longitudinal study design until after their entry to the workforce. To be able to study teacher-specific questions, trainee teachers were oversampled on purpose (FDZ-LIfBi, 2023) and received additional questions relating to teacher education (Franz et al., 2023; Ortenburger et al., 2023). Our analysis sample consists of N= 1,119 students who studied for teaching at the Gymnasium and who obtained either their first state examination or M.Ed. To create our research data set, we combined information from several longitudinal and cross-sectional datasets as well as episode data.¹⁴

¹⁴ For further information on episode data, see, e.g., FDZ-LIfBi (2023).

4.2 Variables and Constructs

SC5 from the NEPS contains a variety of manifest and latent variables which relate to students' competencies, educational choices and study success as well as labor market entry and professional success (Ortenburger et al., 2023). In this section, we review variables and constructs relevant for the study at hand. In line with Franz et al. (2023), our choice of variables is based on the EVT and further important previous findings.

4.2.1 Outcome Variable

Our outcome variable *teacher* is dichotomous. It takes on the value 1 for any individual who entered the preparatory service or who became a teacher at any time after their studies during the period under observation.¹⁵ For individuals who never entered preparatory service or took up a teaching career, *teacher* is equal to 0. As a teaching career, we exclusively define teaching at secondary schools. Furthermore, we only included professional careers. This means that periods of unemployment or parental leave, for instance, were excluded from the analysis.

4.2.2 Grouping Variable

The binary variable *STEM*, which is equal to 1 for individuals who studied at least one STEM subject and 0 otherwise, divides our dataset into two groups to run a multigroup analysis. Physics, chemistry, biology, mathematics, and computer science were classified as STEM subjects.

4.2.3 Explanatory Variables

Motivation to choose teacher education studies was measured by adapting a short version of the FEMOLA instrument (Pohlmann & Möller, 2010), a standardized questionnaire assessing various factors influencing the decision to pursue a teaching career. Three items ranging from 1 ("did not apply at all at the time") to 4 ("was completely true at the time") were used per subscale and data collection took place retrospectively in 2014. We included two intrinsic motives: professional interest (Cronbach's $\alpha = 0.65$) and pedagogical interests

¹⁵ At private schools it is sometimes possible to directly start teaching without completing the preparatory service. However, this only was the case for a very small number of the individuals.

($\alpha = 0.76$) as well as three extrinsic motives: financial benefit ($\alpha = 0.86$), good work-life balance of the teaching profession ($\alpha = 0.77$), social impact ($\alpha = 0.67$; Ortenburger et al., 2023). We did not consider self-concept as a teacher due to the low α (0.53). Furthermore, we excluded the motive of low presumed level of study difficulty given that there were categories for which we did not have any observations in our data.

Personality was measured with a short version of the “Big Five Inventory” (BFI-10) by Rammstedt and John (2007) which contains only two items per dimension, except for agreeableness (Wohlkinger et al., 2011). However, we only included the dimensions extraversion (outgoing, sociable, $\rho = 0.72$) and openness (artistic and imaginative, $\rho = 0.56$)¹⁶ since we assume that these have the largest impact on the decision of becoming a teacher or to opt for an alternative career. The items were measured in 2012 and 2016. If available, the measurements from 2016 were considered, if not, measurements from 2012 were used. For both constructs, we used the average scores of the two items. Despite the rather low reliability of the subscales, the instrument shows a high convergent validity with approved, longer Big Five Scales (Franz et al. 2023; see, e.g., Rammstedt & John, 2007).

Interest was measured on the “Interest Inventory Life-Span” (IILS) which was developed by the NEPS and which is based on two inventories. First, the revised Allgemeiner Interessen-Struktur-Test (AIST-R; Bergmann & Eder, 2005), which is based on Holland’s (1997) theory of vocational personalities and work environments, often referred to as the RIASEC model. This model categorizes people and work environments into six broad types: Realistic, Investigative, Artistic, Social, Enterprising, and Conventional, helping to match individuals’ interests with compatible career paths. Second, a German version (von Maurice, 2006) of the Inventory of Children’s Activities-Revised (ICA-R) by Tracey and Ward (1998). For the students in SC5, one item from the ICA-R as well as two items from the AIST-R were used for each scale (Wohlkinger et al., 2011). We used the mean value across the three items for each of the dimensions and only included social ($\alpha = 0.62$) and intellectual ($\alpha = 0.66$) interests since we believe that these have the largest impact on the decision whether or

¹⁶ To compute average scores, some items were inverted.

not to enter the teaching profession. The internal consistency of the subscales is rather low but can be considered sufficient given the heterogeneity of the scales (Franz et al., 2023). The interests were measured in 2015 and 2011. We used the latest available information for everyone.

We also included **study-related variables**. First, we included study satisfaction which was measured with a single item ranging from 0 to 10 (0 = not at all satisfied; 10 = completely satisfied) in the years 2011 to 2014. For each individual, we used the latest available information. Additionally, the final study grades were included. These were obtained retrospectively and range from 1 (excellent) to 5 (failed). The highest pass grade is 4. Contrary to common practice, we decided not to use the grades of the university entrance qualifications given that they lack comparability due to the different types of entrance qualifications and requirements in the different federal states.

We further included several **socio-demographic variables**. These were age at the end of studies, gender (dichotomous; 0 = female, 1 = male), a dichotomous predictor migrant that indicated whether a person had a migration background as well as the HISEI which reflects the highest parental socioeconomic status ISEI08 (Ganzeboom, 2010). Furthermore, we controlled for whether children lived in the same household as the interviewee at the time that the studies ended.

In addition, we included a time trend to control for any time-specific impacts on the job choice, e.g., the development of the strength of the labor market over the years. To allow for more flexibility, we also added a squared time trend.

Lastly, we included dummy variables for different regional categories based on the location of the university where the students completed their studies (North, South, West, East; reference category: Berlin). In this way, we were able to control for regional differences in the availability of teacher occupations or alternatives that might have an impact on the career choice. An overview of the entire descriptive statistics can be found in Table A1 in the appendix.

4.3 Methodology

To be able to identify motives for choosing not to enter the teaching profession as well as to detect potential group differences between STEM and non-STEM teacher graduates with respect to these motives, we used multigroup structural equation modeling. Data preparation was executed in Stata (Version 17; StataCorp, 2021) and subsequent statistical analyses were conducted using the packages *lavaan* (Rosseel, 2012) and *semTools* (Jorgensen et al., 2018) in R.

For comparison of scale scores between groups, it is required that each latent variable is measured equally across groups, i.e., strong measurement invariance must hold (Meredith, 1993; Svetina et al., 2019). For latent variables with categorical indicators, this implies that both factor loadings and thresholds are equal across groups (e.g., Putnick & Bornstein, 2016).

In our data, we did not find any evidence against strong invariance. We estimated all structural paths without imposing equality constraints between the groups. For missing values, we applied pairwise deletion which means that each covariance is computed based on all cases with non-missing values for the respective pair of variables (e.g., Marsh, 1998). An advantage of this method is that we can use as many observations as possible.¹⁷ Pairwise deletion works well under the assumption of MCAR (Missing Completely at Random; see, e.g., Rubin, 1976 for more information on mechanisms through which data can be missing).

As in ordinary linear regression, binary covariates were recoded to have the values 0 and 1. All variables with $2 < K < 5$ levels were treated as categorical, whereas variables with more than 5 categories were treated as continuous. Exogenous ordinal variables were coded numerically to preserve the original order. Nominal categorical variables with $K > 2$ levels were replaced by a set of $K-1$ dummy variables. Endogenous categorical variables were declared as ‘ordered’ in the fitting function to be treated as such in the model. Since our outcome variable is dichotomous, a probit link function is used (see Rosseel, 2017). In this case, *lavaan* applies the WLSMV estimator (Muthén, 1984) by default. It uses diagonally weighted least squares

¹⁷ A variety of studies (e.g., Enders, 2001) suggest that full-information maximum likelihood (FIML) is a superior approach for handling missing data, however, it is currently not supported for categorical data estimation in *lavaan*.

(DWLS) for parameter estimation, while employing the full weight matrix for computing robust standard errors as well as a mean- and variance-adjusted test statistic (Rosseel, 2017). Given that it does not rely on the assumption of normally distributed variables, it is commonly regarded as the best option for modeling categorical data (e.g., Brown, 2006).

5 Results

5.1 Group Comparison

Before proceeding with our actual statistical analysis, we check for existing differences between the groups regarding our explanatory variables. We conducted mean comparisons between STEM and non-STEM students, the results of these are shown in Table 1.

As can be seen, there are differences regarding some of the FEMOLA-items, i.e., those which measure the role of professional interest or social impact as motives for choosing teacher education studies. Furthermore, we find significant differences regarding Big Five personality traits, intellectual and social interest, final study grades, the share of females as well as the share of migrants. More specifically, professional interest was found to be higher among non-STEM than among STEM teacher graduates ($\Delta_M = M_0 - M_1 = 0.19, p = 0.00$ for item 1).

Moreover, non-STEM graduates were more likely to choose teacher education due to financial benefits ($\Delta_M = 0.13, p = 0.02$ for item 1, $\Delta_M = 0.14, p = 0.02$ for item 2).

Furthermore, social influences, for instance from friends or family, were more important for choosing teacher education for students from outside the STEM field ($\Delta_M = 0.16, p = 0.01$ for item 1; $\Delta_M = 0.12, p = 0.05$ for item 2; $\Delta_M = 0.13, p = 0.02$ for item 3). These students were also shown to have higher levels on the Big Five dimensions extraversion ($\Delta_M = 0.14, p = 0.00$) and openness ($\Delta_M = 0.28, p = 0.00$). Relatively large group differences existed between intellectual interest ($\Delta_M = -0.21, p = 0.00$ for item 1; $\Delta_M = -1.55, p = 0.00$ for item 2; $\Delta_M = -1.24, p = 0.00$ for item 3) and there were also differences with respect to social interest ($\Delta_M = 0.16, p = 0.01$ for item 1; $\Delta_M = 0.12, p = 0.05$ for item 2; $\Delta_M = 0.13, p = 0.02$ for item 3). Intellectual interests of STEM students greatly exceeded those of non-STEM students, while social interests were higher among non-STEM students. Study grades were found to be better among non-STEM graduates ($\Delta_M = -0.12, p = 0.000$). Finally, the share of males was higher among STEM

teacher graduates ($\Delta_p = \text{prop}_0 - \text{prop}_1 = -0.09, p = 0.00$) and the share of individuals with a migration background ($\Delta_p = 0.05, p = 0.02$) was higher among non-STEM graduates.

Even though some of the group differences we found are only small, these findings show that the groups differ right from the beginning of their studies regarding motives for choosing teacher education studies as well as socio-demographic characteristics. We take account of these differences by including them in our model.

The differences found make it likely that the reasons for remaining in the teacher profession or not could also differ between the groups. A multigroup SEM is appropriate to explore differences in these operating mechanisms in addition to studying absolute group differences.

Table 1

Comparison of variables between STEM and non-STEM students

	STEM = 0		STEM = 1		Group Comparison			
	M	SD	M	SD	$M_0 - M_1$	SE	$\Pr(> t)$	t
FEMOLA:								
Professional interest								
Item 1	3.15	0.83	2.95	0.83	0.19	0.06	0.00	3.33
Item 2	3.51	0.62	3.49	0.65	0.02	0.04	0.66	0.43
Item 3	3.14	0.80	3.19	0.73	-0.05	0.05	0.33	-0.97
Pedagogical interest								
Item 1	3.33	0.68	3.40	0.66	-0.07	0.05	0.12	-1.54
Item 2	3.17	0.78	3.08	0.78	0.10	0.06	0.08	1.73
Item 3	3.38	0.67	3.42	0.67	-0.04	0.05	0.43	-0.79
Financial benefit								
Item 1	2.70	0.81	2.57	0.79	0.13	0.06	0.02	2.27
Item 2	2.99	0.86	2.86	0.85	0.14	0.06	0.02	2.28
Item 3	2.99	0.80	2.93	0.80	0.06	0.06	0.27	1.11
Work-life balance								
Item 1	2.53	0.93	2.45	0.91	0.08	0.06	0.21	1.26
Item 2	2.84	0.90	2.84	0.88	-0.00	0.06	0.97	-0.03
Item 3	3.11	0.82	3.10	0.83	0.01	0.06	0.92	0.10
Social impact								
Item 1	1.84	0.99	1.68	0.87	0.16	0.06	0.01	2.53
Item 2	2.18	0.94	2.06	0.84	0.12	0.06	0.05	1.99
Item 3	1.87	0.80	1.74	0.72	0.13	0.05	0.02	2.41
Big Five:								
Extraversion	3.96	0.76	3.82	0.75	0.14	0.05	0.00	2.97
Openness	3.74	0.84	3.46	0.85	0.28	0.05	0.00	5.42

Interest:								
Intellectual								
Item 1	3.82	0.96	4.02	0.86	-0.21	0.06	0.00	-3.70
Item 2	1.81	0.90	3.36	1.34	-1.55	0.07	0.00	-21.78
Item 3	1.86	0.91	3.11	1.30	-1.24	0.07	0.00	-17.82
Social								
Item 1	4.39	0.72	4.27	0.74	0.16	0.06	0.01	2.54
Item 2	3.28	0.99	3.11	0.92	0.12	0.06	0.05	1.99
Item 3	3.75	0.98	3.53	0.99	0.13	0.05	0.02	2.41
Study-related variables:								
Study satisfaction	6.95	2.02	6.99	1.91	-0.05	0.12	0.71	-0.37
Final study grade	1.78	0.45	1.90	0.47	-0.12	0.03	0.00	-4.11
Socio-demographic variables:								
Age	25.93	1.96	25.73	2.56	0.20	0.14	0.16	1.42
HISEI	61.07	19.49	62.31	18.95	-1.24	1.20	0.30	-1.03
	%	n	%	n	prop ₀ - prop ₁	SE	Pr(> z)	z
Male	26.60	172	35.11	165	-0.09	0.03	0.00	-3.10
Migrant	13.25	86	8.72	41	0.05	0.02	0.02	2.36
Children	7.10	46	8.51	40	-0.01	0.02	0.38	-0.87
N	649		470					

Note. We used z-tests to test for differences in proportions of dichotomous variables and unpaired t-tests for mean differences in all other cases. Differences in variances between groups were accounted for by using Satterthwaite's degrees of freedom if applicable. *N* reflects the size of each group, the number of observations available for each of the variables differs.

5.2 Professional Retention of Teacher Graduates

First, when we look at the shares of students in alternative occupations it becomes clear that this figure is more than twice as high for non-STEM students compared to STEM students (13.4% vs. 6.4%, $p = 0.00$), as displayed in Table 2. The share of all teacher graduates who chose an alternative occupation amounts to 117 (10.5%). Of these, 30 were enrolled into at least one STEM subject whereas 87 did not study a STEM subject. This indicates two things. First, non-STEM students are significantly more likely to pursue alternative occupations than their STEM counterparts and second, there is a considerable share of students who do not enter the teaching profession upon completion of their studies, which calls for a closer examination of their motivations.

Table 2

Professional retention of teacher graduates, differentiating between STEM and non-STEM students

	STEM = 0	STEM = 1	Total	prop ₀ -prop ₁	P(> z)
Preparatory service/ Teaching	562 (86,6%)	440 (93,6%)	1,002 (89,5%)	-0.07	0.00
Alternative occupation	87 (13,4%)	30 (6,4%)	117 (10,5%)		
<i>N</i>	649	470	1,119		

Note. Shares within group (STEM = 0 and STEM = 1) in parentheses.

5.3 Multigroup Analysis

Given that our outcome is binary, and we therefore used a probit regression model, the interpretation of the coefficients is not as straightforward as in linear regression. In fact, it is the relationship between the probit of the outcome and the independent variables which is modeled linearly rather than the relationship between the coefficient and the outcome. In other words, we predict the z-score change of our outcome following a one-unit change of the explanatory variable. Unlike ordinary regression analyses, where the coefficients represent the average effect of the independent variable on the outcome, $P(Y=1|X)$ must be computed based on the z-scores and specific values of X . Results of the analysis are displayed in Table 3.

In general, motives for choosing to enter the preparatory service or directly starting work as a teacher, differed between both groups. In the group of non-STEM graduates, we find that the FEMOLA constructs had an impact on the likelihood of choosing the teaching profession on completion of university studies. Pedagogical ($b = 0.173$, $SE = 0.090$, $p = 0.055$) and financial ($b = 0.254$, $SE = 0.108$, $p = 0.018$) motives for choosing teacher education had a positive, significant impact on the likelihood of remaining in the teaching profession while higher content-related interests ($b = -0.260$, $SE = 0.101$, $p = 0.010$) made it more likely to abandon teaching.

In addition, we find positive and significant effects of study satisfaction ($b = 0.065$, $SE = 0.033$, $p = 0.051$) on the likelihood of becoming a teacher. Social or intellectual interest as well as personal characteristics or socio-demographic variables did, however, not have

significant effects on the professional retention of non-STEM graduates. Furthermore, we do not find any effects for the region in which the degree was obtained as well as the year of graduation.

For the group of STEM-students, we did, however, not find any significant effects of our independent variables on the likelihood of choosing to remain in the teaching profession. Potential explanations will be discussed in the next section.

Table 3

Results of the Multigroup Analysis

	STEM = 0				STEM = 1			
Outcome:	b	SE	z-value	P(> z)	b	SE	z-value	P(> z)
Preparatory Service/Teaching								
FEMOLA:								
Professional interest	-0.260	0.101	-2.574	0.010	-2.414	14.056	-0.172	0.864
Pedagogical interest	0.173	0.090	1.917	0.055	-0.846	5.024	-0.168	0.866
Financial benefit	0.254	0.108	2.356	0.018	0.521	3.100	0.168	0.867
Work-Life balance	-0.099	0.142	-0.702	0.483	-0.331	1.997	-0.166	0.868
Social impact	-0.066	0.122	-0.541	0.588	-1.423	8.657	-0.164	0.869
Big Five:								
Extraversion	-0.148	0.106	-1.399	0.162	0.152	1.895	0.080	0.936
Openness	-0.085	0.087	-0.981	0.327	0.125	1.446	0.086	0.931
Interest:								
Intellectual	-0.011	0.036	-0.300	0.764	0.244	1.500	0.163	0.871
Social	-0.001	0.043	-0.016	0.987	-0.348	2.030	-0.171	0.864
Study-related variables:								
Study satisfaction	0.065	0.033	1.950	0.051	-0.111	0.682	-0.163	0.870
Final study grades	0.213	0.174	1.219	0.223	1.163	6.719	0.173	0.863
Socio-demographic variables:								
Age	-0.069	0.045	-1.555	0.120	-0.128	0.524	-0.245	0.807
Male	-0.180	0.166	-1.084	0.278	-1.680	10.429	-0.161	0.872
Migrant	0.140	0.224	0.626	0.532	2.355	16.695	0.141	0.888
HISEI	0.004	0.004	1.206	0.228	0.056	0.338	0.166	0.868
Children	-0.225	0.292	-0.771	0.441	1.532	8.092	0.189	0.850

Regions (reference category: Berlin)								
North	0.504	0.488	1.032	0.302	3.557	21.212	0.168	0.866
South	0.093	0.419	0.222	0.824	3.225	20.166	0.160	0.873
West	0.283	0.398	0.711	0.477	4.432	27.241	0.163	0.871
East	0.450	0.430	1.046	0.295	3.686	22.291	0.165	0.869
Time trend ^a :								
t	0.105	0.093	-1.133	0.257	-0.742	4.599	-0.161	0.872
t ²	-0.014	0.047	-0.306	0.759	0.115	0.842	0.137	0.891

Note. Unstandardized estimates. ^a centered.

6 Discussion and Conclusion

In Germany, especially for STEM subjects, there are worsening teacher shortages. In addition to dropouts from university teacher training courses and attrition of qualified teachers already working in the profession, an often-neglected group in this context are newly graduated students who decide not to complete their preparatory service, taking up a job outside school instead. Not only do they contribute to teacher shortages, but they also take up resources that could be used elsewhere, and they complicate human resource planning. With the present study, we aim to contribute to a better understanding of this phenomenon. Given that the availability of alternative occupations as well as that of teacher positions varies between different subject areas, any analysis of this topic must take account of these differences.

We analyzed the motives of teacher graduates for entering the teaching profession (or not) based on data from the NEPS and considered motivation to choose teacher education studies, personality, interest, study-related as well as several socio-demographic variables. We studied potential differences regarding these relationships between STEM- and non-STEM graduates using multigroup SEM. We exclusively focused on students with a degree for secondary school teaching.

First of all, we find that among the students in our sample, around 10% did not start a preparatory service or teaching under the period of study. This proportion is a little lower than the one found in previous studies from Germany (e.g., Franz et al., 2023; Gülen et al., 2022). However, we have to take into account here that these previous studies focused on all types of teaching degrees, while we concentrate on secondary teachers. We further find that the share of

graduates who decided to enter the teaching profession was much higher among STEM (94%) than among non-STEM students (87%, $p = 0.00$).

Moreover, we show that in the group of non-STEM graduates, the initial motivation for choosing teacher education in the first place had the largest impact on the decision whether to remain in the teaching profession or not.

In particular, financial motives as well as pedagogical interest made it more likely to become a teacher while motives related to content-related interest made it more likely to search for an alternative occupation. One rationale behind these findings might be that for students who had a high content-related interest in, for instance, German studies, teacher education constituted a safe fallback plan given the precarious possibilities at the labor market for students of German language with respect to both availability and wages. It must be considered here that in this case, the teaching profession and the associated civil servant status offer a financially attractive and secure alternative option. The fact that at the same time financial motives for choosing teacher education did not have an impact for STEM students underlines these findings given that in STEM subjects attractive occupations apart from teaching can be found. Thus, it is plausible that for these non-STEM students it was clear from the beginning that they would only become teachers if they did not find another job. On the other hand, those who really studied teacher education due to pedagogical interest decided on remaining in this profession, at least for now, as indicated by the positive effect of pedagogical interest on the retention in the teaching profession. This finding is also consistent with the finding that the rate of students who turn away from the teaching profession is much higher among non-STEM students since we can assume that STEM students who are not interested in becoming teachers directly choose purely scientific studies rather than teacher education studies. This thesis is further supported by the finding that among non-STEM graduates the motive for choosing teacher education due to professional interest was higher compared to STEM students while the same held true for social influences shaping the decision for studying teacher education. Thus, we have a selection effect in that the STEM graduates are already largely only those who want to teach. The non-STEM group is more heterogeneous in this respect.

For the group of non-STEM students, we also find significant effects of study satisfaction on professional retention, similarly to the results by Franz et al. (2023). Students that are more satisfied with their studies are more likely to do a preparatory service or directly

start work as a teacher. Given that the university-based studies already have an apprenticeship-like character, this finding is not surprising.

In contrast to findings of other studies (e.g., Franz et al., 2023; Gülen et al., 2022) which suggest that particularly gender is related to the career decisions of teacher graduates, we do not find this effect in our data. Furthermore, in contrast to Franz et al. (2023), we do not find any significant effects of the final study grades. However, the results by Gülen et al. (2022), who explicitly consider academic retention, suggest that final study grades are only related to academic retention, but not to non-academic retention. The authors also find a relationship between parental educational background and academic retention while we do not find any significant effects of socio-demographic variables.

Interestingly, professional retention was independent from the region in which the students obtained their study degree. If we assume that the regional mobility of the graduates is limited, one might have expected to find at least some effect here since the job availability varies across regions in Germany. Similarly, we did not find any effects of the year in which the students graduated even though one could have assumed to find an effect here.

Overall, our findings suggest that both the initial motives for studying teacher education as well as the study satisfaction throughout the studies have an impact on the retention of non-STEM teacher graduates in the teaching profession.

When we now look at STEM students, none of the predictors used in our analysis was found to have a significant impact on the likelihood of entering the preparatory service after graduation or directly starting a teaching career. Thus, it is hard to identify specific patterns. Existing theories such as the EVT do not seem to offer explanations here. Therefore, the predictability of the decision for not going into preparatory service is rather poor for STEM students. Based on our results it is unclear which interventions could really help to make a change, and more research is required in this area. It should also be considered that effective interventions may lie outside the sphere of influence of teacher education.

Given that Franz et al. (2023), controlling for the subject area as well as the school type, identified, several factors that predict retention in the teaching profession, we expected to find at least some predictors in this group as well.

It cannot be denied that one reason for not finding (strong) predictors might be the small sample size among STEM students who opt for alternative careers. However, there was no data set available that is superior to the NEPS regarding the question at hand. Still, the small sample size might lead to low statistical power, making it hard to identify significant effects even if they existed in the population. However, we believe that this is only one part of the story. For instance, we should consider that this previous study does not allow for different structural paths between STEM and non-STEM teacher graduates and that the authors do not define the outcome variable in exactly the same way as we did. Another explanation is that there are important differences even within STEM students that lead to heterogeneous patterns which result in the lack of significant findings. Unfortunately, we cannot study these in more detail given the low number of cases. Furthermore, given that STEM graduates often can find attractive alternatives apart from teaching, it might be that the factors we studied here are simply not that meaningful for this group, given that, as noted above, this may already be a fairly homogeneous group due to selection effects. Only those who intend to become teachers remain in the group at this stage.

Even though we were able to identify motives for turning away from the teaching profession among non-STEM graduates, a prediction of the risk of leaving the teacher career currently seems difficult as also implied by the low R-squared in other studies (e.g., Franz et al., 2023).

In general, it might be interesting to take a closer look at those who switch during or after their bachelor's degree course, since we assume that this is more common. Furthermore, the period of observation is limited, and we only consider developments in the professional sphere. It is possible that some graduates take up their preparatory service after completing a PhD or a period of parental leave. Moreover, we must consider the possibility of bias given that the data were collected retrospectively. Another problem related to the longitudinal structure of the NEPS data is panel attrition. In addition, constructs have been measured at different points which might lead to further distortions (see also Franz et al., 2023).

Maybe the key to understanding the phenomenon is to employ a process perspective instead that considers the accumulation of a variety of motives using intensive longitudinal data, as has for instance been done for analyzing student dropouts in the first semester of math

teacher education (e.g., Heusel et al. 2023, Kelava & Brandt, 2019). By capturing the evolving nature of these factors over time, such studies could offer deeper insights into the underlying mechanisms driving teacher graduates' professional retention and potentially inform more targeted interventions or support strategies.

References

- Anger, C., Kohlisch, E., & Plünnecke, A. (2021). *MINT-Herbstreport 2021. Mehr Frauen für MINT gewinnen – Herausforderungen von Dekarbonisierung, Digitalisierung und Demographie meistern*. Institut der deutschen Wirtschaft. Available at: <https://www.iwkoeln.de/studien/christina-anger-enno-kohlisch-axel-pluennecke-mehr-frauen-fuer-mint-gewinnen-herausforderungen-von-dekarbonisierung-digitalisierung-und-demografie-meistern.html>
- Bauer, J., Diercks, U., Retelsdorf, J., Kauper, T., Zimmermann, F., Köller, O., Möller, J., & Prenzel, M. (2011). Spannungsfeld Polyvalenz in der Lehrerbildung: Wie polyvalent sind Lehramtsstudiengänge und was bedeutet dies für die Berufswahlsicherheit der Studierenden? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 14, 629-649. <https://doi.org/10.1007/s11618-011-0239-7>
- Bergmann, C., & Eder, F. (2005). *Allgemeiner Interessen-Struktur-Test mit Umwelt-Struktur-Test (UST-R) -Revision*. Beltz.
- Blossfeld, H.-P., & Roßbach, H.-G. (Eds.) (2019). *Education as a lifelong process: The German National Educational Panel Study (NEPS). Edition Zfe* (2nd ed.). Springer VS.
- Brown, T. (2006). *Confirmatory factor analysis for applied research*. Guildford.
- Doil, M., & Pietzner, V. (2023). Shine a spotlight on the preparatory service within science teacher education in Germany: A systematic review. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 11(3), 475-487. <https://doi.org/10.30935/scimath/12980>
- Drüge, M., Schleider, K. & Rostai, A.-S. (2014). Psychosoziale Belastungen im Referendariat – Merkmale, Ausprägungen, Folgen. *Die Deutsche Schule*, 106(4), 358-372. Available at: https://www.waxmann.com/index.php?eID=download&id_artikel=ART101535&uid=frei
- Dustmann, C., Puhani, P. A., & Schönberg, U. (2017). The long-term effects of early track choice. *The Economic Journal*, 127(603), 1348-1380.
- Enders, C.K. (2001). The performance of the Full Information Maximum Likelihood Estimator in multiple regression models with missing data. *Educational and Psychological Measurement*, 61(5), 713-740. <https://doi.org/10.1177/0013164401615001>

-
- FDZ-LIfBi. (2023). *Data manual NEPS starting cohort 5 - First year students, from higher education to the labor market, Scientific use file version 19.0.0*. Leibniz Institute for Educational Trajectories, National Educational Panel Study. https://www.neps-data.de/Portals/0/NEPS/Datenzentrum/Forschungsdaten/SC5/19-0-0/NEPS_SC5_DataManual_19-0-0_en.pdf
- Franz, S., Gäckle, S., & Menge, C. (2023). Übergänge von Lehramtsabsolventinnen und -absolventen: Wer bleibt im ersten Jahr nach Studienabschluss auf dem Weg zur Lehrkraft? In J. Ordemann, F. Peter, & S. Buchholz (Eds.), *Vielfalt von hochschulischen Bildungsverläufen: Wege in das, durch das und nach dem Studium* (pp. 191-222). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-39657-2_8
- Ganzeboom, H. B. G. (2010). *A new international socio-economic index (ISEI) of occupational status for the international standard classification of occupation 2008 (ISCO-08) constructed with data from the ISSP 2002-2007*. Paper presented at the Annual Conference of International Social Survey Programme, Lisbon.
- Gilpin, G. (2011). Reevaluating the effect of non-teaching wages on teacher attrition. *Economics of Education Review*, 30, 598-616.
- Gülen, S., Müller, K., & Schmid-Kühn, S. M. (2022). Lehramtsstudium - Vorbereitungsdienst - Lehrkräfteberuf, oder? Empirische Analysen aus dem Nationalen Bildungspanel (NEPS). *ZeHf - Zeitschrift für empirische Hochschulforschung*, 2, 149-168. <https://doi.org/10.3224/zehf.v6i2.05>
- Heusel, L., Glaesser, J., Kilian, P., Merk, S., & Kelava, A. (2023). Comparing dropout intentions of math students on trainee teacher courses versus Bachelor of Science courses using intensive longitudinal data. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1205949>
- Holland, J. L. (1997). *Making vocational choices: A theory of vocational personalities and work environments* (3rd ed.). Psychological Assessment Resources.
- Jöreskog, K. G. (1971). Simultaneous factor analysis in several populations. *Psychometrika*, 36(4), 409-426. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1007/BF02291366>
- Jorgensen, T. D., Pornprasertmanit, S., Schoemann, A. M., & Rosseel, Y. (2018). *semTools: Useful tools for structural equation modeling. R package version 0.5-1*. Available at: <https://CRAN.R-project.org/package=semTools>

-
- Kelava, A., & Brandt, H. (2019). A nonlinear dynamic latent class structural equation model. *Structural Equation Modeling*, 26(4), 509–528. <https://doi.org/10.1080/10705511.2018.1555692>
- Klemm, K. (2020). *Lehrkräftemangel in den MINT-Fächern: Kein Ende in Sicht. Zur Bedarfs- und Angebotsentwicklung in den allgemeinbildenden Schulen der Sekundarstufen I und II am Beispiel Nordrhein-Westfalen*. Essen. Available at: <https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/mint-lehrkraeftebedarf-2020-ergebnisbericht.pdf>
- Klusmann, U., Kunter, M., Voss, T., & Baumert, J. (2012). Berufliche Beanspruchung angehender Lehrkräfte: Die Effekte von Persönlichkeit, pädagogischer Vorerfahrung und professioneller Kompetenz. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 26(4), 275–290. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000078>
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2012). *Ländergemeinsame Anforderungen für die Ausgestaltung des Vorbereitungsdienstes und die abschließende Staatsprüfung: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 06.12.2012*. Berlin. Available at: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2012/2012_12_06-Vorbereitungsdienst.pdf
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2019a). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i.d.F. vom 14.03.2019*. Berlin. Available at: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf
- Kultusministerkonferenz. (2019b). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. D. F. vom 16.05.2019*. Berlin. Available at: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf
- Lenz, K., Behrendt, C., Cesca, S.K. & Winter, J. (2019). Erste Sächsische Lehramtsabsolventenbefragung. Technische Universität Dresden, Zentrum für Qualitätsanalyse. Available at: https://tu-dresden.de/zqa/ressourcen/dateien/projekte/sabs/Abschlussbericht_Erste-Saechsische-Lehramts-absolventenbefragung.pdf?lang=de
- Marsh, H. W. (1998). Pairwise deletion for missing data in structural equation models: Nonpositive definite matrices, parameter estimates, goodness of fit, and adjusted sample sizes. *Structural Equation Modeling*, 5(1), 22–36. <https://doi.org/10.1080/>

10705519809540087

- Meredith, W. (1993). Measurement invariance, factor analysis and factorial invariance. *Psychometrika*, 58(4), 525-543. <https://doi.org/10.1007/BF02294825>
- Muthén, B. (1984). A general structural equation model with dichotomous, ordered categorical, and continuous latent variable indicators. *Psychometrika*, 49, 115-132. <https://doi.org/10.1007/BF02294210>
- NEPS Network. (2024). *National Educational Panel Study, Scientific Use file of Starting Cohort First-Year Students*. Leibniz Institute for Educational Trajectories (LIfBi), Bamberg. <https://doi.org/https://doi.org/10.5157/NEPS:SC5:19.0.0>
- Ortenburger, A., Gäckle, S., Menge, C., & Franz, S. (2023). *Skalenhandbuch Lehramtsstudierenden-Panel (LIfBi Working Paper No. 111)*. Leibniz-Institut für Bildungsverläufe. <https://doi.org/10.5157/LIfBi:WP111:1.0>
- Pohlmann, B., & Möller, J. (2010). Fragebogen zur Erfassung der Motivation für die Wahl des Lehramtsstudiums. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 24(1), 73-84. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.a000005>
- Putnick, D.L., & Bornstein, M.H. (2016). Measurement invariance conventions and reporting: The state of the art and future directions for psychological research. *Developmental Review*, 41, 71-90. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2016.06.004>
- Rammstedt, B., & John, O. P. (2007). Measuring personality in one minute or less: A 10-item short version of the Big Five inventory in English and German. *Journal of Research in Personality*, 41, 203-212. <https://doi.org/10.1016/j.jrp.2006.02.001>
- Rosseel, Y. (2012). lavaan: An R package for structural equation modeling. *Journal of Statistical Software*, 48(2), 1-36. Available at: <http://www.jstatsoft.org/v48/i02/>
- Rosseel, Y. (2017). *The lavaan tutorial*. Department of Data Analysis, Ghent University (Belgium). Available at: <https://faculty.washington.edu/matsueda/courses/529/Readings/Lavaan%20tutorial.pdf>
- Rots, I., Aelterman, A., & Devos, G. (2014). Teacher education graduates' choice (not) to enter the teaching profession: Does teacher education matter? *European Journal of Teacher Education*, 37(3), 279-294. <https://doi.org/10.1080/02619768.2013.845164>
- Rubin, D.B. (1976). Inference and missing data. *Biometrika*, 63(3), 581-592.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.

- Sörbom, D. (1974). A general method for studying differences in factor means and factor structures between groups. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 27, 229-239. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8317.1974.tb00543.x>
- StataCorp. (2021). Stata Statistical Software: Release 17. StataCorp LLC.
- Statistisches Bundesamt (2020). *Destatis Kontext: Privatschulen in Deutschland – Fakten und Hintergründe*. Available at: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Schulen/Publikationen/Downloads-Schulen/privatschulen-deutschland-dossier-2020.pdf?__blob=publicationFile
- Svetina, D., Rutkowski, L., & Rutkowski, D. (2019). Multiple-group invariance with categorical outcomes using updated guidelines: An illustration using Mplus and the lavaan/semTools packages. *Structural Equation Modeling*, 27(1), 111-130. <https://doi.org/10.1080/10705511.2019.1602776>
- Tracey, T. J. G., & Ward, C. C. (1998). The structure of children's interest and competence perceptions. *Journal of Counseling Psychology*, 45(3), 290-303. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0022-0167.45.3.290>
- von Maurice, J. (2006). *ICA-D. Deutschsprachige Version des Inventory of Children's Activities - Revised (ICA-R, Tracey & Ward, 1998)*. Unveröffentlichtes Manuskript, Otto-Friedrich-Universität Bamberg.
- Wigfield, A., & Eccles, J. (1992). The development of achievement task values: A theoretical analysis. *Developmental Review*, 12(3), 265-310. [https://doi.org/10.1016/0273-2997\(92\)90011-P](https://doi.org/10.1016/0273-2997(92)90011-P)
- Wigfield, A., & Eccles, J. (2000). Expectancy-value theory of achievement motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 68-81. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1015>
- Wohlkinger, F., Ditton, H., von Maurice, J., Haugwitz, M., & Blossfeld, H.-P. (2011). Motivational concepts and personality aspects across the life course. In H.-P. Blossfeld, H. G. Roßbach, & J. von Maurice (Eds.), *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Sonderheft 14/2011: Education as a lifelong process - The German National Educational Panel Study (NEPS)* (pp. 155-168). Springer. <https://doi.org/10.1007/s11618-011-0184-5>

Appendix

Table A1*Sample Description*

	N	M	SD	Minimum	Maximum
FEMOLA					
Professional interest					
Item 1	836	3.06	0.84	1	4
Item 2	835	3.50	0.63	1	4
Item 3	835	3.16	0.77	1	4
Pedagogical interest					
Item 1	836	3.36	0.67	1	4
Item 2	837	3.13	0.79	1	4
Item 3	835	3.40	0.69	1	4
Financial benefit					
Item 1	837	2.65	0.80	1	4
Item 2	834	2.94	0.85	1	4
Item 3	835	2.97	0.80	1	4
Work-life balance					
Item 1	835	2.49	0.92	1	4
Item 2	836	2.84	0.89	1	4
Item 3	834	3.11	0.82	1	4
Social impact					
Item 1	836	1.77	0.94	1	4
Item 2	836	2.13	0.90	1	4
Item 3	831	1.82	0.77	1	4
Big Five					
Extraversion	1,104	3.90	0.76	1	5
Openness	1,104	3.62	0.86	1.5	5
Interest					
Intellectual					
Item 1	1,119	3.90	0.93	1	5
Item 2	1,119	2.46	1.34	1	5
Item 3	1,119	2.39	1.25	1	5
Social					
Item 1	1,119	4.34	0.73	1	5
Item 2	1,119	3.21	0.96	1	5
Item 3	1,119	3.65	0.99	1	5
Study-related variables					
Study satisfaction	1,097	6.97	1.97	0	10
Final study grades	1,064	1.83	0.46	1	3.9
Socio-demographic variables					
Age	1,119	25.85	2.23	21	48
Male ^a	1,119	0.30	0.46		
Migrant ^a	1,119	0.11	0.32		
HISEI	1,067	61.59	19.27	11.74	88.96
Children living in household ^a	1,118	0.08	0.27		

^a Dichotomous variable.

6 Zusammenfassende Diskussion

Der wachsende Lehrkräftemangel im MINT-Bereich, insbesondere im Fach Mathematik, stellt Wirtschaft und Politik vor große Herausforderungen. Vor allem die verschiedenen Übergangssituationen im Rahmen der Lehrkräfteausbildung erscheinen im Hinblick auf diesen Mangel von besonderer Relevanz zu sein.

So scheiden bereits in den ersten beiden Semestern nach Studienbeginn viele Studierende angesichts der inhaltlichen Komplexität und des Umfangs der universitätsmathematischen Vorlesungen aus (vgl. Heublein et al., 2022). Eine weitere Hürde ergibt sich dann durch das Schulpraxissemester, in welchem die Studierenden praktische Erfahrungen mit der Tätigkeit als Lehrkraft sammeln und ihre Berufswahl nochmals kritisch reflektieren können (Porsch, 2019). Doch auch wenn die universitäre Phase der Lehrerbildung erfolgreich abgeschlossen wurde, entscheidet sich ein Teil der Absolventen gegen den Vorbereitungsdienst und somit zumeist auch gegen eine Tätigkeit als Lehrkraft (siehe z.B. Franz et al., 2023; Gülen et al., 2022).

Während die einzelnen Übergangssituationen im Allgemeinen bereits recht umfassend erforscht wurden (z.B. Franz et al., 2023; Gülen et al., 2022; Heublein et al., 2017; Kücholl et al., 2019), besteht ein Mangel an fachspezifischen Studien in diesem Bereich. Gerade im Fach Mathematik scheinen fachspezifische Faktoren allerdings eine entscheidende Rolle zu spielen. Angesichts der doppelten Diskontinuität im Mathematiklehramt (Klein, 1908), auf die ich im theoretischen Rahmen bereits im Detail eingegangen bin, ist davon auszugehen, dass sich sowohl der Übergang von der Schule an die Universität als auch der Übergang von der Universität zurück an die Schule in der Mathematik häufig komplizierter als in anderen Fächern gestaltet. Eine weitere Besonderheit, die sich allerdings auf den MINT-Bereich im Allgemeinen und nicht nur auf das Fach Mathematik bezieht, ist das große Angebot an attraktiven beruflichen Alternativen. Diese sind auf Grund des fachlichen Fokus oftmals auch für Absolventen des Gymnasiallehramts zugänglich, was deren Abkehr vom Lehrberuf begünstigen könnte.

Da im Hinblick auf den Lehrkräftemangel ein möglichst hoher Verbleib im Mathematik- und MINT-Lehramt angestrebt werden sollte, ist es wichtig, alle beschriebenen Übergangssituationen und damit einhergehende Entscheidungen zu verstehen, um beruflichen

Umorientierungen vorbeugen zu können. Diesem Ziel widmete ich mich im Rahmen der vorliegenden Dissertation anhand der Durchführung von insgesamt drei Studien.

Im Folgenden diskutiere ich zunächst die Ergebnisse aus diesen drei Studien (Abschnitt 6.1). Zudem entwickle ich induktiv aus den empirischen Befunden und den relevanten theoretischen Ansätzen ein Modell zur Erklärung von Umorientierungen im MINT-Lehramt. Anschließend gehe ich auf die Stärken sowie Limitationen der Dissertation ein (Abschnitt 6.2). In Abschnitt 6.3 leite ich Implikationen sowohl für die Forschung als auch für die Praxis ab. Ich schließe mit einem allgemeinen Fazit (Abschnitt 6.4).

6.1 Diskussion der Ergebnisse

In der vorliegenden Dissertation analysiere ich, wie Übergangssituationen im Mathematik- und MINT-Lehramt erlebt werden, beziehungsweise welche Faktoren die Entscheidungen an den Übergängen beeinflussen. Hierbei wurden verschiedene personenbezogene Ansätze zur Erklärung von Studien- und Berufsentscheidungen sowie die doppelte Diskontinuität als Spezifikum des Mathematik-Lehramts miteinbezogen.

Der Übergang von der Schule an die Universität wurde vor allem im Rahmen von Studie 1 in den Blick genommen, in welcher ich frühe Studienabbrüche im Fach Mathematik untersuchte. Diese Thematik habe ich auch nochmals in Studie 2 aus einer qualitativen Perspektive aufgegriffen. Darüber hinaus fokussierte ich mich in Studie 2 vor allem auf den Übergang von der Universität in den Lehrberuf im Rahmen von Schulpraxissemestern. In Studie 3 hingegen befasste ich mich mit dem Übergang vom Lehramtsstudium in das Berufsleben.

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus der Dissertation zu den verschiedenen Übergängen im Detail diskutiert.

6.1.1 Der Übergang an die Universität und frühe Studienabbrüche im Mathematiklehramt

Der Übergang von der Schule an die Universität ist im Fach Mathematik beziehungsweise in mathematiklastigen Fächern häufig problembehaftet, was sich auch in den hohen Studienabbruchquoten (siehe Heublein et al., 2022) in diesen Fächern widerspiegelt

(Nagel & Reiss, 2016). Dieser Übergang ist daher auch Gegenstand zahlreicher Forschungsarbeiten (z.B. De Guzman et al., 1998; Moore, 1994; Rach & Heinze, 2017). Als theoretische Grundlage dient hierbei meist die doppelte Diskontinuität im Mathematiklehramt nach Felix Klein (1908), welche in der vorliegenden Arbeit (Abschnitt 1.1) ausführlich beschrieben wurde. Durch die doppelte Diskontinuität werden Schulmathematik und Universitätsmathematik als „voneinander getrennte Welten“ (Bauer & Partheil, 2009, S. 86) wahrgenommen, was sowohl zu Leistungs- als auch zu Motivationsproblemen führen kann (vgl. Glaesser et al., 2021). Beide sind eine häufige Ursache von Studienabbrüchen (Heublein et al., 2017). Daher wurden in Studie 1 Studienabbrüche während des ersten Semesters im Fach Mathematik beleuchtet. In der Gesellschaft besteht häufig die Annahme, dass eine „Negativselektion in den Lehrerberuf“ (z.B. Neugebauer, 2013) vorliegt. Diese bezieht sich sowohl auf kognitive als auch auf motivationsbezogene Merkmale der Studierenden. Es ist daher zu erwarten, dass Studierende im B.Ed. und im B.Sc. Mathematik von vornherein Unterschiede aufweisen, beispielsweise hinsichtlich ihrer Interessen, Erwartungen oder ihres mathematischen Vorwissens. Dadurch könnten sich auch Gruppenunterschiede hinsichtlich der Motive für einen Studienabbruch ergeben. Diese Umstände wurden in Studie 1 berücksichtigt, indem sowohl die Abbruchneigungen von Mathematikstudierenden im Lehramt als auch im B.Sc. untersucht wurden. Hierbei lag ein besonderer Fokus darauf, die Unterschiede in deren Abbruchmotiven zu erforschen, um wertvolle Einblicke als Ausgangspunkt für die Entwicklung maßgeschneiderter Interventionen zur Vermeidung von Studienabbrüchen zu erlangen.

Um sowohl zeitlich stabile als auch zeitlich veränderliche Merkmale in der Analyse berücksichtigen zu können, wurde ein dynamisches Strukturgleichungsmodell (Asparouhov et al., 2018) unter Verwendung von intensiven Längsschnittdaten genutzt.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass sich Mathematikstudierende im B.Ed. und im B.Sc. erwartungsgemäß bereits von Anfang an bezüglich ihrer unveränderlichen Eigenschaften unterscheiden. Konkret ergaben sich große und signifikante Unterschiede hinsichtlich des mathematischen Vorwissens und geringere, aber dennoch signifikante Unterschiede bezüglich der Erwartungen an die nicht-monetären Kosten des Studiums, beide zu Ungunsten der Studierenden im B.Ed. Zusätzlich dazu wiesen die Lehramtsstudierenden ein deutlich höheres soziales Interesse sowie deutlich niedrigere forschende Interessen im Vergleich zu den Studierenden im B.Sc. auf. Weiterhin war der Anteil an Frauen im Lehramtsstudiengang deutlich erhöht.

Es zeigte sich zudem, dass auf der Ebene zeitlich unveränderlicher Variablen die Schulart, das mathematische Vorwissen sowie verschiedene motivationale Variablen einen Effekt auf die durchschnittlichen Abbruchintentionen hatten. Hierbei fällt insbesondere der zunächst kontraintuitive, negative Effekt des erwarteten Nutzens der Vorlesungen für den späteren Beruf auf.

Bezüglich des Einflusses zeitlich veränderlicher Variablen auf die Abbruchintentionen war in erster Linie die Angst zu scheitern eine wichtige Determinante. Hierbei ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Studierenden im B.Ed. und im B.Sc. hinsichtlich der Größe des Effekts. Es zeigte sich zudem, dass Abbruchintentionen im Allgemeinen eine hohe Autokorrelation aufweisen. Auch an dieser Stelle ergaben sich diesbezüglich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

In der Gruppe der Lehramtsstudierenden spielten außerdem wahrgenommene Kosten, das inhaltliche Verständnis der Vorlesungsinhalte und die Annahmen über das eigene mathematische Wissen eine Rolle für die Entwicklung von Abbruchintentionen. In der Gruppe der Studierenden im B.Sc. waren diese Faktoren hingegen nicht relevant.

Aus den Analysen im Rahmen von Studie 1 ergab sich zudem, dass Studierende im B.Ed. ein höheres durchschnittliches Niveau an Abbruchneigungen verglichen mit Studierenden im B.Sc. aufweisen. Einen Erklärungsansatz hierfür bieten die gefundenen Unterschiede in den Eingangsmerkmalen beider Gruppen. Hierbei scheinen insbesondere die Wissensrückstände der Lehramtsstudierenden sowie deren negativere Einstellungen hinsichtlich des nicht-monetären Kostenaspekts eine wichtige Rolle zu spielen, da diese sich gleichzeitig auch als prädiktiv für die durchschnittlichen Studienabbruchneigungen erwiesen. Diese Ergebnisse unterstreichen die Annahme der „Negativselektion“ in Lehramtsstudiengänge.

Zusätzlich zeigten sich in den deskriptiven Analysen im Rahmen von Studie 1 Gruppenunterschiede in Bezug auf das Auftreten von besonders hohen oder geringen Studienabbruchneigungen im zeitlichen Verlauf des ersten Semesters

Während die Unterschiede in den durchschnittlichen Studienabbruchneigungen durch die verwendeten Modelle erklärbar sind, können im Hinblick auf die Entstehung der

Unterschiede in den intraindividuellen Veränderungen an dieser Stelle lediglich Annahmen getroffen werden.

So könnte beispielsweise der negative Effekt der wahrgenommenen Kosten, welcher ausschließlich in der Gruppe der Lehramtsstudierenden besteht, auf deren von vornherein negativere Einstellung im Hinblick auf diese zurückgeführt werden. Zudem könnte auch die Zusatzbelastung durch das Studium zweier Fächer, wie es im Lehramt üblich ist, eine Rolle spielen, da sich hierdurch die Zeit, welche exklusiv für die mathematischen Vorlesungen genutzt werden kann, erheblich reduziert.

Der Befund, dass das eigene mathematische Wissen und das Verstehen der Vorlesungsinhalte auf intraindividuelle Ebene ebenfalls nur in dieser Gruppe eine Rolle spielen, ist möglicherweise auf die bereits erwähnten, schlechteren Ausgangsbedingungen von Studierenden im B.Ed. hinsichtlich ihres mathematischen Wissens zurückzuführen. Zudem könnte deren vorrangig soziales Interesse hier eine Rolle spielen. Dadurch, dass die Lehramtsstudierenden über deutlich geringere forschende Interessen als die Studierenden im B.Sc. verfügen, könnte auch deren Frustrationstoleranz in den fachwissenschaftlichen Vorlesungen geringer ausfallen.

Alles in allem zeigen die Ergebnisse, dass sowohl veränderliche als auch unveränderliche Variablen einen Einfluss auf die Entwicklung von Abbruchintentionen haben (siehe auch Glaesser et al., 2021) und dass Mathematikstudierende im B.Ed. und B.Sc. bei der Entwicklung von Maßnahmen auf Grund ihrer Unterschiedlichkeit möglicherweise nicht als homogene Gruppe betrachtet werden können.

Neben Studie 1 widmete sich auch Studie 2 in Teilen der Thematik des Einstiegs in das Mathematikstudium und vervollständigt die soeben diskutierten Ergebnisse aus Studie 1. Da Studie 2 vor allem zum Verständnis des Überganges von der Schule an die Universität beitragen soll, werden hier nur kurz die ergänzenden Befunde angeführt. Die weiteren Ergebnisse aus Studie 2 werden ausführlich in Abschnitt 6.1.2 diskutiert.

Die hohen Studienabbruchquoten vor dem Hintergrund der doppelten Diskontinuität lassen vermuten, dass auch Studierende, die mit sehr guten motivationalen und kognitiven Voraussetzungen ein Mathematikstudium beginnen, häufig Probleme hinsichtlich ihrer Leistung und Motivation entwickeln. Diese Annahme bestätigte sich auch in den Interviews im

Rahmen von Studie 2, in denen sich zeigte, dass der Großteil der Befragten den Studieneinstieg als große Herausforderung erlebte, welche häufig durch negative Erfahrungen geprägt war. Dies traf auch auf die Studierenden zu, deren Lieblingsfach bereits zu Schulzeiten Mathematik gewesen war und die über ein hohes fachliches Interesse verfügten. Alles in allem zeigte sich, dass die Erfahrungen beim Studieneinstieg sehr homogen waren. Weiterhin zeigte sich, dass der Einstieg im zweiten Unterrichtsfach zumeist deutlich unkomplizierter verlief, da mehr inhaltliche Parallelen zwischen Schul- und Universitätsfach erkannt wurden. Dies impliziert, dass die große Diskrepanz zwischen schulischen und universitären Inhalten tatsächlich ein Umstand ist, der speziell im Fach Mathematik auftritt.

6.1.2 Der Übergang von Universität an die Schule im Rahmen des Schulpraxissemesters

Wenngleich Schulpraxissemester in einem geschützten Rahmen stattfinden ist davon auszugehen, dass sich zahlreiche Parallelen zum tatsächlichen Einstieg in den Lehrberuf ergeben. Es kann daher angenommen werden, dass die Problematik der zweiten Diskontinuität (vgl. Klein, 1908) sich bereits während des Praxissemesters zeigt.

In Studie 2 wurde der Übergang von der Universität an die Schule anhand von Einzelinterviews mit Studierenden, die kurz zuvor das Schulpraxissemester absolviert hatten, untersucht. Im Gegensatz zum Übergang von der Schule an die Universität, welcher häufig sehr problembehaftet und von Leistungs- sowie Motivationsproblemen begleitet war, wurde der Übergang an die Schule von den Studierenden vor allem als positive Form der Herausforderung und nicht als Belastung erlebt.

Obwohl weiterhin durchaus große Diskrepanzen zwischen Schulmathematik und Universitätsmathematik wahrgenommen wurden, erwiesen sich die Auswirkungen dieser als weitaus weniger problematisch. Ganz im Gegenteil half das an der Universität erworbene, weit über die Schulmathematik hinausgehende Wissen den Studierenden laut eigenen Angaben häufig dabei, auch komplexere Sachverhalte schnell zu verstehen und verfügbare Materialien zielgerichtet zur Unterrichtsvorbereitung einsetzen zu können. Inhaltliche Probleme traten, wenn überhaupt, im Zusammenhang mit dem zweiten Unterrichtsfach auf. Viele Studierende berichteten hierbei von Schwierigkeiten bei der Konzeption von Unterrichtsstunden und einer mangelnden Vorbereitung hierauf im Rahmen des vorangegangenen Studiums. Gerade im Fach Mathematik konnte dieser Mangel an Erfahrung allerdings durch den sehr strukturierten Aufbau des Faches aufgefangen werden.

Generell war für viele Studierende zudem der Mangel an pädagogischer Erfahrung problematisch, was sich beispielsweise dadurch zeigte, dass sie teilweise nicht wussten, wie sie bestimmte Konfliktsituationen mit Schülern lösen sollten. Es mangelte hier also vor allem an Klassenführungskompetenzen. Doch auch dies führte nur zu geringen Abstrichen bei der durchweg sehr positiven Bewertung des Praxissemesters.

Während bei vielen der Lehramtsanwärter ein Teil der anfänglichen Motivation für das Fach Mathematik im Zuge der Studieneingangsphase verloren ging, konnte diese durch die positiven Erfahrungen in der Praxis oftmals zurückerlangt werden. Die Studierenden fühlten sich kompetent und sicher und konnten dadurch auch eher die Nützlichkeit der an der Universität gelehrtten Inhalte erkennen. Sie wurden in ihrem ursprünglichen Berufswunsch als Lehrkraft positiv bestärkt. Es zeigt sich also, dass die praktische Erfahrung dazu beitragen kann, die wahrgenommene Distanz zwischen Schulmathematik und Universitätsmathematik zu überbrücken.

6.1.3 Der Übergang von der Universität in den Beruf

Ein dritter Schwerpunkt der Dissertation (Studie 3) widmete sich dem Übergang von der Universität in den Beruf. Konkret ging es dabei nicht um die Wahrnehmung des Berufseinstiegs als Lehrkraft, welcher bereits Gegenstand der zweiten Teilstudie war, sondern darum, welche Faktoren einen Übergang in den Vorbereitungsdienst vorhersagen können. Dieser ist eine wichtige Determinante für den späteren Übergang in den Lehrberuf.

Für Studie 3 wurde eine Unterscheidung zwischen MINT und nicht-MINT Studierenden getroffen, da davon auszugehen ist, dass gerade zwischen diesen beiden Gruppen Unterschiede in der Verfügbarkeit von alternativen beruflichen Tätigkeiten bestehen, welche wiederum mutmaßlich einen entscheidenden Beitrag bezüglich einer Abkehr vom Lehrberuf leisten können. Konkret kann davon ausgegangen werden, dass für angehende Gymnasiallehrkräfte im MINT-Bereich auch zahlreiche attraktive Jobs abseits des Lehramts verfügbar sind, während dies für Lehramtsabsolventen anderer Fachbereiche nicht die Regel zu sein scheint.

Anhand von Mehrgruppenanalysen zeige ich, dass sich die Motive für einen Übergang in den Vorbereitungsdienst signifikant zwischen den beiden genannten Gruppen unterscheiden. In der Gruppe der nicht-MINT-Studierenden spielen vor allem die ursprüngliche Motivation für die Wahl des Studiums eine Rolle. Finanzielle Motive hatten hierbei einen positiven Effekt

auf den Verbleib im Lehramt, wohingegen sich ein hohes fachliches Interesse als prädiktiv für eine Abkehr vom Lehramt erwies. Zusätzlich ergaben sich positive, signifikante Effekte der Studienzufriedenheit auf den Verbleib im Lehramt. Faktoren wie soziales oder intellektuelles Interesse, Persönlichkeitsmerkmale sowie soziodemographische Faktoren spielten hingegen keine bedeutsame Rolle. Auch die Region, in der der Abschluss erworben wurde, sowie das Jahr des Abschlusses zeigten keinen signifikanten Einfluss.

Bei der Betrachtung der MINT-Studierenden fällt hingegen auf, dass keiner der in der Analyse berücksichtigten Faktoren einen signifikanten Einfluss auf den Verbleib im Lehramt zu haben scheint.

Die Ergebnisse der Studie bieten Grund zu der Annahme, dass bei Studierenden außerhalb des MINT-Bereichs das Lehramt oft mit dem Hintergedanken gewählt wird, einen, vor allem finanziell attraktiven, Plan B zu haben, da die Jobchancen außerhalb der Schulen, vor allem in den sprachlichen Fächern, eher als gering zu betrachten sind und zudem häufig mit niedrigeren Gehältern einhergehen. Es spielt hier also eher das Interesse am Fach als das Interesse am Lehren selbst eine Rolle für die Studienwahl. Der Befund, dass ein hohes pädagogisches Interesse einen Verbleib im Lehramt wahrscheinlicher macht, ist hiermit ebenfalls in Einklang zu bringen.

Auch der Befund, dass die Studienzufriedenheit bei den nicht-MINT Studierenden einen Einfluss auf die Weiterverfolgung einer Karriere als Lehrkraft hat, erscheint angesichts des ausbildungsähnlichen Charakters der universitären Lehrerbildung schlüssig.

Die Annahmen zur Rolle von finanziellen Motiven werden zudem durch die Tatsache gestützt, dass diese in der Gruppe der MINT-Studierenden keinen Einfluss auf den Verbleib im Lehramt. Dies ist vermutlich auf die oftmals guten Jobchancen außerhalb der Schulen in diesem Bereich zurückzuführen. Auch der ausbleibende Effekt des pädagogischen Interesses und die deutlich niedrigere Quote an MINT-Studierenden, die sich überhaupt für einen alternativen Beruf entscheiden passt ins Bild. So ist davon auszugehen, dass sich MINT-Studierende, die kein pädagogisches Interesse verfolgen zumeist gar nicht erst in einen Lehramtsstudiengang einschreiben, wodurch sich als Konsequenz auch keine statistisch signifikanten Effekte des pädagogischen Interesses auf die Wahl einer alternativen Karriere ergeben.

6.1.4 Entwicklung eines integrativen Modells zur Erklärung von Umorientierungen im Rahmen der MINT-Lehrkräfteausbildung

In dieser Arbeit habe ich mögliche Faktoren für die Entscheidungen beziehungsweise Umorientierungen an den verschiedenen Übergängen im Mathematiklehramt bzw. MINT-Lehramt identifiziert. Im Rahmen der drei Teilstudien wurden Modelle und Ansätze aus Didaktik und Arbeitspsychologie sowie persönliche Fähigkeiten, Charaktereigenschaften und Motivation berücksichtigt. Die relevanten Ansätze wurden in Kapitel 1 ausführlich erklärt und eingeführt.

In dieser Dissertation zeigte ich bereits, dass es insbesondere im Rahmen der verschiedenen, diskutierten Übergänge zu Umorientierungen im Sinne von Abbrüchen oder Wechseln kommen kann. Hierbei sind je nach Art des Übergangs spezifische Faktoren besonders relevant.

In diesem Abschnitt sollen die empirischen Erkenntnisse aus meinen Studien und die bestehenden theoretische Ansätze zu einem Erklärungsmodell für Umorientierungen auf dem Weg in das Lehramt im MINT-Bereich zusammengeführt werden. Obwohl die Übergänge in den Studien 1 und 2 speziell im Mathematiklehramt untersucht wurden, gehe ich davon aus, dass diese sich größtenteils auf die MINT-Fächer, die einen hohen mathematischen Fokus aufweisen, übertragen lassen.

Allgemeine Annahmen des Modells

Im Folgenden gehe ich auf allgemeinen Modellannahmen ein, ehe ich mich dem Zusammenhang zwischen der Person-Umwelt-Passung und den einzelnen Übergängen im Detail widme und auf meine eigenen Befunde und deren Einordnung im Modell eingehe.

In den verschiedenen Teilstudien dieser Dissertation zeigt sich, dass stets von einer mangelnden Person-Umwelt-Passung als Ausgangspunkt für eine Umorientierung ausgegangen werden kann. Gerade der Übergang von der Schule in das Studium oder in eine berufliche Ausbildung wurde bereits in der Vergangenheit häufig mit der Person-Umwelt-Passung in Verbindung gebracht (z.B. Dawis, 1996; Nagy, 2006).

Während das RIASEC-Modell nach Holland (1997) einen klassischen Ansatz im Kontext der Person-Umwelt-Passung darstellt, kann es auch im Zusammenhang mit

Erfolgserwartungen, Werten oder Persönlichkeit zu einer mangelnden Passung zwischen Person und Umwelt kommen.

Gemäß Nagy (2006) liegt der Fokus im Hinblick auf die Person-Umwelt-Passung beim Übergang an die Universität zumeist auf zwei verschiedenen Formen der Passung. Im Folgenden bezeichne ich diese wie Weber et al. (2024) als *kognitive* und *affektive Passung*.

Die kognitive Passung kann als Passung zwischen den kognitiven Fähigkeiten einer Person und den Anforderungen der Umwelt, in welcher sich die Person befindet, definiert werden. Die affektive Passung hingegen entspricht der Passung zwischen den Interessen einer Person und den Möglichkeiten zur Verwirklichung dieser (Nagy, 2006; Weber et al., 2024). Es ist davon auszugehen, dass eine hohe kognitive Passung mit der eigenen Leistungsfähigkeit in Verbindung steht, während die Zufriedenheit von der affektiven Passung abhängt (Lubinski & Benbow, 2000; Weber et al., 2024).

Auf Grund der Befunde aus den verschiedenen Teilstudien gehe ich davon aus, dass nicht nur der Übergang an die Universität in Verbindung mit diesen beiden Arten der Person-Umwelt-Passung steht, sondern diese auch geeignete Erklärungsansätze für eine berufliche Umorientierung im Rahmen des Praxissemesters beziehungsweise nach Vollendung des Studiums darstellen (vgl. Eccles & Wigfield, 2002).

Im Hinblick auf die kognitive Passung treffe ich in meinem Modell die Annahme, dass zwei verschiedenen Ausprägungen unterschieden werden können, die objektive sowie die subjektive Passung. Die subjektive Passung umfasst die Erfolgserwartung aus der Erwartungs-Wert-Theorie (Eccles et al., 1983). Diese ist stets aufgabenspezifisch zu verstehen und ähnelt der Selbstwirksamkeitserwartung nach Bandura (Wigfield & Eccles, 2000). Die objektive kognitive Passung hingegen umfasst Leistungsindikatoren wie etwa die Abiturnote oder das mathematische Vorwissen. Ich gehe davon aus, dass sich objektive Leistungsmaße auch auf die Erfolgserwartung auswirken. Demnach haben also beispielsweise Personen, denen ein höheres mathematisches Vorwissen attestiert wird, auch eine höhere Erfolgserwartung im Mathematikstudium.

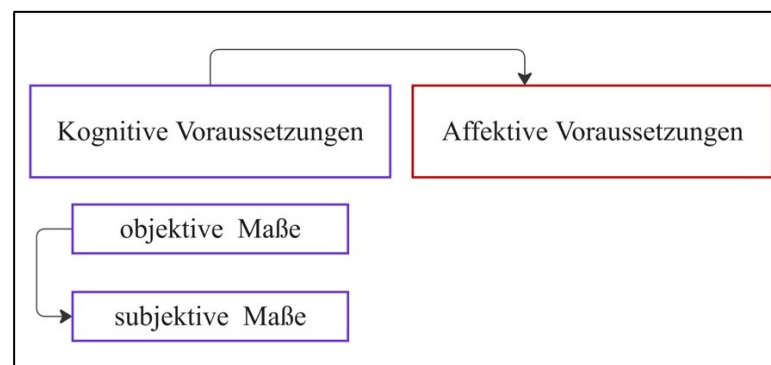
Gemäß der Erwartungs-Wert-Theorie spiegeln sich leistungsbezogene Erfahrungen zudem indirekt in den affektiven Voraussetzungen einer Person wider (vgl. Wigfield & Eccles, 2000). Diese werden in meinem Modell sowohl auf Basis der Wertkomponenten aus der

Erwartungs-Wert-Theorie (Eccles et al., 1983) als auch den beruflichen Interessen nach Holland (Holland, 1997) gemessen. Ich gehe also davon aus, dass beispielsweise der Nachweis über ein hohes mathematisches Wissen oder eine gute Abiturnote auch die Angst zu scheitern, also die wahrgenommenen Kosten (vgl. Eccles & Wigfield, 2002) senken kann. Die affektiven Erinnerungen fungieren hierbei wie in Wigfield und Eccles (2000, S. 69) beschrieben als Mediator.

Kognitive und affektive Voraussetzungen sind in meinem Modell also nicht als voneinander losgelöste Konstrukte zu verstehen. In Abbildung 4 werden diese Zusammenhänge schematisch dargestellt.

Abbildung 4

Zusammenhänge zwischen kognitiven und affektiven persönlichen Voraussetzungen

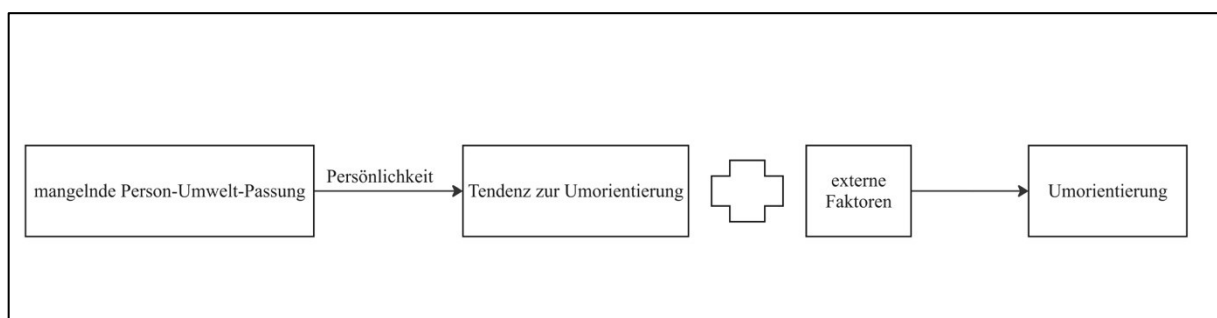


Insgesamt ist davon auszugehen, dass eine geringe Person-Umwelt-Passung auch zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit der Umorientierung führt (vgl. Weber, 2022). Ich gehe in meinem Modell von einem Prozess aus, der ausgehend von einer mangelnden Person-Umwelt-Passung in letzter Instanz in einer Umorientierung münden kann. Konkret gestaltet sich dieser Prozess wie folgt. Im Falle einer geringen Passung spielt die Persönlichkeit eine entscheidende Rolle im Hinblick darauf, ob tatsächlich eine Tendenz zur Umorientierung entsteht. Wie bereits im theoretischen Rahmen ausgeführt verfügen Personen mit einem hohen Grad an Gewissenhaftigkeit eher über die Fähigkeit, ihre Gedanken, Gefühle und ihr Verhalten an situationsbedingte Gegebenheiten anzupassen (Gawrilow & Rauch, 2017), was unter anderem zu besseren akademischen Leistungen führt (siehe Nofle & Robins, 2007). Diese Personen

sollten daher eher dazu in der Lage sein, auch bei auftretenden Problemen ihren ursprünglichen Berufswunsch zu verfolgen. Zudem kann, wie in Kapitel 1 ausgeführt, davon ausgegangen werden, dass sehr offene Personen sich auch eher auf eine berufliche Umorientierung im Falle einer geringen Passung einlassen. Ob der Wunsch nach Umorientierung letztendlich umgesetzt wird, hängt aber auch von weiteren, externen Faktoren, wie beispielsweise der individuellen Lebenssituation oder der Verfügbarkeit beruflicher Alternativen ab. Die Umorientierung wird also als Ergebnis eines ergebnisoffenen Prozesses und nicht als einzelner Zeitpunkt konzeptualisiert (vgl. Studienabbruchmodell nach Heublein et al., 2017). In Abbildung 5 visualisiere ich den Prozess von der mangelnden Person-Umwelt-Passung zur beruflichen Umorientierung. Nur bei einem Zusammenspiel aus mangelnder Person-Umwelt-Passung, Persönlichkeit und dem Vorliegen weiterer Faktoren außerhalb der kognitiven oder affektiven Passung kommt es demzufolge am Ende tatsächlich zu einer Umorientierung.

Abbildung 5

Prozess der beruflichen Umorientierung



Die Verbindung zwischen doppelter Diskontinuität und Person-Umwelt-Passung

Einen wichtigen theoretischen Ausgangspunkt zur Übertragung des Konzepts der Person-Umwelt-Passung auf das Mathematik-Lehramtsstudium beziehungsweise MINT-Lehramtsstudiengänge im Allgemeinen liefern Weber et al. (2024), die in ihrer Arbeit einen direkten Bezug zwischen der doppelten Diskontinuität nach Klein (1908) und der Person-Umwelt-Passung herstellen. Ähnliche Bezüge im Hinblick auf die Studieneingangsphase in mathematischen Fächern greifen beispielsweise auch Geisler (2019) oder Kirsten und Greefrath (2025) auf.

Gemäß Weber et al. (2024) kann in Bezug auf die erste Diskontinuität von einer mangelnden Passung zwischen den kognitiven Fähigkeiten einer Person und den Anforderungen der mathematischen Vorlesungen ausgegangen werden. Die Studierenden sind mit den kognitiven Anforderungen des Studiums in vielen Fällen schlichtweg überfordert. Für die Lehramtsstudierenden ergibt sich neben der mangelnden kognitiven Passung häufig noch eine geringe Passung auf der affektiven Ebene. Das Lehramtsstudium bereitet anders als viele andere Studiengänge bereits von Anfang an auf einen spezifischen Beruf vor (Hefendehl-Hebeker, 2013; Isaev, 2021). Es kann davon ausgegangen werden, dass auch die Interessen dieser Studierenden sowie die Erwartungen an die Studieninhalte mit diesem Berufsbild in Einklang zu bringen sind. Somit ist anzunehmen, dass Lehramtsstudierende neben den fachlichen Interessen vor allem über pädagogische oder soziale Interessen verfügen (Klusmann et al., 2009). Durch den hohen Anteil an fachmathematischen, nicht-lehramtsspezifischen Vorlesungen und den geringen Anteil an fachdidaktischen Veranstaltungen, kann also davon ausgegangen werden, dass die Passung zwischen Interessen und Erwartungen sowie den Gegebenheiten des Mathematikstudiums im ersten Studienjahr eher gering ist, was sich auch in den hohen Abbruchquoten widerspiegelt (Weber et al., 2024).

Für die zweite Diskontinuität gehen Weber et al. (2024) von einer mangelnden, kognitiven Passung zwischen dem an der Hochschule erworbenen, mathematischen Fachwissen und den erwarteten Anforderungen des Unterrichtens beispielsweise im Rahmen des Schulpraxissemesters aus (siehe Hefendehl-Hebeker, 2013; Prediger, 2013). Es findet an dieser Stelle ein Wechsel von der universitären Umwelt in eine schulische Umwelt statt (Weber et al., 2024). Zudem argumentieren Weber et al. (2024), dass im Hinblick auf die affektive Passung die wahrgenommene Relevanz der Hochschulmathematik für den Lehrberuf bedeutsam ist, also die wahrgenommene Passung zwischen dem Ziel zukünftig als Lehrkraft zu arbeiten und den Möglichkeiten der Verwirklichung dieser Interessen wie beispielsweise die Vorlesungsinhalte. Auch hier ergibt sich gemäß den Autoren eine geringe affektive Passung, da der Hochschulmathematik kaum Relevanz für den Lehrberuf zugeschrieben wird. Alles in allem kann also gemäß Weber et al. (2024) auf affektiver Ebene die Relevanzwahrnehmung von Hochschulmathematik für den zukünftigen Beruf und auf kognitiver Ebene das Wissen über Verbindungen zwischen Schul- und Hochschulmathematik als bedeutsam betrachtet werden.

Synthese von Theorie und Empirie

Meine empirischen Befunde aus Studie 1 stützen und ergänzen die Ausführungen von Weber et al. (2024) zur Person-Umwelt-Passung im Kontext der ersten Diskontinuität.

So zeigte sich in Studie 1, dass Abbruchintentionen im ersten Semester des Mathematikstudiums, die ich im Rahmen dieses Modells als Resultat mangelnder Person-Umwelt-Passung ansehe, sowohl auf Leistungs- als auch auf Motivationsprobleme zurückgeführt werden können. Unter den kognitiven Voraussetzungen hatten das mathematische Vorwissen sowie der Erwerb der Hochschulzugangsberechtigung an einem allgemeinen Gymnasium einen signifikanten und positiven Einfluss auf den Verbleib im Studium.

Des Weiteren ergab sich auf der Ebene der veränderlichen Variablen ein Einfluss der subjektiven Einschätzung des mathematischen Wissens und dem Verstehen der Vorlesungsinhalte auf die Abbruchneigung. Auch diese sind mit einer mangelnden kognitiven Passung in Einklang zu bringen.

Im Hinblick auf die affektive Passung ist vor allem der starke Zusammenhang zwischen der zeitlich veränderlichen Angst zu scheitern und der ebenfalls veränderlichen Abbruchneigung relevant. Angst zu scheitern kann hierbei als Kostenkomponente des Wertes gemäß der Erwartungs-Wert-Theorie eingestuft werden (vgl. Eccles & Wigfield, 2002). Es zeigt sich zudem ein positiver Zusammenhang zwischen den erwarteten Kosten des Studiums zu Studienbeginn und der durchschnittlichen Abbruchneigung im ersten Semester. Zudem ist ein höherer intrinsischer Wert der Mathematik, ebenfalls bei Studienbeginn erhoben, mit einer geringeren Abbruchneigung assoziiert.

Ein weiterer Befund aus Studie 1 war, dass Studierende, die vor Studienbeginn von einer hohen Nützlichkeit der Studieninhalte für ihren späteren Beruf ausgingen im Durchschnitt eher Studienabbruchneigungen entwickelten. Gerade bei diesen liegt also vermutlich eine hohe Diskrepanz zwischen dem erwarteten Wert der Vorlesungen und der tatsächlich vorgefundenen Studienumwelt vor.

Zudem zeigte sich, dass Studierende im Mathematik-Lehramt im direkten Vergleich mit den Studierenden im B.Sc. erheblich höhere soziale Interessen sowie geringere fachliche

Interessen im Sinne der beruflichen Interessen nach Holland (1997) aufweisen. Im Hinblick auf den fachlich-mathematischen Fokus der Vorlesungen in den ersten Semestern ergibt sich also auch hierdurch eine geringe Passung zwischen Interessen und Umwelt.

Die Ergebnisse von Studie 2 vervollständigen dieses Bild. Die Studierenden gaben häufig an, dass sie im Laufe des ersten Semesters vor allem unter Leistungs- beziehungsweise Motivationsproblemen litten und in einigen Fällen auf Grund dieser Faktoren auch einen Studienabbruch in Erwägung gezogen hatten.

In der Interviewstudie zum Praxissemester sprachen zudem einige Studierende davon, dass sie Leistungs- oder Motivationsprobleme hatten, sich aber dennoch mit der Situation arrangieren konnten, da ihr Ziel Lehrkraft zu werden stets an erster Stelle stand. Dies unterstreicht nochmals meine vorherigen Ausführungen zur Rolle der Gewissenhaftigkeit beim Auftreten mangelnder Passung.

Insgesamt lässt sich aus der theoretischen Vorarbeit und den empirischen Befunden meiner Studien im Hinblick auf den Übergang von der Schule in das Studium also ableiten, dass bezüglich der kognitiven Voraussetzungen als objektive Maße der Besuch eines allgemeinbildenden Gymnasiums sowie das mathematische Vorwissen relevant sind. Zudem ergänze ich die kognitiven Voraussetzungen noch um die Abiturnote sowie die letzte schulische Mathematiknote, da diese in einer Vielzahl von Studien als Prädiktoren des erfolgreichen Übergangs in das Studium identifiziert werden konnten (Kirsten & Greefrath, 2025). In Studie 1 hatte ich ebenfalls den Einfluss der Abiturnote untersucht, wobei sich kein signifikanter Einfluss auf die Abbruchneigung ergab. Ich führe dies allerdings darauf zurück, dass das mathematische Wissen ebenfalls in das Modell einging und die Abiturnote auf Grund hoher Korrelation mit diesem keine zusätzlichen Informationen lieferte.

Hinsichtlich der subjektiven kognitiven Maße ergänze ich zudem noch das mathematische Selbstkonzept. Im Gegensatz zu den Erfolgserwartungen ist dieses nicht aufgabenspezifisch sondern domänenspezifisch zu interpretieren (siehe z.B. Möller & Köller, 2004). Obwohl sich auch dieses in Studie 1 nicht als signifikanter Prädiktor der Abbruchintentionen erwies, attestieren verschiedene Studien im Hinblick auf den Übergang von der Schule an die Universität hier einen bedeutsamen Zusammenhang (z.B. Geisler, 2020).

Auf der Ebene der affektiven Faktoren, spielen, wie sich in Studie 1 zeigte, die Wert-Komponenten aus der Erwartungs-Wert-Theorie eine wichtige Rolle. Zusätzlich dazu kann auch den beruflichen Interessen nach Holland (1997) eine zentrale Rolle im Hinblick auf die affektive Passung, also die umweltseitigen Angebote zur Interessenverwirklichung zugeschrieben werden.

Während die erste Diskontinuität als zentrale Herausforderung des Studieneinstiegs angesehen werden kann, zeigen die Befunde aus Studie 2, dass in Bezug auf das Schulpraxissemesters eine mögliche Umorientierung nicht ausschließlich auf die doppelte Diskontinuität, genauer gesagt die zweite Diskontinuität zurückgeführt werden kann und sollte.

Aus den Interviews mit Absolventen des Schulpraxissemesters ergab sich zwar, dass auf kognitiver Ebene die erwartete hohe Diskrepanz zwischen Schulmathematik und Universitätsmathematik bestand. Allerdings wurde diese durch die Studierenden zumeist nicht als hinderlich betrachtet, sondern eher als eine wertvolle Ressource, um auch komplexere Aufgaben schnell lösen zu können.

Es ergab sich aus den Interviews zudem, dass einige Studierende Probleme mit der Vorbereitung von Unterricht hatten, auch wenn dies speziell für das Fach Mathematik nicht zutraf, dafür aber für andere MINT-Fächer wie Physik oder Chemie. Des Weiteren ergaben sich bei vielen Studierenden Probleme im Hinblick auf die Klassenführung.

Demnach ist also davon auszugehen, dass in Bezug auf die kognitive Passung nicht allein das Wissen um die Verbindung von universitätsmathematischen Inhalten und der schulischen Inhalte von Bedeutung ist, sondern auch, inwiefern die Studierenden ihr didaktisches und pädagogisches Wissen aus den Vorlesungen anzuwenden wissen. Aus den Interviews geht hervor, dass gerade pädagogisches Wissen hier eine wichtige Rolle spielt. Aus subjektiver Sicht scheint im Hinblick auf die kognitive Passung vor allem die Einschätzung der Handlungsfähigkeit als Lehrkraft relevant. Diese kann auch als Erfolgserwartung gemäß der Erwartungs-Wert-Theorie (Eccles et al., 1983) interpretiert werden. Unter den Befragten ist an dieser Stelle von einer Verbesserung der Erfolgserwartung auszugehen, da sie das Praxissemester größtenteils als positive Art der Herausforderung betrachteten, während die Studieneingangsphase vor allem als belastend und nur schwer zu bewältigen wahrgenommen wurde.

In Bezug auf die affektive Passung ergibt sich auf Grund der berufsnahen Tätigkeit eine hohe Übereinstimmung mit den beruflichen Interessen nach Holland (1997), die bei Lehramtsstudierenden vor allem im sozialen Bereich liegen, wie sich in Studie 1 zeigte. In Studie 2 zeigte sich zudem, dass alle befragten Studierenden über relevante pädagogische Vorerfahrungen verfügen, was ebenfalls mit diesen beruflichen Interessen in Einklang zu bringen ist.

Obwohl ich in Studie 2 nicht direkt den Effekt der Persönlichkeit auf das Erleben des Praxissemesters untersucht habe, gehe ich im Hinblick auf die von vielen angeführte Schwierigkeiten bei der Klassenführung und vorherigen empirischen Befunden davon aus, dass eine extravertierte Persönlichkeit im Hinblick auf die Bewältigung der pädagogischen Herausforderungen eine wichtige Ressource darstellt, die vor allem auf der affektiven Ebene ihre Wirkung entfaltet (vgl. Mayr & Mayrhofer, 1994).

Es ist zudem davon auszugehen, dass sich bezüglich der Wertkomponenten aus der Erwartungs-Wert-Theorie eine höhere Übereinstimmung zwischen Erwartung und Realität ergibt, da die Gegebenheiten der schulischen Umgebung den Studierenden zumindest in Teilen bereits aus ihrer eigenen Schulzeit bekannt sind. Durch den engen Bezug zur späteren Berufstätigkeit als Lehrkraft ist zudem von einem hohen Nützlichkeitswert auszugehen. Neben der Nützlichkeit des Praxissemesters selbst ist gemäß den vorherigen Ausführungen auch eine erhöhte wahrgenommene Nützlichkeit der universitätsmathematischen Inhalte wahrscheinlich.

Unter den Befragten Studierenden stand ein Abbruch des Praxissemesters beziehungsweise ein Überdenken der ursprünglichen Berufswahl an dieser Stelle nicht zur Debatte. Allerdings muss an dieser Stelle angeführt werden, dass hier vermutlich meist charakterliche Dispositionen in Form von Gewissenhaftigkeit eine wichtige Rolle spielten. So verfolgten die befragten Studierenden laut eigenen Angaben oft bereits seit Kindertagen den Wunsch, als (Mathematik-)Lehrkraft zu arbeiten und hatten ihre Handlungen und Gedanken auf dieses Ziel ausgerichtet.

Alles in allem kommt es also im Schulpraxissemester vor allem auf der affektiven Ebene meist zu einer deutlich höheren Passung und auch auf kognitiver Ebene scheinen gerade die bei Studienbeginn sehr prominenten Probleme mit der Verbindung zwischen Schulmathematik und Universitätsmathematik eine geringere Rolle zu spielen. Die verbesserte Person-Umwelt-Passung stimmt auch mit den deutlich geringeren Abbruchzahlen verglichen zu Studienbeginn

überein. Dennoch ist es wichtig zu erwähnen, dass es bei den Interviewten möglicherweise zu einer überdurchschnittlich hohen Passung kam, die sich so nicht generalisieren lässt. Es könnte also in der Bevölkerung verglichen mit dem Studienbeginn zu einem deutlich heterogeneren Erleben der Praxisphase kommen. Daher sind die hier genannten Faktoren nicht als pauschale Gegebenheiten, sondern als Gelingensfaktoren zu verstehen, die je nach Person mehr oder weniger vorliegen können.

Ein weiterer Übergang, welcher sich im Rahmen der Lehrerausbildung ergibt, ist der Übergang in den Beruf. Allerdings betrachte ich diesen nicht im Sinne der Übergangserfahrung, welche bereits durch die Studie zum Praxissemester erforscht wurde, sondern im Sinne der Entscheidung für beziehungsweise gegen die Aufnahme des Lehrberufs. Dieser Übergang lässt sich anders als die ersten beiden zumindest auf den ersten Blick nicht direkt mit der doppelten Diskontinuität in Verbindung bringen und scheint zudem ein selteneres Phänomen zu sein.

Es erscheint an dieser Stelle deutlich komplexer zu erkennen, welche Faktoren in diesem Kontext eine Rolle spielen. In der bestehenden Forschung wurden diese späten Umorientierungen beispielsweise anhand von Erwartungs-Wert-Ansätzen erklärt (z.B. Franz et al., 2023). Auf diesen Überlegungen basierte auch mein Modell in Studie 3. Für die MINT-Lehrämter konnte ich in Studie 3 unter allen einbezogenen potenziellen Determinanten allerdings keine relevanten Faktoren identifizieren, die einen Einfluss Übergang vom Studium in das Referendariat beziehungsweise einen Direkteinstieg als Lehrkraft haben. Dies ist möglicherweise damit zu begründen, dass nicht untersucht werden konnte, welchen Grad der Passung die Studierenden im Hinblick auf den Lehrberuf tatsächlich aufwiesen, sondern dies rein auf deren eigenen Annahmen basiert. Bei diesen Annahmen ist wiederum davon auszugehen, dass sie eine starke Verbindung zu den gesammelten Erfahrungen im Praxissemester aufweisen.

Generell ist, wie ich im Rahmen von Studie 3 bereits erörtert hatte, davon auszugehen, dass die Studierenden zumindest bei Studienbeginn das Ziel verfolgt hatten, später als Lehrkraft zu arbeiten (vgl. Bauer et al., 2011). Es zeigte sich bei den Lehramtsstudierenden im Fach Mathematik in Studie 1 auch ein deutlich erhöhtes soziales berufliches Interesse und ein geringeres fachliches Interesse im direkten Vergleich mit den Studierenden im B.Sc. Generell ergeben sich im MINT-Bereich zahlreiche Alternativen zur Arbeit als Lehrkraft, weshalb eine

Einschreibung in einen Lehramtsstudiengang ohne das Ziel Lehrkraft zu werden eher unwahrscheinlich erscheint.

Alles in allem gehe ich im Hinblick auf den Übergang in das Referendariat, davon aus, dass die *erwartete* kognitive und affektive Passung hauptsächlich von den Erfahrungen im Praxissemester abgeleitet wird. Es erscheint plausibel, dass Abbruchneigungen, die sich bereits im Rahmen des Praxissemesters ergeben, oft erst nach Studienabschluss zu einem tatsächlichen Abbruch führen, da hier externe Faktoren häufiger eine Rolle spielen dürften. So sind mit einem abgeschlossenen Master of Education die beruflichen Alternativen sicherlich eher vorhanden als mit einem unfertigen Studium nach dem Praxissemester.

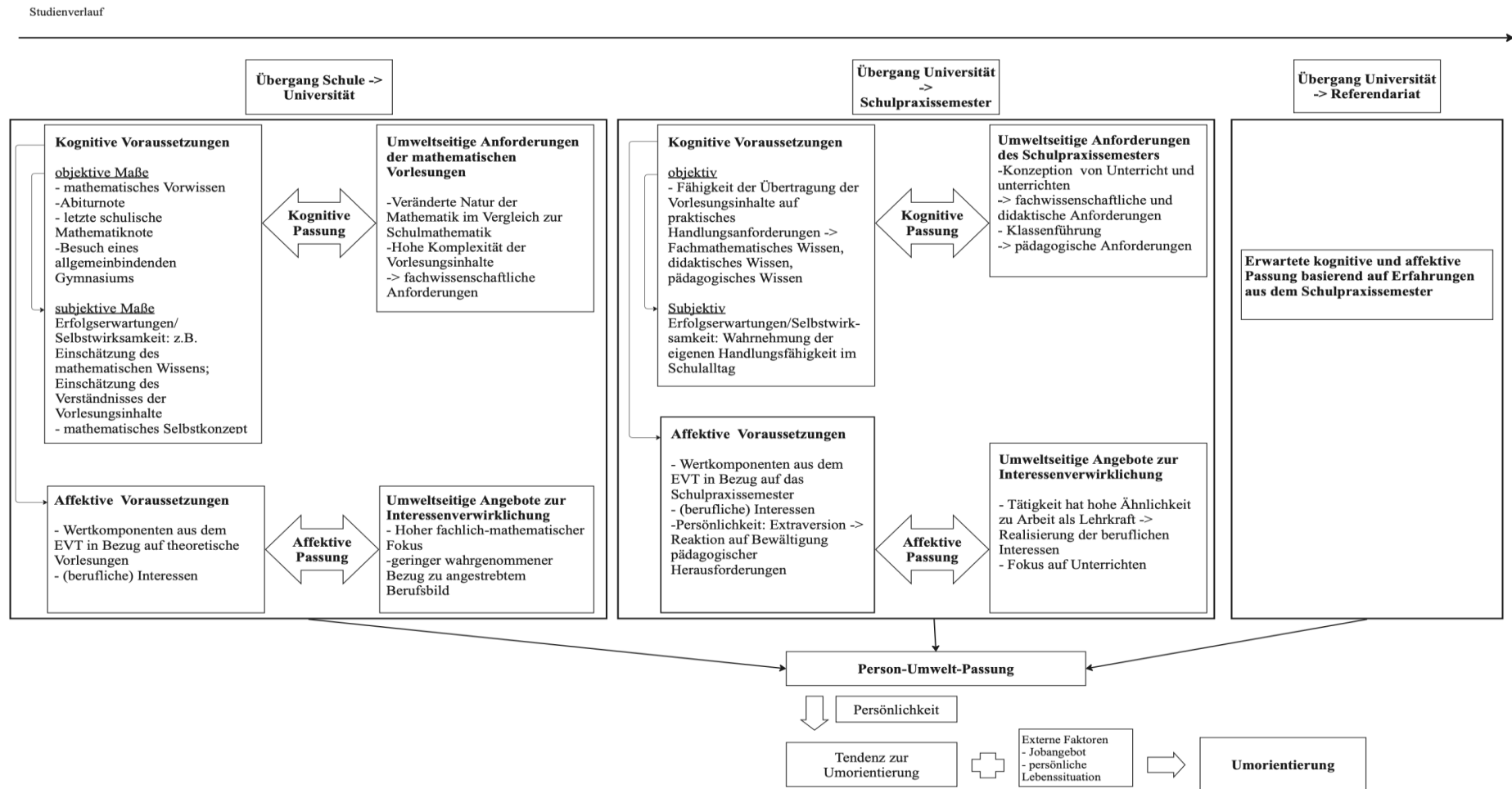
An dieser Stelle bleibt noch zu erwähnen, dass Offenheit und Extraversion trotz des ausbleibenden Effekts in Studie 3 aufgrund deren theoretischer Bedeutsamkeit in mein Modell integriert wurden. Offenheit spielt gemäß den Annahmen des Modells erst im Falle einer vorliegenden, mangelnden Passung eine Rolle und zeigte möglicherweise deshalb keinen signifikanten Effekt auf die Wahrscheinlichkeit des Übergangs in das Referendariat. In Bezug auf die Extraversion ist ebenfalls davon auszugehen, dass sich kein direkter Effekt ergab, da die Entscheidung für oder gegen das Referendariat gemäß den vorherigen Ausführungen vor allem basierend auf den Erfahrungen im Praxissemester getroffen wird. Für diese wiederum könnte die Extraversion, wie bereits ausgeführt, eine Rolle spielen.

Modell zur Erklärung von Umorientierungen im MINT-Lehramtsstudium

Basierend auf den vorherigen Ausführungen habe ich ein Modell zur Erklärung von Umorientierungen während des MINT-Lehramtsstudiums entwickelt, welches wichtige Anhaltspunkte für zukünftige Forschung im Bereich des Lehrkräftemangels in MINT-Fächern bietet. Dieses illustriere ich in Abbildung 6. Die Stärke dieses Modells ergibt sich durch die Synthese zwischen den theoretisch begründeten und durch die Empirie gestützten Einflussfaktoren. Während einige Faktoren wie etwa das mathematische Vorwissen, Erfolgserwartungen und Studienmotivation direkt aus den empirischen Befunden der drei Teilstudien abgeleitet werden konnten, wurden Faktoren wie die Persönlichkeitsdimensionen Offenheit, Extraversion und Gewissenhaftigkeit in erster Linie auf Grund deren theoretischer Relevanz aufgenommen.

Abbildung 6

Modell zur Erklärung von Umorientierungen im MINT-Lehramt



Eine weitere Stärke des Modells ist, dass die Entscheidung zur Umorientierung nicht als Einzelereignis, sondern als Prozess, der durch mangelnde Passung entsteht, sich durch charakterliche Dispositionen manifestiert und letztendlich nur bei Vorliegen weiterer, externer Faktoren aktiv wird, verstanden wird. Dies liefert ein umfassenderes Verständnis von Umorientierungen. Eine zusätzliche Stärke des Modells ergibt sich dadurch, dass es übergangsübergreifende Erklärungsansätze bietet, was einen klaren inhaltlichen Mehrwert im Vergleich zu Modellen, die sich beispielsweise lediglich auf die Studieneinstiegsphase beziehen, darstellt. Schließlich sind zur Reduktion des Lehrkräftemangels auch spätere Umorientierungen von Relevanz.

Das Modell als Ganzes bedarf allerdings zukünftig noch einer empirischen Validierung. Zudem erhebe ich keinen Anspruch auf Vollständigkeit, da ich mich in erster Linie auf die Aspekte der affektiven und kognitiven Passung konzentriere. Weitere Limitationen des Modells stehen in direktem Zusammenhang mit den drei Studien zu den verschiedenen Übergängen und werden daher im nachfolgenden Abschnitt 6.2 diskutiert.

6.2 Stärken und Limitationen

Die vorliegende Dissertation weist verschiedene Stärken und Limitationen auf, die im Hinblick auf die Interpretation der Ergebnisse und den daraus abgeleiteten Implikationen berücksichtigt werden müssen. Im Folgenden gehe ich ausführlich auf diese ein.

Eine besondere Stärke ergibt sich, wie bereits ausgeführt, durch die detaillierte Betrachtung der verschiedenen Übergangssituationen im Rahmen der Lehrerbildung im MINT-Bereich und insbesondere im Fach Mathematik. Durch die inhaltliche Vielfalt entsteht ein tiefgreifendes Verständnis der Herausforderungen, Chancen und Handlungsentscheidungen an allen betrachteten Übergängen. Dieser Ansatz geht über bisherige Forschung hinaus, die sich meistens lediglich einem bestimmten Übergang, wie beispielsweise dem Übergang von der Schule in das Studium widmet. Dieser Ansatz ermöglicht auch den Vergleich verschiedener Übergänge innerhalb von Individuen. In Studie 2 wurden dieselben Individuen sowohl zu ihren Erfahrungen beim Studieneinstieg als auch zu ihren Erfahrungen im Schulpraxissemester befragt. Auf Grund der Tatsache, dass die befragten Studierenden nicht nur Mathematik, sondern auch ein zweites Fach unterrichteten konnte zudem nochmals aufgezeigt werden, dass

bestimmte Problematiken bei den Übergängen von der Schule an die Universität und zurück tatsächlich fachspezifisch sind.

Insgesamt zeige ich also, dass die Umorientierungen an den verschiedenen Übergängen stets in Zusammenhang mit personen- und fachbezogenen Faktoren stehen. Diese lassen sich in Einklang mit der Theorie der doppelten Diskontinuität, der Theorie der beruflichen Interessen nach Holland, der Erwartungs-Wert-Theorie nach Eccles und Kollegen sowie den Big Five Persönlichkeitsdimensionen bringen. Welche dieser Faktoren im Hinblick auf eine mögliche Abkehr vom ursprünglichen Berufswunsch aktiv werden, hängt von der spezifischen Situation ab. In dem in Abschnitt 6.1.4 präsentierten Modell zur Erklärung von Umorientierungen im MINT-Lehramt werden die Faktoren zusammengeführt. Das Modell liefert einen wertvollen Rahmen für zukünftige Forschung im Bereich der MINT-Lehrerbildung.

Darüber hinaus bietet Studie 1 durch die Nutzung intensiver Längsschnittdaten neue Einblicke in die Entstehungsprozesse von frühen Studienabbrüchen. Hochfrequente Daten wurden bei der Erforschung dieser bislang sehr selten eingesetzt. Hinsichtlich der Relevanz zeitlich veränderlicher, motivationaler Variablen bei der Entwicklung von Studienabbruchneigungen erscheint diese Datenstruktur allerdings besonders vielversprechend.

Zudem eröffnen sich durch die hochfrequente Datenerhebung innovative Analysemethoden. In Studie 1 nutze ich ein dynamisches Strukturgleichungsmodell (RDSEM; Asparouhov et al., 2018). Dieses bietet die Möglichkeit, simultan die Bedingungsfaktoren von Studienabbrüchen auf der interindividuellen Ebene sowie der intraindividuellen Ebene zu untersuchen. Die interindividuelle Ebene bezieht sich hierbei auf stabile Unterschiede zwischen Personen, beispielsweise hinsichtlich des mathematischen Vorwissens, wobei die intraindividuelle Ebene sich auf die Veränderung emotionaler Zustände, z.B. Angst zu scheitern innerhalb einer Person bezieht. Daraus ergibt sich nicht nur ein inhaltlicher, sondern auch ein methodischer Mehrwert, da der hierarchische Aufbau des dynamischen Strukturgleichungsmodells eine Separierung dieser beiden Ebenen erlaubt (Hamaker et al., 2018). Dadurch können auf intraindividuellem Ebene Verzerrungen durch ausgelassene zeitlich stabile Variablen (engl. omitted variable bias) ausgeschlossen werden, was hinsichtlich der Interpretation der gefundenen Effekte einen entscheidenden Vorteil bietet (z.B. Hamaker et al., 2018; Lüdtke & Robitzsch, 2021).

Alles in allem weist die vorliegende Dissertation also sowohl besondere inhaltliche als auch methodische Stärken auf. Die gewonnenen Erkenntnisse bieten Ansatzpunkte für die verschiedenen Phasen der Lehrerbildung, an die angeknüpft werden kann, um dem Lehrkräftemangel effektiv entgegenwirken zu können.

Neben den hier beschriebenen Stärken weist die Dissertation auch einige inhaltliche sowie methodische Schwachstellen auf, auf die ich im Folgenden eingehen werde. Eine generelle Problematik, welche sich auf das Forschungsfeld Bildung im Allgemeinen bezieht, ist die Tatsache, dass Bildungssysteme sich nicht nur zwischen sondern teilweise auch innerhalb verschiedener Länder stark unterscheiden können. So ist gerade die zweistufige, ausbildungsähnliche Struktur des Lehramtsstudiums in Deutschland einzigartig. Eine weitere Besonderheit des Bildungssystems in Deutschland ist dessen staatliche Finanzierung. Diese Umstände machen es schwierig, die Befunde aus dieser Dissertation direkt auf andere Länder oder Regionen zu übertragen. So kann beispielsweise angenommen werden, dass in Staaten, in denen Bildung sehr kostspielig ist, finanzielle Motive im Hinblick auf Studienabbrüche eine größere Rolle spielen als in Deutschland.

Eine weitere Problematik ergibt sich im Hinblick auf den eher geringen Stichprobenumfang in allen drei Studien. Während sich die qualitative Interviewstudie nicht mit inferenzstatistischen Interpretationen befasst, kann gerade in Studie 1 und Studie 3 nicht ausgeschlossen werden, dass das Ausbleiben von signifikanten Ergebnissen eher auf eine zu geringe statistische Power zurückzuführen ist als auf ein tatsächliches Fehlen von Effekten in der Population. Zudem ist es als kritisch anzusehen, dass die befragten Studierenden in Studie 1 sowie Studie 2 allesamt an der gleichen Universität eingeschrieben waren. Allerdings kann angenommen werden, dass die Curricula im Bachelorstudium der Mathematik sich an den Universitäten innerhalb der Bundesrepublik stark ähneln, wodurch sich eine regionale Vergleichbarkeit sowohl hinsichtlich der Studieninhalte als auch der Struktur der Studiengänge ergibt.

Bei der detaillierten Betrachtung der einzelnen Studien sind weitere Limitationen ersichtlich. In Studie 1 werden Relationen zwischen Variablen, welche zum gleichen Zeitpunkt erhoben wurden, untersucht. Der dynamische Teil des Modells wird ausschließlich durch die autokorrelierten Residuen abgebildet. Eine kausale Interpretation der Zusammenhänge setzt allerdings eine zeitliche Ordnung von Ursache und Wirkung voraus (Hamaker et al., 2018;

McNeish & Hamaker, 2020). Darüber hinaus erlaubt das untersuchte Modell keine direkten Rückschlüsse darauf, wodurch die unterschiedlichen Abbruchmotive von Studierenden im B.Sc. und im B.Ed. letztendlich verursacht wurden. Eine zusätzliche Hürde ergibt sich durch die Untersuchung von Studienabbruchintentionen an Stelle von tatsächlich vollzogenen Abbrüchen. Diese geben keine eindeutige Auskunft darüber, wer am Ende tatsächlich sein Studium abbrechen wird, beziehungsweise dieses im Laufe der Erhebung bereits abgebrochen hat. Allerdings bieten Abbruchintentionen den Vorteil, dass sie längsschnittlich erhebbar sind (Glaesser et al., 2021), was verglichen mit querschnittlichen Daten den Einsatz methodisch fortgeschrittenerer Analyseverfahren, wie bereits oben beschrieben, ermöglicht.

Bezüglich Studie 2 kann vor allem der geringe Stichprobenumfang bemängelt werden, der wie ausgeführt alle Teilstudien dieser Dissertation betrifft. Allerdings ist dieser in Studie 2 verglichen mit den anderen Studien nochmals geringer und beläuft sich auf $N=14$. Kleinere Stichprobenumfänge sind bei qualitativen Studien zwar üblich, da sie sich eher auf die detaillierten Wahrnehmungen weniger Personen als auf generelle Phänomene fokussieren. Daher lassen sich die Ergebnisse nicht ohne weiteres generalisieren. Eine weitere Problematik in diesem Kontext ergibt sich dadurch, dass nicht davon ausgegangen werden kann, dass die befragten Studierenden einen Querschnitt der Studierenden im Mathematiklehramt darstellen. Vielmehr muss davon ausgegangen werden, dass eine positivere Wahrnehmung des vorangegangenen Studiums die freiwillige Teilnahme an der Studie ebenfalls positiv beeinflusst. Allerdings kann durch die Selektion der Interviewpartner im Vorfeld des Praxissemesters zumindest ausgeschlossen werden, dass ein direkter Zusammenhang zwischen den Erfahrungen im Praxissemester und der späteren Studienteilnahme besteht.

Im Hinblick auf Studie 3 ergeben sich weitere Limitation. Dem geringen Stichprobenumfang ist geschuldet, dass lediglich eine Unterscheidung zwischen der Entscheidung für beziehungsweise gegen den Übergang ins Referendariat getroffen werden konnte. Eine detaillierte Untersuchung der beruflichen Verläufe war zu diesem Zeitpunkt leider nicht möglich. Zudem erweist sich die zeitlich begrenzte Beobachtungsperiode nach Abschluss des Studiums als nachteilig, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass manche der Absolventen im Endeffekt nicht doch zu einem späteren Zeitpunkt, zum Beispiel nach einer abgeschlossenen Promotion, noch in den Lehrberuf zurückkehren. Darüber hinaus kommt es durch die teilweise retrospektiven Erhebungen gerade im Hinblick auf die Motivation für die Wahl des Lehramtsstudiums möglicherweise zu Verzerrungen.

Die beschriebenen Limitationen bieten Anhaltspunkte für zukünftige Forschung, welche in Abschnitt 6.3 diskutiert werden.

6.3 Implikationen für Forschung und Praxis

Nachfolgend arbeite ich basierend auf den Ergebnissen aus allen drei Studien, dem daraus abgeleiteten integrativen Modell sowie den oben beschriebenen Limitationen Implikationen für Forschung und Praxis heraus.

6.3.1 Implikationen für zukünftige Forschung

In der vorliegenden Dissertation wurden verschiedene Übergänge im Lehramtsstudium, insbesondere im Fach Mathematik untersucht. Hierbei zeigte sich übereinstimmend in allen drei Teilstudien, dass fachspezifische Faktoren mit der Wahrnehmung von und den Entscheidungen an diesen Übergängen in Verbindung stehen. Demnach kann die Einbeziehung dieser einen entscheidenden Mehrwert bieten. Es ist davon auszugehen, dass fachspezifische Faktoren auch außerhalb der Mathematik beziehungsweise außerhalb des MINT-Bereichs eine wichtige Rolle im Hinblick auf den Verbleib im Lehramt haben. Zukünftige Forschung in diesem Bereich sollte sich demnach neben der Untersuchung allgemeiner Muster an Übergängen vor allem auch fachspezifischen Untersuchungen widmen.

Weiterhin zeigten die Befunde, dass Umorientierungen im Rahmen des MINT-Lehramts letztendlich immer durch ein Zusammenspiel von fachspezifischen und fachunspezifischen sowie personenbezogenen Faktoren zurückgeführt werden kann. Die Verbindung dieser Faktoren stellt dabei einen neuen, integrativen Ansatz zur Erklärung von Umorientierungen dar, aus dem sich ebenfalls wichtige Anhaltspunkte für die zukünftige Forschung ergeben. Die empirische Überprüfung und Schärfung des Modells ist hierbei ein wichtiges Forschungsdesiderat.

Zudem geht aus dieser Dissertation der wichtige Befund hervor, dass praktische Studienerfahrungen im Lehramtsstudium, gerade im Fach Mathematik, nicht nur eine Herausforderung darstellen, sondern auch vielerlei Chancen bieten und zum Bau einer Brücke zwischen Theorie und Praxis beitragen können. Infolgedessen sollte insbesondere die Forschung zu praktischen Phasen im Lehramtsstudium nicht nur daraus resultierende Herausforderungen, sondern auch Chancen stärker in den Blick nehmen. Zusätzlich sollte

überprüft werden, ob der unerwartete Befund im Hinblick auf die eher geringe Relevanz der zweiten Diskontinuität, wirklich durch die strukturierte Natur des Faches erklärt werden kann oder ob dieser Befund nicht möglicherweise doch auf die Stichprobenselektion zurückzuführen ist. Sofern sich die eher geringe, von der zweiten Diskontinuität ausgehende Problematik in praktischen Phasen als allgemeingültig erweist, sollte in diesem Kontext künftig ein stärkerer Fokus auf die Diskontinuität zwischen pädagogischen Vorlesungsinhalten und Klassenführung in der Praxis gelegt werden.

Weitere Desiderata für zukünftige Forschung ergaben sich auch aus den im vorherigen Kapitel ausgeführten Limitationen der einzelnen Studien. Wie im Zusammenhang mit Studie 1 bereits erwähnt wurde, konnten die Unterschiede in den Abbruchmotivationen auf individueller Ebene anhand des empirisch untersuchten Modells nicht zufriedenstellend erklärt werden. Zukünftige Forschung sollte an diesem Punkt ansetzen. Erst wenn hinsichtlich dieser Thematik Klarheit herrscht, können konkrete Handlungsvorschläge abgeleitet werden. Weiterhin erscheint es wichtig, die Gründe zu erforschen, weshalb die durchschnittlichen Abbruchneigungen zu gewissen Zeitpunkten im Semester besonders hoch oder niedrig ausfallen und warum hier Unterschiede zu den Studierenden im B.Sc. bestehen, die die gleichen mathematischen Vorlesungen besuchen. Während eine internationale Erweiterung der Studie zu komplex erscheint, wäre es denkbar, die Datenerhebung zumindest auf zusätzliche Universitäten in der Bundesrepublik auszuweiten, um eine Generalisierbarkeit der Befunde im deutschen Raum voranzutreiben.

In Studie 2 wurde das Erleben des Praxissemesters untersucht und zudem mit dem Erleben des Übergangs an die Universität verglichen. Dies geschah mittels einer Interviewstudie mit insgesamt 14 Teilnehmenden. Hierbei ergaben sich bereits zahlreiche vielversprechende Einblicke. Um generalisierbare Muster herausarbeiten zu können, besteht ein zukünftiges Ziel allerdings darin, die Wahrnehmung des Praxissemesters in einer größer angelegten, quantitativen Studie zu erforschen. Hierbei kann inhaltlich an die Befunde aus der qualitativen Studie angeknüpft werden.

In Studie 3 wurden die beruflichen Übergänge von Lehramtsabsolventen nach dem Studium erforscht. Auf Grund der geringen Stichprobengröße war es mir leider nicht möglich, diese im Detail zu erforschen. Stattdessen habe ich mich auf die Unterscheidung zwischen einer Weiterverfolgung des Lehrberufs (Referendariat oder direkter Einstieg in den Beruf) und einem

beruflichen Wechsel entschieden. In der zukünftigen Forschung könnte möglicherweise eine genauere Analyse der beruflichen Verbleibe realisiert werden. Zudem wäre eine prospektive Erhebung der motivationalen Variablen wünschenswert, um Verzerrungen durch falsche Erinnerungen entgegenzuwirken.

6.3.2 Implikationen für die Praxis

Neben Anknüpfungspunkten für zukünftige Forschung lassen sich aus der vorliegenden Dissertation und deren Ergebnissen auch einige wichtige Erkenntnisse für die Praxis ableiten. Diese sollen das Ziel der Reduktion des Lehrkräftemangels, insbesondere im Fach Mathematik aber auch im MINT-Bereich generell vorantreiben. Die konkrete Umsetzung solcher Maßnahmen ist allerdings nicht Gegenstand dieser Dissertation, weshalb diese im Folgenden nur kurz angeschnitten werden.

Alles in allem wird deutlich, dass in allen Phasen und insbesondere den Übergangsphasen im Rahmen der Lehrerbildung angesetzt werden muss, um den Verbleib im Lehramt zu begünstigen. Neben der Untersuchung der Passung von Person und umweltseitigen Anforderungen oder Angeboten zur Interessenverwirklichung sollte vor allem die aktive Gestaltung der Passung von Erwartungen, Werthaltungen, Interessen und kognitiven Fähigkeiten sowie charakterlichen Dispositionen im Fokus stehen.

Daraus ergibt sich auch, dass Maßnahmen zur Erhöhung des Verbleibs im Mathematik- und MINT-Lehramt, die ausschließlich auf leistungsbezogene Aspekte fokussiert sind, nicht ausreichend sind. Ein bekanntes Beispiel hierfür sind Mathematik-Vorkurse, bei denen Kenntnisse aus der Oberstufenmathematik aufgefrischt und ergänzt werden. Diese werden an vielen Universitäten für Fächer mit starkem mathematischem Bezug im Vorfeld des Studienbeginns angeboten. Allerdings erscheinen Maßnahmen mit motivationalem Fokus basierend auf den Ergebnissen dieser Dissertation ebenfalls notwendig. So wäre es in Anbetracht der mangelnden erkannten Relevanz der Schulmathematik für die Universitätsmathematik, sinnvoll, wenn die Dozenten diese Verbindung klarer herausarbeiten würden. Auch Lehramtsspezifische Module im Fach Mathematik, wie sie als Pilotprojekte bereits an verschiedenen Universitäten eingeführt wurden, bieten hier vielversprechende Ansatzpunkte (siehe z.B. Bauer & Partheil, 2009). Zwar erkennen die Studierenden die Relevanz des fundierten mathematischen Wissens teilweise während des Praxissemesters.

Allerdings haben zu diesem Zeitpunkt bereits viele ihr Studium abgebrochen, wodurch vorgelagerte Maßnahmen unabdingbar erscheinen.

Auf Basis der Teilstudien dieser Dissertation ergibt sich zudem, dass die Einführung von Studieneingangsbedingungen, die sowohl auf Motivation als auch auf Leistung fokussiert sind, die Abbruchzahlen senken könnten. Dies bezieht sich nicht nur auf frühe Studienabbrüche, sondern auch auf den späteren Übergang von der Universität in das Referendariat. Im Hinblick auf den ohnehin bereits bestehenden Mangel an Lehrkräften sollte hier allerdings vollumfänglich abgewogen werden, ob und wenn ja welche Bedingungen hier wirklich sinnvoll sind.

Neben der Überprüfung von zeitlich stabilen Eingangsbedingungen erweisen sich hinsichtlich der Ergebnisse aus Studie 1 mehrmalige Erhebungen während des Semesters als sinnvoll um Studierende mit hohem Abbruchrisiko zu identifizieren. Vor allem motivationale Zustände sind über die Zeit veränderlich und können gleichzeitig einen entscheidenden Einfluss auf die individuelle Abbruchneigung haben. Besonders der Faktor „Angst zu scheitern“, der ein wichtiger Indikator für die wahrgenommenen Kosten ist, sollte hierbei im Fokus stehen, da dieser sich in Studie 1 als besonders starker Prädiktor auf intraindividuellem Ebene für die Entstehung von Studienabbruchneigungen erwies.

Im Hinblick auf die aufgezeigte Relevanz des Erwartungs-Werts-Modells (Eccles et al., 1983) für die Wahl des Studiums und mögliche Abbrüche erscheint es darüber hinaus wichtig, dass eventuelle falsche Erwartungen oder Wertvorstellungen der Studierenden bereits vor Studienbeginn korrigiert werden, um einer mangelnden Passung entgegenzuwirken. Wie die Befunde aus Studie 2 zeigten, wiesen die Studierenden vor Studienbeginn zumeist eine hohe Begeisterung für Mathematik, wie sie diese in der Schule kennengelernt hatten, auf. Oftmals bezeichneten sie Mathematik auch als ihr Lieblingsfach aus Schulzeiten. Somit erscheint es plausibel, dass hier häufig falsche Erwartungen und Wertvorstellungen hinsichtlich der universitätsmathematischen Inhalte vorlagen. Anhaltspunkte für die Korrektur falscher Erwartungen liefern beispielsweise Karst et al. (2017), die Online-Self-Assessments zur Einstellung zum Studienfach entwickelten.

Bezüglich der praktischen Studienphasen zeigt sich, dass vor allem eine umfassendere Unterstützung der Studierenden in Bezug auf die Klassenführung notwendig sein könnte oder diese während des vorangehenden Studiums stärker in den Fokus rücken sollte. Zudem sollte

in weniger strukturierten Fächern als der Mathematik möglicherweise auch ein Fokus auf die Vorbereitung von Unterrichtsmaterialien gelegt werden. Durch die Wichtigkeit der praktischen Studienphase für den späteren beruflichen Übergang ergibt sich eine hohe Relevanz hinsichtlich der Optimierung dieser.

Es ist zudem anzunehmen, dass für eine Erhöhung des Verbleibs im Lehramt nicht nur Maßnahmen im Zuge der Mathematiklehrerbildung wichtig sind, sondern auch die Erhöhung der Attraktivität des Lehrberufs selbst, da gerade die Verfügbarkeit von attraktiven Alternativen, beispielsweise in Bezug auf Verdienst, die Chancen der Umorientierung erhöhen. Dieses Ziel liegt allerdings außerhalb des Einflussbereiches tertiärer Bildungsinstitutionen.

6.4 Fazit

In der vorliegenden Dissertation befasste ich mich mit verschiedenen Übergängen im Lehramt, insbesondere in der Mathematik und im MINT-Bereich. Dabei standen sowohl der Übergang an die Universität, der Übergang von der Universität an die Schule im Rahmen des Schulpraxissemesters sowie der Übergang ins Berufsleben im Fokus. Eine systematische Untersuchung der verschiedenen Übergangssituationen entlang der (Mathematik-)Lehrerausbildung und die Entwicklung eines Modells zur Erklärung der Entscheidungen an diesen Übergangssituationen ist dabei das Alleinstellungsmerkmal dieser Arbeit. Hierbei wurden verschiedene theoretische Perspektiven und empirische Befunde zusammengeführt.

Zudem wurde die besondere Rolle fachspezifischer Faktoren im Hinblick auf die verschiedenen Übergänge aufgezeigt. Neben der inhaltlichen Breite zeichnet sich die Arbeit auch durch ihre methodische Vielfalt aus, wobei sich die gewählten Zugänge an den zugrundeliegenden Fragestellungen orientieren.

Die Dissertation als Ganzes erweitert die bisherige Forschung zu Übergangsphasen im Lehramt und zum Lehrkräftemangel im MINT-Bereich um zahlreiche, wertvolle Einsichten und Perspektiven. Mit dem entwickelten Modell wurde zudem ein heuristischer Bezugsrahmen für zukünftige Forschung auf diesem Gebiet geschaffen.

7 Literatur

- Allport, G. W., & Odbert, H. S. (1936). Trait-names: A psychological study. *Psychological Monographs*, 47, Whole No. 211.
- Andrà, C., Magnano, G., & Morselli, F. (2011). Drop-out undergraduate students in mathematics: An exploratory study. In B. Roesken & M. Casper (Eds.), *Current State of Research on Mathematical Beliefs XVII. Proceedings of the MAVI-17 Conference September 17-20, 2011* (pp. 13-22). Ruhr University Bochum. Verfügbar unter: https://www.mathematical-views.org/wp-content/uploads/sites/10/2020/06/proceedings_mavi17.pdf
- Anger, C., Kohlisch, E., & Plünnecke, A. (2021). *MINT-Herbstreport 2021. Mehr Frauen für MINT gewinnen - Herausforderungen von Dekarbonisierung, Digitalisierung und Demographie meistern*. Institut der deutschen Wirtschaft. Verfügbar unter: <https://www.iwkoeln.de/studien/christina-anger-enno-kohlisch-axel-pluennecke-mehr-frauen-fuer-mint-gewinnen-herausforderungen-von-dekarbonisierung-digitalisierung-und-demografie-meistern.html>
- Anger, C., & Plünnecke, A. (2022). MINT gewinnt: Hohe Löhne in den MINT-Berufen. *IW-Kurzbericht 106/2022*. Verfügbar unter: <https://www.iwkoeln.de/studien/christina-anger-axel-pluennecke-hohe-loehne-in-den-mint-berufen.html>
- Asparouhov, T., Hamaker, E. L., & Muthén, B. O. (2018). Dynamic structural equation models. *Structural Equation Modeling*, 25(3), 359-388. <https://doi.org/10.1080/10705511.2017.1406803>
- Atkinson, J. W. (1957). Motivational determinants of risk-taking behavior. *Psychological Review*, 64(6), 359-372. <https://doi.org/10.1037/h0043445>
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W H Freeman/Times Books/Henry Holt & Co.
- Bauer, J., Diercks, U., Retelsdorf, J., Kauper, T., Zimmermann, F., Köller, O., Möller, J., & Prenzel, M. (2011). Spannungsfeld Polyvalenz in der Lehrerbildung: Wie polyvalent sind Lehramtsstudiengänge und was bedeutet dies für die Berufswahlsicherheit der Studierenden? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 14, 629-649. <https://doi.org/10.1007/s11618-011-0239-7>
- Bauer, J., & Hefendehl-Hebeker, L. (2018). Das gymnasiale Lehramtsstudium - widerstreitende Anforderungen und vermittelnde Ansätze. In H.-S. Siller, W. Weigel, & J. Wörler (Eds.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2018* (pp. 9-16). WTM. Verfügbar unter: <https://www.mathematik.uni-marburg.de/~tbauer/2018-BzMU-Lehramtsstudium.pdf>
- Bauer, T., & Partheil, U. (2009). Schnittstellenmodule in der Lehramtsausbildung im Fach Mathematik. *Mathematische Semesterberichte*, 56(1), 85-103.

-
- Bean, J. P. (1980). Dropouts and turnover: The synthesis and test of a causal model of student attrition. *Research in Higher Education*, 12, 155-187.
<https://doi.org/10.1007/BF00976194>
- Bean, J. P. (1983). The application of a model of turnover in working organizations to the student attrition process. *The Review of Higher Education*, 6, 129-148.
<https://doi.org/10.1353/rhe.1983.0026>
- Bergmann, C., & Eder, F. (1992). *Allgemeiner Interessen-Struktur-Test (AIST), Umwelt-Struktur-Test (UST). Testmanual*. Weinheim: Beltz Test.
- Bergmann, C., & Eder, F. (2005). *Allgemeiner Interessen-Struktur-Test mit Umwelt-Struktur-Test (UST-R) -Revision*. Beltz.
- Busker, M. (2010). *Entwicklung einer adressatenorientierten Übungskonzeption im Übergang Schule - Universität auf Basis empirischer Analysen von Studieneingangsvoraussetzungen im Fach Chemie*. Der Andere Verlag.
- Caruso, C., Neuweg, G. H., Wagner, M., & Harteis, C. (2022). Theorie-Praxis-Relationierung im Praxissemester: Die Perspektive der Mentor*innen. Eine explorative Studie. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 25, 1481-1503. <https://doi.org/10.1007/s11618-022-01123-x>
- Chaplain, R. P. (2008). Stress and psychological distress among trainee secondary teachers in England. *Educational Psychology*, 28(2), 195-209.
<https://doi.org/10.1080/01443410701491858>
- Clark, K., & Lovric, M. (2009). Understanding secondary-tertiary transition in mathematics. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 40(6), 755-776.
- Costa, P. T., & McCrae, R. R. (1992). *Revised NEO Personality Inventory and NEO Five Factor Professional Manual*. Psychological Assessment Resources.
- Dawis, R. V. (1996). The theory of work adjustment and person-environment-correspondence counseling. In D. Brown, L. Brooks, & Associates (Eds.), *Career choice and development: Applying contemporary theories to practice* (3rd ed. ed., pp. 75-120). Jossey-Bass.
- De Guzman, M., Hodgson, B., Robert, A., & Villani, V. (1998). Difficulties in the passage from secondary to tertiary education. In A. Louis, U. Rehmann, & P. Schneider (Eds.), *Proceedings of the International Congress of Mathematicians* (Vol. 3, pp. 747-762). ICM. Verfügbar unter: https://www.ime.usp.br/~vhgiusti/dificuldades_passagem.pdf
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. Plenum.
- Dörfler, W., & McLone, R. R. (1986). Mathematics as a school subject. In B. Christiansen, A. G. Howson, & M. Otte (Eds.), *Perspectives on mathematics education*. (pp. 49-97). Dordrecht: Reidel.

-
- Eccles, J., Adler, T. F., Futterman, R., Goff, S. B., Kaczala, C. M., Meece, J. L., & Midgley, C. (1983). Expectancies, values, and academic behaviors. In J. T. Spence (Ed.), *Achievement and achievement motivation* (pp. 75-146). W. H. Freeman.
- Eccles, J., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual Review of Psychology*, 53(1), 109-132. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135153>
- Eder, F., & Bergmann, C. (2015). Das Person-Umwelt-Modell von J. L. Holland: Grundlagen - Konzepte - Anwendungen. In C. Tarnai & F. G. Hartmann (Eds.), *Berufliche Interessen. Beiträge zur Theorie von J. L. Holland* (pp. 11-30). Waxmann Verlag.
- Engelbrecht, J. (2010). Adding structure to the transition process to advanced mathematical activity. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 41(2), 143-154. <https://doi.org/10.1080/00207390903391890>
- Erikson, R., & Jonsson, J. O. (1996). Explaining class inequality in education: The Swedish test case. In R. Erikson & J. O. Jonsson (Eds.), *Can Education Be Equalized?* (pp. 1-63). Westview Press.
- Faust, G. (2013). Übergang in das Schulsystem hinein. Vom Kindergarten in die Grundschule - Aktuelle Befunde aus der Bildungsforschung. In G. Bellenberg & M. Forell (Eds.), *Bildungsübergänge gestalten. Ein Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis*. Waxmann.
- Franz, S., Gäckle, S., & Menge, C. (2023). Übergänge von Lehramtsabsolventinnen und -absolventen: Wer bleibt im ersten Jahr nach Studienabschluss auf dem Weg zur Lehrkraft? In J. Ordemann, F. Peter, & S. Buchholz (Eds.), *Vielfalt von hochschulischen Bildungsverläufen: Wege in das, durch das und nach dem Studium* (pp. 191-222). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-39657-2_8
- Gawrilow, C., & Rauch, W. (2017). Selbstregulationsfähigkeiten und exekutive Funktionen im Entwicklungsverlauf bei Vorschul- und Schulkindern. In U. Hartmann, A. Hasselhorn, & A. Gold (Eds.), *Entwicklungsverläufe verstehen - Kinder mit Bildungsrisiken wirksam fördern. Forschungsergebnisse des Frankfurter IDeA-Zentrums* (pp. 157-174). Kohlhammer.
- Geisler, S. (2020). Early dropout from university mathematics: The role of students' attitudes towards mathematics. In M. Inprasita, N. Changsri, & N. Boonsena (Eds.), *Proceedings of the 44th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. Interim, pp. 189-198). PME. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/343320058_EARLY_DROPOUT_FROM_UNIVERSITY_MATHEMATICS_THE_ROLE_OF_STUDENTS'_ATTITUDES_TOWARDS_MATHEMATICS/link/5f22fc88458515b729f3ba40/download
- Geisler, S., Rolka, K., & Dehling, H. (2019). Bleiben oder gehen? - Eine Mixed-Methods-Studie zu frühem Studienabbruch und Verbleib von Mathematikstudierenden. In Y.-B. Böhler, S. Heuchemer, & B. Szczyrba (Eds.), *Hochschuldidaktik erforscht wissenschaftliche Perspektiven auf Lehren und Lernen, Forschung und Innovation in der Hochschulbildung Band 5* (pp. 79-90).

- Glaesser, J., Kilian, P., & Kelava, A. (2021). Mögliche Vorläufer von Studienabbruch in der Mathematik: stabile Persönlichkeitsmerkmale und veränderliche affektive Zustände. In M. Neugebauer, H.-D. Daniel, & A. Wolter (Eds.), *Studienerfolg und Studienabbruch*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32892-4_6
- Goldberg, L. R. (1981). Language and individual differences: The search for universals in personality lexicons. In L. Wheeler (Ed.), *Review of Personality and Social Psychology* (Vol. 2, pp. 141-165). Sage.
- Göller, R., & Besser, M. (2023). Studienwahlmotive von Bewerberinnen und Bewerbern auf ein Lehramtsstudium und auf andere Studiengänge. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 37(4), 305-321. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000317>
- Gueudet, G. (2008). Investigating the secondary - tertiary transition. *Educational Studies in Mathematics*, 67, 237-254.
- Gülen, S., Müller, K., & Schmid-Kühn, S. M. (2022). Lehramtsstudium - Vorbereitungsdienst - Lehrkräfteberuf, oder? Empirische Analysen aus dem Nationalen Bildungspanel (NEPS). *ZeHf - Zeitschrift für empirische Hochschulforschung*, 149-168. <https://doi.org/10.3224/zehf.v6i2.05>
- Hamaker, E. L., Asparouhov, T., Brose, A., Schmiedek, F., & Muthén, B. O. (2018). At the frontiers of modeling intensive longitudinal data: Dynamic structural equation models for the affective measurements from the COGITO study. *Multivariate Behavioral Research*, 53(6), 820-841. <https://doi.org/10.1080/00273171.2018.1446819>
- Hamilton, J. O. (1974). Motivation and risk taking behavior: A test of Atkinson's theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 29(6), 856-864. <https://doi.org/10.1037/h0036463>
- Hefendehl-Hebeker, L. (2013). Doppelte Diskontinuität oder die Chance der Brückenschläge. In C. Ableitinger, J. Kramer, & S. Prediger (Eds.), *Zur doppelten Diskontinuität in der Gymnasiallehrerbildung: Ansätze zu Verknüpfungen der fachinhaltlichen Ausbildung mit schulischen Vorerfahrungen und Erfordernissen* (pp. 1-15). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-01360-8_1
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). *Zwischen Studierenerwartungen und Studienwirklichkeit. Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen*. DZHW. Verfügbar unter: https://www.dzhw.eu/pdf/pub_fh/fh-201701.pdf
- Heublein, U., Hutzsch, C., & Schmelzer, R. (2022). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland (DZHW Brief 05|2022)*. Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung. https://doi.org/10.34878/2022.05.dzhw_brief
- Heublein, U., Hutzsch, C., Schreiber, J., Sommer, D., & Besuch, G. (2010). *Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen. Ergebnisse einer*

- bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten des Studienjahres 2007/08. HIS.*
Verfügbar unter: <http://ids.hof.uni-halle.de/documents/t1944.pdf>
- Holland, J. L. (1997). *Making vocational choices: A theory of vocational personalities and work environments* (3rd ed.). Psychological Assessment Resources.
- Holtz, P. (2014). „Es heißt ja auch Praxissemester und nicht Theoriesemester“. Quantitative und qualitative Befunde zum Spannungsfeld zwischen „Theorie“ und „Praxis“ im Jenaer Praxissemester. In K. Kleinespel (Ed.), *Ein Praxissemester in der Lehrerbildung. Konzepte, Befunde und Entwicklungsperspektiven am Beispiel des Jenaer Modells* (pp. 97-118). Klinkhardt.
- Homann, H.-S., Ehmke, T., & Beckmann, T. (2024). Belastungserleben im Praxissemester - Wie erleben Lehramtsstudierende praktikumsinhärente Belastungsfaktoren? *Psychologie in Erziehung und Unterricht, 71*, 144-162.
<https://doi.org/10.2378/peu2024art13s>
- Hoth, J., Jeschke, C., Dreher, A., Lindmeier, A., & Heinze, A. (2020). Ist akademisches Fachwissen hinreichend für den Erwerb eines berufsspezifischen Fachwissens im Lehramtsstudium? Eine Untersuchung der Trickle-down-Annahme. *Journal für Mathematik-Didaktik, 41*(2), 329-356.
- Hoyle, R. H. (2006). Personality and Self-Regulation: Trait and Information-Processing Perspectives. *Journal of Personality, 74*(6), 1507-1525. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.2006.00418.x>
- HRK. (2016). Praktika im Studium. Praxis integrieren und Qualität von Praktika erhöhen. Verfügbar unter: https://www.hrknexus.de/fileadmin/redaktion/hrk-nexus/07-Downloads/07-02-Publikationen/Impuls_Praktika__2_.pdf
- Huberman, M. (1989). The professional life cycle of teachers. *Teachers College Record, 91*(1), 31-57.
- Isaev, V. (2021). *Beliefs von Lehramtsstudierenden zur doppelten Diskontinuität. Dissertation.* Universität Kassel.
- Karst, K., Ertelt, B.-J., Frey, A., & Dickhäuser, O. (2017). Studienorientierung durch Self-Assessments: Veränderung von Einstellungen zum Studienfach während der Bearbeitung eines Selbsttests. *Journal for educational research online, 9*(2), 205-227.
- Keiner, M., & Hany, E. (2017). *Persönlichkeitsfaktoren und ihre Bedeutung für den Lehrberuf: Entwicklun eines Assessmentinstruments. Statusbericht 2017 aus dem „Teaching Talent Center“.* Universität Erfurt, Erfurt School of Education, Projekt QUALITEACH.
- Kelava, A., Kilian, P., Glaesser, J., Merk, S., & Brandt, H. (2022). Forecasting intra-individual changes of affective states taking into account interindividual differences using intensive longitudinal data from a university student drop out study in math. *Psychometrika, 87*, 533-558. <https://doi.org/10.1007/s11336-022-09858-6>

- Kilpatrick, J. (2019). A Double Discontinuity and a Triple Approach: Felix Klein's Perspective on Mathematics Teacher Education. In H. Weigand, W. McCallum, M. Menghini, M. Neubrand, & G. Schuring (Eds.), *The Legacy of Felix Klein. ICME-13 Monographs*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99386-7_15
- Kirsten, K., & Greefrath. (2025). Kognitive und affektive Merkmale von Erstsemesterstudierenden - Eine Analyse der Eingangsvoraussetzungen von Studierenden unterschiedlicher Mathematikstudiengänge. *mathematica didactica*, 47. <https://doi.org/10.18716/ojs/md/2024.1645>
- Klein, F. (1908). *Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus*. B.G. Teubner.
- Klusmann, U., Kunter, M., Voss, T., & Baumert, J. (2012). Berufliche Beanspruchung angehender Lehrkräfte: Die Effekte von Persönlichkeit, pädagogischer Vorerfahrung und professioneller Kompetenz. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 26(4), 275-290. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000078>
- Klusmann, U., Trautwein, U., Lüdtke, O., Kunter, M., & Baumert, J. (2009). Eingangsvoraussetzungen beim Studienbeginn: Werden die Lehramtskandidaten unterschätzt? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(34), 265-278. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.23.34.265>
- KMK. (2018). Rahmenvereinbarung über die Ausbildung und Prüfung für ein Lehramt der Sekundarstufe II (allgemein bildende Fächer) oder für das Gymnasium (Lehramtstyp 4) (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 28.02.1997 i. d. F. vom 13.09.2018). Verfügbar unter: https://doi.org/https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/1997/1997_02_28-RV_Lehramtstyp-4_.pdf
- KMK. (2024). Sachstand in der Lehrkräftebildung. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Bildung/AllgBildung/2024_09_10-Sachstand-Lehrkraeftebildung.pdf
- Krawiec, V., Fischer, A., & Hänze, M. (2020). Anforderungen und Erschöpfung während Schulpraktika im Lehramtsstudium. In I. Ulrich & A. Gröschner (Eds.), *Praxissemester im Lehramtsstudium in Deutschland: Wirkungen auf Studierende* (pp. 265-287). Springer.
- Kücholl, D., Westphal, A., Lazarides, R., & Gronostaj, A. (2019). Beanspruchungsfolgen Lehramtsstudierender im Praxissemester. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 22(4), 945-966. <https://doi.org/10.1007/s11618-019-00897-x>
- Kultusministerkonferenz. (2012). *Ländergemeinsame Anforderungen für die Ausgestaltung des Vorbereitungsdienstes und die abschließende Staatsprüfung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 06.12.2012)*
- Kultusministerkonferenz. (2019a). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*

-
- Kultusministerkonferenz. (2019b). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. D. F. vom 16.05.2019)*
- Kyriacou, C., & Stephens, P. (1999). Student teachers' concerns during teaching practice. *Evaluation and Research in Education*, 13, 18-31.
- Lorentzen, J., Fridrichs, G., Ropohl, M., & Steffensky, M. (2019). Förderung der wahrgenommenen Relevanz von fachlichen Studieninhalten: Evaluation einer Intervention im Lehramtsstudium Chemie. *Unterrichtswissenschaft*, 47(1), 29-49.
- Lörz, M. (2012). Mechanismen sozialer Ungleichheit beim Übergang ins Studium: Prozesse der Status- und Kulturreproduktion. In R. Becker & S. H. (Eds.), *Soziologische Bildungsforschung. Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie Sonderhefte* (Vol. 52). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-00120-9_13
- Lubinski, D., & Benbow, C. (2000). States of excellence. *American Psychologist*, 55(1), 137-150. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.137>
- Lüdtke, O., & Robitzsch, A. (2021). *A critique of the random intercept cross-lagged panel model*. PsyArXiv Preprints. <https://doi.org/10.31234/osf.io/6f85c>
- Mayr, J., & Mayrhofer, E. (1994). Persönlichkeitsmerkmale als Determinanten von Leistung und Zufriedenheit bei LehrerstudentInnen. In J. Mayr (Ed.), *Lehrer/in werden* (pp. 113-127). Österreichischer Studienverlag.
- McNeish, D., & Hamaker, E. L. (2020). A primer on two-level dynamic structural equation models for intensive longitudinal data in Mplus. *Psychological Methods*, 25(5), 610-635. <https://doi.org/10.1037/met0000250>
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2015). *Rechtsverordnung des Kultusministeriums über Rahmenvorgaben für die Umstellung der allgemein bildenden Lehramtsstudiengänge an den Pädagogischen Hochschulen, den Universitäten, den Kunst- und Musikhochschulen sowie der Hochschule für Jüdische Studien Heidelberg auf die gestufte Studiengangstruktur mit Bachelor- und Masterabschlüssen der Lehrkräfteausbildung in Baden-Württemberg sowie Regelungen zum Modellversuch der dualen lehramtsbezogenen Masterstudiengänge (Rahmenvorgabenverordnung Lehramtsstudiengänge - RahmenVO-KM) vom 27. April 2015*. <https://doi.org/https://www.landesrecht-bw.de/bsbw/document/jlr-LehrRahmenVBWrahmen>
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2022). Handreichung zum Schulpraxissemester. https://www.praxissemester-bw.de/PS/RVO15_Handreichung.pdf
- Möller, J., & Köller, O. (2004). Die Genese akademischer Selbstkonzepte. Effekte dimensionaler und sozialer Vergleiche. *Psychologische Rundschau*, 55(1), 19-24.
- Moore, R. C. (1994). Making the transition to formal proof. *Educational Studies in Mathematics*, 27(3), 249-266. <https://doi.org/10.1007/BF01273731>

- Müller, S., & Schneider, T. (2013). Educational pathways and dropout from higher education in Germany. *Longitudinal and Life Course Studies*, 4(3), 218-241. <https://doi.org/10.14301/llcs.v4i3.251>
- Nagel, K., & Reiss, K. (2016). Zwischen Schule und Universität: Argumentation in der Mathematik. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 19, 299-327. <https://doi.org/10.1007/s11618-016-0677-3>
- Nagy, G. (2006). *Berufliche Interessen, kognitive und fachgebundene Kompetenzen: Ihre Bedeutung für die Studienfachwahl und die Bewährung im Studium. [Career interest, cognitive and subject specific competences: On their relevance for course choices and study success] (Doctoral dissertation)*. Freie Universität Berlin. Verfügbar unter: http://www.diss.fu-berlin.de/diss/receive/FUDISS_thesis_000000002714.
- Neugebauer, M. (2013). Wer entscheidet sich für ein Lehramtsstudium - und warum? Eine empirische Überprüfung der These von der Negativselektion in den Lehrerberuf. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 16(1), 157-184. <https://doi.org/10.1007/s11618-013-0343-y>
- Nieskens, B. (2009). *Wer interessiert sich für den Lehrerberuf - und wer nicht?: Berufswahl im Spannungsfeld von subjektiver und objektiver Passung*. Cuvillier Verlag.
- Noftle, E. E., & Robins, R. W. (2007). Personality predictors of academic outcomes: Big five correlates of GPA and SAT scores. *Journal of Personality and Social Psychology*, 93(1), 116-130. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.93.1.116>
- Noonan, R. (2017). STEM jobs: 2017 update (ESA Issue Brief #02-17). Verfügbar unter: <http://www.esa.gov/reports/stem-jobs-2017-update>
- Pohlmann, B., & Möller, J. (2010). Fragebogen zur Erfassung der Motivation für die Wahl des Lehramtsstudiums. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 24(1), 73-84. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.a000005>
- Porsch, R. (2019). Berufswahlüberprüfung in Praxisphasen im Lehramtsstudium: unvermeidbar und ergebnisoffen. Befunde einer Längsschnittuntersuchung. *Die Deutsche Schule. 111. Jahrgang 2019, Heft 2*, 132-148. <https://doi.org/10.31244/dds.2019.02.03>
- Prediger, S. (2013). Ein Ansatz zur Stärkung der mathematischen Fundierung unterrichtlichen Handelns. In C. Ableitinger, C. Kramer, & S. Prediger (Eds.), *Zur doppelten Diskontinuität in der Gymnasiallehrerbildung*. Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-01360-8_9
- Rach, S. (2014). *Charakteristika von Lehr-Lern-Prozessen im Mathematikstudium: Bedingungsfaktoren für den Studienerfolg im ersten Semester*. Waxmann.
- Rach, S., & Heinze, A. (2013). Welche Studierenden sind im ersten Semester erfolgreich? Zur Rolle von Selbsterklärungen beim Mathematiklernen in der Studieneingangsphase. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 34(1), 121-147. <https://doi.org/10.1007/s13138-012-0049-3>

-
- Rach, S., & Heinze, J. (2017). The transition from school to university in mathematics Which influence do school-related variables have? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(7), 1343-1363.
- Rammstedt, B. (2007). The 10-Item Big Five Inventory (BFI-10): Norm values and investigation of socio-demographic effects based on a German population representative sample. *European Journal of Psychological Assessment*, 23, 193-201.
- Rammstedt, B., & John, O. P. (2007). Measuring personality in one minute or less: A 10-item short version of the Big Five inventory in English and German. *Journal of Research in Personality*, 41, 203-212.
- Rammstedt, B., Kemper, C. J., Klein, M. C., Beierlein, C., & Kovaleva, A. (2023). Eine kurze Skala zur Messung der fünf Dimensionen der Persönlichkeit. *Gesis Working Paper* (2012|23).
- Robert, A., & Schwarzenberger, R. (2002). Research in Teaching and Learning Mathematics at an Advanced Level. In D. Tall (Ed.), *Advanced Mathematical Thinking* (Mathematics Education Library, vol. 11, pp.127-129). Kluwer Academic.
- Roth, J., Bauer, T., Koch, H., & Prediger, S. (2015). *Übergänge konstruktiv gestalten. Ansätze für zielgruppenspezifische Hochschuldidaktik Mathematik*. Springer Spektrum.
- Rump, M., Esdar, W., & Wild, E. (2017). Individual differences in the effects of academic motivation on higher education and students' intention to drop out. *European Journal of Higher Education*, 7(4), 341-355. <https://doi.org/10.1080/21568235.2017.1357481>
- Saracetti, A., & Müller, S. (2011). Zum Stand der Studienabbruchforschung. Theoretische Perspektiven, zentrale Ergebnisse und methodische Anforderungen an künftige Studien. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, 1(3), 235-248.
- Schnettler, T., Bobe, J., Scheumann, A., Fries, S., & Grunschel, C. (2020). Is it still worth it? Applying expectancy-value theory to investigate the intraindividual motivational process of forming intentions to drop out from university. *Motivation and Emotion*, 44(4), 491-507. <https://doi.org/10.1007/s11031-020-09822-w>
- Schuster, B. (2017). *Pädagogische Psychologie*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-48392-3_1
- Seifert, A., & Schaper, N. (2018). Die Veränderung von Selbstwirksamkeitserwartungen und der Berufswahlsicherheit im Praxissemester. Empirische Befunde zur Bedeutung von Lerngelegenheiten und berufsspezifischer Motivation der Lehramtsstudierenden. In J. König, M. Rothland, & N. Schaper (Eds.), *Learning to Practice, Learning to Reflect? Ergebnisse aus der Längsschnittstudie LtP zur Nutzung und Wirkung des Praxissemesters in der Lehrerbildung* (pp. 195-222). Springer Fachmedien.
- Sönmez, N., & Güven, B. (2022). Transition to university mathematics in Turkey: Examining the views of students and faculty members on student difficulties. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s40753-022-00175-y>

- Tatto, M. T., Lerman, S., & Novotna, J. (2010). The organization of mathematics preparation and development of teachers: A report from the ICMI Study 15. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 13, 313-324. <https://doi.org/10.1007/s10857-009-9139-7>
- Theune, K. (2022). Determinanten und Modelle zur Prognose von Studienabbrüchen. In M. Neugebauer, H.-D. Daniel, & A. Wolter (Eds.), *Studienerfolg und Studienabbruch* (Vol. 2, pp. 19-40). Springer VS.
- Tillmann, K.-J. (2013). Die Bewältigung von Übergängen im Lebenslauf - eine biographische Perspektive. In G. Bellenberg & M. Forell (Eds.), *Bildungsübergänge gestalten. Ein Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis* (pp. 15-31). Waxmann Verlag GmbH.
- Tinto, V. (1975). Dropout from higher education: A theoretical synthesis of recent research. *Review of Educational Research*, 45, 89-125. <https://doi.org/10.3102/00346543045001089>
- Tupes, E. C., & Christal, R. C. (1992). Recurrent personality factors based on trait ratings. *Journal of Personality*, 60(2), 225-251. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.1992.tb00973.x>
- Veenman, S. (1984). Perceived problems of beginning teachers. *Review of Educational Research*, 54, 143-178.
- Viehauser, S. (2020). *Nutzung studienrelevanter Informationen. Häufigkeitsmuster und motivationale Bedingungen. Dissertation*. Universität Regensburg. Verfügbar unter: https://epub.uni-regensburg.de/44712/1/Dissertation_Viehauser_Veroeffentlichung.pdf
- Weber, B.-J. (2022). *Der Übergang von der Schule zur Hochschule. Ansätze zur Minderung von Diskontinuitätserfahrungen in der Studieneingangsphase mathematischer Studiengänge*. Dissertation. Verfügbar unter: <https://core.ac.uk/download/548736888.pdf>
- Weber, B.-J., Heinze, A., & Lindmeier, A. (2024). Welchen Effekt haben Lehramtsaufgaben auf die Wahrnehmung von Studierenden zur doppelten Diskontinuität? Eine Untersuchung im Fachstudium für das gymnasiale Lehramt. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 45(5). <https://doi.org/10.1007/s13138-023-00226-0>
- Weber, T. (2024). *Professionsbezogene Anforderungen und Hochschulmathematik - Kontinuitätsüberzeugungen angehender Grundschullehrkräfte im ersten Semester*. Springer.
- Wigfield, A., & Eccles, J. (2000). Expectancy-value theory of achievement motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 68-81. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1015>
- Wille, E., Stoll, G., Gfrörer, T., Cambria, J., Nagengast, B., & Trautwein, U. (2020). It Takes Two: Expectancy-Value Constructs and Vocational Interests Jointly Predict STEM Major Choices. *Contemporary Educational Psychology*, 61, 101858. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101858>

-
- Wohlking, F., Ditton, H., von Maurice, J., Haugwitz, M., & Blossfeld, H.-P. (2011). Motivatioal concepts and persoality aspects across the life course. In H.-P. Blossfeld, H. G. Roßbach, & J. von Maurice (Eds.), *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Sonderheft 14/2011: Education as a lifelong process - The German National Educational Panel Study (NEPS)* (pp. 155-168). Springer.
<https://doi.org/10.1007/s11618-011-0184-5>
- Wolf, V. (2015). Der Blick zurück. Wie beurteilen Lehramtsabsolventinnen und absolventen ihr Studium? In C. Flöther & G. Krücken (Eds.), *Generation Hochschulabschluss: Vielfältige Perspektiven auf Studium und Berufseinstieg. Analysen aus der Absolventenforschung* (pp. 65-90). Waxmann.