

**Wissenschaftspropädeutik im Kontext vom
Mathematikunterricht der gymnasialen Oberstufe.
Facharbeiten als mathematikdidaktischer Ansatz für eine
Öffnung des Mathematikunterrichts zur Verbesserung der
Studierfähigkeit und zur Veränderung des Mathematikbilds**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Pädagogischen Wissenschaften
(Dr. paed.)

der

Naturwissenschaftlichen Fakultät II
Chemie, Physik und Mathematik
der Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Herrn Nils Manuel Krause

geb. am 07. März 1985 in Blankenburg (Harz)

Gutachter:

Frau Prof. Dr. Karin Richter (Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg)

Herr Prof. Dr. Günter Törner (Universität Duisburg-Essen)

Tag der Verteidigung: 18.12.2014

Vorwort

Schon früh bin ich auf das Thema *Facharbeit* gestoßen. Ich gehörte zu einem der ersten Jahrgänge, der an meinem Gymnasium das Glück hatte, solch eine Arbeit verfassen zu können. Ich schrieb die Facharbeit über einen historischen Gegenstand und war mir schon während des Arbeitsprozesses über die besondere Rolle bewusst, welche diese Facharbeit im Laufe der Schulkarriere dadurch einnimmt, dass man sich als Schüler über einen Zeitraum von mehreren Monaten hinweg mit einem Thema intensiv auseinandersetzt. Am Ende meines Studiums – beim Schreiben meiner Examensarbeit – beschäftigte ich mich erneut mit Facharbeiten, dieses Mal jedoch aus einer anderen Perspektive heraus. Nun schaute ich aus Sicht eines angehenden Mathematiklehrers darauf, welche Rolle die Facharbeit im Mathematikunterricht einnehmen kann. Hierbei wurde mir klar, wie sehr mich diese Thematik gefesselt hat und dass es in diesem Feld noch vieles zu erforschen gilt. Somit lag der Entschluss nahe, mathematische Facharbeiten im Rahmen eines Promotionsstudiums noch deutlich tiefergründiger untersuchen zu wollen.

Eine Besonderheit an dieser Thematik war mir bereits aus der Examensarbeit heraus bekannt: Ich schreibe eine wissenschaftliche Arbeit darüber, wie sich die Schülerinnen und Schüler mit dem Verfassen einer wissenschaftspropädeutischen Arbeit auf Herausforderungen an den Universitäten wie Bachelor- und Masterarbeiten vorbereiten. Wegen dieses besonderen Zuschnitts konnte ich viele Parallelen zwischen den Facharbeiten der gymnasialen Oberstufe und meiner Dissertation ziehen. Hierzu zählte auch, dass ich merkte, wie wichtig für die Schülerinnen und Schüler wie für mich gleichermaßen Unterstützung während des Arbeitsprozesses ist. Für die geleisteten Hilfestellungen möchte ich mich an dieser Stelle ganz herzlich bedanken.

In erster Linie gilt mein Dank meiner Doktormutter Frau Prof. Dr. Karin Richter. Vielen Dank für die ausgesprochen intensive und kontinuierliche Betreuung in allen Phasen meiner Dissertation! Die fachlichen und außerfachlichen Gespräche haben mich stets sehr bereichert.

Ich danke der Graduiertenförderung des Landes Sachsen-Anhalt, durch deren Stipendium ich mich ohne Sorgen um meinen Lebensunterhalt auf das Promotionsstudium konzentrieren konnte. Mein Dank gilt auch der Stiftung Theoretische Physik / Mathematik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Deren Reisekostenzuschüsse ermöglichten mir, Schülerinnen und Schüler für Interviews an ihren Gymnasien zu besuchen, auf Konferenzen wie in Innsbruck (DMV) und Koblenz (GDM) teilzunehmen, um dort Teilergebnisse meiner Studien vorzutragen, sowie im Rahmen von Auslandsexkursionen in die Nieder-

lande und die Schweiz nach weiteren Anregungen für den Umgang mit wissenschaftspropädeutischen Mathematikfacharbeiten zu forschen.

Mein Dank gebührt allen Schülerinnen und Schülern, die dazu bereit waren, mir im Rahmen meiner Studien Informationen über ihre Erfahrungen mit Facharbeiten zu geben. Ohne ihre freiwillige und ohne Gegenleistung erfolgte Hilfe hätte ich meine Untersuchungen nicht durchführen können. Auch allen Schulleitungen, die mir erlaubten an ihren Gymnasien Daten zu erheben, bin ich zu Dank verpflichtet.

Ich danke allen Mitarbeitern des Arbeitsbereichs Didaktik der Mathematik der Martin-Luther-Universität. Die Zusammenarbeit und die zahlreichen Diskussionsrunden haben mich sehr geholfen.

Herrn Prof. Dr. Günter Törner möchte ich für seine Bereitschaft, meine Dissertation zu begutachten, genauso danken wie für seine inhaltlichen Anregungen im Rahmen der DMV-Tagung in Innsbruck.

Auch verschiedene Freunde hatten Anteil am Entstehen dieser Dissertation. Insbesondere bei meiner Mitdotorandin Jenny Kurow möchte ich mich bedanken: Die gemeinsame Arbeit an unseren Promotionsprojekten hat mir immer sehr viel Freude bereitet, mich inspiriert und auch motiviert. Kay Adenstedt bin ich für seine Anregungen aus fachfremder Perspektive dankbar.

Meiner gesamten Familie danke ich dafür, dass sie meinen Bildungsweg in allen Belangen von Anfang an unterstützt hat. Allen voran gilt mein Dank meiner Verlobten Franziska, welche die Phase meines Promotionsstudiums zu einem erfüllenden und schönen Lebensabschnitt gemacht hat.

Nils Manuel Krause

Halle (Saale) im August 2014

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	4
2 Theoretische Überlegungen.....	12
2.1 Öffnung des Mathematikunterrichts.....	12
2.2 Wissenschaftspropädeutik.....	21
2.3 Mathematische Facharbeiten.....	28
2.4 Bild der Mathematik.....	40
3 Methodik.....	48
3.1 Fragebogenerhebung.....	48
3.2 Fallstudie.....	56
4 Untersuchungsergebnisse.....	68
4.1 Fragebogenerhebung.....	68
4.1.1 Bild der Mathematik.....	68
4.1.2 Präferenz und Schwierigkeitsgrad von Facharbeiten.....	76
4.1.3 Verteilung der Facharbeitsfächer.....	82
4.1.4 Schülerinnen und Schüler mit mathematischer Facharbeit.....	86
4.1.5 Auswertung von vier Einzelfragebögen.....	92
4.2 Fallstudie.....	99
4.2.1 Bild der Mathematik.....	99
4.2.2 Themenwahl.....	106
4.2.3 Arbeitsprozess.....	111
4.2.4 Zukunftsvorstellungen.....	117
4.2.5 Bewertung der Facharbeiten.....	120
4.2.6 Die Facharbeiten als Produkt.....	122
4.2.7 Auswertung von drei Einzelbeispielen.....	128
5 Wissenschaftspropädeutik in Nachbarländern.....	136
5.1 Niederlande.....	136
5.2 Schweiz.....	140
6 Thesen für die Schulpraxis.....	148
7 Fazit.....	164
8 Literaturverzeichnis.....	170
Anhang (mit Inhaltsverzeichnis).....	187

1 Einleitung

„überfordernd, keine Ideen zum schreiben, hilflos, ahnungslos, katastrophal.“¹
„Rein positiv, das Verfassen verknüpft sprachliche mit mathematischen Kompetenzen, stellt diese auf die Probe und erweitert sie.“²

Obwohl diese beiden Zitate kaum unterschiedlicher sein könnten, sind sie doch Antworten auf die gleiche Frage an Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe in Deutschland: Wie ist ihre persönliche Einstellung zum Verfassen einer Facharbeit in Mathematik?³ Dass es auf diese Frage eine große Bandbreite an Antworten gibt, ist wenig verwunderlich. Schließlich verfassen mittlerweile nahezu alle Schülerinnen und Schüler im Laufe der Oberstufe mindestens eine längere eigenständige wissenschaftspropädeutische (meist als *Facharbeit*⁴ bezeichnete) Arbeit. Diese nehmen im Rahmen der Schullaufbahn der Gymnasiastinnen und Gymnasiasten eine Sonderstellung ein, da es sonst nur sehr wenige Gelegenheiten gibt, bei denen sich die Schülerinnen und Schüler so individuell und intensiv mit einem Thema auseinandersetzen.

Von Facharbeiten mit mathematischen Themen handelt die vorliegende Arbeit. Im Kontext der Untersuchung hierzu sind drei Themenfelder von zentraler Bedeutung: die Öffnung des Mathematikunterrichts, Wissenschaftspropädeutik sowie das Mathematikbild der Schülerinnen und Schüler.

Unter der Bezeichnung *Öffnung des Mathematikunterrichts* werden in der aktuellen mathematikdidaktischen Forschung zahlreiche Veränderungsansätze dieses Fachs verstanden, die dafür sorgen, die Dominanz eines Unterrichts aufzubrechen, bei dem vorrangig durch Lehrervorträge und fragend-entwickelnde Unterrichtsgespräche mathematische Verfahren gelernt und angewendet werden. Der Begriff *Öffnung* ist deshalb für die Argumentation der Arbeit so wichtig, weil mathematische Facharbeiten einerseits einen Beitrag zu dieser Veränderung der Unterrichtskultur leisten können. Andererseits kann eine Öffnung des Mathematikunterrichts dafür sorgen, dass mehr Schülerinnen und Schüler sich entscheiden, eine Facharbeit zu einem mathematischen Thema zu schreiben oder dies zumindest in Erwägung ziehen.

Wissenschaftspropädeutik – das Erlernen von wissenschaftlichen Arbeitstechniken und -methoden sowie die Reflexion über das Entstehen wissenschaftlicher Erkenntnisse – ist eines der zentralen Anliegen der gymnasialen Oberstufe. Facharbeiten sind ein wichti-

¹ Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: AO 543.

² Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AB 32.

³ Anhang: Fragebogen, S. VII.

⁴ Weitere verwendete Begriffe hierfür sind beispielsweise Hausarbeit, Belegarbeit und Seminararbeit.

ger Bestandteil, um wissenschaftspropädeutische Bildung zu ermöglichen, und wurden aus diesem Grunde eingeführt. Deshalb ist dieser Begriff für die vorliegende Arbeit ebenfalls von zentraler Bedeutung.

Das Mathematikbild der Schülerinnen und Schüler ist ein Konstrukt, welches deren Vorstellungen vom Wesen der Mathematik und des Mathematikunterrichts in den Blick nimmt. Im Rahmen dieser Dissertation hat das Mathematikbild gleich eine doppelte Bedeutung. Zum einen stellt sich die Frage, ob das Verfassen einer mathematischen Facharbeit das Mathematikbild positiv beeinflussen kann. Zum anderen ist es interessant, zu untersuchen, ob es spezifische Mathematikbilder gibt, die eher mit der Entscheidung kompatibel sind, eine mathematische Facharbeit zu schreiben.

Zu diesen insgesamt vier Kernbegriffen der Arbeit (Facharbeiten, Öffnung des Mathematikunterrichts, Wissenschaftspropädeutik und Mathematikbild) wird sich als Literaturlage und damit auch als Grundlage des jeweiligen Begriffsverständnisses und der zugrunde liegenden Theorien im Wesentlichen auf deutsche Veröffentlichungen bezogen. Schließlich sind in dieser Forschungsliteratur, genau wie in der vorliegenden Dissertation, die theoretischen Hintergrundgedanken und die Studienergebnisse auf die Situation in Deutschland bezogen und lassen sich so am besten miteinander vergleichen. Zudem bietet die aktuelle Umbruchsituation des Mathematikunterrichts in Deutschland die Chance und die Notwendigkeit, die Veränderungen in der Schulpraxis aus mathematikdidaktischer Sicht wissenschaftlich zu begleiten. Ein Aspekt hiervon beim wichtigen Übergang Schule-Hochschule wird in dieser Arbeit untersucht. Eine Ausnahme bei der Fokussierung auf die deutsche Situation stellen die Ausführungen zum Mathematikbild und zu Facharbeiten dar: Beim Schülerbild von Mathematik werden die deutsche Forschungssituation und die verwendeten Begrifflichkeiten, welche die Grundlage für die Arbeit sind, in den internationalen Forschungskontext eingebettet. In Bezug auf die Facharbeiten wird auch in der Literatur aus europäischen Nachbarländern (insbesondere aus den Niederlanden und der Schweiz) nach Ansätzen und Ideen für den Umgang mit mathematischen Facharbeiten geschaut.

Zu den Themenfeldern *Öffnung des Unterrichts*, *Wissenschaftspropädeutik* und *Mathematikbild* liegt mittlerweile eine große Bandbreite an Fachliteratur vor. Etwas anders gestaltet sich dies im Kontext von mathematischen Facharbeiten. Zwar werden diese an verschiedenen Stellen der mathematikdidaktischen Fachliteratur gefordert, empirische Untersuchungen hierzu sind bis jetzt jedoch kaum erschienen. Die ausführlichste Untersuchung hierzu ist eine Evaluationsstudie über einen bayrischen W-Seminarkurs, in dem alle Schülerinnen

und Schüler eine mathematische Facharbeit schrieben.⁵ Eine allgemeine Studie über den Umgang und die Tragweite von wissenschaftspropädeutischen Mathematikarbeiten gibt es bislang nicht. Somit ist noch immer Nussinger zuzustimmen, der 2008 eine Studie zu biologischen Facharbeiten veröffentlichte und weiteren Forschungsbedarf insbesondere für andere Fächer sah: „Bedarf an weiterer Forschung wird sichtbar, die auf Basis umfangreicher Befragungen länger zeitiger Fachleistungen (Facharbeiten oder Seminararbeiten) verschiedener Fächerprofile untersucht bzw. vergleichende Analysen einzelner Bundesländer vornimmt.“⁶ Vor allem zu den folgenden Fragen, welche die Hauptuntersuchungsgegenstände der Dissertation bilden, liegen bis jetzt nur wenige Informationen vor:

- Verbreitung von Mathematikfacharbeiten: Wie groß ist der Anteil mathematischer Facharbeiten?
- Mathematikbild: Welche Rolle spielt das Mathematikbild bei der Entscheidung für oder gegen eine mathematische Facharbeit? Kann das Mathematikbild durch das Verfassen einer Mathematikfacharbeit (positiv) beeinflusst werden?
- Arbeitsprozess: Wie verläuft die Themenwahl bei Mathematikfacharbeiten? Wo gibt es Schwierigkeiten und Probleme? Entsprechen die mathematischen Facharbeiten den Ansprüchen an wissenschaftspropädeutische Arbeiten?

Hauptziel der Arbeit ist, diese Fragen so weit wie möglich zu beantworten. Einerseits geschieht dies aus mathematikdidaktischem Forschungsinteresse und -notwendigkeit heraus. Andererseits sollen diese Erkenntnisse als Basis dienen, um Ansätze für die Schulpraxis zu entwickeln, damit in Zukunft Mathematikfacharbeiten noch effektiver in der Oberstufe eingesetzt werden können. Zudem soll die Untersuchung weiterführende mathematikdidaktische Forschungen vorbereiten.

Um die oben genannten Kernfragen der Dissertation zu untersuchen, wurde eine Studie in Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt und Thüringen durchgeführt. In diesen vier Bundesländern decken die kultusministeriellen Vorgaben zum Umgang mit Facharbeiten die Bandbreite der unterschiedlichen Formate in Deutschland kontrastiv ab. Die Vielfalt der Länderbestimmungen kann somit exemplarisch beschrieben werden. Die Studie selbst besteht aus zwei Teilen. Im ersten Abschnitt der Erhebung wurden 927 Abiturientinnen und Abiturienten per Fragebogen befragt.

Der zweite Teil der Untersuchung ist eine Fallstudie, an der fast 20 Schülerinnen und Schüler teilnahmen, die eine Mathematikfacharbeit schrieben. Ziel war es, den Arbeitsprozess der Schülerinnen und Schüler möglichst detailliert verfolgen, beschreiben und inter-

⁵ Vgl. Meiringer.

⁶ Nussinger, S. 180.

pretieren zu können. Deshalb bestand die Fallstudie im Sinne einer Methodentriangulation aus mehreren Erhebungsschritten (je zwei Fragebögen, einem Interview, der Inhaltsanalyse der Facharbeit), mit denen aus unterschiedlichen Perspektiven auf den Untersuchungsgegenstand geschaut wurde.

Im Kontext der Beantwortung der Fragen rund um das Mathematikbild wurden die Ergebnisse beider Studienteile verknüpft. Dabei wurde als Möglichkeit, das Konstrukt Schülerbild von Mathematik zu kategorisieren, die Einteilung Grigutschs in fünf Aspekte benutzt.⁷ Gemessen wurden die Schülervorstellungen über Mathematik sowohl anhand von Fragebogenitems (beide Studienteile), die sich an Grigutschs Operationalisierung anlehnen, sowie mittels Interviews (nur bei der Fallstudie).

Da das untersuchte Feld bis jetzt kaum erforscht ist, geht es also in der Gesamtuntersuchung zum einen darum, den Ist-Zustand zu beschreiben (vor allem mit der Fragebogenerhebung). Zum anderen zielt die Erhebung (insbesondere die Fallstudie) darauf ab, neue Erkenntnisse über den Arbeitsprozess an mathematischen Facharbeiten und dessen Wirkung auf die Schülerinnen und Schüler zu eruieren, zu interpretieren und zu reflektieren. Die Gesamtstudie hat also vorrangig einen deskriptiven und explorativen Charakter.

Für beide Erhebungsschritte war die Hilfe von Schülerinnen und Schülern nötig, da die Studien auf ihren Informationen beruhen. Im Rahmen der Fragebogenerhebung wurden Daten von sehr vielen Schülerinnen und Schülern erhoben (N=927). In der Fallstudie machten die Probanden über einen Zeitraum von mehreren Monaten Angaben über ihre Facharbeiten. Jeweils wurden auch sehr vertrauliche Informationen, wie zum Beispiel über die Mathematiknote, gewonnen. Die Teilnahme der Abiturientinnen und Abiturienten an den Studienteilen erfolgte freiwillig und ohne Gegenleistung, was verpflichtet und ethische Fragen aufwirft. Diesen wurde dahingehend begegnet, dass stets versucht wurde, die Schülerinnen und Schüler so wenig wie möglich durch die einzelnen Erhebungsschritte zu belasten (möglichst wenig Fragen, terminliche Vereinbarungen zu Wunschzeiten innerhalb der Schule, weitestgehende Abnahme aller organisatorischen Punkte). Zudem ist auch der Umgang mit den gewonnenen Daten wichtig: Sie wurden anonym erhoben (Fragebogenbefragung) oder anschließend anonymisiert (Fallstudie), vertraulich behandelt und nur für den angegebenen Zweck – für diese Dissertation – verwendet.

Im Folgenden wird nun der inhaltliche Aufbau der Dissertation beschrieben. Zu Beginn der Arbeit werden in den „Theoretischen Überlegungen“ die vier zentralen Begriffe (*Öffnung des Mathematikunterrichts*, *Wissenschaftspropädeutik*, *Facharbeiten* und *Bild der Mathe-*

⁷ Vgl. Grigutsch, S. 101ff.

matik) vorgestellt. Dabei wird jeweils auf das Begriffsverständnis eingegangen und die bereits bestehenden Erkenntnisse aus der allgemeinpädagogischen und mathematikdidaktischen Fachliteratur – zugeschnitten auf das Anliegen der Dissertation – dargestellt. Das erste Teilkapitel dieses Abschnitts behandelt die Öffnung des Mathematikunterrichts, da sich die gesamte Arbeit in die Veränderungsphase dieses Fachs einordnet. Es schließen sich das Kapitel über Wissenschaftspropädeutik und darauf aufbauend das Teilstück über Facharbeiten an. Schließlich werden die „Theoretischen Überlegungen“ mit den Ausführungen über das Mathematikbild abgerundet.

Im nächsten Hauptkapitel wird dargestellt, mit welchen Methoden die empirischen Daten erhoben wurden. Es werden also die Fragebogenerhebung und die Fallstudie beschrieben. Dabei wird jeweils auf die folgenden Themen eingegangen: Welche konkreten Fragen sollen mit diesem Studienteil geklärt werden? Warum ist dieses Erhebungsinstrument dafür besonders geeignet? Wie erfolgte die Auswahl der Probanden? Zudem werden alle Untersuchungsinstrumente detailliert vorgestellt und auch auf Schwächen und Grenzen der verwendeten Methode eingegangen.

Im umfangreichsten Kapitel der Arbeit werden die Untersuchungsergebnisse vorgestellt. Zunächst wird dabei – wie im Methodenteil auch – auf die Fragebogenerhebung eingegangen. Zu Beginn wird das Mathematikbild der befragten knapp 1000 Schülerinnen und Schüler beschrieben. Dies dient vor allem dazu, Referenzwerte bei der Frage zu haben, ob sich Probanden, die eine mathematische Facharbeit geschrieben haben, von anderen Schülerinnen und Schülern unterscheiden. Zudem stellt diese Beschreibung des Mathematikbilds einer großen Anzahl von Befragten einen Wert für sich dar. Danach folgen Ausführungen zu den Einstellungen der Schülerinnen und Schüler zum Thema (*mathematische Facharbeit*) sowie zur Fächerverteilung bei der Wahl von Facharbeiten. In einem weiteren Unterkapitel erfolgt eine Eingrenzung der beleuchteten Fragebögen: Jene Schülerinnen und Schüler, welche angaben, eine mathematische Facharbeit geschrieben zu haben, werden nun genauer untersucht. Dabei wird insbesondere der Frage nachgegangen, welche Besonderheiten diese Teilgruppe im Vergleich zu den anderen Befragten aufweist. Schließlich wird das Kapitel *Fragebogenerhebung* durch eine detaillierte Beschreibung von vier Einzelbögen beendet.

Das Teilkapitel zur Fallstudie beginnt ebenfalls mit der Vorstellung der Ergebnisse rund um das Mathematikbild der knapp 20 Probanden. Danach folgen fünf Unterkapitel zu den Bereichen Themenwahl, Arbeitsprozess, Zukunftsvorstellungen, Bewertung und den Facharbeiten als Produkt. Diese Abschnitte nehmen die wissenschaftspropädeutische Funktion

von Mathematikfacharbeiten in den Blick. Deutlich wird hierbei ein grundsätzlicher Unterschied zu den Teilkapiteln, in denen das Mathematikbild oder der Anteil der mathematischen Facharbeiten untersucht wird. Das Schülerbild von Mathematik und der Anteil an Mathematikarbeiten werden mit verschiedenen Methoden direkt gemessen oder zumindest beschrieben. Die Betrachtung der wissenschaftspropädeutischen Funktion der Facharbeiten erfolgt indirekt, indem einzelne Aspekte des Arbeitsprozesses der Schülerinnen und Schüler sowie der entstandenen Facharbeiten beleuchtet werden. Die einzelnen Unterkapitel der Fallstudie werden jeweils isoliert voneinander betrachtet. Einen Gegenpol dazu bildet der letzte Teilabschnitt zur Fallstudie, bei dem drei Einzelbeispiele detailliert untersucht werden. Daran wird gezeigt, wie die erforschten Bereiche miteinander zusammenhängen, sich teilweise gegenseitig beeinflussen und bedingen.

An das Kapitel über die Untersuchungsergebnisse schließt sich ein Exkurs über wissenschaftspropädeutische Arbeiten in den Niederlanden und der Schweiz an. Hier wird beschrieben, wie in diesen beiden Nachbarländern mit solchen Arbeiten umgegangen wird. Zudem wird auch auf Erfahrungen des Besuchs von unterschiedlichen Veranstaltungen rund um diese Thematik in den Niederlanden und der Schweiz eingegangen. Ziel dieses Kapitels ist vor allem, weitere begründete Vorschläge zum Umgang mit wissenschaftspropädeutischen Mathematikfacharbeiten zu generieren.

Insbesondere für den nächsten Abschnitt sind diese im europäischen Ausland gewonnenen Anregungen wichtig. Im Kapitel 6 werden Thesen aufgestellt, die als Ansatzpunkte zu verstehen sind, damit in Zukunft mathematische Facharbeiten noch effektiver in der gymnasialen Oberstufe eingesetzt werden können. Diese Ansatzpunkte basieren auf den Erkenntnissen und Ergebnissen der vorangegangenen Kapitel. Hier werden die Resultate nochmals zusammengefasst und auf die Frage bezogen, welche Konsequenzen sie für die gymnasiale Oberstufe haben. Damit zielt dieses Kapitel auf die zweite zentrale Intention dieser Arbeit – das Generieren von Ideen für den Umgang mit Mathematikfacharbeiten – ab. Begründet werden die einzelnen Thesen mit den Kenntnissen aus der Fachliteratur (Kapitel 2), den Untersuchungsergebnissen der beiden Studien *Fragebogenerhebung* und *Fallstudie* (Kapitel 4) sowie dem Exkurs in die beiden Nachbarländer (Kapitel 5). Somit sind diese Thesen aus den bisherigen Erkenntnissen und Ergebnissen abgeleitet. Zu beachten ist, dass die Anregungen als Thesen formuliert sind und damit die Ebene des Darstellens und Interpretierens der vorangegangenen Kapitel verlassen wird.

Schließlich wird im Fazit diese Dissertation zusammengefasst. Des Weiteren werden hier weiterführende Forschungsfragen formuliert, die diese Arbeit aufgeworfen hat.

Nachdem der Inhalt der Arbeit beschrieben wurde, sollte hier auch deutlich gemacht werden, wo die Grenzen dieser Dissertation liegen. Hierbei ist zunächst einmal darauf hinzuweisen, dass alle Studienergebnisse aus Informationen der Schülerinnen und Schüler stammen. Auf eine Befragung anderer wichtiger Personen im Kontext des Verfassens von mathematischen Facharbeiten (vor allem der betreuenden Lehrer) wurde bewusst verzichtet. Vielmehr steht im Vordergrund, die Schülerinnen und Schüler gleich aus mehreren Perspektiven heraus zu untersuchen und diese Ergebnisse auch angemessen darzustellen.

Auch Ort und Zeitraum der Erhebungsschritte sind bestimmten Eingrenzungen unterworfen. In der Arbeit wird anhand von vier Bundesländern, welche die Bandbreite des Umgangs mit wissenschaftspropädeutischen Arbeiten kontrastiv abdecken, die Situation in Deutschland beschrieben. Trotz einzelner Anregungen aus anderen Staaten ist eine Generalisierung der Ergebnisse auf andere Länder nur bedingt möglich. Ebenso ist festzuhalten, dass sich sowohl die Vorstellung der Ländervorgaben bezüglich der Facharbeiten als auch die Studienresultate auf die Situation im Schuljahr 2012/13 beziehen. Es handelt sich somit um eine Momentaufnahme, deren Gültigkeit vor allem dann eingeschränkt ist, wenn es grundlegende Veränderungen zum Beispiel im Mathematikunterricht oder bei den Verordnungen bezüglich Facharbeiten gibt. Anliegen der vorliegenden Dissertation war es, mit dieser Momentaufnahme die wissenschaftlichen Untersuchungen zu den genannten Kernfragestellungen über Mathematikfacharbeiten zu beginnen.

Auch im Hinblick auf das Thema *Wissenschaftspropädeutik* hat die Arbeit ihre notwendigen Grenzen. Es ist vor allem daran zu erinnern, dass hier kein Messwerkzeug verwendet wurde, mit dem die Wirkung von Facharbeiten auf die Schülerinnen und Schüler gemessen wurde. Ebenso wenig wurde die Langzeitwirkung der mathematischen Facharbeiten etwa auf die Studienwahl oder den Nutzen während des Studiums untersucht. Der Fokus der Arbeit ist ein anderer: Es geht viel eher darum, die einzelnen Erfahrungen der Fallstudienprobanden, die sie während des Arbeitsprozesses sammelten, zu analysieren. Schließlich war es zunächst einmal notwendig, den Ist-Zustand zu beschreiben und erste Ansatzpunkte über den Arbeitsprozess beim Verfassen von Mathematikfacharbeiten zu explorieren.

Grundsätzlich ist bei beiden Studienteilen zu beachten, dass die Befragten kein repräsentatives Abbild der Schülerschaft der gymnasialen Oberstufe in den untersuchten Bundesländern sind. Deshalb ist ein Schluss von der Studie auf die Grundgesamtheit der Oberstufenschülerinnen und -schüler problematisch. Letzteres ist jedoch auch nicht das Anliegen der Arbeit. Viel eher geht es darum, Tendenzen, die sich in den Studienteilen abzeichneten, zu beschreiben, zu interpretieren, zu kategorisieren und auf dieser Basis Schlussfolgerungen

für Verbesserungen in der Schulpraxis zu ziehen. Zudem sollen Ansatzpunkte für weiterführende Studiendesigns formuliert werden.

Abschließend folgen nun noch einige Anmerkungen zur besseren Lesbarkeit der Arbeit. In dieser Dissertation gibt es in den Fußnoten drei unterschiedliche Arten von Verweisen: wörtliche und inhaltliche Zitate (letztere gekennzeichnet durch „vgl.“) sowie Verweise auf eine bestimmte Stelle im Haupttext oder im Anhang dieser Arbeit (mit einem „siehe“ versehen). Bei Zitaten wird in den Fußnoten auf ein Autorenkürzel verwiesen (zum Beispiel „Andreesen“ oder „Grigutsch/Törner (1998)“). Im Literaturverzeichnis finden sich alle diese Kürzel in alphabetischer Reihenfolge und können die weiteren Literaturangaben hierzu nachgeschlagen werden.

Alle Schülerzitate sind durch kursive Schrift hervorgehoben. Längere Zitate der Abiturientinnen und Abiturienten sind vom restlichen Text eingerückt. Die einzelnen Schülerzitate stammen aus den verschiedenen Erhebungsschritten wie der Fragebogenbefragung oder den Interviews. Der Gesamtkontext in dem diese Zitate stehen (zum Beispiel andere Antworten auf die restlichen Fragen des Bogens oder das gesamte Interview) ist im Anhang – teils in abgedruckter Form, teils auf CD-ROM – einsehbar. Auf Seite II des Anhangs befindet sich eine Erklärung zum Umgang mit diesem Teil der Dissertation, in dem beschrieben wird, wo die jeweiligen Hintergrundinformationen zu finden sind.

Werden bestimmte Personen im Plural genannt, erfolgt dies im generischen Maskulin. Bezeichnungen wie „die Mathematikdidaktiker“ oder „Psychologen“ sollen dabei ausdrücklich weibliche und männliche Personen gleichermaßen einschließen. Eine Ausnahme bilden bei dieser sprachlichen Vorgehensweise die Protagonisten dieser Arbeit: die Schülerinnen und Schüler. Sie werden stets – genau wie die beiden Synonyme „Abiturientinnen und Abiturienten“, „Gymnasiastinnen und Gymnasiasten“ –in männlicher und weiblicher Form genannt, wenn eine Gruppe mit beiden Geschlechtern gemeint ist. Schließlich ist es für die Argumentation meist von Bedeutung, unterscheiden zu können, ob es sich um eine Anzahl von Schülern, von Schülerinnen oder um eine gemischte Gruppe handelt.

2 Theoretische Überlegungen

2.1 Öffnung des Mathematikunterrichts

Ein zentraler Aspekt der mathematikdidaktischen Forschung der letzten Jahre ist die *Öffnung des Mathematikunterrichts*. Unter diesem Begriff werden ganz verschiedene Ansätze subsumiert, um das Schulfach Mathematik so zu verändern, dass die häufig kritisierte Dominanz des fragend-entwickelnden Unterrichtsgesprächs, in dem die Schülerinnen und Schüler fertige mathematische Verfahren auf vorgegebenem Weg lernen sollen, durch stärker schülerorientierte Lernformen bereichert wird.

Vier zentrale Begründungen für diese Öffnung des Mathematikunterrichts, die sich zum Teil gegenseitig bedingen, lassen sich in der mathematikdidaktischen Literatur finden. In – nicht ihrer Bedeutung nach geordneter Reihung – liegen diese Begründungen in:

- der Lernpsychologie⁸
- der Festschreibung von kompetenzorientierten Bildungsstandards⁹
- den Schulleistungsuntersuchungen TIMSS und PISA¹⁰
- der Vermittlung eines adäquaten Mathematikbilds.¹¹

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts entwickelten Psychologen das Konzept des Behaviorismus. Lernen wird hierbei als Verbindungsaufbau zwischen Reizen und Reaktionen verstanden. Behavioristen sehen den Lernenden als einen passiven Rezipienten, dem Wissen vermittelt wird, welches er aufnimmt.¹² Zu dieser Sichtweise vom Lernen passt ein kleinschrittiger Mathematikunterricht. Die Lehrkraft führt neues Wissen ein (meist in Form eines Lehrervortrags oder des streng geführten fragend-entwickelnden Unterrichtsgesprächs). Anschließend üben die Schülerinnen und Schüler so lange sehr ähnliche Aufgaben, bis sie das jeweilige mathematische Verfahren fehlerlos durchführen können. Diese traditionelle Vorgehensweise wird heute kritisiert, weil sie oft zu oberflächlichem und kurzfristigem Lernen führt und die Schülerinnen und Schüler in eine passive Rolle drängt.¹³ Zudem ist die völlige Fixierung auf diesen Unterrichtsablauf schon lange nicht mehr mit den Erkenntnissen aus der Lernpsychologie vereinbar, da ab 1960 der Behaviorismus mehr und mehr kritisiert wurde. Heute gilt der konstruktive Kognitivismus als die lernpsychologische Lehrmeinung. Lernen wird nun als aktiver Prozess der Informations-

⁸ Vgl. Krauthausen/Scherer, S. 309; Ulm, S. 13.

⁹ Vgl. Blum, S. 29; Hergel, S. 178.

¹⁰ Vgl. Blum/Wiegand, S. 52; Lengnink/Prediger, S. 84; Ludwig (2007c), S. 163; Ulm, S. 9.

¹¹ Vgl. Büchter/Leuders, S. 89; Lengnink/Prediger, S. 73; Neubrand, S. 162.

¹² Vgl. Hanke/Seel, S. 24; Klauer/Leutner, S. 7f.

¹³ Vgl. Krauthausen/Scherer, S. 119f.

verarbeitung verstanden, bei dem auch motivationale, emotionale und sozio-kulturelle Aspekte eine Rolle spielen. Infolgedessen verläuft das Lernen bei jedem Menschen unterschiedlich.¹⁴ Im Hinblick auf diesen Wandel in der Lernpsychologie wird die Forderung nach einer Öffnung des Mathematikunterrichts begründet. Dabei meint Öffnung in diesem Zusammenhang zum einen eine Veränderung der Aufgabenkultur. Durch neue Aufgabentypen, bei denen die Schülerinnen und Schüler unterschiedliche Lösungswege finden können, sollen sie individuell am besten gefördert werden und zudem auch ein verstehendes Lernen ermöglicht werden.¹⁵ Zum anderen wird unter Öffnung des Mathematikunterrichts in diesem Kontext auch verstanden, dass die Schülerinnen und Schüler verstärkt mitentscheiden können, wie die Wege und Ziele ihres Lernens aussehen. Schließlich ist Lernen nach heutiger Auffassung ein aktiver Prozess, den die Schülerinnen und Schüler selbst vollziehen und an dem Motivation und Emotion einen großen Einfluss haben.¹⁶

Das an zweiter Stelle genannte Argument für eine Öffnung des Mathematikunterrichts – die Festschreibung von kompetenzorientierten Bildungsstandards – ist etwas neuer als die lernpsychologische Begründung. Für alle Schulfächer führte die Wissensexpansion in den letzten Jahrzehnten dazu, dass in den Lehrplänen immer mehr Schulstoff aufgenommen wurde. Diese Stofffülle und der insbesondere durch das Internet vereinfachte Wissenszugang sorgten für ein grundsätzliches Überdenken der kultusministeriellen Vorgaben. Kerngedanke war dabei, sich nicht mehr ausschließlich an dem Input der zu behandelnden Inhalte zu orientieren, sondern den Output des Unterrichts, also die jeweiligen Kompetenzen, welche die Schülerinnen und Schüler erlangen, in den Vordergrund zu rücken.¹⁷ Dies gilt auch für den Mathematikunterricht. Zwar sind hier neueste wissenschaftliche Erkenntnisse ohnehin selten direkt in den Schulstoff zu integrieren, dafür wird der einfache Zugang zu technischen Hilfsmitteln wie beispielsweise Taschenrechnern, Statistikprogrammen und Geometriesoftware als Argument für die Kompetenzorientierung angeführt. Es scheint heute wichtiger zu sein, die Fähigkeiten zu haben, mit den genannten Hilfsmitteln umgehen zu können, als manches Rechenverfahren auswendig zu lernen. Ziel des Mathematikunterrichts sollte es sein, nicht träges Faktenwissen zu generieren, sondern die Schülerinnen und Schüler dazu zu befähigen, ihr Wissen und ihre Fertigkeiten in ganz unterschiedlichen Situationen anwenden zu können.¹⁸ Vor diesem Hintergrund wurden kurz nach der Jahrtausendwende durch die Kultusministerkonferenz die Bildungsstandards für das Fach

¹⁴ Vgl. Hanke/Seel, S. 42; Klauer/Leutner, S. 8f.

¹⁵ Vgl. Ulm, S. 13f.; Neubrand, S. 167.

¹⁶ Vgl. Roth/Vollrath, S. 121.

¹⁷ Vgl. Bescherer, S. 12ff.

¹⁸ Vgl. Neubrand, S. 167.

Mathematik formuliert. In diesen Standards werden sechs mathematische Kompetenzen festgeschrieben, an deren Erwerb durch die Schülerinnen und Schüler sich der Mathematikunterricht messen lassen muss.¹⁹ Insbesondere die beiden Kompetenzen mathematisch modellieren (K3) und Probleme mathematisch lösen (K2), aber auch das mathematische Argumentieren (K1) und Kommunizieren (K6) liefern Argumente für die Öffnung des Mathematikunterrichts. Schließlich können diese Kompetenzen durch klare Vorgaben, nach denen Aufgaben durch die Schülerinnen und Schüler zu lösen sind, nur schwer erworben werden. Offenerer Aufgaben und eine Unterrichtsgestaltung, welche die Lernenden stärker mit einbezieht, sind hierfür geeigneter. So verwundert es nicht, dass in dem Standardwerk zu den mathematischen Bildungsstandards Blum in Bezug auf kompetenzorientierte Aufgaben festhält: „Gerade offenerer Aufgabenvarianten [...] eignen sich besonders gut für eine selbstständigkeitsorientierte unterrichtliche Behandlung, bei der die Lehrkraft individuell diagnostiziert und ggfs. unterstützt...“²⁰. Des Weiteren stellt Herget im gleichen Werk fest, dass „Geöffnete Aufgaben [...] gute Möglichkeiten bieten, Kompetenzen in diesem Bereich [gemeint sind nachhaltiges Verstehen, Begreifen und Argumentieren] zu erweitern“²¹. Ferner fordert auch Neubrand in diesem Sammelband die Verwendung von Aufgaben mit multiplen Lösungswegen (also offene Aufgaben) im Hinblick auf den Erwerb der Kompetenzen Problemlösen und Modellieren.²²

Viele Probleme des Mathematikunterrichts und Argumente für eine Öffnung des Fachs sind schon seit mehreren Jahrzehnten bekannt und wurden diskutiert. Eine Verstärkung der Debatte hierüber erfolgte um die Jahrtausendwende, da die Schulleistungsuntersuchungen TIMSS und PISA den empirischen Beleg für Mängel beim deutschen Mathematikunterricht lieferten.²³ Sowohl für das Ende der Pflichtschulzeit als auch für den voruniversitären Mathematikunterricht bescheinigte die TIMSS/III-Studie deutschen Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich unterdurchschnittliche Leistungen.²⁴ Gleiches zeigte sich im Rahmen der PISA-2000-Studie für 15-jährige Schülerinnen und Schüler.²⁵ Beide Schulleistungsuntersuchungen verdeutlichten, dass deutsche Schülerinnen und Schüler vor allem bei der selbstständigen Bearbeitung von komplexeren mathematischen Modellierungsproblemen hatten. Im Gegensatz dazu schnitten sie verhältnismäßig gut bei kalkulatorien-

¹⁹ Vgl. Blum, S. 14-20.

²⁰ Blum, S. 29.

²¹ Herget, S. 178.

²² Vgl. Neubrand, S. 162f.

²³ Vgl. Büchter/Leuders, S. 90.

²⁴ Vgl. Baumert/Bos/Watermann (b), S. 150; Baumert/Bos/Watermann (a), S. 140. Bei der voruniversitären Mathematikleistung schnitten deutsche Abiturientinnen und Abiturienten wesentlich stärker unterdurchschnittlich ab als beim Vergleich zum Ende der Pflichtschulzeit (Werte nur knapp unter dem Durchschnitt).

²⁵ Vgl. Klieme/Lüdtke/Neubrand, S. 173.

tierten Routineaufgaben ab.²⁶ Begründet wurden diese Stärken und Schwächen deutscher Schülerinnen und Schüler mit der hierzulande typischen Orientierung des Mathematikunterrichts am Einüben von bestimmten Rechenverfahren, die dafür sorgte, dass vergleichsweise einfache Aufgaben recht sicher bewältigt wurden. Höhere Anforderungsniveaus führten hingegen schnell zu einer Überforderung.²⁷ Auf Grund dieses Zusammenhangs zwischen Testleistungen und Mathematikunterricht werden die TIMSS- und PISA-Studien als Argument für eine Öffnung des Mathematikunterrichts angeführt.²⁸ Insofern verwundert nicht, dass die positive Tendenz der Vergleichsstudien (bei PISA verbesserte sich Deutschland im Bereich Mathematik kontinuierlich von Platz 20 (2000) auf Rang 9 (2009)²⁹) mit Veränderungen in der Aufgaben- und Unterrichtskultur erklärt werden.³⁰ Auch wenn Kritiker dies für etwas zu optimistisch halten und in den Verbesserungen beispielsweise auch Effekte durch eine stärkere Vertrautheit mit bestimmten Aufgabenformaten sehen³¹, bleibt festzuhalten, dass mit den Ergebnissen aus TIMSS und PISA die Öffnung des Mathematikunterrichts empirisch begründet wird.

Die Vermittlung eines adäquaten Mathematikbilds ist das vierte Argument für eine Öffnung des Mathematikunterrichts. Ist die Dominanz von geschlossenen Aufgabentypen zu groß, entsteht schnell der Eindruck, dass es in der Mathematik lediglich darum geht, bestimmte Verfahren auswendig zu lernen. Mathematik wird dann als fertiges Produkt verstanden, welches hilft, die gestellten Aufgaben zu lösen.³² Diese Sicht auf das Fach ist jedoch zu einseitig, da sie den Prozessaspekt vernachlässigt und nicht zu den typischen Tätigkeiten von jemandem passt, der aktiv Mathematik betreibt. Im Normalfall führen schließlich erst viele Irrwege, Umwege und Zufälle zu neuen mathematischen Erkenntnissen. Dies gilt gleichermaßen für objektiv neue Einsichten (zum Beispiel kürzere, elegantere Beweise) wie für subjektiv neue Erkenntnisse (Lösung von Übungsaufgaben durch Studierende).³³ Zudem führt die durch einen geschlossenen Unterricht geförderte Betonung des Mathematikbilds als fertiges, schematisches Produkt eher zu einer Haltung der passiven Rezeption statt zu einer Verständnisorientierung der Schülerinnen und Schüler.³⁴ Auch im Hinblick auf die Verdeutlichung der Anwendbarkeit von Mathematik zeichnen geschlossene Aufgaben oft ein falsches Bild von dieser Wissenschaft. Häufig wird ein Pra-

²⁶ Vgl. Baumert/Bos/Watermann (b), S. 187; Klieme/Lüdtke/Neubrand, S. 178.

²⁷ Vgl. Klieme/Lüdtke/Neubrand, S. 178.

²⁸ Vgl. Blum/Wiegand, S. 52; Lengnink/Prediger, S. 84; Ludwig (2007c), S. 163; Ulm, S. 9.

²⁹ Vgl. Klieme/Lüdtke/Neubrand, S. 173; Asseburg/Frey/Heinze u.a., S. 170, 176.

³⁰ Vgl. Asseburg/Frey/Heinze u.a., S. 172.

³¹ Vgl. Meyerhöfer, S. 187ff.; Wuttke, S. 165f., S. 169ff.

³² Vgl. Büchter/Leuders, S. 89.

³³ Vgl. Ludwig (2007a), S. 163.

³⁴ Vgl. Neubrand, S. 162.

xisbezug durch das Verwenden von eingekleideten Aufgaben nur vorgetäuscht, statt durch offenere Modellierungsaufgaben realistischere Anwendungen der Mathematik im Fachunterricht aufzuzeigen.³⁵

Im Zusammenhang mit dem Mathematikbild wird wegen der Prozesshaftigkeit der Mathematik und den breiten Anwendungsmöglichkeiten, die dieses Fach hat, eine Öffnung der Aufgabenkultur gefordert.³⁶ Zusätzlich setzen sich Lengnink und Prediger im Kontext des Erwerbs eines adäquaten Mathematikbilds aber auch für eine Öffnung der Fachinhalte ein.³⁷ Da das Mathematikbild für den weiteren Fortgang der vorliegenden Arbeit eine zentrale Rolle spielt, wird hierauf im Kapitel 2.4 vertieft eingegangen.

Nachdem die einzelnen Argumente für eine Öffnung des Mathematikunterrichts vorgestellt wurden, erfolgt nun eine Erläuterung, welche Ansätze es gibt, die geforderte Öffnung zu realisieren. In der mathematikdidaktischen Diskussion hierüber werden vier Ebenen beschrieben, auf denen der Mathematikunterricht geöffnet werden kann: die Ebene der Aufgaben, der Inhalte, der Unterrichtsmethodik (beziehungsweise der Unterrichtsorganisation) sowie die Ebene der Öffnung nach außen.

Der wohl am häufigsten genannte Ansatz zur Öffnung des Mathematikunterrichts ist eine Veränderung der Aufgabenkultur. Dies ist nicht verwunderlich, da Aufgaben zentraler Bestandteil des Mathematikunterrichts sind. Grundsätzlich bestehen Aufgaben immer aus drei Komponenten: dem Anfangszustand (gegebene Situation mit bestimmten Informationen), der Transformation (Weg, auf dem die Lösung erfolgt) und dem Ziel (Ergebnis). Bei geschlossenen Aufgaben ist lediglich das Ergebnis für die Schülerinnen und Schüler zu Beginn noch nicht klar. Bei offenen Aufgaben hingegen sind auch andere Komponenten zunächst unklar. Ein Höchstmaß an Offenheit liegt vor, wenn alle Komponenten nicht vorgegeben sind.³⁸ Zur Verdeutlichung des fundamentalen Unterschieds zwischen geschlossenen und offenen Aufgaben sollen folgende zwei Beispiele von Blum und Wiegand³⁹ dienen:

Tab. 1: Beispielaufgaben nach Blum und Wiegand	
geschlossene Aufgabe	offene Aufgaben
Löse das Gleichungssystem $2x + y = 7$ $-x + 2y = 7$ mit Hilfe des Additionsverfahrens.	Wie soll man die Einkommenssteuer festsetzen? Oder: Finde schöne Parkettierungen für einen Fliesen-Fußboden.

³⁵ Vgl. Ludwig (2007b), S. 167.

³⁶ Vgl. Büchter/Leuders, S. 89; Lengnink/Prediger, S. 73; Neubrand, S. 162.

³⁷ Lengnink/Prediger, S. 84f.

³⁸ Vgl. Blum/Wiegand, S. 52; Büchter/Leuders, S. 92ff.

³⁹ Blum/Wiegand, S. 52f.

Die beiden Autoren weisen darauf hin, dass geschlossene Aufgaben geöffnet werden können, indem entweder Informationen weggelassen werden oder das Ziel umgekehrt wird.⁴⁰ Aus der oben zitierten Aufforderung, das Gleichungssystem zu lösen, wird durch Zielumkehr die offenere Aufgabe: „Gib mindestens drei verschiedene lineare Gleichungssysteme an, die alle das Paar $(-1/3)$ als Lösung haben“⁴¹.

Typisch für offenere Aufgaben sind zudem auch Modellierungsaufgaben, da die Schülerinnen und Schüler hierbei ganz unterschiedliche Wege der Modellbildung gehen können, um ein eigenständiges Ergebnis zu erreichen.⁴² Ein Beispiel für solch eine Aufgabe ist eine PISA-Frage, bei der die 15-jährigen Probanden die Antarktisfläche schätzen sollten und lediglich eine Karte dieses Kontinents mit Maßstab vorgegeben war.⁴³

Neben der Öffnung des Mathematikunterrichts durch eine veränderte Aufgabenkultur kann dieses Schulfach auch auf Ebene der Inhalte verändert werden. Lengnink und Prediger machen diese inhaltliche Öffnung an ihrer Forderung fest, Mathematisierungen aus der Alltagswelt im Mathematikunterricht zu hinterfragen. Sie stellen ein Projekt vor, in dem Schülerinnen und Schüler erkunden, wie der Entscheidungsprozess eines Computerprogramms zur Unterstützung der Berufsfindung abläuft und wie dieses Programm verbessert werden kann. Anhand dieses Projekts sollen die Schülerinnen und Schüler über die Rolle der Mathematik für die Alltagswelt des Menschen reflektieren. Bei Lengnink und Prediger ist die Ebene der inhaltlichen Öffnung also auf den Reflexionsgedanken bezogen.⁴⁴ Zudem ist es denkbar, auch andere Veränderungen der mathematischen Inhalte, wie den Einblick in die Geschichte der Mathematik oder punktuelle Exkurse in Themen, welche eher mit den ersten Semestern eines Mathematikstudiums verbunden werden, zu dieser Ebene zu zählen. Insbesondere der fächerübergreifende Unterricht ist im Zusammenhang der inhaltlichen Öffnung zu nennen, da sich der Mathematikunterricht hier zwangsläufig von innermathematischen Problemen löst und sich gegenüber Fragestellungen aus anderen Disziplinen öffnet.⁴⁵

Die dritte Ebene der Öffnung des Mathematikunterrichts ist die der Unterrichtsmethoden und der Unterrichtsorganisation. Unter geöffneten Methoden wird verstanden, dass die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit haben, „über Zeit, Material, Raum, Sozialform,

⁴⁰ Vgl. ebd., S. 53.

⁴¹ Ebd., S. 53.

⁴² Vgl. Ludwig (2007b), S. 167.

⁴³ Vgl. OECD, S. 105. Diese Aufgabe wird auch von Büchter/Leuders, S. 91 und Ulm, S. 10 als Beispiel für offene Aufgaben verwendet.

⁴⁴ Vgl. Lengnink/Prediger, S. 74f.; S. 84ff.

⁴⁵ Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass in Leuders' Standardwerk zur Mathematikdidaktik (Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II, Berlin 2003⁷) das „Fächerübergreifende Lernen“ ein Unterkapitel vom Abschnitt „Mathematikunterricht öffnen“ ist).

Thema und Aneignungsweisen mitzubestimmen⁴⁶. Zentrales Schlagwort ist dabei die Selbsttätigkeit der Lernenden.⁴⁷ Roth und Vollrath nennen bei der Umsetzung im Mathematikunterricht vier wesentliche Komponenten: Freiarbeit, Lernzirkel, Wochenplan und Projekt.⁴⁸ Auch Drüke-Noe sieht in Projekten eine Form des besonders offenen Unterrichts. Sie stellt eine Umsetzungsvariante in Projektform der Aufgabe „Trinkpäckchen“ vor, bei der die Schülerinnen und Schüler eine solche Verpackung entwerfen sollen und dabei Aspekte wie Materialkosten, Verpackungstransport und Verhindern des möglichen Hineinfallens des Trinkhalms beachten sollen.⁴⁹ Es handelt sich hierbei um eine Aufgabe, die sehr ähnlich wie die oben genannten offenen Aufgabenstellungen von Blum und Wiegand ist. An dieser Stelle wird besonders deutlich, dass die einzelnen Ebenen der Öffnung des Mathematikunterrichts nicht isoliert voneinander stehen. Zu einem offeneren Aufgabentyp passt eine offenere Unterrichtsorganisation wie sie zum Beispiel im Rahmen von Projekten gegeben ist.

Dieser Gedanke gilt auch für die vierte und letzte Ebene: die Öffnung des Mathematikunterrichts nach außen. Schließlich wurde schon auf Ebene der inhaltlichen Öffnung der fächerübergreifende Unterricht genannt, bei dem sich die Mathematik gegenüber anderen Fächern aufschließt. Zur Öffnung nach außen gehört jedoch nicht nur eine inhaltliche Veränderung, sondern eine ganze Bandbreite an anderen Aspekten. Hierzu zählt die Vorstellung von Projektergebnissen innerhalb der Schule vor einer breiten, interessierten Öffentlichkeit genauso wie das Aufsuchen alternativer Unterrichtsorte wie beispielsweise Museen oder Mathematikausstellungen.⁵⁰ Des Weiteren ist in diesem Zusammenhang auch die Öffnung gegenüber bestimmten Personen (zum Beispiel: Einladung eines Experten in den Unterricht) zu nennen, die häufig mit der Öffnung gegenüber anderen Institutionen verbunden ist.⁵¹ Im Rahmen der vorliegenden Arbeit ist dabei die Öffnung gegenüber der Universität besonders wichtig. Ludwig stellt hierzu ein Beispiel vor, bei dem ein Mathematikdozent einen Vortrag über Verschlüsselungstechniken vor Schülerinnen und Schülern hielt, die sich gerade mit Kryptologie und dem Film „Enigma“ auseinandersetzten.⁵² Neben diesem Einzelbeispiel sind in den letzten Jahren unter der Bezeichnung *Vernetzung*

⁴⁶ Banach/Wehmeyer/Sebold, S. 10.

⁴⁷ Vgl. Roth/Vollrath, S. 123.

⁴⁸ Vgl. ebd., S. 121.

⁴⁹ Vgl. Drüke-Noe, S. 126, S. 130ff.

⁵⁰ Vgl. Banach/Wehmeyer/Sebold, S. 10f.; Ludwig (2007a), S. 179, S. 182ff.

⁵¹ Vgl. Ludwig (2007a), S. 179.

⁵² Vgl. Edd., S. 179f.

zwischen Schule und Universität⁵³ eine ganze Reihe von Projekten entstanden. Allein die Deutsche Telekom Stiftung förderte die regionale Vernetzung von Schulen und Universitäten mit rund 50 Einzelprojekten.⁵⁴ Hierzu zählen etwa *Call a Mathe-Prof*⁵⁵ von der Ludwig-Maximilians-Universität München, das dem Ansatz von Ludwigs Kryptologie-Beispiel ähnelt, und die *Mathematische Wunderkammer*. Bei Letzterer handelt es sich um ein Vernetzungsprojekt der Martin-Luther-Universität in Halle, bei dem Schülerinnen und Schüler beim Bau von mathematischen Ausstellungsstücken wie dem Jakobsstab durch Lehramtsstudierende unterstützt wurden. Nach Fertigstellung der Exponate wurden diese anderen Schülerinnen und Schülern zugänglich gemacht.⁵⁶

Alle vier erläuterten Ebenen der Öffnung des Mathematikunterrichts werden beim Verfassen von mathematischen Facharbeiten angesprochen. Versteht man die einzelnen mathematischen Überlegungen der Abiturientinnen und Abiturienten während des Entstehungsprozesses der Arbeiten als Aufgaben, so handelt es sich hierbei um eine neue geöffnete Aufgabenkultur. Alle drei Komponenten von Aufgaben (Anfangszustand, Transformation und Ziel) sind hierbei nicht von vornherein vorgegeben. Die gegebene Situation zu Beginn der mathematischen Auseinandersetzung ist durch die Schülerinnen und Schüler selbst beeinflusst. Schließlich bestimmen sie selbst, welche mathematischen Probleme und Fragestellungen in den Facharbeiten bearbeitet werden und welche Informationen sie hierfür verwenden. Gleiches gilt für die Transformationskomponente (Lösungsweg) und das Ziel (Ergebnis), da die Schülerinnen und Schüler ganz individuelle Aufgaben lösen müssen.

Auch auf Ebene der Inhalte kann von einer Öffnung gesprochen werden. Da die Abiturientinnen und Abiturienten im Rahmen der Facharbeiten viel mehr Zeit für einen bestimmten Gegenstand haben, können sie sich mit Themen auseinandersetzen, die in der Regel nicht zum Curriculum gehören. Diese mathematischen Fragestellungen können zudem viel tiefer durchdrungen und reflektiert werden. Des Weiteren bietet sich im Kontext der Facharbeiten durch fächerübergreifende Arbeiten eine zusätzliche Chance zur thematischen Öffnung an.

Die dritte genannte Ebene der Öffnung des Mathematikunterrichts ist die Unterrichtsorganisation. Geöffnete Lernsituationen liegen auf dieser Ebene vor, wenn die Gymnasiastin-

⁵³ Dabei ist zu beachten, dass der Begriff *Vernetzung* mit unterschiedlicher Bedeutung verwendet wird. Nicht bei allen Konzepten hierzu wird zum Beispiel das Tauschprinzip (im Sinne einer Win-win-Situation) umgesetzt, das bei Czerwanski (S. 14; vgl. auch: Kreis/Rauch, S. 81) ein Element der Vernetzungsdefinition ist.

⁵⁴ Vgl. Schiemann, S. 1.

⁵⁵ Vgl. Linde/Schottenloher, S. 7. Auf der offiziellen Internetseite der LMU ist das Projekt auch unter der Schreibweise *Call-a-Matheprof* zu finden (vgl. offizielle Internetseite des Mathematischen Instituts der LMU).

⁵⁶ Vgl. Maihöfner/Richter, S. 3f.

nen und Gymnasiasten unter anderem auch über Zeit, Material, Sozialform und Aneignungsweisen mitbestimmen. Auch auf dieser Ebene können Facharbeiten einen Beitrag zur Öffnung des Fachs leisten. So müssen sich die Schülerinnen und Schüler ihre Arbeitszeiten frei einteilen und entscheiden selbst darüber, welche Materialien verwendet werden. Gleiches gilt für die Frage, ob sie lieber alleine oder im Team arbeiten wollen und ob sie sich die Inhalte lieber in Form eines Expertengesprächs oder anhand der Fachlektüre aneignen wollen.

Ferner öffnet sich der Mathematikunterricht durch Verwendung von Facharbeiten nach außen. Diese vierte Ebene der Öffnung kann zwei Richtungen haben. Einerseits müssen die Schülerinnen und Schüler den Klassenraum verlassen, um beispielsweise selbstständig Fachleute zu interviewen, in einer Universitätsbibliothek zu recherchieren oder Mathematikausstellungen zu besuchen. Andererseits kann sich die Schule öffnen, indem die Abiturientinnen und Abiturienten ihre Ergebnisse einer interessierten Öffentlichkeit vorstellen – etwa im Rahmen einer Posterausstellung oder eines Kolloquiums zur Verteidigung der Arbeit. Dies ist deshalb besonders bedeutsam, da sich hier eine geeignete Gelegenheit bietet, dass sich die Institution Schule nach außen öffnet und öffentlich macht, zu welchen mathematischen Leistungen Oberstufenschülerinnen und -schüler in der Lage sind.

Da diese vier Ebenen durch das Verfassen einer Facharbeit angesprochen werden, ordnet sich das Thema der vorliegenden Arbeit in die mathematikdidaktische Diskussion um die Öffnung des Mathematikunterrichts ein. Anzumerken ist an dieser Stelle jedoch auch, dass in den letzten Jahren verschiedene Ansätze entwickelt wurden, um auf die Forderung nach einer Öffnung des Mathematikunterrichts einzugehen und diese auch in der Schulpraxis umgesetzt wurden.⁵⁷ Zudem soll deutlich gemacht werden, dass auch geschlossene Aufgaben ihre Berechtigung haben können und nicht in allen Situationen offene Lernumgebungen die beste Wahl sind. Viel eher geht es „um eine Ergänzung, um eine partielle Schwerpunktverlagerung“⁵⁸, wie Blum und Wiegand es treffend formulieren. Auf dem Weg zu dieser Schwerpunktverlagerung wird in der vorliegenden Arbeit anhand von mathematischen Facharbeiten ein weiterer Ansatz vorgestellt und diskutiert.

⁵⁷ Vgl. Asseburg/Frey/Heinze u.a., S. 172.

⁵⁸ Blum/Wiegand, S. 54.

2.2 Wissenschaftspropädeutik

Das folgende Kapitel handelt von einem der Kernbegriffe dieser Arbeit: *Wissenschaftspropädeutik*. Zunächst werden der historische Hintergrund und mehrere Definitionen vorgestellt. Zudem wird auch auf die verwandte Bezeichnung *Studierfähigkeit* eingegangen, ehe abschließend aktuelle Studienergebnisse zur Thematik beschrieben werden.

Der Begriff *Propädeutik* wurde schon in der Antike (zum Beispiel bei Platon) verwendet. Die griechischen Gelehrten verbanden mit dieser Bezeichnung die Vorstellung, dass Kenntnisse im Rechnen oder in der Geometrie zunächst erworben werden müssen, ehe sich ein Mensch mit der Philosophie beschäftigen kann.¹ Die Verknüpfung von Propädeutik mit Wissenschaft fand im frühen 19. Jahrhundert durch die Neuhumanisten Humboldt, Hegel und Schleiermacher statt.² Sie sahen in der Wissenschaftspropädeutik nicht eine Vorbereitung auf das Fachstudium, sondern auf die Philosophie. Die Neuhumanisten begriffen die Philosophie als Grundriss des gesamten Wissens und standen somit auch in antiker Tradition.³

Seit den 1950er Jahren wurde die Forderung nach einer Neubestimmung des Begriffs gestellt. Der Grund hierfür lag vor allem in der Expansion des Wissens, welche dafür sorgte, dass die universitären Fachstudiengänge sofort mit Spezialwissen begannen. Ziel war es, die schulische Wissenschaftspropädeutik diesen Veränderungen anzupassen.⁴ Infolgedessen wurde die gymnasiale Oberstufe durch einen Beschluss der Kultusministerkonferenz von 1972 grundlegend geändert. In diesem Beschluss wurde die Einführung des Grund- und Leistungskurssystems für den bundesdeutschen Bereich festgelegt. Diese neuen Spezialisierungsmöglichkeiten für die Schülerinnen und Schüler wurden mit einer Qualitätssicherung des wissenschaftspropädeutischen Unterrichts begründet. Insbesondere die Leistungskurse sollten laut KMK für ein tieferes wissenschaftspropädeutisches Verständnis sorgen.⁵ Eine Präzisierung, was die Kultusministerkonferenz unter Wissenschaftspropädeutik versteht, erfolgte 1977:

¹ Vgl. Fischer, S. 703.

² Vgl. Fischer, S. 703; Habel, S. 9, S. 20ff.

³ Vgl. Fischer, S. 703f.

⁴ Vgl. ebd., S. 704.

⁵ Vgl. KMK (1972), I.2, II.3.

„Auf der Grundlage selbstständigen Lernens führt der Unterricht hin

- zur Kenntnis wesentlicher Strukturen und Methoden von Wissenschaften sowie zum Verständnis ihrer komplexen Denkformen
- zum Erkennen von Grenzen wissenschaftlicher Aussagen und zur Einsicht in Zusammenhang und Zusammenwirken von Wissenschaft
- zum Verstehen wissenschaftstheoretischer und philosophischer Fragestellungen zur Fähigkeit, theoretische Erkenntnisse sprachlich zu verdeutlichen und anzuwenden...“⁶

In den Folgejahren wurde die gymnasiale Oberstufe im Hinblick darauf, in welchem Ausmaß sie ihrer wissenschaftspropädeutischen Funktion gerecht wird, kritisiert. Diese Diskussion mündete in den sogenannten Husumer Beschlüssen der KMK, in Folge derer eine Abkehr vom Grund- und Leistungskurssystem hin zu einer wieder stärker kanonförmigen Oberstufe durchgesetzt wurde. Auch diese neuerliche Reform zielte auf eine Verbesserung der schulischen Wissenschaftspropädeutik ab.⁷ So verwundert es nicht, dass auch in der aktuellsten Fassung der KMK-Vereinbarung zur gymnasialen Oberstufe die wissenschaftspropädeutische Bildung neben vertiefter Allgemeinbildung und allgemeiner Studierfähigkeit als eine von drei zentralen Zielstellungen genannt wird.⁸

Trotz dieser Intention sind – insbesondere in den letzten Jahren – explizite Ausführungen der Kultusministerkonferenz darüber, was unter dem Begriff *Wissenschaftspropädeutik* verstanden wird, selten.⁹ Auch deshalb lohnt bei der Verortung dieser Bezeichnung ein Blick in die Fachliteratur, in der vor allem drei Punkte betont werden:

Erstens wird darauf hingewiesen, dass es sich beim schulischen Propädeutikum nicht um wissenschaftliches, sondern um vorwissenschaftliches Arbeiten handeln soll. Es geht nicht darum, Inhalte aus den ersten Studiensemestern vorwegzunehmen, sondern durch eine erste Kontaktaufnahme der Schülerinnen und Schüler mit Wissenschaft diese auf ein Fachstudium vorzubereiten.¹⁰

Zweitens unterstreichen mehrere Autoren eine Differenz zwischen wissenschaftsorientiertem und -propädeutischem Lernen. Mit Wissenschaftsorientierung ist gemeint, dass der Unterricht an wissenschaftliche Inhalte gebunden ist und nichts gelehrt werden darf, was

⁶ KMK (1977), 1.2.

⁷ Vgl. Lüdtkke/Maaz/Nagy u.a., S. 17-19, 25.

⁸ Vgl. KMK (2013), 2.1.

⁹ Vgl. Dettmers/Lüdtkke u.a., S. 244. Die Autoren sprechen in diesem Zusammenhang sogar davon, dass diese Textpassagen „erstaunlich spärlich“ vorkämen und zitieren ebenfalls die Neufassung des KMK-Beschlusses von 1977 (siehe oben). Im aktuellen KMK-Beschluss (vgl. KMK 2013) wird „wissenschaftspropädeutische Bildung“ zwar als eines der drei zentralen Ziele der gymnasialen Oberstufe definiert, jedoch nicht erläutert, was darunter verstanden wird. Hierzu muss in ältere Beschlüsse (wie den von 1977) geschaut werden. Problematisch ist neben dem Alter des 1977-Beschlusses, dass der Wortlaut nur aus der Fachliteratur (wie zum Beispiel Dettmers et al.), oder einer Losenblattsammlung der KMK entnommen werden kann. Zusätzlich ist es möglich, sich die entsprechende Fassung von der KMK als gescannte Datei schicken zu lassen.

¹⁰ Vgl. Dettmers/Lüdtkke/Neumann u.a., S. 243; Fischer, S. 704; Hahn (2013), S. 162.

Forschungserkenntnissen entgegensteht. Dieser Grundsatz besteht für alle Klassenstufen. Wissenschaftspropädeutik hingegen wird als Zuspitzung von Wissenschaftsorientiertheit im Rahmen der Sekundarstufe II verstanden. Hier wird wissenschaftliches Arbeiten selbst zum Inhalt des Unterrichts.¹¹

Drittens wird betont, dass Wissenschaftspropädeutik mehr ist als die bloße Vorbereitung auf das Studium oder eine Einführung in technische Aspekte wissenschaftlichen Arbeitens.¹² Dass Wissenschaftspropädeutik und Studierfähigkeit keineswegs gleichgesetzt werden können, wird schon an den oben genannten Zielen der gymnasialen Oberstufe aus Sicht der KMK deutlich, denn beide Begriffe werden hier auf gleicher Ebene genannt. Gemeinsam mit der vertieften Allgemeinbildung bilden sie die sogenannte Trias der KMK-Oberstufenzielvorgstellungen.¹³ Der wesentliche Unterschied zwischen Studierfähigkeit und Wissenschaftspropädeutik liegt darin, dass letztere auch die politisch-soziale Bedingtheit von Wissenschaft einbezieht. Den Schülerinnen und Schülern soll der begrenzte Wahrheitsanspruch und der Konstruktcharakter von Wissenschaft, im Sinne eines Ausschnitts, den sie von der Wirklichkeit zeigt, deutlich werden. Wissenschaftspropädeutik dient somit auch dazu, einen Orientierungsrahmen in einer von wissenschaftlicher Forschung geprägten Welt zu geben.¹⁴ Im Sinne dieses komplexen Begriffsverständnisses nennt Huber drei Ebenen, die zur Wissenschaftspropädeutik gehören:

- „ - Techniken wissenschaftlichen Arbeitens, Lern- und Studienstrategien
- Grundbegriffe und Grundmethoden in fachlicher Konkretisierung und überfachlichem relativierendem Vergleich
- Metareflexion in philosophischem (etwa in wissenschaftstheoretischem und ethischem), historischen und sozialem/politischem Bezugsrahmen.“¹⁵

An diesem Verständnis von Wissenschaftspropädeutik wird sich in der vorliegenden Arbeit orientiert. Dabei ist klar, dass es sich insbesondere bei Hubers dritter Ebene um einen sehr hohen Anspruch an schulische Bildung handelt. Ob diese Stufe der Wissenschaftspropä-

¹¹ Vgl. Fischer, S. 704f.; Hahn (2008), S. 159; Huber (2009), S. 44.

¹² Vgl. Hahn (2013), S. 162f.; Huber (2009), S. 39.

¹³ Vgl. Lüdtke/Trautwein, S. 327.

¹⁴ Vgl. Habel, S. 174f., S. 208; Huber (2009), S. 46ff.; Griese, S. 228f.

¹⁵ Huber (2009), S. 45. Häufig (zum Beispiel bei Lüdtke/Trautwein, S. 329f.) wird sich auch an eine frühere Formulierung dieser Ebenen von Huber (vgl. Huber (1997), S. 348) angelehnt. In dieser beschreibt er Wissenschaftspropädeutik als das „Lernen und Einüben *in* Wissenschaft (Grundbegriffe und -methoden), *an* Wissenschaft (eine Haltung des Immer-weiter-fragens und Gründegebens) und *über* Wissenschaft (kritische Reflexion in größeren Zusammenhängen)“.

Auch Griese, S. 140 formuliert schon in den 1980er Jahren drei sehr ähnliche Aufgaben von Wissenschaftspropädeutik: „Hinführung zur Wissenschaft“ (Verfahrens- und Erkenntnisweisen), „Bewusstmachung und Einüben wissenschaftlicher Attitüden“ (Kritikfähigkeit, Kreativität, Rationalität) sowie „Aufklärung über die gesellschaftspolitischen Voraussetzungen [...] wissenschaftlicher Forschung“.

deutik wirklich im Rahmen der gymnasialen Oberstufe erreicht wird oder überhaupt erreicht werden kann, lässt sich zudem empirisch nur sehr schwer belegen. Im Hinblick auf die empirische Überprüfbarkeit verwundert es nicht, dass sich die meisten Studien zu dieser Thematik auf die erste Hubersche Ebene fokussieren und damit den Begriff *Studierfähigkeit* in den Mittelpunkt rücken. Dies gilt auch für manche Untersuchungen, die mit dem Titel *Wissenschaftspropädeutik* überschrieben sind.¹⁶

Bevor nun empirische Forschungsergebnisse vorgestellt werden, klärt zunächst eine Begriffsbestimmung, was unter Studierfähigkeit verstanden wird. Von Hentig kritisierte, dass es bis 1999 keine ausreichende Definition der nahe verwandten Bezeichnung *allgemeine Hochschulreife* gab. Eine Ausnahme sah er „in der pragmatischen Form: Wer an der Hochschule zurechtkommt, hat sie, wer nicht zurechtkommt, hat sie nicht.“¹⁷ Neben dieser etwas zugespitzten Formulierung gibt es jedoch auch Erläuterungen, was mit der Befähigung zum Studieren gemeint ist. So beschreibt Bescherer Studierfähigkeit als „Kenntnisse, Fähigkeiten, Fertigkeiten, Haltungen und Einstellungen, die zur erfolgreichen Absolvierung eines bestimmten Studiengangs nötig sind.“¹⁸ Anhand dieses Zitats wird deutlich, worauf auch Obst hinweist: Es muss zwischen allgemeiner und fachspezifischer Studierfähigkeit unterschieden werden.¹⁹

Nach der Beschreibung, was unter Wissenschaftspropädeutik und Studierfähigkeit verstanden wird, bleibt festzuhalten, dass es trotz der Unterschiede große Überschneidungen zwischen beiden Begriffen gibt. So gehören etwa das Erlernen von wissenschaftlichen Arbeitstechniken oder der Erwerb von Basiskenntnissen in grundlegenden Forschungsmethoden (beispielsweise Experiment, Empirie) sowohl zu Hubers ersten Ebenen von Wissenschaftspropädeutik als auch zu den Punkten, die für ein erfolgreiches Studium benötigt werden. Die Blickrichtung beider Bezeichnungen hierauf ist aber eine andere. Aus Sichtweise der Studierfähigkeit geht es ganz pragmatisch um die Klärung der Frage, wie Schule ideal auf ein Studium vorbereitet. Wissenschaftspropädeutik hingegen beschäftigt sich mit der Fragestellung, über welche Bildung der Mensch über Wissenschaft verfügen soll. Deshalb verwundert es nicht, dass im wissenschaftspropädeutischen Kontext die Reflexionse-

¹⁶ Hierzu zählen die Studien von: Neumann/Trautwein und (deutlich weniger ausgeprägt) Dettmers/Lüdtke/Neumann u.a. Auf Asdonk/Gläsing trifft dies teilweise zu: ihre Veröffentlichung ist zwar unter dem zentralen Begriff *Studienvorbereitung* veröffentlicht, findet sich jedoch in einem Sammelband unter dem Kapitel „Brauchen wir noch Wissenschaftspropädeutik in der Oberstufe?“

¹⁷ von Hentig, S. 176.

¹⁸ Bescherer, S. 9.

¹⁹ Vgl. Obst, S. 11f.

bene eine wichtige Rolle spielt, während bei der Studierfähigkeit auch andere Aspekte wie zum Beispiel Lernmotivation und Interesse von großer Bedeutung sind.²⁰

Die im Folgenden vorgestellten Forschungsergebnisse beziehen sich zunächst auf die allgemeine Studierfähigkeit. Kazemzadeh, Minks und Nigmann befragten schon in den 1980er Jahren drei Personengruppen (Studierende, Gymnasial- und Hochschullehrer) danach, ob das Gymnasium der Aufgabe, auf das Studium vorzubereiten, gerecht wird. Knapp die Hälfte der Studierenden sah hierbei ein Defizit bei der schulischen Ausbildung. Auffällig ist, dass dieser Wert sowohl bei Gymnasial- als auch Hochschullehrern mit rund 20 % deutlich niedriger war.²¹ In der TOSCA-Studie wurde auf ähnliche Weise gefragt. Hier geschah dies allerdings zu zwei verschiedenen Messzeitpunkten: zum Ende von Klassenstufe 13 und zwei Jahre später. Auch hier zeigte sich eine eher kritische Bewertung gegenüber der gymnasialen Studienvorbereitung, welche zum zweiten Messzeitpunkt sogar noch abfällt. Infolge der Einschätzung, dass die Schülerinnen und Schüler sich nicht ausreichend gut auf das Studium vorbereitet sehen, sprechen Neumann und Trautwein von einem Verzahnungsproblem zwischen Schule und Universität.²² Auch wenn Asdonk/Gläsing und Schreiber/Sommer in ihren Studien zu positiveren Ergebnissen kommen²³, weist die Gesamtschau der empirischen Untersuchungen auf recht weit verbreitete, subjektiv eingeschätzte Defizite bei der schulischen Studienvorbereitung hin.²⁴

Eine der wenigen Untersuchungen zur dritten Ebene von Wissenschaftspropädeutik nach Huber (Reflexionsebene) wurde im Rahmen der TOSCA-Studie durchgeführt. Die Abiturientinnen und Abiturienten wurden darauf hin untersucht, ob sie eher eine dualistische Sicht auf Wissenschaft haben (wissenschaftliche Forschung kann alles eindeutig und zweifelsfrei erklären) oder ein relativistisches Wissenschaftsverständnis vorliegt (Betonung des Konstruktcharakters der Forschung). Hierbei zeigte sich insgesamt ein erfreuliches Ergebnis: Die meisten Schülerinnen und Schüler haben eine relativistische Sicht. Zudem wurde festgestellt, dass dieses Bild von wissenschaftlicher Forschung statistisch mit guten Noten zusammenhängt; für die dualistische Perspektive gilt das Gegenteil.²⁵

Die KMK legte fest, dass alle Schulfächer im Hinblick auf Wissenschaftspropädeutik als gleichwertig anzusehen sind.²⁶ In früheren Fassungen der Vereinbarung zur gymnasialen Oberstufe wurde ausgeführt, was der Mathematikunterricht leisten soll, um diesem

²⁰ Vgl. Bescherer, S. 9; Huber (2013), S. 147f.

²¹ Vgl. Kazemzadeh/Minks/Nigmann, S. 49.

²² Vgl. Neumann/Trautwein, S. 116.

²³ Vgl. Asdonk/Gläsing, S. 149f.; Schreiber/Sommer, S. 1.

²⁴ Vgl. Lüdtke/Trautwein, S. 336; Neumann/Trautwein, S. 116.

²⁵ Vgl. Lüdtke/Trautwein, S. 57-62.

²⁶ Vgl. KMK (1977), 2.1.

Gleichwertigkeitsanspruch gerecht zu werden. Hierbei wurde vor allem die Fähigkeit des Problemlösens durch Mathematisierung betont.²⁷ Ähnlich klingt dies bei Huber, bezogen auf die allgemeine Studierfähigkeit. Er meint, dass hierfür nicht spezifische Kenntnisse in Analysis oder Linearer Algebra notwendig sind, sondern eher eine Weiterentwicklung von Fähigkeiten aus der Sekundarstufe I (wie der Modellbildung) benötigt wird.²⁸ Ein Grundgedanke, der sich auch in den etwas später formulierten Bildungsstandards wiederfindet.

Dem Anspruch auf Gleichwertigkeit zur wissenschaftspropädeutischen Ausbildung scheint der Mathematikunterricht weniger gut gerecht zu werden. So ergab eine empirische Untersuchung, dass Studierende die Vorbereitung auf das Studium im Bereich Mathematik schlechter als in anderen Feldern einschätzen.²⁹

Die bisherigen Ausführungen bezogen sich auf die allgemeine Studierfähigkeit beziehungsweise auf Wissenschaftspropädeutik. Eine ganz andere Frage ist, was der Mathematikunterricht im Hinblick auf die fachspezifische Studierfähigkeit – also als Vorbereitung auf eine Mathematikstudium oder ein Studium mit großen mathematischen Anteilen wie Physik oder Ingenieurwissenschaften – leisten soll. Dass diese Frage wichtig ist, wird bei Betrachtung der politischen Zielsetzung, die Absolventenzahl in MINT-Studienfächern zu steigern, und der gerade in diesen Fächern hohen Abbruchquote infolge von geringen Vorkenntnissen deutlich.³⁰ Zudem müssen viele Studierende Prüfungen in Mathematik ablegen, obwohl sie ein anderes Fach wie Biologie, Psychologie oder Wirtschaftswissenschaften studieren.³¹

Studien geben dem Mathematikunterricht auch in diesem Kontext ein weniger gutes Zeugnis. Begründet wird dies mit Tests zu mathematischen Vorkenntnissen von Studienanfängern, der Selbsteinschätzung der Studierenden und der Einschätzung durch Dozenten und Mathematiklehrer.³² Insbesondere das selbstständige Erarbeiten von Fachwissen und das hierfür nötige Einarbeiten in mathematische Fachtexte scheint den Studienanfängern sehr schwer zu fallen.³³ Als Folge dieser Defizite bieten mittlerweile die meisten Universitäten

²⁷ Vgl. KMK (1997), 2.7.

²⁸ Vgl. Huber (1998), S. 166f.

²⁹ Vgl. Schreiber/Sommer, S. 2,7.

³⁰ Vgl. Cramer/Walcher, S. 110.

³¹ Vgl. Bescherer, S. 1; Heymann, S. 114.

³² Vgl. Obst, S. 52ff., S. 71ff. Auffällig ist, dass in dieser Studie mit angehenden Ingenieurwissenschaftlern die Selbsteinschätzung deutlich höher als die Fremdeinschätzung war. Vgl. auch Bescherer, S. 77, die Studierende aus den Fächern Lehramt, Ingenieur-, Wirtschafts- und Naturwissenschaften befragte. Etwas mehr als ein Drittel der Probanden gab an, Schwierigkeiten in Mathematik zu erwarten. Vgl. auch Lotze, S. 8, der (ohne empirische Studie) mathematische Defizite bei Erstsemestern des Physikstudiums sieht.

³³ Vgl. Obst, S. 77; Bescherer, S. 83.

mathematische Vorkurse an. Auch dies ist kein gutes Zeichen für den Mathematikunterricht, da in diesen Kursen häufig Schulstoff wiederholt wird.³⁴

Zusammenfassend kann resümiert werden, dass trotz des großen Alters des Begriffs *Propädeutik* und der langen Geschichte der Bemühungen, die schulische Wissenschaftspropädeutik zu verbessern, weiterhin Bedarf besteht, Gymnasiastinnen und Gymnasiasten auf das Hochschulstudium besser vorzubereiten. Dies gilt sowohl aus allgemeinpädagogischer Sicht als auch insbesondere aus mathematikdidaktischer Perspektive. Eine recht neue Möglichkeit, Abiturienten und Abiturientinnen wissenschaftspropädeutisch auszubilden ist die Facharbeit, welche im folgenden Kapitel genauer beleuchtet wird. In der Fachliteratur werden dieser Lern- und Arbeitsform große Chancen in Bezug auf Wissenschaftspropädeutik eingeräumt.³⁵ Es wird in diesem Zusammenhang sogar von einer „besonders wichtigen Rolle“³⁶ und einem „wichtigen Pfeiler“³⁷ gesprochen. Steets stellt fest, dass der „propädeutische Nutzen dieser Arbeit weitgehend anerkannt“ ist.³⁸ Dies liegt vor allem daran, dass Facharbeiten ermöglichen, dass wissenschaftliches Arbeiten selbst zum Inhalt des Unterrichts wird und damit das entscheidende Unterscheidungskriterium im Vergleich zur Wissenschaftsorientierung gewährleistet ist. Zudem genügen Facharbeiten – mindestens in Bezug auf die ersten beiden Ebenen – auch dem komplexen Begriffsverständnis von Wissenschaftspropädeutik, welches Huber mit dieser Bezeichnung verbindet. Eine detaillierte Erläuterung, wie sich die (mathematische) Facharbeit im Kontext von Wissenschaftspropädeutik und Studierfähigkeit einordnet, findet im nächsten Kapitel statt.

³⁴ Vgl. Bescherer, S. 28-31; Cramer/Walcher, S. 113f.; Lotze, S. 10ff.

³⁵ Vgl. Hahn (2009), S. 30f., der sich auf das Seminarfach bezieht; vgl. auch Lüdtkke/Trautwein, S. 364; Neumann/Trautwein, S. 117.

³⁶ Vgl. Dettmers/Lüdtkke/Neumann u.a., S. 243.

³⁷ Vgl. ebd., S. 248.

³⁸ Steets (2011), S. 62.

2.3 Mathematische Facharbeiten

Die Geschichte von wissenschaftspropädeutischen Schülerarbeiten reicht in Deutschland bis in die 1920er Jahre zurück. Es waren die Landerziehungsheime, die in der historischen Entwicklung eine Vorreiterrolle spielten, denn schon im Jahr 1924 wurden in einem dieser reformpädagogischen Internate in Bieberstein die ersten sogenannten Jahresarbeiten verfasst. Bei den Jahresarbeiten handelte es sich um einjährige, individuelle Arbeiten, bei denen die Schüler¹ selbstständig ein Thema wählten und bearbeiteten. Die Lehrer nahmen während des Arbeitsprozesses eine Beraterrolle ein.² Alfred Andreesen – Oberleiter der Landerziehungsheime in der Weimarer Republik – legte schon in dieser Zeit einen Bericht über die Erfahrungen mit den Jahresarbeiten vor.³ Dies ist somit wohl die erste Veröffentlichung zur Thematik.

In den folgenden Jahren wurden die Jahresarbeiten auch an anderen Landerziehungsheimen eingeführt.⁴ Andreesen verfolgte aber nicht nur das Ziel, die Arbeiten an seinen Internaten durchzusetzen, sondern Schülerinnen und Schüler auch in anderen Schulen hiermit vertraut zu machen. Ein Erfolg war dabei, dass die Jahresarbeit in die preußische Reifeprüfungsordnung von 1926 mit folgendem Wortlaut aufgenommen wurde⁵: „Dem Schüler, der sich einer Reifeprüfung unterziehen will, ist es gestattet, eine größere Hausarbeit (Jahresarbeit) einzureichen.“⁶

Die Erwähnung in der preußischen Verordnung änderte jedoch nichts daran, dass selbstständige Schülerarbeiten noch für Jahrzehnte praktisch ausschließlich an den Landerziehungsheimen verfasst wurden.⁷ Erst nach 1972 sollte sich dies ändern. In dem im vorherigen Kapitel bereits beschriebenen KMK-Beschluss zur Neugestaltung der Oberstufe wurde nicht nur das Ziel der Schaffung der Studierfähigkeit der Schülerinnen und Schüler formuliert, sondern als ein Mittel dazu die Facharbeit genannt.⁸ Die Facharbeit, die sich unter anderem von der Jahresarbeit dadurch unterschied, dass sie an einen der neu eingeführten Leistungskurse gebunden war, wurde jedoch zunächst nur in einigen Bundesländern (zum Beispiel in Bayern) eingeführt.⁹

¹ Eine Anfrage im Landerziehungsheim Bieberstein ergab, dass die Arbeiten zunächst nur von Jungen geschrieben wurden. Der erste weibliche Verfassername einer Jahresarbeit taucht an dieser Schule 1942 auf.

² Vgl. Barthel, S. 9-17.

³ Vgl. Andreesen.

⁴ Vgl. Barthel, S. 14f.

⁵ Vgl. Schulte, S. 21.

⁶ Preußische Reifeprüfungsverordnung, §7, Absatz 1, zitiert nach Barthel, S. 13 sowie Schulte, S. 21.

⁷ Vgl. Schulte, S. 28.

⁸ Vgl. KMK (1972), II.1; II.9.

⁹ Vgl. ebd., II.9; Schulte, S. 46; Meiringer, S. 40.

Die Aufnahme wissenschaftspropädeutischer Schülerarbeiten in das Curriculum bedurfte in den meisten anderen Bundesländern eines weiteren Schubs in Form eines KMK-Beschlusses im Jahr 1997. In diesem wurde den Ländern die Möglichkeit eingeräumt, Besondere Lernleistungen einzuführen. Hierbei handelt es sich um eine freiwillige schriftliche Arbeit (dies kann zum Beispiel eine Jahresarbeit oder ein Projektbericht sein), welche über die Inhalte der Schulfächer hinausgeht und deren Ergebnisse in einem Kolloquium präsentiert und verteidigt werden. Die Note für die Besondere Lernleistung geht in vierfacher Wichtung in das Abitur ein.¹⁰ Des Weiteren wurde im gleichen KMK-Beschluss auch die Facharbeit gestärkt.¹¹

In der Folgezeit setzten die Bundesländer diesen Beschluss um, sodass mittlerweile alle Abiturientinnen und Abiturienten die Möglichkeit haben, eine wissenschaftspropädeutische Arbeit zu schreiben. Für die Mehrzahl der Gymnasiastinnen und Gymnasiasten ist das Verfassen einer solchen Arbeit sogar obligatorischer Bestandteil auf dem Weg zum Abitur.¹²

Die einzelnen Bundesländer entwarfen für diese Arbeiten ganz unterschiedliche Begriffe und Regelungen.¹³ Um einen Überblick über die einzelnen Ländervorgaben zu geben, werden im Folgenden vier unterschiedliche Varianten (aus Thüringen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt; Stand jeweils Schuljahr 2012/13) vorgestellt, die das ganze Spektrum der Länderregelungen abdecken. Alle nicht genannten Bundesländer finden sich mit leichten Abwandlungen und anderen Begrifflichkeiten in einer der vorgestellten vier Versionen wieder.

In Thüringen wurde der KMK-Beschluss von 1997 besonders detailliert in der entsprechenden Schulordnung umgesetzt.¹⁴ Alle Schülerinnen und Schüler belegen ab der 10. Klasse das Seminarfach. In dieser Jahrgangsstufe werden sie mit wissenschaftlichen Lern- und Arbeitsmethoden vertraut gemacht. Im ersten Halbjahr der 11. Jahrgangsstufe finden sich die Gymnasiastinnen und Gymnasiasten in Gruppen von 3 bis 5 Personen zusammen und legen ein Thema für ihre Seminarfacharbeit fest. Danach haben sie ein knappes Jahr Zeit, diese wissenschaftspropädeutische Arbeit zu verfassen. Während des Entstehungsprozesses sind Konsultationstermine bei ihrem Seminarfachlehrer vorgesehen. Abschlie-

¹⁰ Vgl. KMK (1997), 9.3.10.

¹¹ Vgl. ebd., 9.3.4, 9.3.9.

¹² Vgl. Heber, S. 7; Hempel, Anhang V-XXIV; Krause (2014), S. 655; Schenk, S. 16.

¹³ Eine Übersicht über die Länderregelungen liefern: Nussinger, S. 69f.; Martin-Beyer/Mergenthaler-Walter, S. 15-25, 75-97; Schenk, S. 16f.; Wambach (1999), S. 16 und aktueller (aber nur zur Besonderen Lernleistung) Hempel, Anhang V-XXIX.

¹⁴ Vgl. Gröger/Scharf/Schmitz, S. 347 sprechen davon, dass der Beschluss in „beispielgebender Weise erfüllt“ ist; Schenk, S. 15.

ßend findet ein Kolloquium statt, in dem die Ergebnisse präsentiert und verteidigt werden.¹⁵

Auch die Bewertungsanteile sind in der Thüringer Schulordnung klar vorgegeben: Arbeitsprozess 20%, Seminarfacharbeit 30% und Kolloquium 50%. Die Schülerinnen und Schüler dürfen wählen, ob sie das Seminarfach als Abiturprüfungsleistung einbringen. Wenn sie sich dafür entscheiden, entfällt eine mündliche Prüfung und das Seminarfach wird vierfach gewertet – hat also die gleiche Bedeutung wie eine Abiturprüfung.¹⁶ Da die durchschnittliche Note für das Seminarfach recht hoch ausfällt, entschieden sich in Hempels Studie etwa drei Viertel der Thüringer Schülerinnen und Schüler für das Einbringen dieses Fachs in die Abiturnote.¹⁷ Alle Schülerinnen und Schüler müssen für das Seminarfach – unabhängig davon, ob sie dieses in die Gesamtnote einbringen wollen oder nicht – mindestens einen Notenpunkt erhalten, um für die Prüfungen zugelassen zu werden.¹⁸

Auch in Niedersachsen gibt es seit ein paar Jahren ein Seminarfach, dessen Ablauf und Wertigkeit sich jedoch von der Thüringer Version unterscheidet. Alle Gymnasiastinnen und Gymnasiasten belegen in Klassenstufe 11 und 12 das Seminarfach. Auf Schulebene wird festgelegt, ob die Schülerinnen und Schüler verschiedene Seminarkurse wählen können, die inhaltlich an einem Schwerpunkt gebunden sind oder ob das Seminarfach keinen solchen thematischen Schwerpunkt hat. Ebenfalls auf Ebene der Einzelschulen wird über die inhaltliche und methodische Abfolge der einzelnen Halbjahre entschieden. Landesweit ist vorgegeben, dass in einem Semester eine Facharbeit geschrieben wird. Die anderen Halbjahre dienen zur Vorbereitung auf das Verfassen der Facharbeit (häufig anhand des Schreibens einer kleineren Hausarbeit) und zum Erlernen von Präsentationen sowie zur Reflexion über das gesamte Seminarfach. Zwei aufeinanderfolgende Semesternoten werden verpflichtend in einfacher Wertung in die Gesamtqualifikation eingebracht. Davon muss eines der Halbjahre jenes sein, in der die Facharbeit geschrieben wurde.¹⁹ Im Vergleich zu Thüringen besteht beim niedersächsischen Seminarfach zusammenfassend betrachtet also eine größere Schulautonomie, erstreckt sich das Verfassen der Facharbeit über einen deutlich kleineren Zeitraum und fällt die Wertigkeit für die Gesamtabiturnote geringer aus.

¹⁵ Vgl. Thüringer Schulordnung, § 78.

¹⁶ Vgl. ebd., § 78; 92.

¹⁷ Vgl. Hempel, S. 113

¹⁸ Vgl. Thüringer Schulordnung, § 90.

¹⁹ Vgl. Verordnung über die gymnasiale Oberstufe Niedersachsen, § 10 (mit Anlage 3); Niedersächsisches Kultusministerium: Informationen für Eltern, Schülerinnen und Schüler, S. 6,9; Niedersächsisches Kultusministerium: Das Seminarfach, S. 3ff.

In Nordrhein-Westfalen gibt es kein Seminarfach. Im bevölkerungsreichsten Bundesland haben die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, eine Besondere Lernleistung zu schreiben. Zudem müssen alle Gymnasiastinnen und Gymnasiasten in der Oberstufe eine 8-12 Seiten lange Facharbeit verfassen. Diese ersetzt eine Klausur und hat somit eine deutlich geringere Bedeutung im Bezug auf die Abiturnote als die wissenschaftspropädeutischen Arbeiten in Thüringen und Niedersachsen.²⁰ Die Schulen sind vom Kultusministerium dazu aufgefordert, ihre Abiturientinnen und Abiturienten auf den Schreibprozess vorzubereiten. Hierfür können die Schulen verschiedene Varianten, wie die Durchführung eines Methodenkurses, die Verwendung von vorbereitenden Workshops oder das Schreiben einer schriftlichen Hausarbeit wählen. Hinweise zum formellen Verfassen erhalten die Oberstufenschülerinnen und -schüler im Deutschunterricht.²¹ Einzige Alternative, um das Anfertigen einer Facharbeit zu umgehen, ist die Belegung eines Projektkurses. Da jedoch auch der Projektkurs einer schriftlichen Dokumentation bedarf (in Form der Produktvorstellung, Prozessdarstellung und Reflexion) ist sichergestellt, dass jede Abiturientin und jeder Abiturient in Nordrhein-Westfalen einen längeren, eigenständigen wissenschaftspropädeutischen Text verfasst.²²

Als vierte Variante des Umgangs mit wissenschaftspropädeutischen Schülerarbeiten dient die Vorstellung der Situation in Sachsen-Anhalt. In diesem Bundesland können die Schülerinnen und Schüler ebenfalls fakultativ eine Besondere Lernleistung verfassen.²³ Der Begriff *Facharbeit* kommt in der sachsen-anhaltinischen Oberstufenverordnung jedoch nicht vor. Gleiches gilt für einen Großteil der Rahmenrichtlinien der einzelnen Fächer (auch für Mathematik). Ausnahmen sind die Richtlinien Deutsch und Geschichte, in denen Facharbeiten erwähnt werden.²⁴ Infolgedessen werden die Regelungen bezüglich wissenschaftspropädeutischer Arbeiten auf Einzelschulebene festgelegt. In dem Vergleich der vier vorgestellten Bundesländer ist die Schulautonomie in Sachsen-Anhalt am größten. Eine nicht-repräsentative, explorative Vorstudie an drei sachsen-anhaltinischen Gymnasien, an der sich rund 130 Schülerinnen und Schüler beteiligten, ergab, dass eine Mehrzahl mindestens eine Facharbeit im Laufe der Schullaufbahn schreibt.²⁵

²⁰ Vgl. Oberstufenverordnung Nordrhein-Westfalen, §14, 17; Kultusministerium Nordrhein-Westfalen: Informationen, S. 21.

²¹ Vgl. Kultusministerium Nordrhein-Westfalen: Empfehlungen, S. 7f.

²² Vgl. Kultusministeriums Nordrhein-Westfalen: Informationen, S. 21.

²³ Vgl. Oberstufenverordnung Sachsen-Anhalt, § 15.

²⁴ Vgl. Oberstufenverordnung Sachsen-Anhalt; Rahmenrichtlinien Sachsen-Anhalt: Mathematik; Rahmenrichtlinien Sachsen-Anhalt: Deutsch, S. 24,94,96,140; Rahmenrichtlinien Sachsen-Anhalt: Geschichte, S. 127.

²⁵ Vgl. Krause (2010), S. 50, Datenmatrix. Von 127 Schülerinnen und Schülern gaben 91 an, bereits eine Facharbeit verfasst zu haben. Besondere Lernleistungen wurden vier Mal genannt. Zudem verwendeten man-

In den drei untersuchten Bundesländern, in denen es ausführliche Ländervorgaben zum Thema Facharbeit gibt, wird als zentrales Ziel dieser Lehr-Lern-Form Wissenschaftspropädeutik genannt.²⁶ Deshalb kann die Frage gestellt werden, ob das, was die Länder bezüglich Facharbeiten vorgeben, dem Anspruch, wissenschaftspropädeutisches Lernen zu ermöglichen, gerecht wird. Als Maßstab hierfür sollen, die drei Ebenen der Wissenschaftspropädeutik von Huber angelegt werden, zu denen neben dem Erwerb von wissenschaftlichen Arbeitstechniken und der Erweiterung der Kenntnisse in Grundbegriffen und -methoden auch die Metareflexion über Wissenschaft gehört.

In den beiden Bundesländern mit Seminarfach kann diese Frage bejaht werden, da in den jeweiligen Veröffentlichungen der Länder die Begriffsbestimmung von Wissenschaftspropädeutik jeweils alle drei Ebenen einschließt.²⁷ Dass der Reflexionsaspekt nicht nur gefordert wird, sondern auch in der Schulpraxis seinen Niederschlag findet, wird in Thüringen durch Bewertungshinweise versucht zu gewährleisten.²⁸ Für Niedersachsen ist in diesem Zusammenhang das letzte Semester, welches ausschließlich der Reflexion dient, zu nennen.²⁹ Bezüglich Nordrhein-Westfalens ist obige Frage weniger eindeutig zu beantworten. Zwar wird in einer vom Kultusministerium herausgegebenen Broschüre zur Facharbeit, welche unter anderem durch „Problematisierung und Distanz gekennzeichnet ist“³⁰, wissenschaftspropädeutisches Lernen als Ziel genannt. Insgesamt ist dieses Heft aber trotzdem eher charakterisiert durch Erläuterungen zur Informationsbeschaffung und zu Fragen der wissenschaftlichen Arbeitsmethoden (Hubers erste und zweite Ebene).³¹ Für Sachsen-Anhalt lässt sich für diese Frage auf Ebene der Ländervorgaben keine Aussage treffen, da es solche Ausführungen zu Facharbeiten nicht gibt.

Das Fehlen solcher landesweiten Bestimmungen in Sachsen-Anhalt und die Fokussierung der nordrhein-westfälischen Broschüre auf die ersten beiden Ebenen Hubers heißt jedoch

che Gymnasiastinnen und Gymnasiasten für wissenschaftspropädeutische Arbeiten auch die Begriffe *Haus- und Belegarbeit*.

²⁶ Vgl. Kultusministerium Nordrhein-Westfalen: Informationen, S. 5; Niedersächsisches Kultusministerium: Das Seminarfach, S. 1; Thillm, S. 4.

²⁷ Vgl. Niedersächsisches Kultusministerium: Das Seminarfach, S. 4f. Hier wird neben „grundlegenden Lern- und Arbeitsmethoden“ auch die Reflexionsebene angesprochen: „Ziel sollte sein, Möglichkeiten und Grenzen fachspezifischer Methoden zu erfahren, über die angewandten Methoden kritisch zu reflektieren und sie mit anderen Methoden desselben oder eines anderen Faches zu vergleichen. Vgl. für Thüringen: Thillm, S. 4: „Wissenschaftspropädeutik im Seminarfach bedeutet für den Schüler Methodenbewusstsein, Reflexionsleistungen, Transfer- und Verknüpfungsfähigkeit, die Erkenntnis von den Möglichkeiten und der Begrenztheit von Wissenschaft, ...“.

²⁸ Vgl. Thillm, S. 36f. Hier sind als geforderte Kompetenzen zum Seminarfach das „Reflektieren von Arbeitstechniken“, „Kritik und Selbstkritik“ sowie „kritisches Auseinandersetzen mit unterschiedlichen Quellen“ genannt.

²⁹ Vgl. Niedersächsisches Kultusministerium: Das Seminarfach, S. 7.

³⁰ Vgl. Kultusministerium Nordrhein-Westfalen: Informationen, S. 5.

³¹ Vgl. Kultusministerium Nordrhein-Westfalen: Informationen.

nicht zwangsläufig, dass in der Schulpraxis der Reflexionsaspekt vernachlässigt wird. Zudem ist durch die Ländervorgaben in Thüringen und Niedersachsen nicht automatisch gewährleistet, dass alle Schülerinnen und Schüler im Rahmen des Seminarfachs die Ebene der Metareflexion über Wissenschaft erreichen. Dennoch bleibt festzuhalten, dass das Seminarfach eher den Raum dafür bietet, dies zu erreichen als die Varianten in den anderen beiden Bundesländern.

Ein Blick über die Grenzen der Bundesrepublik hinweg in europäische Nachbarländer liefert noch weitere Formate eigenständiger wissenschaftspropädeutischer Arbeiten. In mehreren Ländern wurden – ähnlich wie in Deutschland – um die Jahrtausendwende flächendeckend solche Arbeiten eingeführt. So schreiben französische Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen ihre *travaux personnels encadrés* zu Rahmenthemen, welche für ganz Frankreich von Bildungsministerium in Paris vorgegeben werden. Jährlich gibt es etwa ein Dutzend solcher recht offen gefassten Rahmenthemen wie „Krise und Fortschritt“ oder „Ethik und Verantwortung“.³² In Österreich gibt es die fakultative *Fachbereichsarbeit*, welche von etwa 20 % der Maturandinnen und Maturanden geschrieben wird.³³ Ab 2015 wird diese freiwillige Arbeit durch die verpflichtend zu schreibende *Vorwissenschaftliche Arbeit* ersetzt.³⁴ Diese neue Version ähnelt der Schweizer *Maturaarbeit*. Auch in der Eidgenossenschaft gibt es zwar kein Schulfach, welches dem Seminarfach ähnelt, ist das Verfassen einer wissenschaftspropädeutischen Arbeit über einen recht langen Zeitraum aber fest vorgegeben und hat die Bewertung für diese Arbeit eine große Relevanz für die Abschlussnote.³⁵ In den Niederlanden schreiben ebenfalls alle Schülerinnen und Schüler der Oberstufe wissenschaftspropädeutische Arbeiten. In unserem westlichen Nachbarland werden sie *profielwerkstukken* (deutsch: Profilarbeiten) genannt.³⁶ Die beiden Varianten aus der Schweiz und den Niederlanden werden im Kapitel 5 exemplarisch noch genauer beleuchtet.

Zusammenfassend kann also von einem Trend der Einführung eigenständig verfasster Arbeiten gesprochen werden.³⁷ Dort, wo diese Arbeiten bundeslandweit in das Curriculum aufgenommen wurden, wird dies meist mit dem Argument begründet, dass Facharbeiten selbstständiges und wissenschaftspropädeutisches Lernen ermöglichen.³⁸ Beide Aspekte

³² Offizielle Internetseite des französischen Bildungsministeriums.

³³ Vgl. Erlach/Schmut, S. 2.

³⁴ Offizielle Internetseite des Bundesministeriums für Unterricht, Kunst und Kultur.

³⁵ Vgl. ebd.; siehe Kapitel 5.2 (S. 140).

³⁶ Vgl. Coenders/Gröger, S. 353.

³⁷ Vgl. Grunert, S. 278; Klösel/Lüthen, S. 62; Steets (2003), S. 58; Steets (2011), S. 63.

³⁸ Vgl. Niedersächsisches Kultusministerium: Informationen für Eltern, Schülerinnen und Schüler, S. 3; Kultusministerium Nordrhein-Westfalen: Informationen, S. 5; Thüringer Schulordnung, § 75.

gehören untrennbar zusammen und zielen auch auf eine Erhöhung der Studierfähigkeit ab. Facharbeiten sind geeignet, dieses Ziel zu erreichen. Dies liegt daran, dass sie Lerneffekte auf drei Ebenen ermöglichen: Kennenlernen des Ablaufs wissenschaftlichen Arbeitens, Erweiterung der Fach- und Methodenkenntnisse und Entwicklung der Persönlichkeit.

Dass die erste genannte Ebene durch das Verfassen einer Facharbeit angesprochen wird, wird bei Betrachtung des idealtypischen Ablaufs der einzelnen Arbeitsschritte einer solchen Schrift deutlich. Dieser besteht aus der Themenfindungsphase, des Schreibens einer Skizze, der Recherche und der Arbeit am konkreten Thema genauso wie aus dem Verfassen des Texts. In manchen Bundesländern schließt sich eine Präsentation der Ergebnisse im Rahmen eines Kolloquiums an.³⁹ Während der einzelnen Arbeitsschritte lernen die Schülerinnen und Schüler, wie geplant und recherchiert wird. Zudem verbessern sie ihre Kenntnisse im Bezug auf das Verwenden von Quellen und der wissenschaftlichen Sprache. All dies sind Fähigkeiten, die helfen können, die an den Universitäten geforderten Leistungen zu erbringen. Ferner kann der Einblick in das wissenschaftliche Arbeiten für die Schülerinnen und Schüler wichtige Erfahrungen im Hinblick auf die nach dem Abitur anstehende Entscheidung über die Studienwahl liefern. Des Weiteren sind Facharbeiten gerade auch für diejenigen wichtig, die später nicht studieren. Sie haben während des Arbeitsprozesses die seltene Möglichkeit, einen eigenständigen Einblick in wissenschaftliches Arbeiten zu erhalten, was ihnen helfen kann, sich in einer von Wissenschaft geprägten Welt zurechtzufinden.

Mit der zweiten genannten Ebene der Lerneffekte im Rahmen des Verfassens einer Facharbeit – der Erweiterung der Fach- und Methodenkenntnisse – ist gemeint, dass die Schülerinnen und Schüler die seltene Gelegenheit haben, selbstständig in ein Thema tief einzudringen. Hierbei lernen sie neben inhaltlichen Punkten auch den Umgang mit fachspezifischen Methoden. Zu diesen Methoden zählen beispielsweise die unterschiedlichen Verfahren zur Erkenntnisgewinnung in den einzelnen Fachgebieten (empirische, experimentelle oder deduktive Ansätze). Idealerweise erfolgt zusätzlich die Reflexion über die Möglichkeiten und Grenzen der jeweiligen Methoden.⁴⁰

Die Ebene der Persönlichkeitsentwicklung wird beim Schreiben von Facharbeiten vor allem durch das selbstständige Handeln angesprochen. Dies ist zumindest in diesem Umfang nicht bei anderen schulischen Lehr- und Lernformen zu finden. Zudem ist in diesem Be-

³⁹ Dieser idealtypische Ablauf entstand aus der Verbindung folgender Versionen: Braukmann, S. 24ff.; Martin-Beyer/Mergenthaler-Walter, S. 48ff.; Wambach (2002), S. 332.

⁴⁰ Vgl. Martin-Beyer/Mergenthaler-Walter, S. 7-9; Niedersächsisches Kultusministerium: Informationen für Eltern, Schülerinnen und Schüler, S. 3f.

reich auch eine Förderung der Arbeitsausdauer zu nennen. Dies gilt insbesondere in Bezug auf die Frustrationstoleranz gegenüber auftretenden Problemen wie beispielsweise einer niedrigen Rücklaufquote eines selbst entwickelten Fragebogens oder des Wartens auf eine Fernleihe. Weitere persönlichkeitsbildende Ziele von Facharbeiten sind die Förderung der Zuverlässigkeit und Sorgfalt sowie der Kooperations- (besonders bei Gruppenarbeiten) und Kritikfähigkeit (verstärkt bei Modellen mit Präsentation oder Kolloquium).⁴¹

Zu beachten ist bei den beschriebenen Ebenen der Lerneffekte durch das Verfassen von Facharbeiten, dass es sich hierbei um aus der Theorie heraus abgeleitete Zielvorstellungen, was wissenschaftspropädeutische Arbeiten leisten sollen, handelt. In der pädagogischen Literatur gilt die Facharbeit „gemeinhin als wichtigstes Instrument zur Vorbereitung auf die schriftlichen Anforderungen der Universität“⁴², doch eine empirische Überprüfung fand lange Zeit nicht statt.⁴³ Nussinger änderte dies mit einer Studie zur Entwicklung der Studierfähigkeit durch biologische Facharbeiten, die er 2008 veröffentlichte.⁴⁴ Für diese explorative Untersuchung entwickelte er einen Kriterienkatalog von Kompetenzen zur Studierfähigkeit (bestehend zum Beispiel aus: Selbstständigem Arbeiten, Wissenszuwachs, Metareflexion), der gut die drei oben genannten Lerneffektebenen abdeckt.⁴⁵ Kernbefund seiner Studie ist, dass sie Hinweise dafür liefert, dass „mit der Facharbeit studienpropädeutische Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten ausgebildet bzw. verbessert werden können“⁴⁶. Wenig später wurde im Rahmen der TOSCA-Studie gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler, die eine besondere Lernleistung verfassten und hierzu freiwillig an einem Seminarskurs teilnahmen, meinten, dass sie durch dieses zusätzliche Engagement bestimmte studienrelevante Kompetenzen entwickelten. Zu diesen Kompetenzen zählten beispielsweise: Selbstständigkeit, Kritikfähigkeit und Kenntnis wissenschaftlicher Arbeitsmethoden.⁴⁷

Die erste und dritte erläuterte Ebene der Lerneffekte beim Schreiben von wissenschaftspropädeutischen Arbeiten gelten unabhängig vom jeweiligen Fach, in dem sie verfasst sind. Anders ist dies bei der zweiten Ebene (Fach- und Methodenkenntnisse). Bevor beschrieben wird, welche Lernprozesse durch das Schreiben mathematischer Facharbeiten möglich sind, wird zunächst erläutert, was unter diesem Begriff im Folgenden verstanden wird.

Facharbeit soll hier als Oberbegriff für die unterschiedlichen Formate wissenschaftspropädeutischer Hausarbeiten dienen, welche es in den einzelnen Bundesländern und Nachbar-

⁴¹ Vgl. Martin-Beyer/Mergenthaler-Walter, S. 9f.

⁴² Steets (2011), S. 62.

⁴³ Vgl. Nussinger, S. 70; Steets (2003), S. 58.

⁴⁴ Vgl. Nussinger.

⁴⁵ Vgl. ebd., S. 98f.

⁴⁶ Ebd., S. 178.

⁴⁷ Vgl. Dettmers/Lüdtke/Neumann/Trautwein, S. 259.

staaten gibt. Damit werden beispielsweise die Seminarfacharbeit (Niedersachsen), die Maturaarbeit (Schweiz) und die Facharbeit im engeren Sinne (Sachsen-Anhalt) unter der Bezeichnung *Facharbeit* subsummiert. Mathematische Facharbeiten sind eine Teilmenge aller Facharbeiten. Als definierendes Charakteristikum von mathematischen Facharbeiten soll die Frage dienen, ob es sich hierbei um wissenschaftspropädeutische Arbeiten handelt, bei denen Mathematik ein zentraler Untersuchungsgegenstand ist. Nach dieser Definition wären zum Beispiel Maturaarbeiten über die Gruppentheorie oder über das Wirken eines berühmten Mathematikers der Antike den mathematischen Facharbeiten zuzuordnen. Hingegen würde eine empirische Seminarfacharbeit über das mediale Verhalten von Grundschülerinnen und -schülern, bei der Statistiken ausgewertet werden, hierzu nicht zählen. Schließlich wird in dieser Arbeit lediglich elementare Mathematik als Werkzeug benutzt, um eine Fragestellung aus einem anderen Fachbereich zu beantworten. An dieser Stelle muss jedoch auch darauf hingewiesen werden, dass es sich bei obiger Definition nicht um ein vollkommen trennscharfes Kriterium handeln kann und es immer Graubereiche bei der fachlichen Zuordnung der Arbeiten gibt, die auch vom jeweiligen Betrachter abhängen.

In der mathematikdidaktischen Literatur werden verschiedene Punkte angesprochen, wie mathematische Facharbeiten inhaltliche und methodische Lernprozesse in Gang setzen können. Hierzu zählt, dass während des Entstehens einer solchen Arbeit die Schülerinnen und Schüler Eigeninitiative entwickeln müssen. Genau dies ist nötig, wenn im Studium oder Berufsleben mathematische Probleme zu lösen sind und unterscheidet sich vom oft rezeptiven Charakter des Mathematikunterrichts.⁴⁸ Durch das selbstständige Einarbeiten in ein neues Thema lernen die Gymnasiastinnen und Gymnasiasten zudem neue mathematische Inhalte und verbessern dabei ihre mathematische Denkfähigkeit.⁴⁹ Je nach Zuschnitt der Themenwahl und des Aufbaus der Arbeit werden hierbei konkrete mathematische Kompetenzen wie Modellieren und Argumentieren gefördert.⁵⁰ Des Weiteren schult das Verfassen von mathematischen Facharbeiten den Umgang mit dem speziellen Aufbau und den spezifischen Konventionen der mathematischen Fachlektüre, was ebenfalls im regulären Mathematikunterricht nur in seltenen Fällen geschieht.⁵¹ Ferner gehört auch das Schreiben von längeren mathematischen Texten zu den neuen Erfahrungen für die Verfasser von Mathematikfacharbeiten.⁵²

⁴⁸ Vgl. Vogt, S. 339.

⁴⁹ Vgl. Kuntze, S. 490; Reichel, S. 66.

⁵⁰ Vgl. Blum/Leiß, S. 36ff.; Vogt, S. 339.

⁵¹ Vgl. Kuntze, S. 490.; Reichel, S. 67.

⁵² Vgl. Kuntze/Prediger, S. 2; Maier, S. 13; Meiringer, S. 107; Reichel, S. 66.

Insgesamt liefern mathematische Facharbeiten also einen Einblick auf inhaltlicher und methodischer Ebene in typische Arbeitsweisen dieser Wissenschaft. Ob dadurch auch eine positive Beeinflussung des Schülerbilds von Mathematik angeregt wird, ist einer der zentralen Fragestellungen dieser Arbeit und wird im Kapitel 4 untersucht.

Die meisten fachspezifischen Argumente für mathematische Facharbeiten beziehen sich auf die Andersartigkeit im Vergleich zum Mathematikunterricht. Diese Form der Legitimation hat jedoch eine Kehrseite, denn die Abiturientinnen und Abiturienten können hierdurch schnell überfordert werden, da sie über viele Kenntnisse und Fähigkeit, welche zum Verfassen einer solchen Arbeit nötig sind, noch nicht verfügen. Vohmann stellt hierzu treffend fest: „Offensichtlich addieren sich in diesem Fach die Schwierigkeiten methodischer und sprachlicher Art beim Erstellen einer Hausarbeit zu den inhaltlich mathematischen“⁵³. Deshalb wird eine schrittweise Heranführung der Schülerinnen und Schüler an selbstständiges Arbeiten und das Schreiben von mathematischen Texten gefordert. Als Beispiele werden in der didaktischen Literatur die Verwendung von Projektunterricht⁵⁴, die Hausaufgabenvergabe mit größeren sprachlich-erklärenden Anteilen⁵⁵ und das Schreiben von Themenstudienarbeiten⁵⁶ genannt.

Trotz der beschriebenen Gefahr der Überforderung der Gymnasiastinnen und Gymnasiasten überwiegt in der mathematikdidaktischen Diskussion über Facharbeiten deutlich die Tendenz, die Einführung solcher Arbeiten zu fordern. Begründet wird dies mit den oben genannten Lerneffekten auf inhaltlicher und methodischer Ebene, die mathematische Facharbeiten ermöglichen können. Empirische Belege, die zeigen, dass Mathematikfacharbeiten wirklich diese positiven Effekte nach sich ziehen, sind jedoch eher selten. Eine Ausnahme bildet in diesem Zusammenhang eine Evaluationsstudie von Meiringer. Hierin beschreibt der Autor die Durchführung eines W-Seminars⁵⁷ in Bayern zum Thema Codierungstheorie. In einer Fallstudie zeigt er anhand von Fragebögen und Schülerprodukten, dass in dem von ihm unterrichteten Kurs die Schülermotivation im Verlauf des Seminars eine positive Tendenz hatte. Auf der anderen Seite stellt Meiringer fest, dass der Beitrag seines Verschlüsselungskurses zur Berufs- und Studienorientierung gering war und dass kaum ein Wandel der Schülervorstellungen, bezüglich der Frage, ob Mathematik und das Verfassen von Texten

⁵³ Vohmann, S. 73.

⁵⁴ Vgl. Wambach (2002), S. 331f.

⁵⁵ Vgl. Vohmann, S. 73.

⁵⁶ Vgl. Kuntze, S. 490f. Themenstudienarbeiten sind Texte (zum Beispiel in Form eines Essays), die aus eigenständiger Untersuchung der Schülerinnen und Schüler eines vorgegebenen Materials entstanden sind.

⁵⁷ Das W-Seminar in Bayern ist vergleichbar mit dem Seminarfach in Thüringen; allerdings ist hier stets ein Rahmenthema fest vorgegeben; vgl. Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München, S. 12ff.

zusammengehören, stattfand.⁵⁸ Dennoch resümiert er, „dass den Schülern ein treffendes Bild von der Fachwissenschaft Mathematik vermittelt wurde“⁵⁹, was er mit der Auseinandersetzung der Kursteilnehmer mit mathematischen Inhalten und dem Verstehen von Sätzen und Beweisen begründet. Auch das abschließende Fazit des Kurses ist positiv und als Forderung für die Durchführung weiterer mathematischer W-Seminare zu verstehen.⁶⁰

Aussagen darüber, wie oft mathematische Facharbeiten geschrieben werden, sind ebenfalls selten. Die wohl erste wissenschaftspropädeutische Mathematikfacharbeit im deutschsprachigen Raum wird bei Andreesen beschrieben. Es handelt sich hierbei um eine Jahresarbeit aus dem Landerziehungsheim Bieberstein zum Thema: „Versuch zur Herstellung einer Rangordnung zwischen elementar-synthetischer, stereographischer und projektiver Kegelschnitt-Behandlung“⁶¹. Schon bei Andreesens Bericht über die Arbeiten in seinem Internat findet sich ein erster Hinweis darauf, dass mathematische Facharbeiten eher selten sind: Von 58 aufgelisteten Arbeiten ist nur diese eine der Mathematik zugeordnet. Deutlich stärker vertreten ist das Fach Kulturkunde (hierzu zählten die heutigen Schulfächer Deutsch, Geschichte, Geografie und Religion) mit 19 Arbeiten.⁶²

Die Tendenz, dass Schülerinnen und Schüler eher selten Mathematikfacharbeiten schreiben, zeigt sich auch an anderen Stellen. So waren im österreichischen Bundesland Steiermark im Schuljahr 2000/2001 nur 7 von 398 Fachbereichsarbeiten mathematischer Natur. Andere Disziplinen wie das Fach *Geschichte und Sozialkunde* wurden hierfür deutlich häufiger gewählt.⁶³ In ganz Berlin gab es in mehreren Jahren, seitdem fachgebundene Seminarkurse eingeführt wurden, nur sechs Mathematikseminarkurse. Dies ist ein Zeichen dafür, dass auch Lehrer Vorbehalte gegenüber mathematischen Facharbeiten haben.⁶⁴ Die TOSCA-Studie zeichnete für Baden-Württemberg ein ähnliches Bild. Nur acht Schülerinnen und Schüler gaben an, dass ihr Seminarkurs inhaltlich der Mathematik zuzuordnen ist. 662 Gymnasiastinnen und Gymnasiasten hingegen nannten andere Fächer. Spitzenreiter waren Biologie (175 Nennungen) und Geschichte/Gemeinschaftskunde (144 Nennungen).⁶⁵ Auch in einer Voruntersuchung zur vorliegenden Dissertation in Thüringen und Sachsen-Anhalt ordnete nur eine Schülerin von insgesamt 124 befragten Abiturientinnen und Abiturienten

⁵⁸ Vgl. Meiringer, S. 171ff., 328f., 334.

⁵⁹ Ebd., S. 348.

⁶⁰ Vgl. ebd., S. 353.

⁶¹ Zitiert nach Andreesen, S. 198.

⁶² Vgl. Andreesen, S. 230.

⁶³ Vgl. Erlach, S. 33. *Geschichte und Sozialkunde* war mit 61 Arbeiten am stärksten vertreten, gefolgt von *Biologie und Umweltkunde* mit 43 Fachbereichsarbeiten.

⁶⁴ Vgl. Klembalski, S. 522.

⁶⁵ Vgl. Dettmers/Lüdtke/Neumann/Trautwein, S. 257.

ihre Facharbeit der Mathematik zu. Auch hier lagen die Gesellschaftswissenschaften (insbesondere Geschichte und Geografie) an vorderster Position der Nennungen.⁶⁶

Es handelt sich bei den beschriebenen Fundstellen über den Anteil mathematischer Facharbeiten um nicht direkt miteinander vergleichbare Datensätze. Da sie jedoch alle in die gleiche Richtung deuten, kann die Vermutung abgeleitet werden, dass mathematische Facharbeiten eher selten geschrieben werden. Die Gründe für das vermutete spärliche Vorkommen von Mathematikfacharbeiten können sehr vielfältig sein. Eine Untersuchung dieser Ursachen erfolgt in Kapitel 4.

⁶⁶ Vgl. Krause (2010), S. 51.

2.4 Bild der Mathematik

Das folgende Kapitel handelt davon, welche Vorstellungen Schülerinnen und Schüler vom Wesen der Mathematik haben. Diese Thematik wird seit den 1980er Jahren im internationalen Maßstab verstärkt untersucht.¹ Noch lange Zeit galten diese Mathematikkonzepte als zu wenig erforscht. So stellten Leder, Pehkonen und Törner im Jahr 2002 im Titel ihres Sammelbands zum Thema *Beliefs* die Frage, ob diese „*A hidden Variable in Mathematics Education*“² seien. Eine Frage die Goldin, Rösken und Törner 2009 erst nach weiteren Forschungen in diesem Feld durch ihren Text: „*Beliefs – No Longer a Hidden Variable in Mathematical Teaching and Learning Processes*“³ eindeutig beantworteten.

In der beschriebenen Forschungsperiode wurden verschiedene Begriffe verwendet. In der internationalen Literatur wird *beliefs*⁴ am häufigsten benutzt, doch auch *view*⁵ wird verwendet. In deutschsprachigen Veröffentlichungen finden sich die Bezeichnungen *Bild der Mathematik*⁶, *Epistemologische Grundüberzeugungen*⁷, *Schülervorstellungen*⁸ oder es wird der englische Begriff *Beliefs*⁹ (in Großschreibung) übernommen.

In Anbetracht der verschiedenen Begrifflichkeiten verwundert es nicht, dass es eine Vielzahl von Definitionen gibt, um die Thematik zu beschreiben. Fast jeder Autor verwendet eine eigene Begriffsbestimmung. Einigkeit scheint in der Forschung nur darüber zu bestehen diesen Sachverhalt festzustellen.¹⁰ Liljendahl veranlasste die große Bandbreite an Definitionen zur scherzhaften Feststellung: „the definition of belief is like a toothbrush – everybody likes to have their one,...“¹¹.

Zumindest ein Beispiel für die vielen Definitionen soll an dieser Stelle genannt sein: Erkki Pehkonen – einer der führenden Forscher auf diesem Gebiet – versteht beliefs als „one’s stable subjective knowledge (which also includes his feelings) of a certain object or concern to which tenable grounds may not always be found in objective considerations.“¹²

¹ Vgl. Lester, S. 346.

² Vgl. Leder/Pehkonen/Törner, Titel.

³ Vgl. Goldin/Rösken/Törner, Titel.

⁴ Zum Beispiel in den oben genannten Erscheinungen.

⁵ Vgl. Hannula/Kaasila/Laine u.a., Titel.

⁶ Vgl. Grigutsch, Titel.

⁷ Vgl. Törner (2002), Titel.

⁸ Vgl. Pehkonen (1993), Titel.

⁹ Vgl. Ege/Maaß, S.56ff.

¹⁰ Diese Feststellung ist sehr häufig zu finden. Vgl. Forgasz/Leder, S. 173ff.; Halverscheid/Rolka, S. 522, McLeod/McLeod, S. 117ff.; Törner (2002), S. 103; Ege/Maaß, S. 55.

¹¹ Diesen Satz sagte Liljendahl bei seiner Präsentation auf dem MAVI-14-workshop (2008). Abgedruckt ist er bei Kislenco, S. 146 zu finden.

¹² Pehkonen (1995), S. 12.

Ein Grund für die Fülle an Begriffsbestimmungen liegt darin, dass verschiedene Arten von Mathematikbeliefs untersucht werden. Es gibt Studien über die Vorstellungen vom Wesen der Mathematik an sich genauso wie Forschungen zu Beliefs über das Mathematiklernen und -lernen oder über die Selbstverortung beim Erlernen von Mathematik.¹³

Das subjektive Wissen über einen bestimmten Gegenstand hat im Alltag eine große Bedeutung, da es verschiedene Funktionen erfüllt. Hierzu zählt, dass Beliefs komplexe Sachverhalte organisieren und strukturieren und damit eine Orientierungsmöglichkeit bieten. Zudem helfen sie bei der Informationsaufnahme. Des Weiteren finden sich in der Fachliteratur die Funktionen Selbstbehauptung und -darstellung.¹⁴ Bezogen auf die Mathematik soll ein Beispiel die letztgenannten Punkte veranschaulichen. Wenn eine Schülerin Mathematik als langweilig, unwichtig und uncool beschreibt, wird ihr Selbstkonzept, intelligent zu sein, nicht von einer schlechten Zeugnisnote in diesem Fach angegriffen und sie versucht möglicherweise, ihre Mathematiknote zu verwenden, um ihre Stellung innerhalb des Klassengefüges zu verbessern.

In Anbetracht dieses Beispiels verwundert es nicht, dass in vielen verschiedenen Studien die Bedeutung von Beliefs beim Mathematiklernen belegt wurde.¹⁵ So haben sie beispielsweise einen großen Einfluss darauf, ob die Schülerinnen und Schüler eine Verbindung zwischen Mathematikunterricht und Alltagswelt herstellen können.¹⁶ Gleiches gilt für die Motivation und in Folge dessen auch für den Lernerfolg im Mathematikunterricht.¹⁷

In der internationalen Forschung gibt es verschiedene Ansätze, um das relativ schwer zu fassende Konstrukt der Schülervorstellungen vom Wesen der Mathematik zu kategorisieren und zu messen. Kloosterman und Stage entwickelten in den 90er Jahren hierzu mit den Indiana Mathematics Belief Scales ein fragebogenbasiertes Instrument.¹⁸ In neueren Studien wird häufig ein ganz anderer Ansatz verwendet: Die Schülerinnen und Schüler werden aufgefordert, ihr Bild von Mathematik zu zeichnen. Anschließend werden diese Zeichnungen ausgewertet.¹⁹

Für die vorliegende Arbeit ist die Kategorisierung und Messmethode von Stefan Grigutsch²⁰ von zentraler Bedeutung. Für die Orientierung an seiner Dissertation sprechen hier gleich mehrere Argumente. Hierzu zählt, dass sein Werk ausführliche Ergebnisse über das

¹³ Vgl. Corte/Op't Eynde/Verschaffel, S. 17.

¹⁴ Vgl. Törner (1998), S. 80.

¹⁵ Vgl. Halverscheid/Rolka, S. 521; Goldin/Rösken/Törner, S. 13f.

¹⁶ Vgl. Presmeg, S. 293.

¹⁷ Vgl. Hannula/Kaasila/Laine u.a., S. 349; Kloosterman, S. 249.

¹⁸ Vgl. Kloosterman/Stage, S. 113ff.

¹⁹ Vgl. Ahtee/Laine/Pehkonen u.a., S. 182ff.; Halverscheid/Rolka, S. 522ff.

²⁰ Vgl. Grigutsch.

Mathematikbild von deutschen Oberstufenschülerinnen und -schülern liefert. Zudem ist seine Messmethode auch für große Datensätze handhabbar und liefert ein empirisch erprobtes Werkzeug. Besonders hervorzuheben ist in dieser Argumentation, dass seine Idee der Operationalisierung des Mathematikbilds in verschiedenen anderen Veröffentlichungen – häufig mit leichten Abwandlungen – verwendet wurde. Hierbei sind vor allem die TIMSS/III- und die TEDS-M 2008-Studien zu nennen.²¹ In letztgenannter Studie wird Grigutschs Einteilung des mathematischen Weltbilds als „Referenzmodell ... im deutschsprachigen Raum“²² bezeichnet. Halverscheid und Rolka sprechen in diesem Zusammenhang sogar von der „classic world view categorisation“²³.

Grigutsch verwendet in seiner Dissertation den Begriff *Mathematikbild*, wenn er von den Vorstellungen über dieses Fach spricht, und bezieht sich damit auf ein ganzes System von Einstellungen gegenüber dieser Wissenschaft.²⁴ Dabei unterscheidet er fünf Aspekte, um das Mathematikbild zu kategorisieren, welche in folgender Tabelle vorgestellt werden²⁵:

Tab. 2: Aspekte des Mathematikbilds	
Aspekt	Beschreibung
Anwendung	mit Mathematik kann man Alltagsprobleme lösen; Kenntnisse in diesem Fach sind für das spätere Leben wichtig
Prozess ²⁶	Mathematik als Tätigkeit, bei der durch kreatives Nachdenken Probleme gelöst werden
Formalismus	Mathematik ist abstraktes System aus regelhaften Elementen wie Sprache, Symbolen und Konventionen; Form wichtiger als Inhalt
Schema	Mathematik verstanden als Werkzeugkasten in dem Rechenverfahren sind, die Anweisungen vorgeben, nach denen Aufgaben zu lösen sind
Rigides Schema	Ziel ist, Rechenverfahren so gut zu lernen, dass im Unterricht gestellte Anforderungen erfüllt werden; Verstehen der Inhalte ist weniger wichtig

²¹ Vgl. Baumert/Köller/Neubrand, S. 238-241.: in der TIMSS/III-Studie wurde ein Fragebogen verwendet, der neben Grigutschs Studie auch auf anderen empirischen Untersuchungen beruht. Vgl. Felbrich/Kaiser/Schmotz, S. 287: In der TEDS-M 2008-Studie wurden Items aus Grigutschs Fragebogen verwendet. Vgl. Ege/Maaß, S. 59: Hier wird Grigutschs Kategorienschema benutzt. Vgl. auch spätere Veröffentlichungen Grigutschs: Grigutsch/Raatz/Törner, S. 11ff und Grigutsch/Törner (1998), S. 16ff.

Auch in aktuellen Veröffentlichungen wird sich häufig auf den Fragebogen beziehungsweise das Kategorienschema Grigutschs bezogen. So finden sich in den Beiträgen zum Mathematikunterricht 2014 gleich sieben Aufsätze mit Bezug zu Grigutsch: Bräunling/Eichler, S. 230; Buchholz/Schorcht, S. 1341; Eichler/Sturm, S. 1189; Göller/Rück, S. 435; Holzäpfel/Leuders/Schultis, S. 1112; Rögler, S. 983f.; Spies/Wittke, S. 484.

²² Felbrich/Kaiser/Schmotz, S. 284. Dieses Zitat bezieht sich auf andere Veröffentlichungen, an denen Grigutsch beteiligt ist und bei denen die gleiche Kategorisierung (mit Ausnahme des Fehlens des Rigidenschemas-Aspekts) vorgenommen wird.

²³ Halverscheid/Rolka, S. 531. Vgl. Spies/Witzke, S. 1148, die hier von den „gängigen Aspekten“ sprechen.

²⁴ Vgl. Grigutsch, S. 17.

²⁵ Die Tabelle bezieht sich auf ebd., S. 41-48. Teilweise bezeichnet Grigutsch diese fünf Aspekte auch als „Dimensionen“.

²⁶ Bei Grigutsch nach alter Rechtschreibung als *Prozeß* bezeichnet.

Für diese Aspekte formulierte Grigutsch passende Aussagen, bezogen auf die Vorstellungen von Mathematik als Disziplin und als Schulfach. Diese Statements sind die Grundlage für einen von ihm entwickelten Fragebogen.²⁷ Anhand dieses Likert-Skalen-basierten Bogens misst er den Grad der Zustimmung zu den einzelnen Aussagen. Zudem enthält dieses Erhebungsinstrument Items zur Selbstverortung beim Mathematiklernen.²⁸ Insgesamt liegt die Anzahl der Fragen bei 72.²⁹ Grigutsch befragte Mitte der 90er Jahre mit dem Fragebogen mehr als 1600 Schülerinnen und Schüler an Gymnasien in Nordrhein-Westfalen – davon besuchten mehr als 600 die Oberstufe.³⁰

Zu den wichtigsten Ergebnissen der Studie gehören die Zustimmungswerte zu den Items der jeweiligen Aspekte des Mathematikbilds. Es zeigte sich, dass diese Werte unabhängig von der Altersstufe und der Wahl von Grund- oder Leistungskurs beim Formalismus hoch ausfallen. Ähnlich hoch fällt die Zustimmung beim Schemaaspekt aus. Hierfür lässt sich jedoch zumindest für die Teilnehmer an Leistungskursen im Verlauf der Schullaufbahn eine abnehmende Tendenz feststellen. Auch für den Anwendungsaspekt sinken mit zunehmendem Alter die Werte (insbesondere im Grundkurs). Bei den Fragen zum prozessualen Charakter der Mathematik stimmen die Schülerinnen und Schüler im Durchschnitt mäßig zu und einzig beim Rigidem Schema zeigt sich im Mittel eine Ablehnung der Statements.³¹ Für die befragten Oberstufenschülerinnen und -schüler ergibt sich somit folgende Rangfolge der Aspekte: Formalismus - Schema - Prozess - Anwendung - Rigidem Schema.³²

Auch in anderen Untersuchungen konnte die Betonung des Schemaaspekts deutscher Schülerinnen und Schüler nachgewiesen werden. In der TIMMS/III-Studie wird festgehalten: „Zentrales Moment des mathematischen Weltbilds von Oberstufenschülern ist die schematisch algorithmische Ausrichtung...“³³. Auch bei der Methode, das Mathematikbild zeichnen zu lassen, zeigt sich dieses Ergebnis.³⁴

Grigutschs Dissertation geht über die Erhebung der Verteilung der einzelnen Aspekte in den jeweiligen Klassenstufen hinaus. Er untersuchte auch, ob es Unterschiede im Mathe-

²⁷ Vgl. ebd., S. 225-228.

²⁸ Vgl. ebd., S. 39, 228.

²⁹ Vgl. ebd., S. 225-228.

³⁰ Vgl. ebd., S. 32.

³¹ Vgl. ebd., S. 123, 127-131.

³² Grundlage für diese Reihenfolge sind eigene Berechnungen auf Basis von Grigutsch, S. 120, 126. Es wurden die Leistungskurswerte mit dem Faktor 0,48 und die Grundkurszahlen mit 0,52 multipliziert (entsprechend des Verhältnisses beider Gruppen in der Stichprobe). Dabei ist zu beachten, dass dieses Verhältnis nicht repräsentativ für die Verteilung in Nordrhein-Westfalen ist.

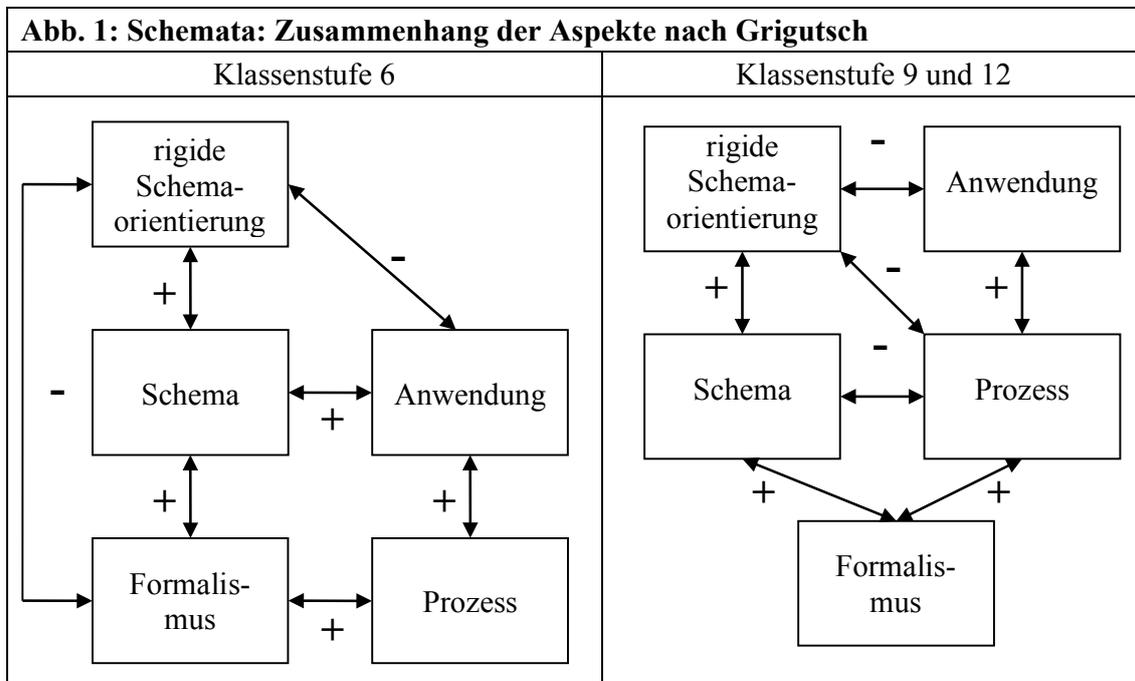
³³ Baumert/Köller/Neubrand, S. 249.

³⁴ Vgl. Krainer/Stern, S. 1f.

matikbild zwischen den Geschlechtern gibt. Dabei stellte er fest, dass Jungen die Fragen zum Prozess- und Anwendungsaspekt eher im Bereich der Zustimmung beantworteten. Bei Mädchen hingegen sind die Aspekte Schema und Rigides Schema stärker ausgeprägt.³⁵

Des Weiteren berechnete Grigutsch Korrelationswerte zwischen dem Mathematikbild und der Leistungsstärke in diesem Fach sowie der Lust am Mathematikunterricht. Er fand heraus, dass gute Schülerinnen und Schüler mit Freude an diesem Fach eher den Prozess- und Anwendungscharakter sehen. Demgegenüber stehen die Orientierung am Schema und am Rigidem Schema mit schlechten Leistungen und wenig Lust an Mathematik in Verbindung. Grigutsch geht hierbei von Wechselwirkungen zwischen den Bereichen aus. Deshalb folgert er, dass ein Ansatz, die Leistungen und das Selbstbild in Mathematik zu fördern, eine Veränderung des Mathematikbilds sein kann. Entsprechend seinen statistischen Ergebnissen läuft dieser Gedanke auf seine Forderung hinaus, den Mathematikunterricht so zu gestalten, dass Prozess- und Anwendungscharakter stärker unterstrichen werden und die Bedeutung vom Schemaaspekt abnimmt.³⁶

Ein weiterer wesentlicher Punkt in Grigutschs Dissertation ist die Untersuchung der Verhältnisse der Aspekte untereinander. Hierbei geht er der Frage nach, ob ein bestimmtes Ankreuzverhalten bei einem Aspekt des Mathematikbilds statistisch gesehen mit der Zustimmung zu Items eines anderen Aspekts zusammenhängt. Die Ergebnisse stellte Grigutsch in folgenden Schemata³⁷ dar:



³⁵ Vgl. Grigutsch, S. 190.

³⁶ Vgl. ebd., S. 178-187.

³⁷ Hierbei handelt es sich um Nachzeichnungen seiner Schemata. Vgl. ebd., S. 135f.

Diese Schemata bestätigten eine wichtige Vorannahme Grigutschs nicht. Nach dieser hätten sich durch die Korrelationsberechnungen zwei voneinander getrennte Blöcke ergeben müssen. Der eine – die statische Sicht von Mathematik – hätte aus Formalismus und (Rigidem) Schema bestanden; die dynamische Sicht hingegen aus Prozess- und Anwendungsaspekt. Die statische Sicht ist hierbei charakterisiert als abstraktes und fertiges System von Regeln, Begriffen und Formeln. Demgegenüber versteht die dynamische Sichtweise Mathematik als Tätigkeit des Problemlösens.³⁸

Zwar räumt Grigutsch von Anfang an ein, dass beide Standpunkte schwer voneinander zu trennen sind und hält fest: „der Prozess mathematischer Tätigkeiten [dynamische Sicht] führt zu Produkten im System [statische Sicht], und das System ist aus einem Prozess hervorgegangen“³⁹. Infolgedessen spricht er auch von der *Janus-Köpfigkeit* der Mathematik – ein Begriff, der sich in diesem Zusammenhang immer wieder findet.⁴⁰ Trotz dieser Doppelköpfigkeit des Fachs stehen sich nach Grigutschs Vorannahme die statische und die dynamische Sichtweise antagonistisch gegenüber.⁴¹

Obwohl Grigutsch diese Vorannahme nicht bestätigen konnte⁴², werden die mathematischen Weltbilder auch in späteren Veröffentlichungen immer wieder in statische und dynamische Perspektive eingeteilt. In Bezug auf Mathematiklehrer ist diese Einteilung berechtigt, da sie für diese Gruppe empirisch belegt werden konnte.⁴³ Allerdings wird auch im Kontext vom Schüler-Mathematikbild von der Einteilung in statische und dynamische Perspektive gesprochen.⁴⁴

Auf solch eine bipolare Aufteilung der Aspekte wird in der vorliegenden Arbeit verzichtet. Neben dem Argument, dass sie für Schülerinnen und Schüler nicht nachgewiesen werden konnte, gibt es dafür noch eine weitere Begründung: die Wertung des Formalismusaspekts. Wird dieser mit dem (Rigidem) Schema zusammen verrechnet, besteht die Gefahr, dass eine starke Zustimmung eines Schülers zu den formalistischen Items als problematisch für seine weitere Entwicklung beim Mathematiklernen gewertet wird. Eine Einschätzung, die sich als unangebracht herausstellt, wenn die Korrelationswerte zwischen Schülermotivation und -leistung betrachtet werden, welche sich in Grigutschs Studie indifferent darstel-

³⁸ Vgl. ebd., S. 24-26, 132, 135-137.

³⁹ Ebd., S. 24.

⁴⁰ Vgl. ebd., S. 24. Schon Grigutsch/Törner (1994), S. 216 verwendeten diesen Begriff. Vgl. auch Blömeke/König, S. 283; Grigutsch/Raatz/Törner, S. 11; Grigutsch/Törner (1998), S. 6.

⁴¹ Vgl. Grigutsch, S. 24.

⁴² Unter zwei stark einschränkenden Bedingungen spricht das Ergebnis von Grigutschs Studie für seine Vorannahme: Es wird nur Klassenstufe 9 und 12 beachtet und der Formalismusaspekt wird ausgeklammert (vgl. Grigutsch, S. 140).

⁴³ Vgl. ebd. S, 133; Grigutsch/Raatz/Törner, S. 31.

⁴⁴ Vgl. Felbrich/Kaiser/Schmotz, S. 284; Baumert/Köller/Neubrand, S. 235.

len.⁴⁵ Zudem sprechen auch die Items selbst gegen solch eine Wertung des Formalismus. So kann beispielsweise die Zustimmung zur Frage 32 „Die Mathematik kann auf eine exakte und genaue Fachsprache (Fachausdrücke) nicht verzichten“⁴⁶ kaum als negativ gewertet werden. Bei solchen Formulierungen ist es nicht verwunderlich, dass auch Mathematikhochschullehrende den Statements zum Formalismus zustimmen.⁴⁷

Welches Schülerbild von Mathematik ist nach Beschreibung und Analyse der einzelnen Aspekte nun wünschenswert? Die Beantwortung dieser Frage erfolgt anhand der Kriterien, ob die jeweiligen Aspekte der Mathematikbilds inhaltlich berechtigt sind, und ob sie im Rahmen der Korrelationsrechnung mit der Schülermotivation und -leistung positiv oder negativ zusammenhängen.

Grundsätzlich haben zumindest die Aspekte Schema, Formalismus, Anwendung und Prozess inhaltlich ihre Berechtigung. Zur Mathematik gehört das Benutzen von Algorithmen, die ein praktisches Handwerkszeug sind und dazu beitragen, Rechnungen schnell und fehlerlos zu lösen, genauso dazu, wie die spezifische Exaktheit dieses Fachs. Zudem findet Mathematik in ganz unterschiedlichen Bereichen Anwendungsmöglichkeiten und kann gleichzeitig in Form einer Tätigkeit des kreativen Nachdenkens auftreten.

Je nach Perspektive wird der eine oder der andere Aspekt mehr oder weniger betont. Per se ist also ein bestimmtes Mathematikbild nicht richtig oder falsch. Jedoch hat sich herausgestellt, dass eine zu einseitige Schemaorientierung – wie sie oft bei deutschen Schülerinnen und Schülern vorzufinden ist – statistisch nicht mit guten Leistungen und einer hohen Motivation verbunden ist.⁴⁸

Das Ziel bei einer Veränderung des Mathematikbilds an deutschen Schulen muss deshalb sein, die Aspekte Anwendung und Prozess zu stärken und den Formalismus bei seinen hohen Zustimmungswerten zu halten. Erkennen Schülerinnen und Schüler diese drei Säulen der Mathematik an, kann der Schemaaspekt problemlos auf hohem Niveau verweilen, da dann ein ausgeglichenes Mathematikbild vorliegt, welches der Vielgestaltigkeit dieses Fachs gerecht wird.

Diese Argumentation gilt nicht für das Rigide Schema. Dieses ist zum einen inhaltlich abzulehnen. Zum anderen steht es – wie oben beschrieben – in Verbindung mit schlechten Leistungen im Mathematikunterricht und wenig Lust an diesem Fach. Auf Grund dieser

⁴⁵ Vgl. Grigutsch, S. 180.

⁴⁶ Ebd., S. 44; vgl. auch die anderen Fragen zum Formalismusaspekt, S. 44.

⁴⁷ Vgl. Grigutsch/Törner (1998), S. 21.

⁴⁸ Vgl. Grigutsch, S. 178-187.

Sonderstellung des Rigiden Schemas sollte versucht werden, die ohnehin schon geringen Zustimmungswerte noch weiter zu verringern.

Im Verhältnis zur großen Anzahl von Definitionen zum Thema Beliefs, welche die Fachliteratur liefert, sind Studien zur Veränderung vom Mathematikbild „Mangelware“.⁴⁹ Prinzipiell ist es schwierig, die Vorstellungen über Mathematik zu verändern.⁵⁰ Dennoch konnten für Mathematiklehrer sowie für Studierende Veränderungen der Beliefs durch Teilnahme an speziellen Kursen nachgewiesen werden.⁵¹ Im Bezug auf Schülerinnen und Schüler stellt Ludwig auf Basis von subjektiven Erfahrungen die These auf, dass die Aspekte Prozess und Anwendung durch Projektunterricht gestärkt werden.⁵² Maaß konnte solche Veränderungen auch empirisch belegen. Sie untersuchte das Mathematikbild von Schülerinnen und Schülern, in deren Mathematikunterricht über 15 Monate hinweg Modellierungsaufgaben verstärkt vorkamen. Sie stellte dabei fest, dass Anwendungs- und Prozessaspekt dann verstärkt werden konnten, wenn sie vorher bereits in den Vorstellungen von Mathematik vorhanden waren. Bei den anderen Schülerinnen und Schülern verharrten die entsprechenden Werte von Anfang bis Ende auf niedrigem Niveau.⁵³ Der Blick in die Fachliteratur zeigt also insgesamt, dass eine positive Beeinflussung des Mathematikbilds schwierig, aber nicht unmöglich ist; insbesondere bei jenen Schülerinnen und Schülern, welche ohnehin schon Anwendungsmöglichkeiten und Prozesshaftigkeit mit Mathematik verbinden.

⁴⁹ Vgl. Kaiser/Maaß, S. 2; Törner, S. 117.

⁵⁰ Vgl. Goldin/Rösken/Törner, S. 8; Kaiser/Maaß, S. 2; Törner (2002), S. 117.

⁵¹ Vgl. Kaiser/Maaß, S. 6; Bernack/Holzäpfel/Leuders, S. 134f.; Liljedahl/Rolka/Rösken, S. 446f.; Presmeg, S. 296ff.

⁵² Vgl. Ludwig (1998), S. 153f.

⁵³ Vgl. Kaiser/Maaß, S. 6f.

3 Methodik

3.1 Fragebogenerhebung

Zur Klärung unterschiedlicher Forschungsfragen bietet es sich an, verschiedene methodische Zugänge zu wählen. Für die vorliegende Arbeit fiel diese Wahl auf eine Fragebogenerhebung und eine Fallstudie. Zunächst wird hier die Fragebogenerhebung vorgestellt, bevor im Teilkapitel 3.2 auf die Fallstudie eingegangen wird.

Ausgangspunkt der Überlegungen zum jeweiligen methodischen Zugang sind stets die zentralen Forschungsthemen und Fragestellungen, die untersucht werden sollen. Im Kontext der hier vorgestellten Fragebogenerhebung sind dies folgende:

- Welches Mathematikbild haben die Schülerinnen und Schüler in der gymnasialen Oberstufe?
- Inwiefern unterscheiden sich jene Abiturientinnen und Abiturienten, welche eine Mathematikfacharbeit schreiben, von ihren Klassenkameraden?
- Beliebtheit von Mathematikfacharbeiten: Wie schätzen Schülerinnen und Schüler Mathematikfacharbeiten ein? Wie hängt die Beliebtheit von mathematischen Facharbeiten mit dem Bild von Mathematik zusammen?
- Wie hoch ist der Anteil von Mathematikfacharbeiten? Wo liegen Gründe dafür?
- Detaillierte Beschreibung des Facharbeitsprozesses anhand von Einzelbeispielen

Der Hauptgrund für die Wahl des Fragebogens als methodische Zugangsweise liegt darin, dass schon vor Beginn der Untersuchung vermutet werden konnte, dass mathematische Facharbeiten eher selten vorkommen. Insofern müssen sehr viele Schülerinnen und Schüler befragt werden, damit sich in der Stichprobe genügend Abiturientinnen und Abiturienten befinden, die bereits eine Mathematikfacharbeit verfasst haben. Nur bei ausreichender Anzahl solcher Befragten innerhalb der Stichprobe lassen sich aussagekräftige Vergleiche (zum Beispiel beim Mathematikbild) ziehen. Da ein Fragebogen die Möglichkeit bietet, auch eine sehr große Schülerzahl ohne zu hohe Kosten und zu großen Zeitaufwand zu untersuchen, wurde sich für diese Befragungsmethode entschieden.¹ Weitere Vorteile einer solchen Erhebung sind, dass die einzelnen Fragen von den Probanden länger durchdacht werden können, keine Beeinflussung durch den Interviewer erfolgt und auch die Zusage der Anonymität glaubhafter ist, als wenn der jeweilige Forscher bei der Datenerhebung anwesend ist. Infolgedessen werden negative Effekte durch soziale Erwünschtheit

¹ Vgl. Diekmann, S. 514; Esser/Hill/Schnell, S. 358f.

(Antworttendenz in Richtung der sozialen Normen oder der vermuteten Haltung des Forschers) gering gehalten.² Diesen Vorzügen der Fragebogenerhebung stehen die Nachteile dieser Methode gegenüber. Hierzu zählen etwa, dass bei Verständnisproblemen keine Hilfestellungen möglich sind, der Forscher keine Kontrolle über die Erhebungssituation hat und die Rücklaufquote oft sehr niedrig ist (bei postalischer Befragung in der Regel nur zwischen 5% und 20%).³

Die Fragebogenerhebung fand – wie die Fallstudie auch – in den im Kapitel 2.3 im Hinblick auf die Verwendung wissenschaftspropädeutischer Arbeiten beschriebenen vier Bundesländern statt (Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt und Thüringen), weil diese die Bandbreite an kultusministeriellen Vorgaben gut abdecken. Da bei dieser Erhebung, welche 2012 durchgeführt wurde, Schülerinnen und Schüler befragt wurden, bot es sich an, eine sogenannte Gruppenbefragung aller Gymnasiastinnen und Gymnasiasten der 12. Klassenstufe (jeweils G8-Abitur) eines Gymnasiums zu befragen.⁴ Ziel war es, je Bundesland mindestens 200 Schülerinnen und Schüler von vier oder mehr Gymnasien zu finden, die den Fragebogen ausfüllten. Zudem sollten die einzelnen Länder in Bezug auf die Schülerzahl in gleicher Größenordnung vertreten sein.

Zunächst wurde in allen Ländern eine Erlaubnis von einer zuständigen Schulbehörde oder direkt bei der Schulleitung eingeholt, damit die Erhebung überhaupt möglich wurde. Nach Erhalt der Genehmigungen konnte mit der Suche nach Probanden begonnen werden. Da die Schulleitungen von Gymnasien aus dem ländlichen Raum erfahrungsgemäß eher bereit sind, an Studien teilzunehmen und die Vergleichbarkeit der Bundesländer in diesem Raum eher gegeben ist (in Sachsen-Anhalt und Thüringen gibt es keine Großstädte mit mehr als 250000 Einwohnern) wurden nur Gymnasien in Klein- und Mittelstädten kontaktiert. Hierbei ist zu beachten, dass diese Wahl möglicherweise zu einer systematischen Verzerrung der Stichprobe führt (in der Fachliteratur als *Bias* bezeichnet).⁵ Es kann lediglich vermutet werden, dass sich Abiturientinnen und Abiturienten aus Großstädten im Hinblick auf die oben genannten zentralen Fragestellungen nicht grundsätzlich von der gewählten Stichprobe unterscheiden.

Nachdem ausreichend Gymnasien in allen Bundesländern gefunden wurden, die sich bereit erklärten, an der Studie teilzunehmen, erfolgte die Durchführung eines Pretests des Fragebogens, um missverständliche Formulierungen zu entfernen. Danach wurden die Bögen

² Vgl. Benesch/Raab-Steiner, S. 60; Esser/Hill/Schnell, S. 358f.; Raithel, S. 66.

³ Vgl. Diekmann, S. 514ff.; Raithel, S. 66.

⁴ Vgl. Diekmann, S. 516.

⁵ Vgl. Benesch/Raab-Steiner, S. 16f.

postalisch versendet. Anschließend füllten die Schülerinnen und Schüler diese Bögen an den Gymnasien aus (Dauer etwa 15 Minuten). Nach dem Einsammeln der Fragebögen durch die Lehrer wurden die Bögen per Rücksendeschein wieder zurück versandt. Der Ablauf dieser einzelnen Schritte erfolgt – wie von Atteslander gefordert – stets unter der Maßgabe, dass für alle an der Schule beteiligten Personen möglichst wenig Aufwand entstand.⁶ Das Befolgen dieser Vorgabe scheint sich ausgezahlt zu haben, da die Rücklaufquote hoch ausgefallen ist:

Land	Schulen	versandte Fragebögen	erhaltene Fragebögen	Rücklaufquote
NI	4	339	282	83 %
NW	5	407	212	52 %
ST	5	303	214	71 %
TH	7	323	219	68 %
Gesamt	21	1372	927	68 %

Auf Grund der hohen Rücklaufquote sind starke Verzerrungen durch die Nicht-Teilnahme einzelner Schülergruppen nicht sehr wahrscheinlich. In diesem Kontext ist jedoch auch zu beachten, dass nur Daten von Gymnasien erhoben werden konnten, an denen die Schulleitung der Studie zustimmte. Auch hierdurch sind Bias möglich. Zum Beispiel ist es denkbar, dass die Erhebung nur an jenen Schulen stattfand, die mit Facharbeiten gute Erfahrungen gemacht haben.

Auch der Inhalt des Fragebogens orientiert sich an den oben genannten zentralen Fragestellungen. Der erste Teil des Bogens thematisiert das Mathematikbild. Um dieses komplexe Konstrukt messen zu können, wurde sich an die Kategorisierung und Operationalisierungsmethode von Grigutsch angelehnt, da es sich hierbei um ein bewährtes und überprüftes Verfahren handelt. Die Übernahme aller 69 Items von Grigutsch für diesen Fragebogenteil hätte bei der Bearbeitung zu viel Zeit in Anspruch genommen. Deshalb wurden für die jeweiligen Aspekte nur eine kleine Auswahl von Items übernommen. Dabei wurden nur solche Items ausgewählt, die bei Grigutschs Scree-Test für die Oberstufe besonders hohe Werte hatten und somit besonders gut geeignet sind, um die jeweiligen Aspekte zu messen.⁷ Zudem wurden die Fragen für die Erhebung leicht angepasst. So gab es Anpassungen in Bezug auf den Stil des Bogens. Es wurde etwa Grigutschs Frage 63: „Kenntnisse [...]

⁶ Vgl. Atteslander, S. 158.

⁷ Vgl. Grigutsch, S. 40ff. Zu den einzelnen Aspekten gehören folgende Fragen (in Klammern ist die Position des Items in Grigutschs Schülerbogen genannt (vgl. Grigutsch, S. 224ff.)): Anwendung: 1 (62), 11 (63); Formalismus: 2 (3), 4 (12), 8 (32); Schema: 3 (24), 9 (44); Prozess: 6 (15), 10 (41); Rigides Schema: 7 (2).

sind für das spätere Leben der Schüler wichtig“⁸, durch „(...) für mein späteres Leben wichtig“⁹ ersetzt. An anderer Stelle wurden Möglichkeiten für Missverständnisse, die sich im Fragebogen von Grigutsch finden, beseitigt.¹⁰ Ferner wurde auch die Einbettung der Fragen verändert. In der Fragebogenerhebung werden die Schülerinnen und Schüler – im Gegensatz zu Grigutschs Fragestil – jeweils gefragt, ob sie das jeweilige Item zutreffend finden.¹¹ Als Skala von Antwortvorgaben wurde die 5er-Skala von Grigutsch übernommen, da Raithel fordert, dass bei der Verwendung einer bestehenden Messmethode die gleiche Antwortskala benutzt werden sollte, um eine möglichst große Vergleichbarkeit zu gewährleisten.¹² Danach schließen sich Items zur Überprüfung der Ergebnisse zum Mathematikbild (Frage 12-14), zur Selbsteinschätzung (Item 15 und 16) sowie zur Mathematiknote (Frage 17) an.

Ab Frage 18 beginnt der zweite Teil des Fragebogens. Zunächst werden offene Fragen zur Einstellung der Schülerinnen und Schüler gegenüber (mathematischen) Facharbeiten gestellt. Auch die Items 21 und 22 zielen auf die Einstellung der Gymnasiastinnen und Gymnasiasten gegenüber Mathematikfacharbeiten ab: Es wird eine Rangfolge von Hausarbeitsfächern¹³ in Bezug auf die Schwierigkeitsgrad und die persönliche Präferenz erstellt. Nach mehreren halboffenen Fragen, die vor allem bei Beschreibung der Einzelfälle eine Bedeutung haben, thematisieren die Items 26-31, in welchen Schulfächern die jeweils letzte Facharbeit geschrieben wurde und wie frei die Facharbeitsthemen ausgewählt wurden.

All diese Items befinden sich auf den Fragebogenseiten zwei bis sieben und sind somit eingebettet zwischen der Einführungs- und der Schlussseite. Auf erstgenannter wird die Studie vorgestellt, um Interesse zu wecken. Zudem wird auf die Freiwilligkeit der Teilnahme hingewiesen und die Anonymität zugesichert. Mit dieser Einführungsseite wird vor allem das Ziel einer möglichst hohen Rücklaufquote verfolgt.¹⁴ Auch die Schlussseite orientiert sich an Empfehlungen aus der Fachliteratur zur Fragebogengestaltung. Neben einem letzten Item zur Sozialstatistik (zum Geschlecht), findet sich hier eine Dankesformel

⁸ Grigutsch, S. 228.

⁹ Es handelt sich hierbei um Item 11 (siehe: Anhang, S. IV).

¹⁰ In der Literatur zur Fragebogengestaltung wird darauf hingewiesen, dass Fragen eindimensional formuliert sein sollten (vgl. Raithel, S. 72.). Es wurde Grigutschs Frage 2: „Nur der Teil der Mathematik, [...], ist mir wichtig und wissenschaftlich“ (vgl. Grigutsch, S. 225) ersetzt durch: „Nur der Teil der Mathematik, [...], ist mir wichtig“ (Item 7, siehe Anhang, S. IV).

¹¹ Vgl. Fragebogen (siehe Anhang, S. IIff.); Grigutsch, S. 226ff.

¹² Vgl. Fragebogen (siehe Anhang, S. IIff.); Grigutsch, S. 226ff.; Raithel, S. 69.

¹³ Die Bezeichnung *Hausarbeitsfach* wird im Folgenden synonym zu *Facharbeitsfach* verwendet um letzteren weniger gut klingenden Begriff zu umgehen.

¹⁴ Vgl. Benesch/Raab-Steiner, S. 49f.; Raithel, S. 76; siehe Anhang, S. II.

und ein offenes Feld, in dem die Befragten Verständnisprobleme notieren oder inhaltliche Anmerkungen machen können.¹⁵

Nachdem die insgesamt 927 Fragebögen ausgefüllt und von den Schulen zurück gesendet wurden, konnten die Daten in eine Excel-Matrix eingetragen werden. Anschließend begann die Auswertung. Zentral ist dabei der deskriptive – also beschreibende – Charakter der Datenanalyse. Es werden vorrangig auf Basis von geschlossenen Fragen Diagramme erstellt (beispielsweise zum Bild der Mathematik oder zur Themenwahl), die darstellen, wie die jeweiligen Antworten der Befragten ausgefallen sind. Zudem wurden auch weitere Kennwerte der beschreibenden Statistik wie Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet.¹⁶ Diese Auswertungsschritte dienen als Grundlage für das Kapitel 4.1, in dem die Ergebnisse der Fragebogenerhebung dargestellt werden. Es geht also in diesem Kapitel hauptsächlich darum, die statistischen Studienresultate darzustellen.

Neben diesem deskriptivem Charakter hat die Auswertung der Fragebogenerhebung aber auch explorative und explanative Elemente. Bei der Exploration werden typischerweise unbekannte Themen mittels qualitativer Methoden (beispielsweise Interviews) erforscht.¹⁷ Jedoch ist dieser Ansatz durchaus auch mit Fragebögen anzuwenden. Für die Fragebogenerhebung spielt der explorative Zugang zum einen bei der Auswertung von halboffenen und offenen Fragen eine Rolle, da hiermit eingangs unbekannte Antwortoptionen entdeckt werden können.¹⁸ Zum anderen wird er bei der detaillierten Beschreibung des Facharbeitsprozesses anhand von Einzelbeispielen verwendet. Die Explanation, also die Suche nach Ursachen, Wirkungen und Zusammenhängen, spielt im Kapitel 4.1 immer dort eine Rolle, wo die Beziehungen zwischen verschiedenen Items untersucht werden.¹⁹ Hierbei ist auf Grund des Forschungsdesigns zu beachten, dass lediglich Aussagen über statistische Zusammenhänge (Korrelationswerte) und nicht über Ursache-Wirkungs-Beziehungen getroffen werden können. Zudem ist anzumerken, dass wegen der Verwendung von Ordinalskalen diese Berechnungen mit dem Spearmanschen Rangkoeffizienten erfolgen.²⁰

Grundsätzlich ist bei der Auswertung der deskriptiven und explanativen Fragebogenergebnisse zu beachten, dass die Befragten kein repräsentatives Abbild der Schülerschaft der gymnasialen Oberstufe in den untersuchten Bundesländern sind. Deshalb ist ein Schluss

¹⁵ Vgl. Diekmann, S. 484f.; Raithel, S. 76; siehe Anhang, S. IX.

¹⁶ Vgl. Benesch/Raab-Steiner, S. 11ff., S. 37.

¹⁷ Vgl. ebd., S. 37.

¹⁸ Vgl. Porst, S. 66; Raithel, S. 69

¹⁹ Vgl. Benesch/Raab-Steiner, S. 37f.

²⁰ Vgl. ebd., S. 25f., S. 137f.

von der Studie auf die Grundgesamtheit der Oberstufenschülerinnen und -schüler problematisch. Da die Erhebung jedoch mit einer großen Anzahl von Schülerinnen und Schülern, die breit gestreut an verschiedenen Schulen ihr Abitur ablegen, stattfand, können anhand der Ergebnisse Tendenzen formuliert werden, von denen begründet vermutet werden kann, dass sie sich in ähnlicher Weise auch für die Grundgesamtheit zeigen.

Dieser Zuschnitt der Fragebogenerhebung ist auch beim letzten Abschnitt dieses Teilkapitels, welcher die Gütekriterien der quantitativen Sozialforschung in den Blick nimmt, von zentraler Bedeutung. Im Auswertungskapitel zur Fragebogenbefragung werden im wesentlichen Ergebnisse aus quantitativen Erhebungsverfahren vorgestellt (mit Ausnahmen bei den Abschnitten 4.1.4 und 4.1.5). Für diese Forschungsmethoden gibt es drei Gütekriterien: Objektivität, Reliabilität und Validität.²¹

Unter Objektivität wird die Unabhängigkeit der Untersuchung von demjenigen, welcher das Messinstrument anwendet, verstanden. Objektivität bezieht sich auf die drei Phasen Durchführung, Auswertung und Interpretation. Eine möglichst hohe Objektivität im Durchführungsabschnitt war bei der Fragebogenerhebung dadurch gegeben, dass der Versuchsleiter nicht beim Ausfüllen der Bögen in den Schulen anwesend war. Mit einem Begleitschreiben an die Lehrer wurde dafür gesorgt, dass die Erhebung an den Gymnasien möglichst ähnlich ablief. Auf diesem Wege wurde versucht, beeinflussende Effekte durch den Versuchsleiter möglichst gering zu halten. In der Auswertungsphase (Erstellung von Datenmatrizen, Diagrammen,...) ist die Objektivität bei der Anwendung von statistischen Verfahren grundsätzlich maximal hoch, wenn von Kodierfehlern einmal abgesehen wird.²² Die Interpretationsobjektivität wird bei der Auswertung der Fragebogenergebnisse dadurch gewährleistet, dass die Interpretation der Resultate stets auf der Basis von jeweils zugehörigen vorangestellten statistischen Werten erfolgt und sie hiermit argumentativ begründet wird.

Objektivität ist ein notwendiges Kriterium für die Reliabilität (Zuverlässigkeit) einer Studie. Hiermit wird das Ausmaß angegeben, dass eine gleiche Messung auch zu gleichen Zahlenwerten führt. Reliabilität wiederum ist notwendig für die Validität. Validität ist ein Maß dafür, ob das, was gemessen werden soll, in der Untersuchung auch wirklich gemessen wird.²³ Sowohl für die Reliabilität als auch für die Validität können im Gegensatz zur Objektivität mit statistischen Verfahren konkrete Werte bestimmt werden. Beispielsweise

²¹ Vgl. Raithel, S. 42ff.; Wellenreuther, S. 272.

²² Vgl. Diekmann, S. 249; Raithel, S. 42f.

²³ Vgl. Esser/Hill/Schnell, S. 151ff.

ist dies mit einer Itemkonsistenzanalyse (Reliabilität) oder einer Faktorenanalyse (Validität) möglich. Von einer Angabe solcher Kennwerte wird in dieser Dissertation wegen der folgenden Gründe abgesehen. Die Berechnung solcher Kennwerte für die Gütekriterien würde eher mit einer Studie kompatibel sein, bei der es wichtig ist, die Belastbarkeit der Ergebnisse statistisch zu sichern. Dies ist beispielsweise bei einer repräsentativen Erhebung der Fall, bei der unter anderem auch die Kausalitäten zwischen den einzelnen Untersuchungsbereichen statistisch belegt werden. Gerade dies ist jedoch nicht das Anliegen der Fragebogenerhebung. Sie zielt darauf ab, aus den Studienergebnissen zunächst Tendenzen für den Ist-Zustand rund um mathematische Facharbeiten abzuleiten, da diese Thematik bis jetzt wenig erforscht ist. Infolge dieser Intention der Erhebung wurde der Fragebogen so konzipiert, dass ganz unterschiedliche Themenbereiche (wie etwa Bild der Mathematik, Themenwahl und Zukunftsvorstellungen) abgedeckt wurden. Im Hinblick auf die Vorgabe, den Bogen so zu gestalten, dass er in 15 Minuten auszufüllen ist, damit die Schülerinnen und Schüler nicht zu stark beansprucht werden und die Rücklaufquote hoch ausfällt, war es somit nicht möglich, ganze Fragebatterien zu einzelnen Themengebieten zu stellen. Gerade dies wäre aber die Grundlage für die Berechnung von den Kennwerten der Gütekriterien. Um dennoch dafür zu sorgen, dass die Kriterien Reliabilität und Validität erfüllt sind, wurden bei der zentralen Thematik dieses Abschnitts – dem Mathematikbild – auf die Items von Grigutsch zurückgegriffen, denn diese sind durch ihn anhand von Itemkonsistenzanalyse (Reliabilität) und Faktorenanalyse (Validität) überprüft.²⁴ Bei der Auswahl einzelner Fragen aus Grigutschs Bogen wurde darauf geachtet, jene zu verwenden, die für die gymnasiale Oberstufe möglichst hohe Werte bei der Faktorenanalyse hatten.²⁵ Des Weiteren wurde für eine möglichst hohe inhaltliche Validität (das heißt ein möglichst breiter Bereich der untersuchten Thematik wird abgedeckt) gesorgt. Hierzu wurden für alle Aspekte des Mathematikbilds sowohl eine Frage gestellt, die sich allgemein auf die Mathematik bezieht, als auch ein Item bezüglich des Mathematikunterrichts formuliert.²⁶ Zudem wurden in den Bogen einige Prüffragen eingebettet, mit denen es möglich ist, zu prüfen, ob die Antworten auf vorangegangene Fragen plausibel beantwortet wurden.²⁷

²⁴ Vgl. Grigutsch, S. 36ff., S. 99.

²⁵ Vgl. Grigutsch, S. 41ff.; siehe Anhang: Fragebogen, S. IVf.

²⁶ Siehe Anhang: Fragebogen, S. IVf. Eine Ausnahme ist dabei das Rigide Schema, welches sich von seiner Bedeutung her lediglich auf den Mathematikunterricht beziehen kann.

²⁷ Siehe Anhang: Fragebogen, S. IVff. Hierzu zählen etwa die Items 12-14 zur Überprüfung des Mathematikbilds oder die Kombination der Fragen 26-28 zur Angabe der Facharbeitsdisziplinen.

Grundsätzlich ist bei den Ausführungen über die Gütekriterien zu beachten, dass bei der Beurteilung von Messungen immer der Kontext und der Zweck eine wichtige Rolle spielen. So stellt Wellenreuther im Bezug auf den erziehungswissenschaftlichen Forschungskontext fest, dass beispielsweise bei der Einzelfalldiagnostik wesentlich höhere Ansprüche an die Messgüte gestellt werden müssen als bei explorativen und deskriptiven Forschungsansätzen mit großen Stichproben.²⁸

Im Rahmen des Kapitels 4.1 über die Ergebnisse der Fragebogenbefragung werden in den Teilabschnitten 4.1.4 und 4.1.5 auch qualitative Verfahren eingesetzt. Eine Diskussion über die Anwendbarkeit von Gütekriterien für solche Forschungsmethoden erfolgt am Ende des nächsten Teilkapitels (4.2, Seite 66).

²⁸ Vgl. Wellenreuther, S. 281.

3.2. Fallstudie

Für manche Forschungsfragen im Kontext von Wissenschaftspropädeutik im Mathematikunterricht der gymnasialen Oberstufe, wie etwa der Untersuchung des Anteils von Mathematikfacharbeiten, ist eine Fragebogenerhebung mit einer großen Schülerzahl ein sinnvoller Ansatz. Für die Untersuchung anderer Fragestellungen rund um das Thema Mathematikfacharbeiten ist eine Fragebogenbefragung jedoch weniger geeignet. Hierzu zählen beispielsweise folgende Fragestellungen:

- Verändern mathematische Facharbeiten das Mathematikbild der Schülerinnen und Schüler und/oder entscheiden sich bestimmte Abiturientinnen und Abiturienten für eine Mathematikfacharbeit, weil sie ein besonderes Bild von Mathematik haben?
- Welche Motive haben die Schülerinnen und Schüler, sich für eine Mathematikfacharbeit zu entscheiden und wie legen sie ihr konkretes Thema fest?
- Wie verläuft der Arbeitsprozess: Wo gibt es Schwierigkeiten und Probleme? Wer unterstützt die Verfasser der Arbeiten? Wie viel Zeit wird in den Arbeitsprozess investiert?
- Inwiefern wird die Zukunftsplanung der Schülerinnen und Schüler durch das Verfassen einer solchen Arbeit beeinflusst?
- In welchem Maß erfüllen die Facharbeiten Ansprüche an das wissenschaftliche Arbeiten?
- Wie fällt die Bewertung von Seiten der Lehrer aus?
- Inwiefern beeinflussen sich die genannten Fragestellungen gegenseitig?

Um Ansätze zu generieren, wie diese Fragen beantwortet werden können, wurde eine Fallstudie mit Schülerinnen und Schüler über den Zeitraum des Verfassens einer Mathematikfacharbeit hinweg durchgeführt. Zwei wesentliche Vorteile bietet die Verwendung einer Fallstudie gegenüber einer Fragebogenerhebung. Einerseits können Veränderungen, die sich im Verlauf des Arbeitsprozesses eingestellt haben, beleuchtet werden (zum Beispiel im Bezug auf das Mathematikbild oder die Zukunftsplanung der Schülerinnen und Schüler). Somit sind auch Entwicklungen darstellbar und die Untersuchung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen wird möglich.¹ Andererseits bietet eine Fallstudie die Chance, wesentlich intensiver und detaillierter einzelne Prozesse des Entstehens einer Mathematikfacharbeit zu beleuchten, als dies im Rahmen einer Fragebogenerhebung möglich ist. Schließlich ist es das Ziel von Fallstudien, ein möglichst ganzheitliches Bild eines sehr

¹ Vgl. Borchardt/Göthlich, S. 40.

komplexen Gegenstands, der noch nicht erforscht ist, zu zeichnen.² Ein weiterer Vorteil von Fallstudien ist, dass sie in ganz unterschiedlichen Forschungsphasen durchgeführt werden können. Zwar kann die Exploration neuer Forschungsgebiete als der klassische Anwendungsbereich bezeichnet werden, trotzdem ist auch die Verwendung bei fortgeschrittenerem Forschungsstand möglich.³ Dieser Vorzug wird in der vorliegenden Arbeit ebenfalls benutzt. Die meisten Themenfelder wie etwa die Untersuchungen zur Veränderung des Mathematikbilds oder der Zukunftsplanung durch die Facharbeit sind gänzlich neu; sie werden durch die Fallstudie exploriert. Für andere Bereiche hingegen (zum Beispiel im Kontext des Mathematikbilds) liegen durch die Fragebogenerhebung schon Daten vor, die durch die Fallstudie überprüft und aus anderem Blickwinkel durch zusätzliche Informationen neu eingeordnet werden können.

Auf der anderen Seite steht der wesentliche Nachteil dieser Untersuchungsmethode. Fallstudien dauern sehr lange und sind mit einem erheblichen Forschungsaufwand verbunden.⁴ In Folge der langen Studiendauer (Phase des Facharbeitsprozesses dauert mehrere Wochen) ist es nicht möglich, die Wirkung von beeinflussenden Faktoren auszuschließen. Es herrschen für die Probanden keine Laborbedingungen: Sie gehen in der Zwischenzeit weiterhin zur Schule, treffen sich mit Freunden und nehmen am gesellschaftlichen Leben teil. Insofern muss bei der Untersuchung der einzelnen Fragestellungen immer bedacht werden, dass mögliche Wirkungen durch das Verfassen einer Facharbeit unter Umständen durch verschiedene Variablen beeinflusst wurden.

Da zudem die Ergebnisse in einem adäquaten Rahmen dargestellt werden müssen, kann an Fallstudien nur eine sehr begrenzte Anzahl an Probanden teilnehmen. Daraus wiederum resultiert, dass prinzipiell keine Generalisierung der Ergebnisse auf die Grundgesamtheit möglich ist.⁵ Noch sehr viel stärker als im vorherigen Teilkapitel muss darauf hingewiesen werden, dass es sich bei den Studienergebnissen lediglich um Resultate für die untersuchten Probanden handelt. Anhand derer können allenfalls Tendenzen aufgezeigt werden, die sich nicht zwangsläufig auch bei anderen Schülerinnen und Schülern finden müssen.

Für das konkrete Design der Fallstudie hat der jeweilige Forscher einen recht großen Spielraum. In der Fachliteratur wird jedoch darauf hingewiesen, dass eine vergleichende Fallstudie verschiedene Vorteile gegenüber einer Einzelfalluntersuchung hat. Erstgenannte gilt vor allem als robuster, vertrauenswürdiger und somit überzeugender.⁶ Aus diesen Gründen

² Vgl. Borchardt/Göthlich, S. 40; Lamnek, S. 299.

³ Vgl. Borchardt/Göthlich, S. 40; Yin, S. 3

⁴ Vgl. Yin, S. 10f.

⁵ Vgl. Borchardt/Göthlich, S. 40.

⁶ Vgl. Borchardt/Göthlich, S. 41; Yin, S. 45.

wurde gegen eine Einzelfallstudie entschieden. Zudem bietet die Betrachtung von mehreren Fällen für die Datenanalyse mehr Optionen. In diesem Kontext wird zwischen der fallübergreifenden Datenanalyse (auch als *cross-case-analysis* bezeichnet: Zu den einzelnen Teilaspekten der Untersuchung werden die Ergebnisse aller Fälle gemeinsam beleuchtet) und der Einzelfallanalyse unterschieden (im Englischen *within-case-analysis* genannt: Alle Untersuchungsaspekte eines Falls werden beschrieben, bevor der nächste Fall dargestellt wird).⁷ Für fast alle der zu Beginn des Kapitels genannten Forschungsfragen bietet sich die fallübergreifende Datenanalyse an. Auf diese Weise können Gruppen von Probanden gebildet werden, bei denen sich bestimmte Ergebnisse für die einzelnen Untersuchungsaspekte gezeigt haben. Gerade diese Bildung von Kategorien ist ein zentrales Ziel von Fallstudien.⁸ Für die letztgenannte der oben formulierten Forschungsfragen (Inwiefern beeinflussen sich die genannten Fragestellungen gegenseitig?) eignet sich hingegen eher eine Einzelfallanalyse anhand ausgewählter Beispiele. Auf dieser Ebene kann leichter nachvollzogen werden, ob und wie sich die einzelnen Untersuchungselemente gegenseitig beeinflussen.

Im Hinblick auf die Fallauswahl ist bei Fallstudien nicht die Repräsentativität, sondern die theoretische Relevanz der einzelnen Fälle das zentrale Kriterium.⁹ Dies bedeutet, dass es im Gegensatz zur Fragebogenuntersuchung weniger wichtig ist, dass in etwa gleich viele Probanden aus den untersuchten Bundesländern stammen. Viel bedeutender ist, dass spezielle Schülerinnen und Schüler gefunden werden, die in Kürze eine Mathematikfacharbeit schreiben werden. Zudem wäre es wünschenswert, dass aus allen vier beleuchteten Bundesländern Studienteilnehmer gewonnen werden können. Idealerweise unterscheiden sich diese Probanden zudem durch weitere Aspekte (verschiedene Schulen; für Niedersachsen: Facharbeiten mit und ohne Einbettung in einen themengebundenen Seminarkurs). Auf diese Weise können ganz unterschiedliche Facharbeiten analysiert werden.

Die Suche nach potenziellen Probanden erfolgte – wie in der Fachliteratur gefordert¹⁰ – bewusst und kriteriengesteuert. Ziel war es, je Bundesland mindestens zwei Probanden von unterschiedlichen Schulen zu finden, die an der Studie teilnehmen. Hierzu wurden zunächst nach Gymnasien im ländlichen Raum (damit die Vergleichbarkeit mit dem ersten Erhebungsteil gewährleistet ist) gesucht, deren Schulleitung der Untersuchung zustimmt und an denen es in Kürze Gymnasiastinnen und Gymnasiasten gibt, die eine Mathematik-

⁷ Vgl. Borchardt/Göthlich, S. 48.

⁸ Vgl. Lamnek, S. 328.

⁹ Vgl. Kelle/Kluge, S. 40.

¹⁰ Vgl. ebd., S. 39.

facharbeit schreiben. Es wurde von einer relativ geringen Rücklaufquote ausgegangen, da die Studienteilnahme mit mehreren Erhebungsschritten über einen längeren Zeitraum hinweg verbunden ist. Deshalb wurde mit der Suche nach potenziellen Probanden erst abgebrochen, wenn mehr als 20 Schülerinnen und Schüler mit mathematischer Facharbeit von mehreren Schulen gefunden wurden. Diese Anzahl schien ausreichend zu sein, damit sich unter diesen Schülerinnen und Schülern mehrere Abiturientinnen und Abiturienten befinden, die der Studienteilnahme zusagen. Für Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen war diese Suche relativ einfach. Schon nach etwa zehn Anfragen bei Schulen, waren ausreichend in Frage kommende Probanden gefunden. Anders gestaltete sich die Suche in Sachsen-Anhalt. Hier mussten alle ländlichen Gymnasien (etwa 50 Schulen) kontaktiert werden, bevor an zwei Schulen insgesamt 13 mögliche Fallstudienteilnehmer gefunden wurden. Noch schwieriger war die Probandensuche in Thüringen. Lediglich drei potenzielle Schülerinnen wurden gefunden.¹¹ Folgende Tabelle ist eine Übersicht über die Anzahl der potenziellen Probanden und der tatsächlichen Fallstudienteilnehmer:

Land	Schulen	potenzielle Probanden	Probanden	Teilnahmequote
NI	3	23	9	39 %
NW	4	20	3	15 %
ST	2	13	4	31 %
TH	1	3	2	67 %
Gesamt	10	59	18	31 %

Insgesamt wurden also an zehn Gymnasien 59 Schülerinnen und Schüler gefunden, die in Kürze eine mathematische Facharbeit schreiben und deren Schulleiter der Studiendurchführung zustimmt. 18 Abiturientinnen und Abiturienten sagten der Studienteilnahme zu (entspricht einer Quote von gut 30%). Erfreulicherweise führten fast alle Probanden die Studie von Anfang bis Ende durch. Lediglich eine Thüringer Schülerin musste ihre Teilnahme abbrechen, da sie in Folge des Verlassens des Gymnasiums nach Abschluss der Klassenstufe 11 ihre Seminarfacharbeit nicht beendete (Abgabetermin wäre erst im Schuljahr 12 gewesen).

Zwei wesentliche Kritikpunkte an der Studie ergeben sich durch die beschriebene Suche nach potenziellen Probanden. Zum einen liegt für Thüringen nur ein einzelner Fall vor und ist somit keine Vergleichbarkeit gegeben. Zum anderen muss darauf hingewiesen werden,

¹¹ Dies heißt nicht zwangsläufig, dass es kaum Schülerinnen und Schüler gibt, die eine Mathematikfacharbeit schreiben. Möglicherweise haben in diesen beiden Bundesländern die Schulleiter weniger Überblick über die verfassten Facharbeiten oder sind der Teilnahme an einer Studie gegenüber weniger offen als in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen.

dass auch zu Beginn der Studie die Schülerinnen und Schüler nicht gänzlich unbeeinflusst sind. Schließlich kamen nur solche Gymnasiastinnen und Gymnasiasten in Frage, die sich bereits entschieden hatten, eine Mathematikfacharbeit zu schreiben. Möglicherweise wurde ihr Antwortverhalten schon durch diese Entscheidung oder die zur Themenfindung nötige Phase der ersten Exploration des mathematischen Untersuchungsgegenstands beeinflusst. Auf Grund der erwarteten Seltenheit von Mathematikfacharbeiten war jedoch kein anderer Weg möglich als die gezielte Suche nach Schülerinnen und Schülern, die sich bereits entschieden hatten, eine mathematische Facharbeit zu schreiben, mit dem Arbeitsprozess aber noch nicht begannen.

Häufig wird bei Fallstudien nicht nur ein Erhebungsinstrument benutzt, sondern verschiedene Methoden zur Datenerhebung verwendet. Solche kombinierten Verfahren werden als Methodentriangulation bezeichnet (auch mixed methods research genannt) und immer öfter benutzt.¹² Das definierende Kriterium von Triangulationsverfahren ist die Einnahme unterschiedlicher Methoden, um Forschungsfragen zu beantworten.¹³ Das Ziel dabei ist, durch unterschiedliche Perspektiven (hier: Methoden) mehr Erkenntnisse über den Forschungsgegenstand zu erhalten. Die einzelnen Ergebnisse können übereinstimmen, komplementär zueinander sein oder divergieren.¹⁴

In der Fachliteratur wird auf vier wesentliche Punkte hingewiesen, die bei Studien, welche auf Methodentriangulation basieren, beachtet werden sollten. Erstens sollten die Methoden in etwa eine gleiche Bedeutung haben. Beispielsweise sollten Interviews nicht nur dazu dienen, Ergebnisse aus einer Fragebogenerhebung durch kurze Zitatausschnitte zu illustrieren, sondern einen wichtigen Beitrag zur Argumentation beitragen.¹⁵ Zweitens wird darauf hingewiesen, dass möglichst sowohl qualitative als auch quantitative Methoden Verwendung finden.¹⁶ Drittens wird davor gewarnt, dass die Studie in voneinander unabhängige Teiluntersuchungen zerfallen kann.¹⁷ Dies wäre zum Beispiel der Fall, wenn die einzelnen Forschungsfragen jeweils nur anhand der Ergebnisse aus einer einzelnen Methode beantwortet werden. Schließlich sollte viertens am Fall trianguliert werden. Dies bedeutet, dass alle Erhebungsinstrumente an allen Probanden angewandt werden und nicht etwa ein Teil

¹² Vgl. Lamnek, S. 299ff.; Cresswell, S. 208; Flick (2011b), S. 19.

¹³ Vgl. Flick (2011b), S. 23.

¹⁴ Vgl. ebd., S. 35. Alle drei möglichen Ergebnisarten kommen in der Auswertung der Fallstudie vor.

¹⁵ Vgl. Flick (2011a), S. 161.

¹⁶ Vgl. Brake, S. 47f.

¹⁷ Vgl. ebd., S. 48.

der Studienteilnehmer nur interviewt wird, während andere Probanden lediglich einen Fragebogen ausfüllen.¹⁸ Alle vier genannten Punkte wurden in der Fallstudie beachtet.

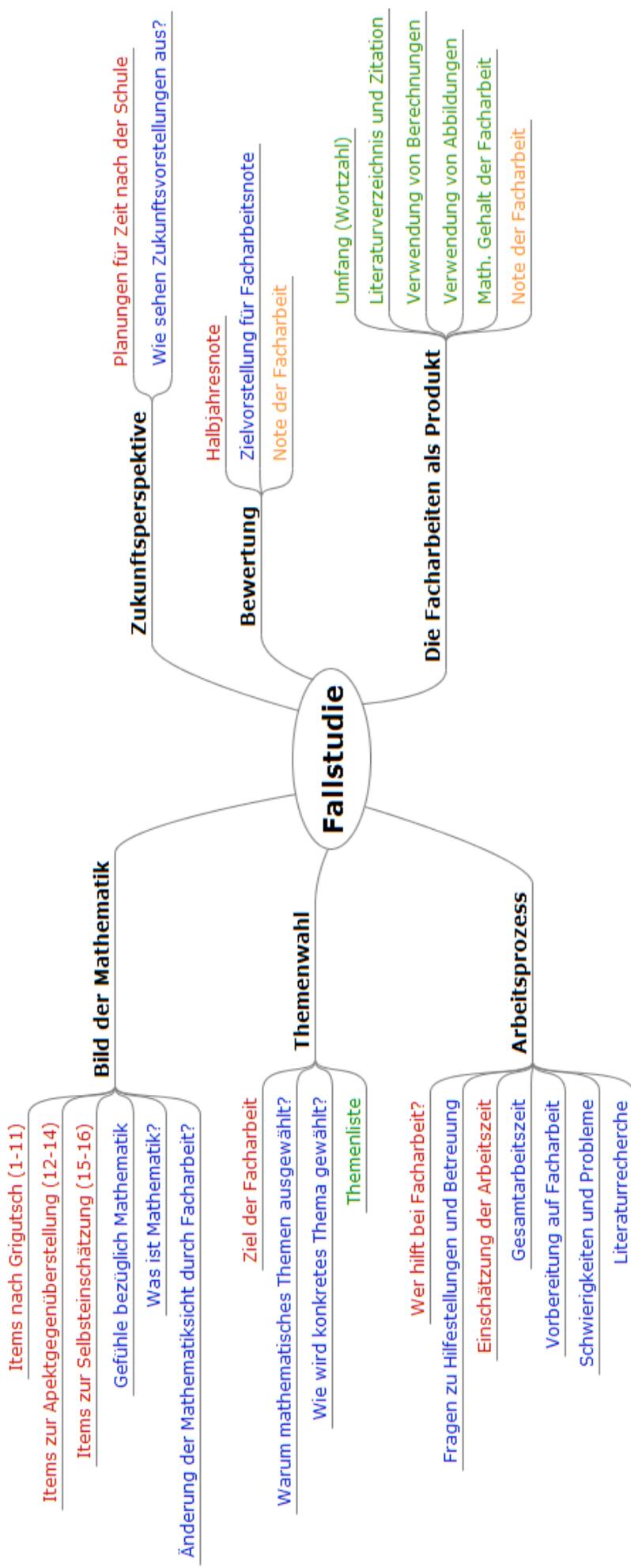
Es ist nicht vorgegeben, welche und wie viele Methoden zur Triangulation herangezogen werden.¹⁹ Für die vorliegende Arbeit wurden als Erhebungsmethoden zwei Fragebögen (zu Beginn und am Ende der Studie), ein Interview, die Inhaltsanalyse der Facharbeiten und die Facharbeitsnote ausgewählt. Welche Forschungsfragen mit welchen Methoden beleuchtet wurden, ist in der Übersicht auf der folgenden Seite dargestellt. Deutlich wird, dass verschiedene Methoden den Zugang zu unterschiedlichen Forschungsfeldern ermöglichen. So sind etwa im Kontext des Unterkapitels „Die Facharbeiten als Produkt“ die Arbeiten der Schülerinnen und Schüler von zentraler Bedeutung. Hingegen ist im Bereich Bewertung die Note der betreuenden Lehrer besonders wichtig. Es ist jedoch stets dafür gesorgt, dass der Zugang zu den einzelnen Themengebieten (Bild der Mathematik, Zukunftsplanung et cetera, welche die Teilkapitel von Abschnitt 4.2 bilden) durch mindestens zwei methodische Perspektiven erfolgt. Die Wahl der unterschiedlichen Zugänge verfolgt dabei unterschiedliche Ziele. Teilweise geht es darum, durch ähnliche Fragestellungen noch mehr Informationen zu einem besonders wichtigen Themengebiet zu erhalten. So wird einerseits im Fragebogen nach dem Ziel, welches die Schülerinnen und Schüler mit der Wahl einer Mathematikfacharbeit verbinden, gefragt und andererseits im Interview die Frage gestellt: „Warum haben Sie ein mathematisches Facharbeitsthema ausgewählt?“. An anderer Stelle erfolgt die Methodentriangulation, um durch unterschiedliche Perspektiven andere Aspekte eines komplexen Gegenstands zu explorieren. Ein Beispiel hierfür ist das Mathematikbild, welches sich zum einen durch quantitative Daten aus dem Fragebögen beschreiben lässt zum anderen aber auch mittels qualitativem Zugang im Rahmen des Interviews beleuchtet werden kann. Ferner wird auch auf Ebene der einzelnen Themengebiete deutlich, dass unterschiedliche Teilaspekte durch die Verwendung verschiedener methodischer Zugangsweisen am besten untersucht werden können. So wurde etwa beim Thema Bewertung die Vornote im Fragebogen erfragt, im Interview über die Zielvorstellung für die Facharbeitszensur gesprochen und zudem die Note der betreuenden Lehrer mit einbezogen.

Nachdem dargelegt wurde, warum für die Fallstudie das Verfahren der Methodentriangulation gewählt wurde, wird nun auf die einzelnen Erhebungsschritte eingegangen. Dabei stehen zunächst die beiden Fragebögen im Fokus. Es handelt sich zu beiden Zeitpunkten (T1: zu Beginn der Studie, T2: nach Abgabe der Facharbeiten) um fast den gleichen Bogen, der

¹⁸ Vgl. Flick (2011a), S. 161.

¹⁹ Vgl. ebd.

Abb. 2: Methodentriangulation: Datenherkunft für die Fallstudie



Legende:
 Fragebögen I und II
 Interviews
 Facharbeiten
 Noten der Facharbeiten

auch schon im Rahmen Vorstellung der Fragebogenerhebung im Kapitel 3.1 beschrieben wurde.²⁰ Somit ist es möglich, die Fallstudienteilnehmer mit den anderen rund 930 Schülerinnen und Schüler zu vergleichen. Diese Abiturientinnen und Abiturienten werden deshalb im Kapitel 4.2 als Vergleichsgruppe bezeichnet.

Bei fast allen Fragen handelt es sich sowohl bei T1 als auch bei T2 um den gleichen Fragebogen wie beim ersten Erhebungsteil. Insofern gelten hier alle methodischen Anmerkungen, die im Kapitel 3.1 erläutert wurden. Änderungen gab es nur bei einzelnen Items. So kommen in den Bögen der Fallstudie die Fragen nach der Anzahl von (mathematischen) Facharbeiten ebenso nicht vor, wie die Frage, wie die Themenfindung ablief (dies wird im Interview untersucht). Dafür gibt es im Rahmen der Fallstudie neue Items (26: Arbeitsaufwand, 29: Ziele der mathematischen Facharbeit, 30: Unterstützung von anderen Personen). Der Fragebogen zu T2 ist im Vergleich zu T1 neben der Anpassung der Zeitform bei manchen Items (Arbeitsprozess liegt nun in der Vergangenheit) nur in Nuancen verändert.

Das Interview ist die zweite Hauptdatenquelle für die Fallstudie. In der empirischen Sozialforschung werden unterschiedliche Arten von Interviews unterschieden. Für die Fallstudie ist die Verwendung eines fokussierten Leitfadeninterviews besonders geeignet. Schließlich haben alle Probanden eine gemeinsame Erfahrung gemacht (Arbeitsprozess der Facharbeit). Nach Lamnek bietet diese Interviewform die beste Möglichkeit, sie hierüber spezifisch zu befragen.²¹ Zudem stellt Atteslander fest, dass Leitfadeninterviews das einzige sinnvolle Forschungsinstrument sind, wenn Menschengruppen befragt werden sollen, die auch in einer großen Stichprobe sehr selten sind.²²

Der für die Studie verwendete Leitfaden sieht vor, nach einleitenden Erklärungen, die den Schülerinnen und Schülern Sicherheit geben sollen – wie dem Hinweis, dass es während des Gesprächs keine richtigen oder falschen Antworten gibt, und der Zusicherung der Gewährleistung der Anonymität – mit dem eigentlichen Interview zu beginnen. Am Anfang sollen einfache Eisbrecherfragen mit der ungewohnten Situation, dass das Gespräch aufgenommen wird, vertraut machen. Schließlich werden in mehreren Blöcken Fragen zu den Themengebieten der Fallstudie gestellt (Leitfaden ist im Anhang, S. Xff. einsehbar).

Das Interview wurde so terminiert, dass die Gymnasiastinnen und Gymnasiasten etwa drei Viertel ihrer Arbeitszeit an der Facharbeit hinter sich haben. Damit ist gewährleistet, dass sich die Schülerinnen und Schüler schon intensiv mit ihren Themen auseinandergesetzt

²⁰ Beide Fragebögen sind im Anhang: CD-ROM: Fragebögen: Fragebögen für Fallstudie einsehbar.

²¹ Vgl. Lamnek, S. 368ff.

²² Vgl. Atteslander, S. 142. Zweifellos bilden Schülerinnen und Schüler, die aktuell eine Mathematikfacharbeit nur eine kleine Minderheit unter allen Abiturientinnen und Abiturienten.

haben, aber ihre Facharbeiten noch nicht fertig stellten. Idealerweise sind sie zu diesem Termin mitten im Arbeitsprozess, da dieser im Interview thematisiert wird. Für das Interview wurde eine Dauer von etwa 20 Minuten angesetzt. Je nachdem wie ausführlich die Probanden auf die Fragen antworteten, ergab sich eine recht große Spanne von etwa 12 bis rund 35 Minuten Länge. Wie in der Fachliteratur gefordert²³ fand das Interview in einer für die Probanden gewohnten Umgebung statt (in einem Raum, innerhalb des jeweiligen Gymnasiums, in dem ein Vieraugengespräch ohne Störungen von außen möglich war).

Flick weist darauf hin, dass die Methodentriangulation an den jeweiligen Forscher große Ansprüche stellt, da er gleich mit mehreren Erhebungsmethoden umgehen können muss.²⁴ Trotzdem wurde versucht, alle Erhebungs- und Auswertungsschritte eigenständig durchzuführen. Nur an einer Stelle war dies nicht mit der erforderlichen Professionalität möglich: bei der Interviewtranskription. Deshalb wurde dieser Arbeitsschritt nicht vom Autor der vorliegenden Arbeit selbst vollzogen, sondern von einer Sprechwissenschaftlerin durchgeführt, welche die Transkriptionsregeln Dresings und Pehls²⁵ verwendete.

Die Auswertung der Interviews erfolgte mit dem in Deutschland sehr häufig verwendeten Programm MAXQDA, mit dem der Inhalt der transkribierten Interviews kodiert werden kann. Als Kodierungsmethode wurde das Thematische Kodieren gewählt.²⁶ Hierbei sind die einzelnen Codes als ein Hinweis darauf zu verstehen, dass an der jeweiligen kodierten Interviewstelle über das entsprechende Thema gesprochen wurde. Gerade bei Leitfadenterviews bietet sich dieses Verfahren an, da die einzelnen Fragen die jeweiligen Codes von vornherein vorgeben.²⁷ Ein großer Vorteil des Thematischen Kodierens von Leitfadenterviews ist, dass hiermit das Erstellen von Quantifizierbaren Materialübersichten möglich ist. Gerade diese Verbindung von qualitativen und quantitativen Verfahren ist im Rahmen der Methodentriangulation besonders wünschenswert.²⁸

Im Gegensatz zur Interviewauswertung bezieht sich die Inhaltsanalyse der Facharbeiten fast ausschließlich auf ein Themengebiet: die Analyse der propädeutischen Arbeiten als Produkt. Ziel jeder Inhaltsanalyse ist „die Analyse von Material, das aus irgendeiner Art

²³ Vgl. Lamnek, S. 388.

²⁴ Vgl. Flick (2011 b), S. 36.

²⁵ Vgl. Dresing/Pehl, S. 15ff. Folgende Anpassungen gab es hierbei: Verzögerungssignale, Wortabbrüche und außersprachliche Handlungen wurden nicht transkribiert.

²⁶ Vgl. Kuckartz, S. 8, S. 84ff., wo der Ablauf dieses Verfahrens ausführlich beschrieben wird.

²⁷ Vgl. ebd., S. 184ff. Die Codes stehen vorher fest, müssen aber in Abhängigkeit des Gesprächsverlaufs angepasst werden.

²⁸ Vgl. Brake, S. 47f.; Kuckartz, S. 88ff.; Schmidt, S. 560ff. Solche Quantifizierungen sind wegen der größeren Verschiedenheit der Gesprächsinhalte bei weniger geführten Interviewformen kaum möglich.

von Kommunikation stammt.²⁹ Dieses Material, dessen Analyse systematisch und regelgeleitet erfolgen muss, können beispielsweise Texte, Bilder oder Filme sein.³⁰

Für verschiedene Teilaspekte des Themengebiets „Facharbeiten als Produkt“ wurde mit der Häufigkeitsanalyse die einfachste Grundtechnik der Inhaltsanalyse benutzt.³¹ Hierbei wurde zum Beispiel der Umfang der Facharbeiten (Wortzahl) ausgewertet. Weitere methodische Details werden in den jeweiligen Abschnitten des Teilkapitels 4.2.6 näher beschrieben. Zudem fand mit der Untersuchung des mathematischen Anspruchs der Arbeiten auch ein weniger objektivierbares Verfahren der Inhaltsanalyse Anwendung. Hierbei erfolgte eine Kategorisierung der Facharbeiten zu bestimmten Typen, welche nach folgenden Kriterien ablief: Gibt es Anwendungsbezüge? Ist der mathematische Inhalt für die Probanden neu? Wie viele und welche Formeln beziehungsweise mathematische Symbole werden verwendet? Gibt es eine Diskussion über Schwächen oder Grenzen der gewählten Methode?

Für die vierte und letzte Datenerhebungsmethode sollten die Schülerinnen und Schüler die Facharbeitsnoten zusenden. Diese Vorgehensweise ist im Bezug auf die Frage, ob die Note mit dem im Interview formulierten Zensurenzielen der Schülerinnen und Schüler übereinstimmt sowie beim Vergleich der Facharbeitsbewertung mit der Mathematiknote des letzten Halbjahrs, recht unproblematisch. Hier können lediglich – wie in allen anderen Studienteilen auch – Falschaussagen in Folge sozialer Erwünschtheit eine Rolle spielen.

Deutlich problematischer gestaltet sich die Verwendung von Noten als Datenquelle in dem Teil, bei dem die Zensuren als Gradmesser benutzt werden, um zu prüfen, ob die Facharbeiten den geforderten Ansprüchen an Wissenschaftlichkeit entsprechen. In diesem Kontext ist vor allem zu beachten, dass es an einer objektiven Beurteilung mangelt, da die Leistungen der Schülerinnen und Schüler von verschiedenen Lehrkräften häufig unterschiedlich bewertet werden. Dies gilt insbesondere beim Vergleich von Leistungen zwischen Lernenden aus verschiedenen Klassen oder Schulen. Des Weiteren zeigten Studien, dass auch die Reliabilität von Noten oft nicht sehr hoch ist (gleicher Lehrer gibt für gleiche Leistung zu verschiedenen Messzeitpunkten unterschiedliche Noten) und eine mangelnde Inhaltsvalidität vorliegt (etwa auf Grund von Vorinformationen).³² Diese Probleme werden bei Facharbeiten zusätzlich erschwert, weil die Lehrer hierbei viel weniger Vergleichsbezüge haben als etwa bei Klassenarbeiten. Schließlich sind Facharbeiten noch recht neu und eine einzelne Lehrkraft kann immer nur wenige Facharbeiten betreuen und bewerten.

²⁹ Vgl. Mayring (2010), S. 11.

³⁰ Vgl. Cropley, S. 147; Meuser, S. 89.

³¹ Vgl. Mayring (2010), S. 13f.

³² Vgl. Lintorf, S. 38-51; Lissmann, S. 45f.

Dennoch wurde die Noten der Lehrer als Datenquelle benutzt. Schließlich können sie am besten die Vorzüge und Schwächen der einzelnen Arbeiten vor dem Hintergrund der Bedingungen an den jeweiligen Schulen und in den einzelnen Bundesländern einordnen. Des Weiteren ist es ihnen möglich, das Maß an Eigenständigkeit der Schülerarbeiten während des Entstehensprozesses der Facharbeiten einzuschätzen. Vor dem Hintergrund der beschriebenen messtheoretischen Schwächen von Schulnoten sind die Facharbeitszensuren nur dahingehend interpretierbar, dass gute Facharbeitsnoten lediglich aussagen, dass die jeweiligen Fachlehrer meinten, dass die Arbeiten ihren Ansprüchen an eine wissenschaftspropädeutische Arbeit entsprechen.

Auch dieses zweite methodische Teilkapitel wird mit einem Abschnitt beendet, bei dem Gütekriterien von Forschungsmethoden in den Blick genommen werden. Im Rahmen der Fallstudie wurden im Gegensatz zur Fragebogenerhebung vorrangig qualitative Verfahren verwendet. In der qualitativen Sozialforschung wird schon lange diskutiert, wie für qualitative Methoden allgemeingültige Gütekriterien festgelegt werden können. Auf der einen Seite gibt es die Haltung, die klassischen quantitativen Verfahren (Objektivität, Reliabilität und Validität) anzuwenden oder neu zu formulieren. Auf der anderen Seite steht die Position, neue Kriterien speziell für qualitative Methoden zu entwickeln. Über die Frage, welche konkreten Gütezeichen dies sind, besteht jedoch kein Konsens.³³

Für die Fallstudie wurde sich an den sechs allgemeingültigen Gütekriterien von Mayring orientiert, welche im Folgenden vorgestellt und auf die Fallstudie bezogen werden.³⁴ An erster Stelle nennt Mayring die *Verfahrensdokumentation*. Hierunter versteht er, dass die einzelnen Forschungsschritte dokumentiert werden und nachvollziehbar gestaltet werden müssen. Darauf wurde bei der Fallstudie eingegangen, indem auf das begriffliche Vorverständnis (Theoretische Überlegungen), auf die Zusammenstellung der Analyseinstrumente (Methodik) genauso wie auf die Ausführung (Methodik) und die Auswertung der Datenerhebung (Untersuchungsergebnisse und Anhang) detailliert eingegangen wurde.

Auch Mayrings zweites Kriterium – die *Argumentative Interpretationsabsicherung* – wurde bei der Fallstudie beachtet. Alle Interpretationen bei der Darstellung der Untersuchungsergebnisse werden nicht als gesetzt angesehen, sondern werden argumentativ anhand der Studienresultate begründet.

³³ Vgl. Flick, S. 318f., S. 343; Lamnek, S. 143; Lüders, S. 80f.

³⁴ Vgl. Mayring (1999), S. 119ff. Mayring weist darauf hin, dass es im qualitativen Forschungsparadigma methodenspezifische Gütekriterien geben muss. Je nach Methode (zum Beispiel Einzelfallanalyse oder teilnehmende Feldforschung) werden also spezifische Kriterien formuliert. Die im Folgenden beschriebenen sechs Gütezeichen sieht er jedoch als allgemeingültig an.

Regelgeleitetheit ist das dritte Gütekriterium für qualitative Forschungen. Dies bedeutet, dass das gewonnene Datenmaterial systematisch durch vorher festgelegte Analyseschritte ausgewertet wird. In diesem Teilkapitel wurde bereits beschrieben, nach welchen Regeln die Resultate aus den einzelnen Erhebungsmethoden ausgewertet wurden (zum Beispiel Vorstellung der Kriterien der Inhaltsanalyse oder Beschreibung der Interviewauswertung mittels Thematischen Kodierens und des Programms MAXQDA).

Mayrings viertes Gütekriterium ist die *Nähe zum Gegenstand*. Die Forschung sollte nicht im Labor stattfinden, sondern möglichst nah an der Alltagswelt der Beforschten sein und durch ein offenes Verhalten des Untersuchungsleiters für eine Interessenannäherung zwischen Versuchsperson und Forscher sorgen. Dies wurde gewährleistet, indem die Schülerinnen und Schüler für die Interviews in ihren Gymnasien besucht wurden und von Studienbeginn an keine Täuschung über das Forschungsinteresse erfolgte. Deshalb bot sich für die Abiturientinnen und Abiturienten auch die Möglichkeit, am Ende des Interviews den Interviewer über sein Dissertationsprojekt zu befragen.³⁵

Unter dem fünften Kennzeichen – der *Kommunikativen Validierung* – versteht Mayring, dass die Interpretationen der Daten dadurch überprüft werden, dass sie den Probanden abschließend vorgelegt und mit ihnen diskutiert werden. Auf dieses Gütekriterium wurde im Rahmen der Fallstudie nur in Ansätzen eingegangen. Während der Interviews wurden einzelne, besonders wichtige Statements der Schülerinnen und Schüler aus der ersten Fragebogenerhebung und deren Interpretation thematisiert.³⁶ Auf eine komplette Vorlage der Daten und Diskussion hierüber am Ende der Studie wurde verzichtet, weil sie mit einem erheblichen Zusatzaufwand für die Schülerinnen und Schüler einhergegangen wäre. Zudem zeigte die Teilüberprüfung einzelner Items im Rahmen des Interviews, dass hierdurch keine essentiellen Veränderungen zu vermuten sind.

Mayrings sechstes und letztes Gütekriterium ist die *Methodentriangulation*, welche das zentrale Element der Fallstudie ist. Somit wurde auch dieses Kennzeichen zur Bewertung von Studien beachtet. Auch Mayring weist darauf hin, dass bei der Triangulation die Kombination von quantitativen und qualitativen Verfahren möglich ist. Im Rahmen der Fallstudie wurden an verschiedenen Stellen Quantifizierungen vorgenommen. Wegen der geringen Fallzahl sind diese bei der Diskussion um die Anwendung von Gütekriterien eher dem qualitativen statt dem quantitativen Forschungsparadigma zuzuordnen.

³⁵ Einige Probanden nutzten spontan am Ende ihres Interviews diese Chance, etwas über eine Dissertation zu erfahren (siehe: Anhang: CD-ROM: Interviews).

³⁶ Siehe Anhang: Interviewleitfaden, S. XIff.; Anhang: CD-ROM: Interviews.

4 Untersuchungsergebnisse

4.1 Fragebogenerhebung

4.1.1 Bild der Mathematik

Dieses Kapitel hat für die vorliegende Arbeit eine doppelte Bedeutung. Einerseits handelt es sich hierbei um eine Beschreibung einer Studie über das Mathematikbild der befragten knapp 1000 Schülerinnen und Schüler. Andererseits bietet es die Basis für die weitere Argumentation an verschiedenen Stellen der folgenden Abschnitte (insbesondere über den Zusammenhang von Mathematikbild und dem Verfassen von mathematischen Facharbeiten). Zunächst wird beschrieben, welches Mathematikbild die Studienteilnehmer haben. Dabei wird auch auf die Wirkung der Mathematikselbsteinschätzung und des Geschlechts auf das Bild von Mathematik eingegangen. Stets wird bei der Auswertung der einzelnen Items der Frage nachgegangen, wie die Ergebnisse im Vergleich zu jenen von Grigutsch¹ ausfallen.

Im Gegensatz zur allgemeinen Darstellung des Bilds von Mathematik, bietet Grigutschs Studie keine Vergleichsmöglichkeit bei einer weiteren wichtigen Frage, welche im Rahmen dieses Teilkapitels beantwortet wird: Gibt es bedeutsame Unterschiede beim Bild von Mathematik zwischen den vier untersuchten Bundesländern?

Die Ergebnisse dieses Kapitels beziehen sich auf verschiedene Passagen des Fragebogens. Über die Rekonstruktion des Mathematikbilds der Schülerinnen und Schüler aus den entsprechenden Items und den damit verbundenen Auswirkungen wurde bereits im Kapitel 3.1 (Seite 50f.) eingegangen. Ebenfalls auf das Bild von Mathematik beziehen sich die Fragen 12 bis 14.² Bei diesen sind jeweils zwei Statements zu den Aspekten Prozess, Schema und Anwendung gegenübergestellt. Der Befragte soll dabei entscheiden, zu welcher Aussage er tendiert. Bewusst wurde hierbei eine gerade Anzahl von vorgegebenen Platzierungsmöglichkeiten verwendet, damit eine Entscheidung in eine der Richtungen nötig wird. Des Weiteren werden auch die Items 15 bis 17³ zur Auswertung herangezogen. Bei diesen geben die Studienteilnehmer Auskunft über ihre Selbsteinschätzung in Mathematik gegenüber anderen Schulfächern, den Mitschülerinnen und -schülern sowie über ihre Mathematiknote des letzten Semesters. Ferner sind auch die Fragen 5 und 32 für diesen

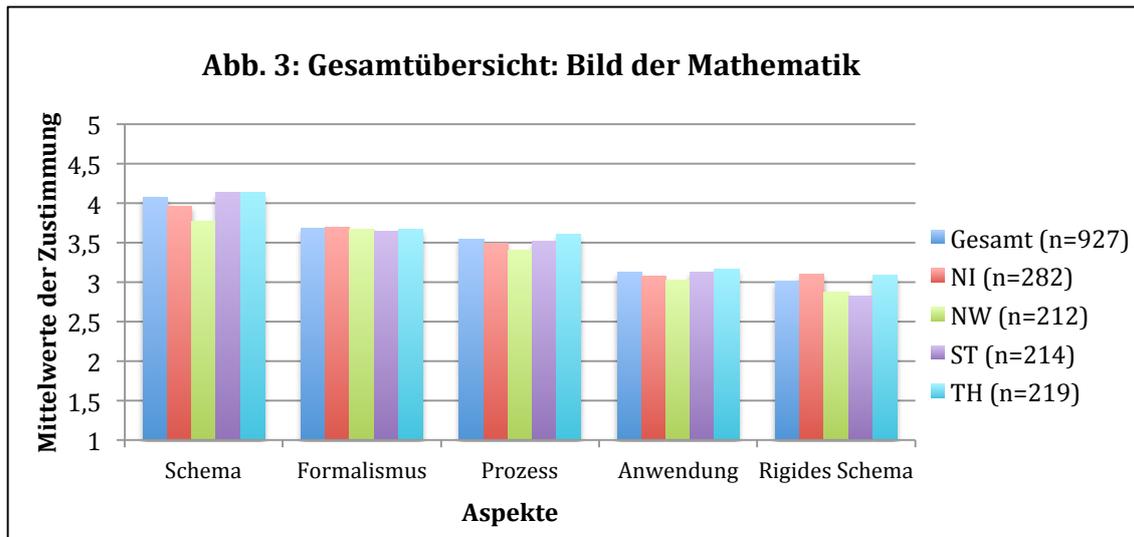
¹ Gemeint ist hiermit im Folgenden seine Untersuchung aus dem Jahr 1996 im Rahmen seiner Dissertation (Grigutsch 1998).

² Siehe Anhang: Fragebogen, S. Vf.

³ Siehe Anhang: Fragebogen, S. VI.

Abschnitt wichtig. Hierbei handelt es sich um die Geschlechterangabe und um die Frage, ob Jungen oder Mädchen im Fach Mathematik leistungsstärker sind.⁴

Die Rate der ausgefüllten Items ist bei allen beteiligten Fragen zufriedenstellend. Die Anzahl von nicht beantworteten Fragen beim Bild der Mathematik ist verschwindend gering (Quote der ausgefüllten Items liegt stets über 99%) und in Folge dessen vernachlässigbar klein. Gleiches gilt für die anderen Fragen des Bogens, bei denen die Rate der beantworteten Fragen ähnlich hoch ist. Am niedrigsten ist dieser Wert beim Item zur Geschlechtsan-



gabe (letzte Frage des Bogens) mit rund 96%.⁵ Verzerrungseffekte durch die Nichtbeantwortung von einzelnen Fragen spielen folglich keine relevante Rolle.

Abbildung 3⁶ zeigt folgende Reihenfolge bei der Zustimmung zu den einzelnen Aspekten des Mathematikbilds: Schema, Formalismus, Prozess, Anwendung, Rigides Schema. Zu beachten ist dabei, dass dieses Ergebnis eine Folge von den ausgewählten Items sein könnte. Dies wäre beispielsweise der Fall, wenn die Fragen zum Schema so ausgewählt sind, dass die Zustimmungswerte unabhängig vom Mathematikbild höher ausfallen als bei den Fragen zu den anderen Aspekten.

Auf Grund der Verwendung von jeweils nur wenigen Items aus Grigutschs Fragebogen ist ein Vergleich mit seinen Resultaten nur bedingt möglich. Trotzdem kann konstatiert werden, dass Grigutsch ganz ähnliche Ergebnisse erzielte. Berechnet man das arithmetische Mittel seiner Werte für den Grund- und Leistungskurs (jeweils Klasse 12), so erhält man fast die gleiche Reihenfolge.⁷ Lediglich Schema und Formalismus haben hier die Platzie-

⁴ Siehe Anhang: Fragebogen, S. IV, X.

⁵ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung.

⁶ Abbildung 3 bezieht sich auf: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: C3-M929.

⁷ Vgl. Grigutsch, S. 120, 126.

rungen getauscht. Insofern werden – bei aller Vorsicht wegen methodischer Unterschiede – Grigutschs Ergebnisse hiermit im Wesentlichen bestätigt.

Auffällig ist, dass sich die Zustimmungswerte in den einzelnen Bundesländern kaum unterscheiden. Die oben genannte Reihung der Aspekte ist mit einer Ausnahme für jedes einzelne Land nachzuweisen. Lediglich in Niedersachsen liegt das Rigide Schema minimal vor dem Anwendungsaspekt. Auch die Differenzen der mittleren Zustimmungswerte der Bundesländer sind bei den einzelnen Aspekten stets kleiner als 0,23 und damit sehr gering.

Dies legt den Schluss nahe, dass das Mathematikbild in den einzelnen Bundesländern relativ ähnlich ist. Ursache hierfür könnte sein, dass sich die Grundstruktur des schulischen Mathematiklehrens und -lernens zwischen den Bundesländern nur wenig unterscheidet. Für die weiteren Untersuchungen bedeuten die sehr dicht beieinander liegenden Durchschnittswerte, dass die geografische Herkunft der Schülerinnen und Schüler bezogen auf das Mathematikbild keine wesentliche Rolle spielt. Deshalb verzerrt die unterschiedliche Anzahl von Befragten das Gesamtbild nicht und können im Folgenden Werte, welche sich auf alle Studienteilnehmer beziehen, herangezogen werden, ohne eine Wichtung der Bundesländer in Abhängigkeit der jeweiligen Fragebogenanzahl vorzunehmen.

Tab. 5¹: Korrelation der Aspekte untereinander

	A	P	S	F	RS
A	-				
P	0,24***	-			
S	-0,02	0,07*	-		
F	0,14***	0,23***	0,24***	-	
RS	-0,28***	-0,02	0,11***	-0,01	-

*: signifikant; ** sehr signifikant; ***: hoch signifikant

Ähnlich wie bei Grigutsch fallen die Korrelationswerte zwischen den Aspekten eher niedrig aus. An dieser Stelle argumentierte er, dass dies nicht verwunderlich sei, da verschiedene Aspekte, welche sich voneinander unterscheiden sollen, miteinander verglichen wurden.⁸ Bei mehr als

der Hälfte der Koeffizienten handelt es sich um hoch signifikante⁹ Zusammenhänge, was die Bedeutsamkeit der Ergebnisse unterstreicht. Aus Tabelle 5 ist zu abzulesen, dass die Aspekte Anwendung, Prozess und Formalismus in jeweils hoch signifikantem positivem Zusammenhang stehen. Diese drei Aspekte können also in einer Gruppe zusammengefasst werden. Demgegenüber steht das Rigide Schema, welches zu den Aspekten dieser Gruppe jeweils negativ in Beziehung steht (in unterschiedlich starkem Maße). Dazwischen steht der Schemaaspekt. Er korreliert in signifikanter Weise positiv sowohl mit dem Rigidem Schema als auch mit dem Formalismus- und Prozessaspekt.

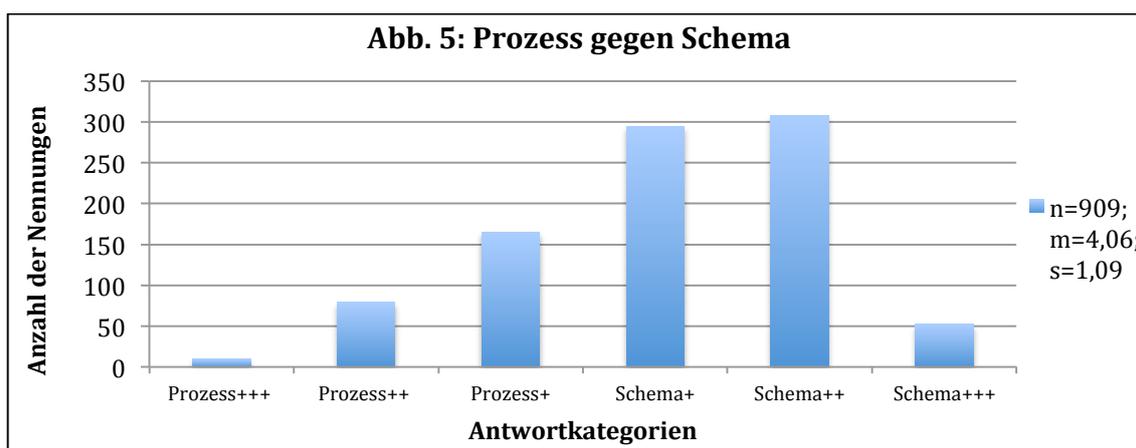
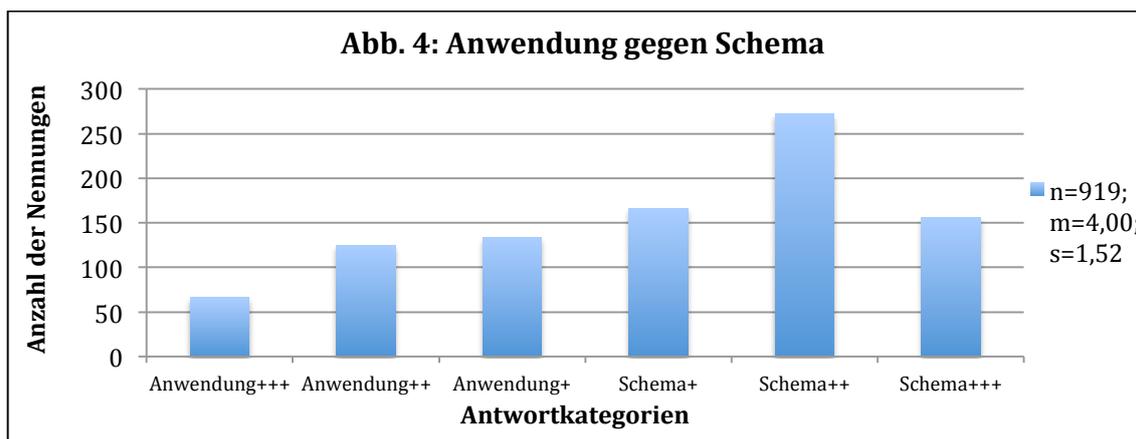
⁸ Vgl. Grigutsch, S. 133.

⁹ Für alle verwendeten Prädikate der Signifikanzen gilt folgende Einteilung: hoch signifikant: $\alpha \leq 0,001$; sehr signifikant: $\alpha \leq 0,01$; signifikant: $\alpha \leq 0,05$.

Die Ergebnisse liefern ein weiteres Argument gegen eine bipolare Aufteilung der einzelnen Dimensionen in statische und dynamische Sichtweise.¹⁰ Nach dieser dürfte der Formalismus nicht hoch signifikant positiv mit Anwendung und Prozess zusammenhängen. Und auch die indifferente Beziehung des Schemas zu den dynamischen Aspekten Anwendung (leicht negativ) und Prozess (leicht positiv) passt nicht zu diesem zweipoligen Modell.

Die folgenden Diagramme beziehen sich auf die Items 12 bis 14, bei denen die Studienteilnehmer ihre Tendenz zwischen zwei Statements auf einer 6er-Skala eintragen sollten.

In Abbildung 4¹¹ und 5¹² wird deutlich, dass die beteiligten Schülerinnen und Schüler tendenziell zum Schema beim Vergleich mit dem Anwendungs- und Prozessaspekt tendieren. Dies stimmt mit den obigen Ergebnissen der Gesamtübersicht überein und ist somit ein Hinweis darauf, dass bei den beteiligten Gymnasiastinnen und Gymnasiasten wirklich der Schemaaspekt im Vordergrund steht und dies nicht eine Folge der Frageformulierung ist.

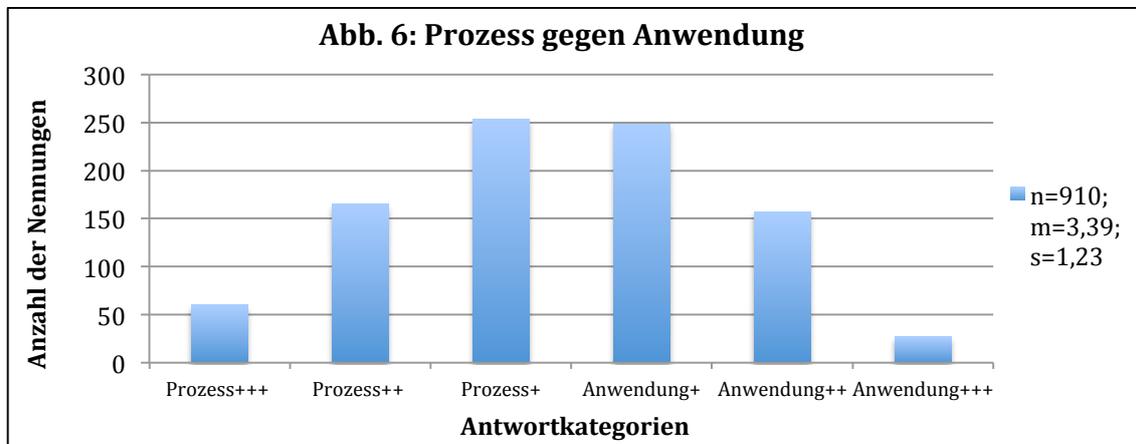


¹⁰ Siehe Kapitel 2.4 (S. 45f.).

¹¹ Abbildung 4 bezieht sich auf: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: P3-P929.

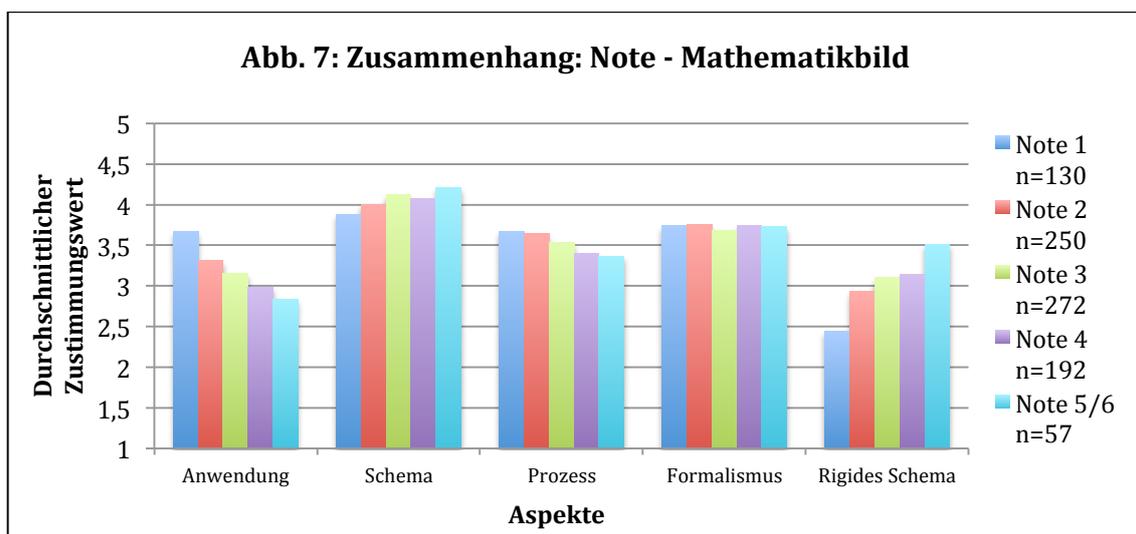
¹² Abbildung 5 bezieht sich auf: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: N3-N929.

Die direkte Gegenüberstellung von Prozess und Anwendung (Abbildung 6¹³) ergibt ein sehr ausgeglichenes Bild, wobei eine kleine Tendenz in Richtung Prozess erkennbar ist. Auch dies stimmt mit den obigen Resultaten überein.



Die bisher beschriebenen Diagramme des Kapitels bezogen sich ausschließlich auf Fragen zum Bild der Mathematik. Nun ändert sich dies, denn es wird untersucht, wie sich die Merkmale Leistungsstärke und Geschlecht auf das Mathematikbild auswirken.

Stellvertretend zum Einfluss der Leistungsstärke stellt die Abbildung 7¹⁴ den Einfluss der Note dar. Deutlich wird ein wichtiger Zusammenhang: Je besser die Schülerinnen und Schüler sind, desto mehr stimmen sie den Aussagen zur Anwendung und zum Prozess zu. Für Schema und insbesondere Rigides Schema gilt genau das Gegenteil. Bezüglich des Formalismus ergibt sich ein indifferentes Bild.



Grigutsch wies die gleichen Zusammenhänge nach. Genau wie in seiner Dissertation kann nicht geklärt werden, was hier Ursache und Wirkung ist; ob also beispielsweise die Vor-

¹³ Abbildung 6 bezieht sich auf: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: O3-O929.

¹⁴ Abbildung 7 bezieht sich auf: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: C3-M929; S3-S929.

stellung von der Anwendbarkeit der Mathematik zu besseren Noten in diesem Fach führt oder ob es umgekehrt ist.¹⁵ Klarer ist, dass Abbildung 7 ein Argument dafür liefert, die Aspekte Anwendung und Prozess im schulischen Lernkontext zu stärken und das Rigid Schema eher abschwächen zu wollen. Diese im Kapitel 2.4 (Seite 46f.) formulierte Forderung wird also durch die Studie untermauert.

Der Einfluss der Selbsteinschätzung in Mathematik (bezogen auf den Vergleich zu anderen Fächern (Item 15) und zu Mitschülerinnen und -schülern (Item 16)) verhält sich ganz ähnlich wie der der Note. Damit nicht drei sehr ähnliche Diagramme abgebildet werden, ist dieser Zusammenhang in der nächsten Tabelle auf andere Weise dargestellt.

Tab. 6¹⁶: Korrelation: Selbsteinschätzung und Note mit Einzelaspekten					
	A	S	P	F	RS
Item 15	-0,31***	0,15***	-0,10**	0,01	0,29***
Item 16	-0,20***	0,12***	-0,06	0,00	0,24***
Item 17	0,32***	-0,12***	0,13***	-0,01	-0,19***
*: signifikant; **: sehr signifikant; ***: hoch signifikant					

Der Vorzeichenwechsel beim Item 17 (Note) liegt daran, dass hier ein hoher Wert für die Leistungsstärke der Befragten spricht, während dies bei den anderen beiden Fragen bei niedrigen Werten (Antwortfelder *viel besser*, *besser*) der Fall ist.

Noch ein Wort zum Formalismus: Dieser Aspekt scheint statistisch in keinem Zusammenhang zur Leistungsstärke der Schülerinnen und Schüler zu stehen. Für alle anderen Aspekte ergibt Tabelle 6 eine deutliche Tendenz entweder in Richtung eines positiven Zusammenhangs mit der Leistungsstärke (Anwendung und Prozess) oder eine negative Korrelation hierzu (Schema und Rigides Schema). Dieses Ergebnis spricht wiederum dagegen, den Formalismus in einer bipolaren Aufteilung der statischen Sichtweise zuzuordnen.

Der Einfluss des Geschlechts fällt deutlich geringer aus, wie im nächsten Diagramm¹⁷ zu sehen ist. Praktisch gar kein Effekt ist für die Kategorien Formalismus und Prozess nachweisbar. Mädchen haben etwas höhere Werte beim Rigidem Schema (Unterschied nicht signifikant) und beim Schema (signifikante Differenz). Jungen hingegen stimmten den Anwendungs-Statements signifikant mehr zu.

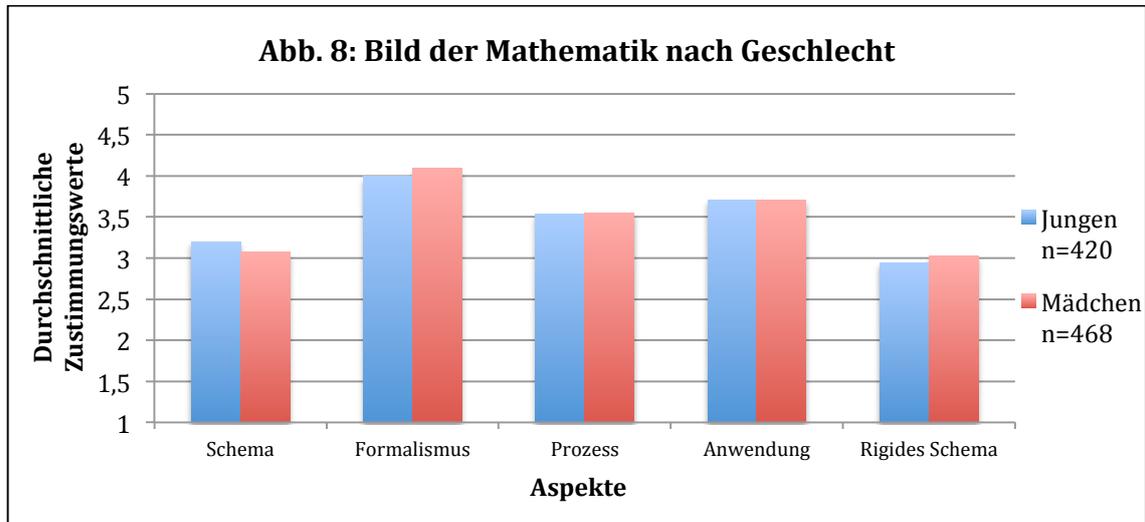
Die männlichen Studienteilnehmer haben also ein ausgeglicheneres Mathematikbild in den Dimensionen Anwendung, Schema, Prozess und Formalismus und zudem niedrigere Werte beim Rigidem Schema. Infolge dessen kann interpretiert werden, dass die männlichen Stu-

¹⁵ Vgl. Grigutsch, S. 180ff.

¹⁶ Tabelle 6 bezieht sich auf: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: C3-M929; Q3-Q929.

¹⁷ Abbildung 8 bezieht sich auf: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: C3-M929; AN3-AN 929.

dienteilnehmer etwas eher ein Mathematikbild haben, welches das mathematische Lernen begünstigt.¹⁸



Im Rahmen dieser Auswertung gab es an mehreren Stellen Unterschiede zur Studie von Grigutsch. Da bei beiden Untersuchungen jedoch mehrere Differenzen nicht signifikant sind, ist die Wahrscheinlichkeit recht hoch, dass diese Abweichungen auf Zufälligkeiten beruhen.¹⁹

Die nach Geschlechtern getrennte Berechnung der Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler ergibt, dass sich die befragten Jungen besser einschätzen als die Mädchen. Erstere lagen auf einer Skala, auf welcher der Wert 1 eine sehr hohe und der Wert 5 eine sehr niedrige Selbsteinschätzung bedeutet, im Durchschnitt bei 2,96, die Mädchen hingegen bei 3,18.²⁰ Motivationsforscher haben in verschiedenen Studien nachgewiesen, dass die Selbsteinschätzung und die Anstrengungsintensität und -dauer in einem direkten Zusammenhang zueinander stehen.²¹

Einen ähnlichen Geschlechterunterschied ergibt ein Perspektivwechsel, welcher bei Item 5 vollzogen wurde. Die Schülerinnen und Schüler sollten hier nicht angeben, wie sie sich selbst einschätzen, sondern ankreuzen, ob Jungen oder Mädchen besser im Fach Mathematik sind. Dieser Wechsel der Zugangsweise erfolgte, da in der Fachliteratur darauf hingewiesen wird, dass eine Zuschreibung der Mathematik als männliche Domäne dafür sorgt, dass Jungen sich bei gleichen Fähigkeiten in diesem Fach besser einschätzen als Mädchen.²²

¹⁸ Siehe Kapitel 2.4 (S. 46f.).

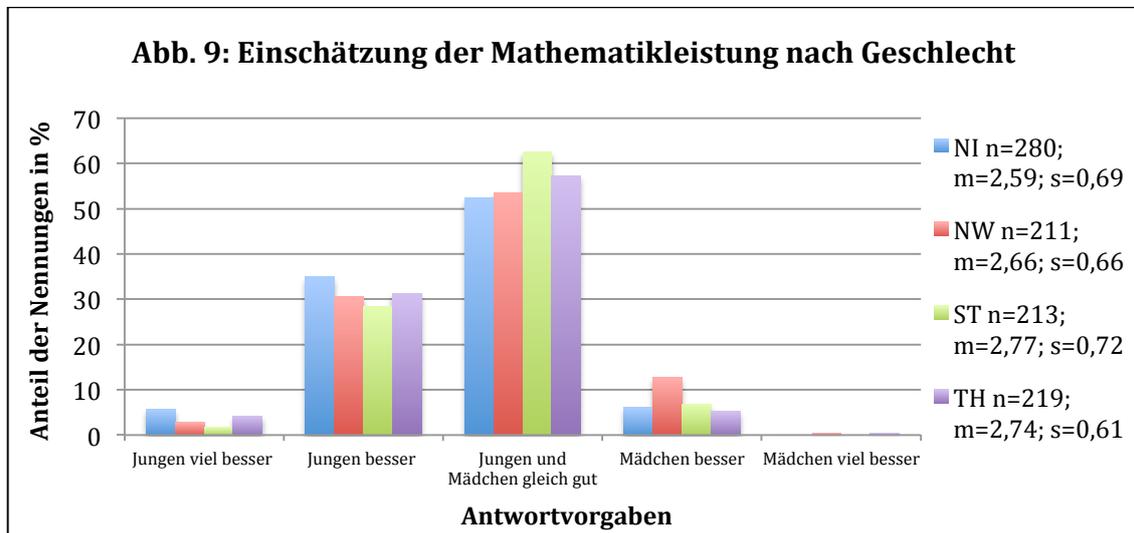
¹⁹ Vgl. Grigutsch, S. 190.

²⁰ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: R3-R929.

²¹ Vgl. Dresel, S. 19, der sich auf verschiedene Studien bezieht und Zimmermann, S. 86 der den Zusammenhang auf das Fach Mathematik bezieht.

²² Vgl. Jahnke-Klein, S. 51,61.

Die Auswertungsergebnisse bezüglich dieser Frage sind in der Abbildung 9²³ dargestellt. Es ergibt sich ein relativ ausgeglichenes Bild. In allen Bundesländern kreuzten mehr als die Hälfte das Feld *Jungen und Mädchen sind gleich gut* an. Gab es jedoch Positionierungen in eine Richtung, fiel diese deutlich häufiger zu Gunsten des männlichen Geschlechts aus.



Gründe für diese Tendenz, die Jungen besser einzuschätzen, finden sich in der Fachliteratur reichlich. Auf eine Erläuterung dieser Ursachen wird jedoch verzichtet und es bleibt beim Verweis auf die entsprechende Literatur.²⁴ Festzustellen bleibt jedoch, dass die tatsächliche Leistungsstärke (gemessen an der Note) als Ursache nicht in Frage kommt, denn hierbei unterscheiden sich die beiden Gruppen fast gar nicht (Jungen durchschnittlich 8,5, Mädchen 8,4 Notenpunkte).

Für diese Arbeit wichtiger als die Ursachenforschung ist eine Folge der unterschiedlichen Einschätzung der Geschlechter. Wenn unter den Befragten relativ häufig die Meinung vorherrscht, dass Jungen allgemein in Mathematik besser sind als Mädchen, hat dies zur Folge, dass die einzelnen Jungen sich in diesem Fach besser einschätzen.²⁵ Daraus wiederum resultiert, dass die Motivation von Jungen in diesem Fach bezogen auf Anstrengungsintensität und -dauer im Mittel höher ist als bei Mädchen.²⁶ Auf Grundlage dieses Zusammenhangs kann vermutet werden, dass Schüler häufiger eine mathematische Facharbeit schreiben als Schülerinnen. Schließlich benötigt man für diese Entscheidung ein großes Maß an Motivation, sich in Mathematik über einen längeren Zeitraum hinweg anzustrengen.

In diesem Kapitel erfolgte die Analyse des Schülerbilds von Mathematik. Dabei wurde deutlich, dass die Ergebnisse denen von Grigutsch in vielen Punkten ähneln. Nur an ver-

²³ Abbildung 9 bezieht sich auf: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: G3-G929.

²⁴ Vgl. Budde (2008), S. 22ff., der einen Überblick über verschiedene Ansätze aus unterschiedlichen Studien gibt.

²⁵ Vgl. Jahnke-Klein, S. 51,61.

²⁶ Vgl. Zimmermann, S. 86.

einzelten Stellen gab es auch Unterschiede zwischen den beiden Studien (zum Beispiel beim Einfluss des Geschlechts auf das Mathematikbild).

Eine weitere wichtige Erkenntnis bei der Auswertung der ersten 15 Fragen des Bogens ist, dass sich das allgemeine Mathematikbild der Schülerinnen und Schüler in den vier er-forschten Bundesländern kaum voneinander unterscheidet.

4.1.2 Präferenz und Schwierigkeitsgrad von Facharbeitsfächern

An den meisten an der Erhebung beteiligten Schulen sind die Schülerinnen und Schüler verpflichtet, eine Facharbeit im Laufe der Oberstufe zu verfassen. Über die Themenwahl – und damit die inhaltliche Zuordnung der Arbeit zu einem oder mehreren Schulfächern – entscheiden die Gymnasiastinnen und Gymnasiasten jedoch in der Regel selbst. Deshalb liegt es nahe, zu vermuten, dass die Einschätzung der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf Beliebtheit und Schwierigkeitsgrad eines Schulfaches für eine Facharbeit großen Einfluss auf die tatsächliche Themenwahl hat. Diese Vermutung kann im Kapitel 4.1.3, in dem genauer auf sie eingegangen wird, bestätigt werden.

Wegen dieses Zusammenhangs soll im vorliegenden Kapitel der Frage nachgegangen werden, wie Mathematik im Vergleich zu anderen Fächern in Hinsicht auf Schwierigkeit und Beliebtheit als Facharbeitsdisziplin abschneidet. Des Weiteren werden statistische Zusammenhänge zwischen dem Bild von Mathematik und der Einstellung gegenüber einer mathematischen Facharbeit hergestellt, um zu untersuchen, ob ein bestimmtes Mathematikbild die Chancen erhöht, dieses Schulfach für eine wissenschaftspropädeutische Arbeit zu wählen. Schließlich wird das Kapitel durch eine Diskussion über die Rolle des Geschlechts auf die Einstellungen der Schülerinnen und Schüler gegenüber Mathematik als Facharbeitsdisziplin abgeschlossen.

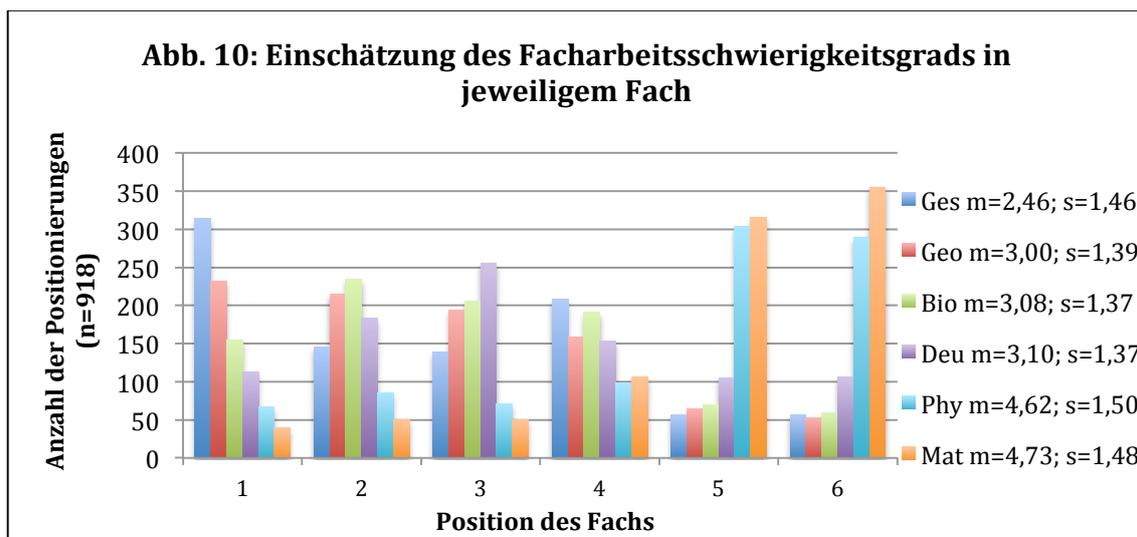
Die Ergebnisse in diesem Kapitel stammen aus der Auswertung zweier Items des Fragebogens.²⁷ Die Abiturientinnen und Abiturienten wurden aufgefordert, Schulfächer nach dem Schwierigkeitsgrad zu ordnen, hierin eine Facharbeit zu schreiben. Dabei waren sechs Fächer vorgegeben. Hierzu zählen Mathematik und Deutsch, da beide Fächer in allen beteiligten Bundesländern verpflichtend belegt werden müssen. Zudem wurde bei der Fragebogenkonstruktion nach weiteren Fächern gesucht, mit denen alle Oberstufenschülerinnen und -schüler durch ihre Schullaufbahn vertraut sind. Damit auch Natur- und Geisteswissenschaften in dem Vergleich beteiligt sind, fiel die Wahl schließlich auf Physik, Biologie, Geschichte und Geografie. Infolgedessen gilt es bei der Auswertung zu beachten, dass im

²⁷ Es handelt sich hierbei um die Fragen 21 und 22: siehe Anhang: Fragebogen, S. VII.

Gegensatz zu Deutsch und Mathematik nicht alle Abiturientinnen und Abiturienten aktuell die zuletzt genannten Fächer belegen.

Analog zur beschriebenen Vorgehensweise ordneten die Schülerinnen und Schüler beim zweiten Item die gleichen sechs Fächer danach, in welchem sie am liebsten eine Facharbeit schreiben würden.²⁸ Bei der Auswertung wurde deutlich, dass knapp 20% der Studienteilnehmer bei beiden Fragen genau die gleiche Fächerreihenfolge wählten.²⁹ Dies kann zweierlei Ursachen haben. Einerseits könnte dies auf einen hohen Zusammenhang zwischen eingeschätzter Schwierigkeit und Präferenz für ein Hausarbeitsfach hinweisen. Andererseits könnte ein Teil der Schülerinnen und Schüler hier auch aus Bequemlichkeit die gleiche Reihenfolge eingetragen haben. Da die Ursachenfrage nicht zu klären ist, sollte dieses Phänomen bei der Interpretation der Daten beachtet werden.

Positiv zu bewerten ist die sehr hohe Quote von ausgefüllten Items. Sie liegt bei über 99% (Frage 21), beziehungsweise über 98% (Frage 22). Effekte, die durch das Nichtausfüllen einzelner Fragen zu vermuten wären, können also vernachlässigt werden.³⁰



Die Abbildung 10³¹ belegt, dass mathematische Facharbeiten von den befragten Schülerinnen und Schülern im Vergleich zu den anderen fünf Fächern als schwierig angesehen werden.

Auch wenn die Positionierungen von Mathematik in Sachsen-Anhalt und Thüringen durchschnittlich etwas niedriger ausfielen, kann dieses Ergebnis für alle vier Bundesländer konstatiert werden, da alle Länderdurchschnitte im Intervall [4,56 ; 4,84] liegen.

²⁸ Siehe Anhang: Fragebogen, S. VII.

²⁹ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: T3-AE929.

³⁰ Ebd.

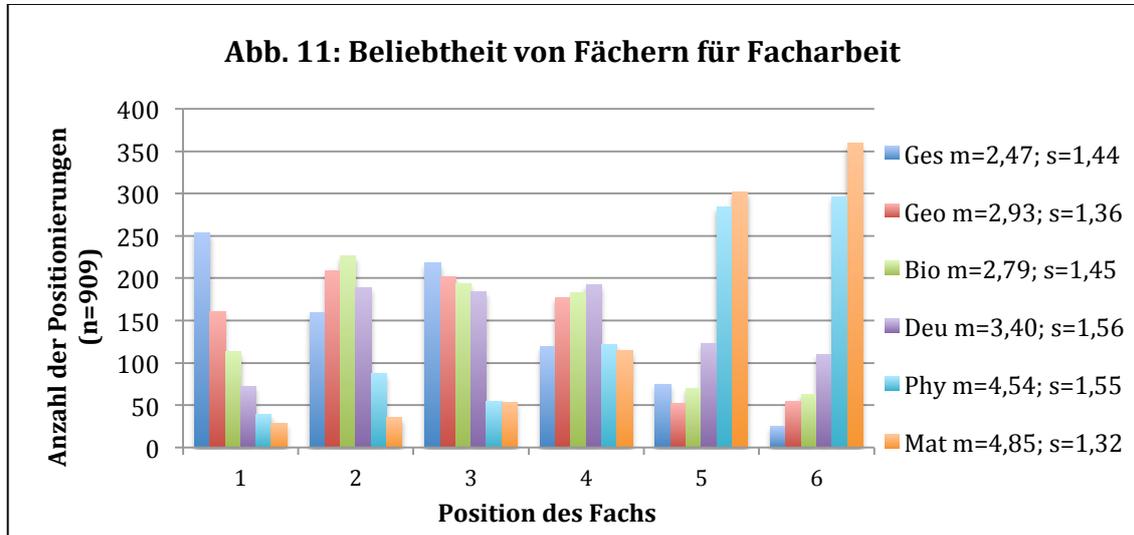
³¹ Abbildung 10 bezieht sich auf: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: T3-Y929.

Physik schneidet in diesem Vergleich ähnlich schlecht ab und liegt in Sachsen-Anhalt und Thüringen sogar knapp hinter der Mathematik. Auffällig ist, dass Biologie als andere Naturwissenschaft eine deutlich niedrigere Durchschnittsposition einnimmt. Ein möglicher Erklärungsansatz hierfür ist, dass die Schülerinnen und Schüler dieses Fach viel weniger als Physik mit Formeln und Berechnungen in Verbindung bringen.

Zudem kann festgehalten werden, dass beide Geisteswissenschaften in diesem Vergleich die besten Werte erhalten.

Die Ergebnisse liefern auch Hinweise darauf, dass verzerrende Effekte durch Belegungsverpflichtungen für einzelne Fächer keine zu große Wirkung haben dürften. Schließlich haben nur die Schülerinnen und Schüler aus Niedersachsen und Sachsen-Anhalt verpflichtend Unterricht in Geschichte. In Niedersachsen schneidet das Fach besonders gut ab ($m=2,33$), in Sachsen-Anhalt vergleichsweise schlecht ($m=2,60$). Ein weiteres Argument gegen die Verzerrungseffekte liefert die Tatsache, dass die beiden Fächer, welche über die gesamte Schullaufbahn überall verpflichtend belegt werden müssen (Deutsch und Mathematik) in diesem Vergleich sehr unterschiedlich abschneiden.

Die Frage nach der Beliebtheit von einzelnen Disziplinen für eine Facharbeit liefert ein ganz ähnliches Gesamtbild (siehe Abbildung 11³²), wie jene nach dem Schwierigkeitsgrad.



Die Antworten zu beiden Fragen korrelieren mit einem Wert von 0,67. Auch wenn hier, wie oben erläutert, die Bequemlichkeit mancher Studienteilnehmer, beim Ausfüllen die gleiche Reihenfolge zu wählen, zu einer Überschätzung des Werts führen könnte, liefert dieses Ergebnis einen deutlichen Hinweis auf einen starken Zusammenhang zwischen eingeschätztem Schwierigkeitsgrad und Beliebtheit eines Schulfachs für eine wissenschaftspropädeutische Arbeit.

³² Abbildung 11 bezieht sich auf: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: Z3-AE929.

Tab. 7: Korrelation: Mathematikbild und Fächerpositionierung

Aspekte	Item 21	Item 22
A	- 0,14***	- 0,22***
S	+ 0,12***	+ 0,09**
P	- 0,03	- 0,03
F	+ 0,02	- 0,05
RS	+ 0,22***	+ 0,24***
*: signifikant; **: sehr signifikant ***: hoch signifikant		

Die wichtigste Erkenntnis aus diesem Kapitel bis jetzt ist, dass Mathematik bei der Wahl für ein Hausarbeitsfach von den befragten Schülerinnen und Schülern vergleichsweise als schwer eingeschätzt wird und hierfür unbeliebt ist. Aus dieser Feststellung können zwei Fragen abgeleitet werden: *Welche Rolle spielt das Bild von Mathematik hierbei? Haben diese Schülerpositionierungen Einfluss auf die tatsächliche Fächerwahl?* Letztere Frage wird im Kapitel 4.1.3 beantwortet, während die nächste Tabelle³³ den statistischen Zusammenhang

zwischen dem Mathematikbild und den Fächerpositionierungen in den Blick nimmt. Der Anwendungsaspekt steht in deutlich negativem Zusammenhang mit den Items 21 und 22. Auch die Berechnung der Korrelation zwischen diesen beiden Fragen und den Werten des Prozessaspekts ergeben negative Vorzeichen. Diese sind jedoch sehr niedrig und nicht signifikant. Diese negativen Korrelationswerte bedeuten, dass jene Schülerinnen und Schüler, deren Mathematikbild von Anwendungsbezogenheit und Prozesshaftigkeit geprägt ist, sich eher vorstellen können, Mathematikfacharbeiten zu schreiben und sie dieses Fach vergleichsweise weniger schwer einschätzen. Die Berechnungen zum Aspekt Formalismus ergeben ein indifferentes Bild (unterschiedliche Vorzeichen und nicht signifikante Werte). Anders ist dies beim Schemaaspekt und beim Rigidem Schema. Für beide Aspekte ist der Zusammenhang mit einer hohen Positionierung von Mathematik bei den Items 21 und 22 hoch signifikant positiv. Schülerinnen und Schüler mit hohen Zustimmungswerten bei diesen Aspekten des Mathematikbilds werden dementsprechend dem Schreiben von mathematischen Facharbeiten gegenüber besonders kritisch eingestellt sein.

Insgesamt handelt es sich um nachvollziehbare Ergebnisse, denn für das Verfassen einer mathematischen Facharbeit bieten sich oft anwendungsbezogene Themen an, sind eigene Ideen und Überlegungen nötig (Prozess) und benötigt man ein hohes Maß an Genauigkeit (Formalismus). Im Gegensatz dazu stehen das schematische Abarbeiten von Algorithmen und das Auswendiglernen für eine bestimmte Note hier nicht im Vordergrund. Folglich liefert die Auswertung der 927 Fragebögen einen Hinweis darauf, dass vor allem ein anwendungsorientierter Unterricht, dazu führen könnte, dass Mathematik als Hausarbeitsfach beliebter wird und als weniger schwer eingeschätzt wird.

³³ Tabelle 7 bezieht sich auf: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: C3-M929; T3-AE929.

Zu dieser Argumentation passen viele Statements der Befragten auf die offene Frage zur Einstellung gegenüber mathematischen Facharbeiten. Als Beispiel hierfür dienen folgende drei Zitate: „solange man keine revolutionären neuen Erkenntnisse erlangt, gibt man nur bereits bekanntes wider. Es ist also unnötig“³⁴; „schwierig, da alles einfach und verständlich dargestellt sein muss, außerdem gestaltet sich die Themafindung schwierig“³⁵; „schwierig, da Mathe in der Oberstufe nur aus Formeln & Rechenverfahren, wenig aus Worten besteht & alles logisch begründet ist & es schwierig ist, ein Problem zu finden“³⁶. Wenn das Mathematikbild bei manchen Schülerinnen und Schülern so ist, dass sie sich gar nicht vorstellen können, dass es überhaupt mathematische Facharbeitsthemen gibt, dann werden sie solche Arbeiten ablehnen. Die Meinung, die in den Zitaten anklingt, steht jedoch im klaren Widerspruch zur Bandbreite an Themen, die in der Fachliteratur genannt werden oder die sich im Rahmen der Fallstudie gezeigt haben.³⁷

Ein deutlicher statistischer Zusammenhang zeigt sich auch zwischen der Leistungsstärke der Schülerinnen und Schüler und ihren Antworten bezüglich des eingeschätzten Schwierigkeitsgrads und der Präferenz für mathematische Facharbeiten. Alle sechs Korrelationswerte zwischen den Items 21 und 22 mit den drei Fragen zur Leistungsstärke (Selbsteinschätzung gegenüber anderen Schulfächern, Klassenkameraden und Note) liegen betragsmäßig im Intervall [0,25 ; 0,51]. Dabei weisen alle Werte darauf hin, dass leistungsstarke Schülerinnen und Schüler mathematische Facharbeiten sowohl eher präferieren als auch leichter einschätzen.³⁸

Die Items 21 und 22 korrelieren also in ähnlicher Weise sowohl mit der Leistungsstärke als auch mit einem bestimmten Mathematikbild. Da aber die Leistungsstärke mit genau diesem Mathematikbild ebenfalls in statistischem Zusammenhang steht, könnte es sein, dass einer der Zusammenhänge nur scheinbar besteht. Eine weiterführende statistische Untersuchung, ob es nun eher die Leistungsstärke oder das Mathematikbild ist, welches hier den entscheidenden Einfluss auf die Items 21 und 22 hat, erscheint nicht erfolgversprechend. Schließlich konnte in Kapitel 4.1.1 nicht geklärt werden, was beim Zusammenhang zwischen Mathematikbild und Note Ursache und Wirkung ist. Somit bleibt – bei aller Einschränkung wegen möglicher scheinbarer Zusammenhänge – festzuhalten, dass die drei Teilbereiche Leistungsstärke, positives Mathematikbild und Präferenz/niedrige Schwierig-

³⁴ Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: AO 810.

³⁵ Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: AO 734.

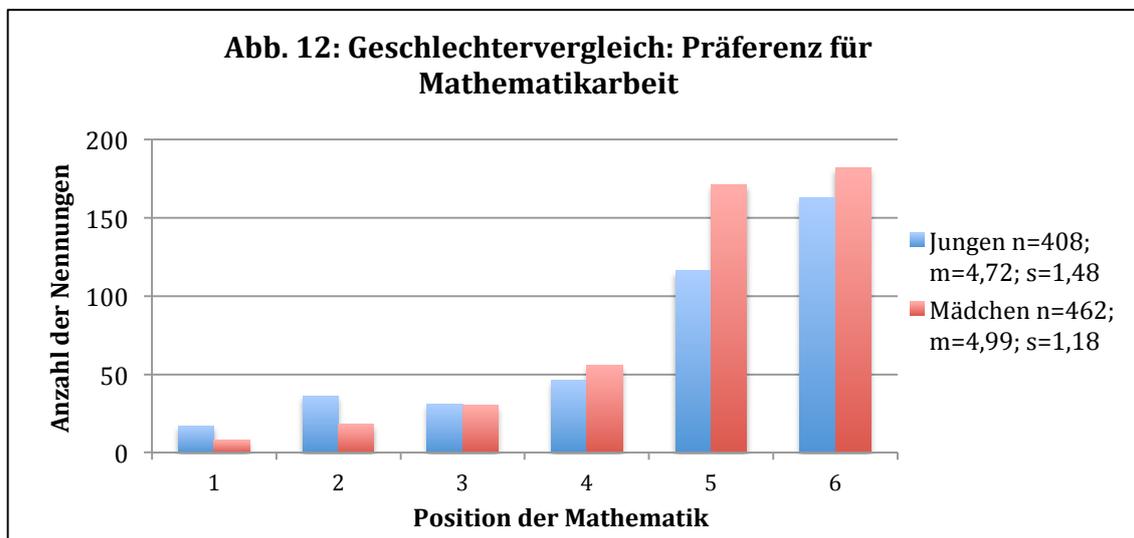
³⁶ Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: AO 508.

³⁷ In der Fachliteratur genannte Themenkomplexe für Mathematikfacharbeiten sind etwa: Verschlüsselungstechniken (bei Meiringer und Klembalski), Komplexe Zahlen (Vohmann, S. 73) sowie Mathe und Sport oder mathematische Spuren in der Literatur (Baumann, S. 105 ff.). Vgl. auch Kapitel 4.2.2 (S. 110).

³⁸ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: Q3-S929; T3-AE929.

keitsgradeinschätzung für/von mathematischen Facharbeiten in jeweils positivem statistischem Zusammenhang stehen.

Abschließend wird nun noch auf die Rolle des Geschlechts auf die Items 21 und 22 eingegangen. Abbildung 12³⁹ zeigt, dass die befragten Jungen bei der Frage nach der Beliebtheit bestimmter Hausarbeitsfächer Mathematik durchschnittlich etwas niedrigere Positionen zuordneten. Wesentlich relevanter als diese geringe Differenz ist die Tatsache, dass Jungen die vorderen beiden Positionen für Mathematik mehr als doppelt so oft wählten wie die Mädchen. Bedeutender ist dies, weil vermutet werden kann, dass jene Schülerinnen und Schüler, welche diese Positionen wählen, auch tatsächlich eine mathematische Facharbeit schreiben könnten. Ob hingegen Mathematik an 5. oder 6. Stelle gesetzt wird, ändert in der Regel wohl nichts daran, dass für solche Schülerinnen und Schüler eine Facharbeit in diesem Fach ausgeschlossen ist.



Infolge der hohen Korrelation zwischen den Items 21 und 22 (Korrelation beider Fragen: $0,67^{40}$) ist es nicht verwunderlich, dass die Frage nach dem Schwierigkeitsgrad von Hausarbeitsfächern ein ganz ähnliches Bild ergibt (ohne Abbildung).⁴¹

Auf Grund dieser Untersuchungen zur Rolle des Geschlechts auf die Präferenz und auf den eingeschätzten Schwierigkeitsgrad kann vermutet werden, dass mehr Jungen als Mädchen sich für eine mathematische Facharbeit entscheiden.⁴²

Zusammenfassend kann für dieses Teilkapitel also festgehalten werden, dass Mathematik als Facharbeitsdisziplin im Vergleich zu Arbeiten in fünf anderen Fächern sehr unbeliebt

³⁹ Abbildung 12 bezieht sich auf: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: Z3-AE929; AN3-929.

⁴⁰ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: T3-AE929.

⁴¹ Siehe: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: T3-Y929.

⁴² Ob dies bestätigt werden kann, wird in den Kapiteln 4.1.4 (S. 91f.) untersucht.

ist und als schwierig gilt. Weniger deutlich fällt dieses Phänomen bei Schülerinnen und Schülern aus, deren Mathematikbild in den Bereichen Anwendung, Prozess und Formalismus verhältnismäßig stark ausgeprägt ist. Diese Schülergruppe kann sich das Verfassen einer mathematischen Facharbeit eher vorstellen. Auch im Kontext des Geschlechts gibt es wichtige Unterschiede in Bezug auf die Einstellung gegenüber mathematischen Facharbeiten. Auf Grund der Ergebnisse wird vermutet, dass mehr Jungen als Mädchen eine mathematische Facharbeit schreiben.

4.1.3 Verteilung der Facharbeitsfächer

Nachdem im vorherigen Kapitel die Einstellungen der Schülerinnen und Schüler gegenüber einzelnen Hausarbeitsfächern untersucht wurden, folgt nun die Auswertung der Fächerwahl für wissenschaftspropädeutische Arbeiten. Diese Untersuchung ist sowohl nach Einzelfächern als auch nach drei Wissenschaftsbereichen (Sprachen, Geistes- und Naturwissenschaften) unterteilt. Auf Grundlage der Ergebnisse zielt dieses Kapitel darauf ab, zu klären, welche Rolle Mathematik bei Schülerfacharbeiten spielt.

Des Weiteren wird beleuchtet, ob die Themen von den Schülerinnen und Schülern selbst gewählt werden. Auf dieser Basis wird abschließend der Zusammenhang zwischen der Präferenz für Facharbeitsfächer und der tatsächlichen Themenwahl diskutiert.

Um die Verteilung der Hausarbeitsfächer zu klären, wurden die Schülerinnen und Schüler gefragt, welchem Schulfach/welchen Schulfächern sie ihre zuletzt geschriebene Facharbeit, beziehungsweise jene Arbeit, welche sie gerade verfassen, zuordnen (Item 28⁴³). Bei dieser Vorgehensweise ist zu beachten, dass durch die unterschiedlichen Vorgaben in den einzelnen Ländern den Schülerinnen und Schülern in unterschiedlichem Maße die Interdisziplinarität ihrer Arbeiten bewusst wird. So könnte es sein, dass ein Abiturient aus Sachsen-Anhalt, der eine fächerübergreifende Arbeit schreibt, hier nur ein Fach angibt, da die Arbeit auch nur in diesem Fach bewertet wird. Eine Schülerin aus Thüringen hingegen muss für ihre Seminarfacharbeit mehrere beteiligte Fächer angeben und wird diese im Fragebogen auch nennen. Diese Mehrfachnennungen könnten zu einer Überschätzung der einzelnen beteiligten Fächer führen.⁴⁴

⁴³ Siehe Anhang: Fragebogen, S. IX.

⁴⁴ Genaueres über diese Problematik ist im Kapitel 4.1.4 (S. 85f.) zu finden. Dort wird beschrieben, dass mehrere Facharbeiten, welche die Schülerinnen und Schüler der Mathematik zuordneten, offensichtlich nicht der Definition von mathematischen Facharbeiten aus Kapitel 2.3 (S. 35) entsprechen. Es wird jedoch angenommen, dass solch ein Antwortverhalten auch andere Fächern betrifft und somit die Verhältnisse zwischen den Disziplinen nicht zu stark verzerrt werden. Deshalb bleibt es in diesem Abschnitt bei der Darstellung der Ergebnisse der Schülerantworten und findet zunächst keine Überprüfung statt, ob das Antwortverhalten der einzelnen Abiturientinnen und Abiturienten adäquat war.

Ebenfalls zu beachten ist, dass manche Fächer in den vier Bundesländern unterschiedliche Namen haben. Bei der Auswertung der Fragebögen, welche die jeweiligen landesspezifischen Formulierungen enthielten, wurden die sachsen-anhaltischen Begrifflichkeiten verwendet. Dies gilt auch für die Zuordnung nach Aufgabenfeldern. Hierbei ergibt sich ein weiteres Problem dadurch, dass manche Fächer, wie etwa Psychologie Anteile aus unterschiedlichen Bereichen haben (hier: Geistes- und Naturwissenschaften). Da jedoch jene Fächer, für die dies in besonderem Maße zutrifft, keinen großen Anteil an Hausarbeitsfächern haben, spielt diese Zuordnungsproblematik keine all zu große Rolle.

Bei der Frage nach der Themenwahl hatten die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, anzukreuzen, ob es ihre Idee, die des Lehrers war oder ob sie aus einer vorgegebenen Themenliste auswählten.⁴⁵ Zudem gab es für alle anderen Fälle ein offenes Antwortfeld, welches 122 Mal angekreuzt wurde. Die Schülerinnen und Schüler trugen hier verschiedene Erklärungen, wie Losentscheid, Arbeitsmaterial, Oberthema oder Familienangehörige ein.⁴⁶ In dieser Kategorie finden sich also ganz unterschiedliche Maße an Selbstbestimmung der Themenwahl wieder. Da das Item darüber Auskunft geben soll, wie frei die Themen gewählt werden, wurden die 122 Antworten aus der Kategorie *offene Antwortmöglichkeit* für das entsprechende Diagramm nicht verwendet.

Die Quote der ausgewerteten Fragebögen liegt mit 84% (Fächeranteile) und 86% (Themenwahl) in diesem Kapitel deutlich niedriger als zuvor. Dies liegt daran, dass beide Fragen am Ende des Bogens liegen (Zeit- und Konzentrationsmangel) und von denjenigen Schülerinnen und Schülern, welche bisher noch an keiner Facharbeit gearbeitet haben, übersprungen werden sollten. Infolgedessen blieben viele Bögen an diesen Stellen unausgefüllt. Bei der Frage nach den Hausarbeitsfächern kommt zusätzlich hinzu, dass insgesamt 58 Bögen aus Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt nicht bewertet werden konnten, da die vorhergehende Frage, auf die sich das Item 28 bezieht, offensichtlich nicht verstanden wurde (zum Beispiel: Angabe von mehreren Besonderen Lernleistungen oder mehr als 10 wissenschaftspropädeutische Arbeiten).⁴⁷

In Abbildung 13⁴⁸ ist die Anzahl der Nennungen der einzelnen Hausarbeitsfächer dargestellt. Biologie, Geschichte und Sozialkunde wurden von den Befragten mit Abstand am häufigsten gewählt. Diese drei Fächer machen fast die Hälfte der Nennungen aus. Alle fünf Disziplinen mit denen Mathematik im vorherigen Kapitel verglichen wurde, sind hier auf

⁴⁵ Siehe Anhang: Fragebogen, S. IX.

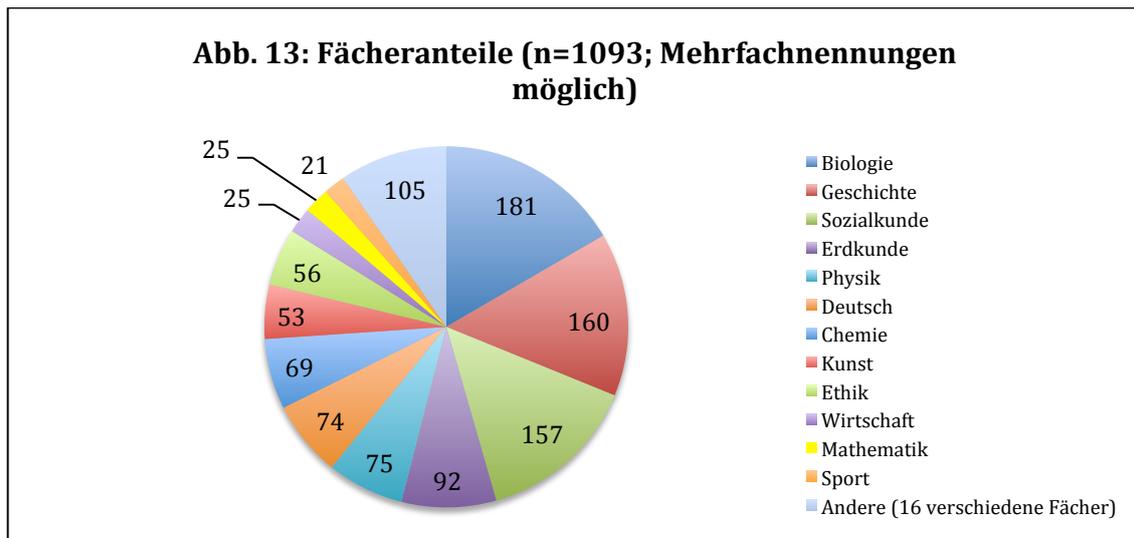
⁴⁶ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: AM3-929.

⁴⁷ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: AP3-AT929.

⁴⁸ Abbildung 13 bezieht sich auf: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: AJ3-929.

den Plätzen 1-6 zu finden. Folglich wurde Mathematik mit sehr beliebten Fächern für eigenständige wissenschaftspropädeutische Arbeiten verglichen, was das äußerst negative Ergebnis aus diesem Abschnitt etwas abmildert.

Einzeln abgebildet sind jene 12 Fächer, welche mehr als 20 Mal genannt wurden. In die Kategorie „Andere“ fallen 16 Schulfächer. Hierbei handelt es sich zum Teil um Disziplinen, welche nur wenige Schülerinnen und Schüler belegen, wie etwa Astronomie, Pädagogik und Religion. Andererseits gehören aber auch Englisch oder Musik dieser Kategorie an.

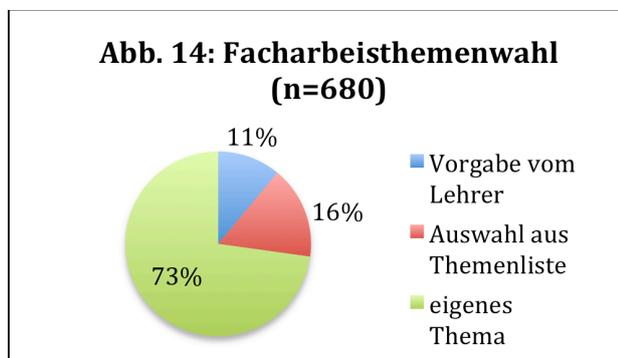


Zur Rolle der Mathematik (im Diagramm gelb dargestellt) ergab die Befragung, dass es durchaus Abiturientinnen und Abiturienten gibt, welche in diesem Fach ihre Facharbeit schreiben. Dennoch kann Mathematik in diesem Vergleich nicht mit 10 anderen Fächern mithalten, die hier mehr als doppelt so oft genannt wurden. Zudem wurde auch deutlich, dass es in diesem Kontext große Unterschiede zwischen den Bundesländern gibt. In Nordrhein-Westfalen (11 Nennungen) scheinen mathematische Facharbeiten viel häufiger vorzukommen als in Sachsen-Anhalt (nur eine Nennung). Dieses Ergebnis deckt sich mit den Erfahrungen bei der Suche nach Probanden für die Fallstudie (Gymnasiastinnen und Gymnasiasten, die in Kürze eine Mathematikfacharbeit schreiben), welche sich in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen recht einfach gestaltete. In Sachsen-Anhalt und Thüringen hingegen war es sehr schwer solche Schülerinnen und Schüler zu finden (siehe Kapitel 3.2 (Seite 59)). Dieses Ergebnis legt den Schluss nahe, dass es bestimmte Rahmenbedingungen in den einzelnen Bundesländern gibt, welche die Anzahl der geschriebenen Mathematikfacharbeiten beeinflussen (siehe Kapitel 6, Unterthese 2c).

Teilt man die Einzelfächer den verschiedenen Aufgabenfeldern zu, ist zu erkennen, dass die Geisteswissenschaften einen besonders großen Anteil an Facharbeiten haben (49%). Dies ist im Hinblick auf die anderen Veröffentlichungen zur Thematik (Kapitel 2.3, Seite

38f.) nicht überraschend. Die mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer nehmen etwa ein Drittel ein. Ihr Vorkommen als Facharbeitsthemen entspricht also ziemlich genau dem Teil, der ihnen auch durch Stundenbelegungsvorgaben der einzelnen Länder eingeräumt wird. Hierbei sollte jedoch beachtet werden, dass Biologie mit 181 Nennungen an diesem Ergebnis einen enormen Anteil hat. Doch auch wenn viele der biologischen Facharbeiten möglicherweise ohne nennenswerte mathematische Anteile auskommen, kann vermutet werden, dass Mathematik in vielen der naturwissenschaftlichen Arbeiten eine Rolle spielt (zum Beispiel beim Formelumstellen oder bei Berechnungen). Unterrepräsentiert ist das sprachlich-literarisch-künstlerische Aufgabenfeld (16%). Insbesondere Fremdsprachen spielen für Facharbeiten eine untergeordnete Rolle.

Um den Anteil mathematischer Facharbeiten zu erhöhen⁴⁹, ist es wichtig, zu wissen, wie die Facharbeitsthemenwahl abläuft. Sollten beispielsweise die Themen durch die Lehrer vorgegeben werden, ist ein schülerorientierter Ansatz (zum Beispiel über Veränderungen



des Schülerbilds von Mathematik) wenig erfolgversprechend. Abbildung 14 verdeutlicht jedoch, dass in der Regel die Schülerinnen und Schüler über ihre Facharbeitsthemen frei entscheiden oder zumindest aus einer Liste auswählen können. Dies lässt einen großen Zusammenhang zwischen der Präferenz für ein Hausarbeitsfach, beziehungsweise dem eingeschätzten Schwierigkeitsgrad und der tatsächlichen Themenwahl vermuten.

Tab. 8: Vergleich der Items 21/22 mit Themenwahl

	Durchschnittlicher Platz: Item 21, 22	Platz: tatsächliche Themenwahl
Geschichte	1	2
Erdkunde	2,5	3
Biologie	2,5	1
Deutsch	4	5
Physik	5	4
Mathematik	6	6

Genau diese Beziehung ist in der nächsten Tabelle⁵⁰ verdeutlicht. Die Fächer, die bei den Items 21 und 22 gut abschneiden, erhalten im Vergleich der gleichen sechs Fächer bei der tatsächlichen Themenwahl ebenfalls vordere Positionen (Korrelation beider

Spalten: 0,84). Wegen der eigenständigen Themenwahl können die Schülerinnen und Schüler also jene Disziplinen für Facharbeiten wählen, die sie hierfür präferieren. Ansätze für mehr mathematische Facharbeiten sollten infolgedessen vor allem die Abiturientinnen

⁴⁹ In Kapitel 4.2 wird gezeigt, dass eine Erhöhung des Anteils von Mathematikarbeiten wünschenswert ist.

⁵⁰ Tabelle 8 bezieht sich auf: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: T3-AE929; AJ3-929.

und Abiturienten in den Blick nehmen, wie dies etwa im Rahmen von These 2 im Kapitel 6 geschieht.

Da das Bild von Mathematik einen großen Einfluss auf die Items 21 und 22 hat und die Antworttendenz hierbei wiederum Auswirkungen auf die Themenwahl hat, besteht also ein Zusammenhang zwischen dem Mathematikbild der Schülerinnen und Schüler und ihrer Themenwahl. Wie sehr sich dieser Zusammenhang auch statistisch niederschlägt, wird im folgenden Kapitel untersucht.

Tabelle 8 zeigt jedoch auch, dass die tatsächliche Themenwahl nicht nur von der Einstellung, welche mit den Fragen 21 und 22 eruiert werden sollte, abhängt. Auffällig ist, dass die beiden Naturwissenschaften Biologie und Physik öfter für ein Facharbeitsthema gewählt werden, als es ihre Beliebtheit beziehungsweise ihr eingeschätzter Schwierigkeitsgrad vermuten lässt. Drei Erklärungsansätze sind hierfür möglich: Erstens könnte dies eine Folge des Einflusses der Lehrer sein (direkt oder durch Themenlisten). Zweitens könnten Schülerinnen und Schüler, nachdem sie eine naturwissenschaftliche Arbeit geschrieben haben, diese Fächer hierfür ablehnen. Drittens entscheiden sich manche Schülerinnen und Schüler vielleicht bewusst entgegen ihren eigenen Präferenzen für ein bestimmtes Fach, um hier eine gute Note zu erhalten. Welcher der genannten Erklärungsansätze am plausibelsten ist, kann hier noch nicht geklärt werden. Jedoch wird diese Thematik bei der Auswertung des zweiten Studienteils – im Kapitel 4.2 – erneut aufgegriffen.

Zusammenfassend liefert das Kapitel 4.1.3 vor allem die Erkenntnis, dass mathematische Facharbeiten unterrepräsentiert sind. Dennoch sind sie keine Seltenheit, wobei beachtet werden muss, dass es erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Bundesländern gibt. Ferner kann vermutet werden, dass mathematische Inhalte auch in einer großen Zahl der häufig vorkommenden naturwissenschaftlichen Facharbeiten eine Rolle spielen.

Die befragten Schülerinnen und Schüler wählten die Themen meist selbst aus. Deshalb hat die im Kapitel 4.1.2 untersuchte Präferenz für Hausarbeitsfächer eine große Auswirkung auf die tatsächliche Wahl von Facharbeitsthemen. Da die Beliebtheit und die Einschätzung des Schwierigkeitsgrads mathematischer Facharbeiten wiederum durch das Bild von Mathematik beeinflusst werden, wirkt sich das Mathematikbild der Schüler auf die Entscheidung, eine mathematische Facharbeit zu schreiben, aus. Die Fragebogenergebnisse untermauern diese im Kapitel 4.1.2 (Seite 79f.) erwähnte Tendenz.

4.1.4 Teilgruppe: Schülerinnen und Schüler mit mathematischen Facharbeiten

In den vorherigen drei Teilkapiteln wurden stets Aussagen über alle 927 Teilnehmer der Fragebogenerhebung getroffen. Nun ändert sich dies und es werden diejenigen Schülerinnen und Schülern näher beleuchtet, welche gerade eine mathematische Facharbeit schreiben oder solch ein Werk bereits verfasst haben. Im Zentrum der Untersuchung steht dabei die Frage, ob sich diese Teilgruppe von der Gesamtschülerschaft unterscheidet. Hierbei werden Differenzen in den Bereichen Bild von Mathematik, Mathematikselbsteinschätzung und -note sowie bezüglich des Geschlechts beleuchtet. Neben der statistischen Darstellung der Unterschiede zwischen beiden Gruppen werden auch Erklärungsansätze für die aufgezeigten Verschiedenheiten formuliert.

Im Fokus dieses Abschnitts stehen also jene 25 Schülerinnen und Schüler, die angaben, eine mathematische Facharbeit zu schreiben. Im vorherigen Kapitel wurde darauf hingewiesen, dass manche Gymnasiastinnen und Gymnasiasten – vor allem aus Thüringen – ihre Arbeiten verschiedenen Fächern zuordnen, ohne das ein klarer thematischer Bezug erkennbar wäre. Nun bekommt dies eine besondere Bedeutung, da solche Fragebögen das Ergebnis verzerren könnten. Deshalb wurden für diese statistische Auswertung einige der 25 Fragebögen aussortiert. Dabei erfolgte die Auswahl anhand der Frage: Lassen Titel der Arbeiten und Meinung zu mathematischer Facharbeit (Item 20) erkennen, dass Mathematik in dieser Arbeit nur einen untergeordneten Beitrag (das heißt zum Beispiel statistische Auswertungen; Verwendung mathematischer Inhalte der Sekundarstufe I) liefert und somit die Arbeit nicht der Definition von mathematischer Facharbeit aus Kapitel 2.3 (Seite 35) entspricht? Da dieses Kriterium sich auf eine Inhaltsanalyse von offenen Fragen bezieht, kann es nicht gänzlich objektiv sein.

Insgesamt sieben Fragebögen wurden auf diese Art und Weise aussortiert.⁵¹ Es handelt sich dabei um sechs Thüringer Bögen, bei denen Facharbeitsthemen, wie „Probleme von Jugendlichen“⁵² und das „Berufsbild Hebamme“⁵³ verknüpft waren mit Statements wie *„Außer Prozentrechnung und Verhältnisrechnungen benötige ich keine Mathematikkenntnisse für meinen Teil der Seminarfacharbeit“*⁵⁴. Eine Schülerin aus Niedersachsen beschäftigte sich mit der „Debatte um Thilo Sarrazin“⁵⁵ und gab neben Mathematik noch vier weitere beteiligte Hausarbeitsfächer an. Auch ihr Fragebogen wurde für die weiteren Betrachtungen

⁵¹ Folgende Bögen wurden aussortiert: Spalte: 142; 732; 736; 760; 842; 922; 923 (siehe: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung).

⁵² Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: AL 733, 736.

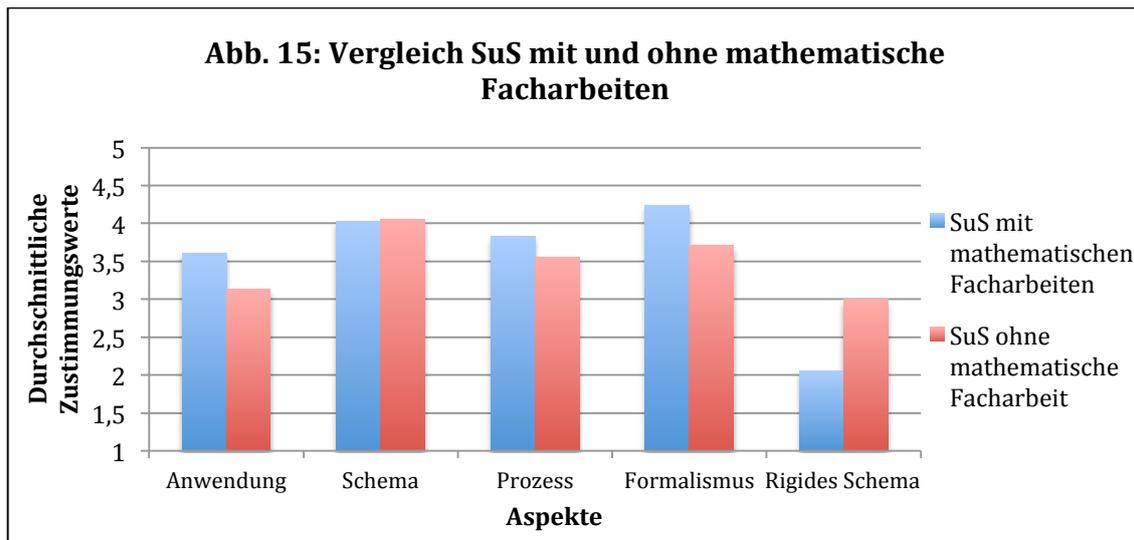
⁵³ Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: AL 760.

⁵⁴ Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: AO 761.

⁵⁵ Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: AL 142.

tungen aussortiert. Folglich bleiben 18 Fragebögen für die statistische Auswertung im Rahmen dieses Kapitels übrig.⁵⁶ Klar ist, dass eine solch geringe Stichprobengröße für eine belastbare statistische Auswertung zu gering ist. Deshalb können die im Folgenden dargestellten Diagramme auch nur die Grundlage für die Interpretation von vermuteten Tendenzen sein.

Wie sich diese 18 Bögen von den anderen 909 bezüglich des Bilds von Mathematik unterscheiden, ist in der folgenden Abbildung⁵⁷ dargestellt.



Das Diagramm zeigt, dass Schülerinnen und Schüler mit mathematischer Facharbeit den Formalismus besonders betonen. Der Mittelwert dieser Teilgruppe liegt bei diesem Aspekt 0,8 Standardabweichungen höher als der Durchschnitt der restlichen Studienteilnehmer und ist somit hoch signifikant verschieden von ihm. Ähnliches gilt für den Anwendungsaspekt, für den eine signifikante Mittelwertsdifferenz von 0,58 Standardabweichungen berechnet wurde. Auch der Prozessaspekt liegt bei den Abiturientinnen und Abiturienten mit mathematischer Facharbeit durchschnittlich höher als beim Rest. Der Unterschied von 0,36 Standardabweichungen ist jedoch nicht mehr signifikant. Somit kann hier nur von einer Tendenz gesprochen werden. Fast gar kein Unterschied ist beim Schema nachzuweisen, dafür aber umso mehr beim Rigidem Schema. Hier kreuzten die Schülerinnen und Schüler, welche bereits eine mathematische Facharbeit verfasst haben oder gerade dabei sind, eine solche zu schreiben, deutlich niedrigere Zustimmungen bei dem entsprechenden Item an. Es handelt sich hierbei mit 0,74

⁵⁶ Eine Auflistung der Facharbeitsthemen dieser 18 Schülerinnen und Schüler findet sich im Anhang unter: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: Spalte: AL.

⁵⁷ Abbildung 15 bezieht sich auf: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: C3-M929; AJ3-929.

Standardabweichungen Unterschied der beiden Mittelwerte um einen sehr signifikanten Zusammenhang.

Die Analyse der direkten Gegenüberstellung von Anwendung, Prozess und Schema (Items 12 bis 14) bestätigen die zuvor genannten Ergebnisse. Die 18 Schülerinnen und Schüler mit mathematischen Facharbeiten zeigen hier ein ausgeglicheneres Mathematikbild. Zur Erinnerung: Ein absolut ausgeglichener Durchschnittswert liegt hier bei 3,5. Bei Prozess gegen Schema liegt ein Mittelwert der Teilgruppe von 3,67 gegenüber 4,06 bei den anderen Befragten vor; bei Anwendung gegen Schema 3,39 statt 4,00. Obwohl es sich in beiden Fällen um nicht signifikante Unterschiede handelt, kann trotzdem von einer deutlichen Tendenz gesprochen werden.⁵⁸

Insgesamt liefern die Ergebnisse also Hinweise darauf, dass jene Schülerinnen und Schüler, welche eine mathematische Facharbeit verfassen oder diese bereits geschrieben haben, ein positiveres Bild von Mathematik haben. Dies zeigt sich daran, dass sie Anwendung und Prozess eher betonen und im Vergleich zur Gruppe der anderen Studienteilnehmer ähnliche Werte beim Schemaaspekt haben. Ebenfalls positiv zu werten, ist das hohe Ergebnis des Formalismus und die niedrigen Werte für das Rigide Schema.

Es scheint sich also der im Kapitel 2 formulierte Zusammenhang zwischen mathematischer Facharbeit und einem bestimmten Mathematikbild zu bestätigen. Denn jene Aspekte des Bilds von Mathematik, welche für das Verfassen einer Facharbeit besonders benötigt werden (Anwendung, Prozess und Formalismus), lassen sich bei den Schülerinnen und Schülern, welche solch ein Projekt begonnen haben, nachweisen. Allerdings bleibt an dieser Stelle offen, was Ursache und Wirkung ist. Schließlich könnten die 18 Abiturientinnen und Abiturienten mit mathematischer Facharbeit sich hierfür entschieden haben, weil sie ein bestimmtes Mathematikbild haben. Genauso gut ist es aber auch möglich, dass sie dieses Bild von Mathematik erst im Rahmen ihres Arbeitsprozesses entwickelten.

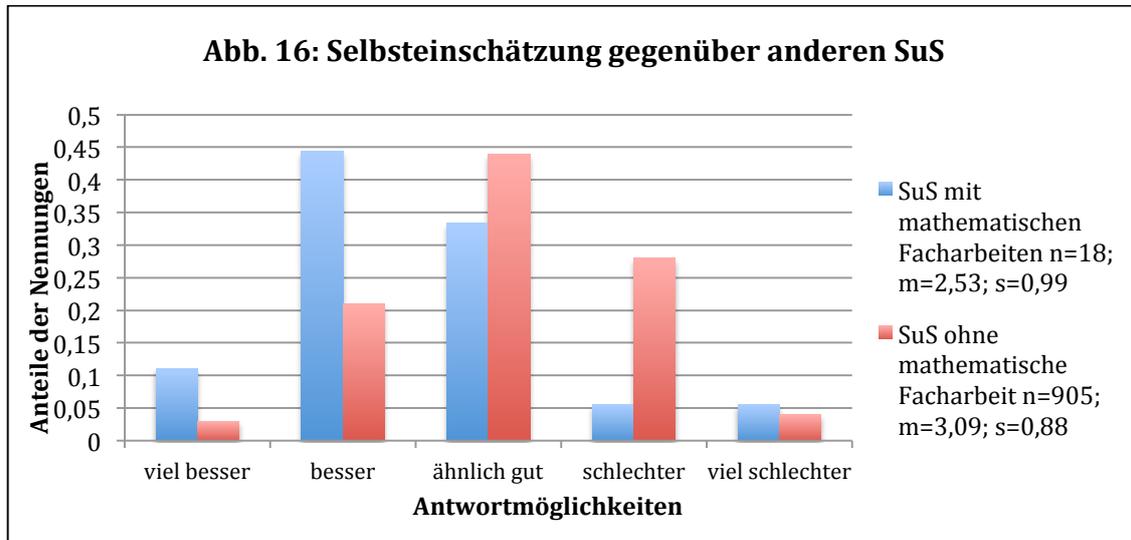
Im ersten Teil dieses Kapitels konnten also Unterschiede zwischen den Schülerinnen und Schülern mit und ohne mathematische Facharbeit festgestellt werden. Gilt dies auch im Kontext der Selbsteinschätzung und der Note?

Abbildung 16⁵⁹ macht deutlich, dass die 18 Gymnasiastinnen und Gymnasiasten der Teilgruppe bei der Frage nach der Selbsteinschätzung im Fach Mathematik gegenüber den

⁵⁸ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: C3-M929.

⁵⁹ Abbildung 16 bezieht sich auf: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: R3-929; AJ3-929.

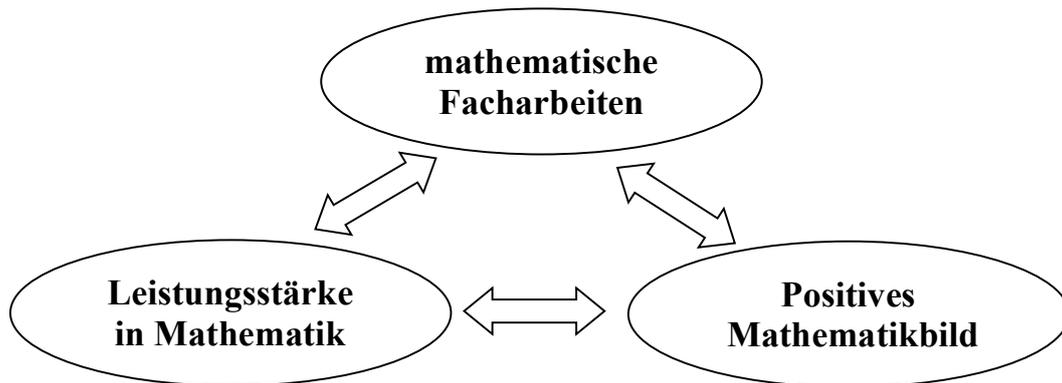
Klassenkameraden viel eher Antworten im positiven Bereich gaben. Hierbei handelt es sich um einen sehr signifikanten Unterschied.



Jene Schülerinnen und Schüler, die aktuell eine mathematische Facharbeit verfassen oder diese bereits verfasst haben, waren also tendenziell leistungsstark im Fach Mathematik. Dieser Zusammenhang bedeutet jedoch nicht zwangsläufig, dass hier nur die Wirkungsrichtung: *Leistungsstärke in Mathematik vergrößert Chance auf Verfassen einer Facharbeit in dieser Disziplin* möglich ist. Auch die genau andere Zusammenhangsrichtung ist denkbar: *Auf Grund des Verfassens einer mathematischen Facharbeit konnte die Note [Facharbeitszensur geht in manchen Bundesländern in die Mathematiknote ein] und die Selbsteinschätzung [Verfasser sind stolz auf ihre Leistung] in diesem Schulfach verbessert werden und unterscheidet sich somit vom Durchschnittsbefragten*. Auch hier bleibt also die Frage nach Ursache und Wirkung ungeklärt und ist die Leistungsstärke nicht zwangsläufig eine unabhängige Variable.

Insgesamt besteht also ein Zusammenhang zwischen der Leistungsstärke, einem bestimmten positiven Mathematikbild und der Bereitschaft einer Schülerin/eines Schülers, eine mathematische Facharbeit zu schreiben. Im folgenden Schema ist dies bildlich dargestellt.

Abb. 17: Zusammenhang: Leistungsstärke-Mathematikbild-Mathematikfacharbeit



Infolgedessen, dass hier keiner der Faktoren als unabhängige Variable eingestuft werden kann, bleibt offen, welcher der beiden Faktoren Leistungsstärke und Mathematikbild stärker mit dem Verfassen von mathematischen Facharbeiten in Verbindung steht.

Auf der Ebene der Einzelaspekte sieht dies nicht viel anders aus. Die Vermutung liegt zwar nahe, dass etwa der Prozessaspekt keine große Rolle spielt (dieser ist bei den Leistungsstarken signifikant höher, hingegen bei den 18 Schülerinnen und Schülern mit mathematischen Facharbeiten nur unsignifikant stärker vertreten). Das genaue Gegenteil liegt beim Formalismus vor. Dieser ist in der Teilgruppe am deutlichsten erhöht, hingegen zeigt sich in der Gesamtauswertung des Mathematikbilds zwischen Leistungsstärke und Formalismus kein Zusammenhang.⁶⁰ Auf Grund der beschriebenen möglichen Wechselwirkungen bleiben dies jedoch Vermutungen.

Eindeutigere Aussagen liefert die Untersuchung der Geschlechterverhältnisse der 18 Schülerinnen und Schüler mit mathematischen Facharbeiten. In dieser Gruppe sind 13 Jungen und nur 5 Mädchen. Wenn man bedenkt, dass unter allen Studienteilnehmern das männliche Geschlecht seltener vertreten war (Anteil rund 47%), zeigt dies, dass im Rahmen der Fragebogenerhebung Jungen dreimal eher eine mathematische Facharbeit geschrieben als Mädchen. Trotz der kleinen Fallzahl handelt es sich um ein signifikantes Ergebnis.⁶¹ Bestätigt wird dieses Resultat durch das Geschlechterverhältnis bei den Probanden der Fallstudie, welches mit 12 Jungen und 5 Mädchen nahezu gleich ausfiel.⁶² Dieses Resultat deckt sich mit der Analyse der Items 21 und 22 in Kapitel 4.1.2. Dort wurde deutlich, dass Jungen viel öfter mathematische Facharbeiten in Bezug auf

⁶⁰ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: C3-M929; Q3-S929; AJ3-929.

⁶¹ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: AJ3-929; AN3-929.

⁶² Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: Spalte: AZ.

Schwierigkeit und Präferenz im Vergleich mit fünf anderen Fächern an die vorderen Positionen setzen.

Ein wichtiges Ergebnis der Fragebogenbefragung ist also die begründete Vermutung, dass Jungen wohl eher als Mädchen mathematische Facharbeiten überhaupt in Betracht ziehen und tatsächlich auch schreiben. Gründe hierfür kann die Untersuchung allerdings kaum liefern. Zwar hatten die männlichen Befragten etwas öfter ein Mathematikbild und eine Selbsteinschätzung, welche die Chance erhöht, mathematische Facharbeiten zu schreiben, doch hiermit allein kann der gesamte Unterschied zwischen den Geschlechtern nicht erklärt werden.

Die Hauptidee des vorliegenden Kapitels ist, dass sich jene Schülerinnen und Schüler, welche gerade eine mathematische Facharbeit schreiben oder schon verfasst haben, von den anderen Gymnasiastinnen und Gymnasiasten unterscheiden. Erstere haben ein positiveres Mathematikbild, wobei insbesondere der Aspekt Formalismus betont wird. Zudem schätzen sie sich tendenziell in Mathematik besser ein und haben auch höhere Notenpunktzahlen als ihre Mitschülerinnen und -schüler.⁶³ Was im Kontext dieser statistischen Differenzen Ursache und Wirkung ist, kann die Auswertung des Fragebogens nicht klären. Um diese Frage zu beantworten sind mindestens zwei Messzeitpunkte – so, wie sie im zweiten Studienteil vorliegen⁶⁴ – nötig.

Des Weiteren kann festgehalten werden, dass unter den Teilnehmern der Umfrage Jungen deutlich eher eine mathematische Facharbeit schrieben als Mädchen. Dies war auf Grund der Erkenntnisse zum Mathematikbild und zur Präferenz gegenüber einzelnen Hausarbeitsfächern auch zu vermuten.

4.1.5 Auswertung von vier Einzelfragebögen

Im vorherigen Kapitel wurde der Fokus auf eine Gruppe von 17 Schülerinnen und Schülern gelegt. Nun wird die Untersuchung ein weiteres Mal eingegrenzt und es werden nur noch vier Fragebögen von Gymnasiasten, welche eine mathematische Facharbeit geschrieben haben oder gerade verfassen, beleuchtet. Das Ziel dabei ist es, durch Einbeziehung auch von offenen Fragen, wie etwa zur Einstellung bezüglich mathematischer Facharbeiten und zum Facharbeitsthema zunächst ein detailliertes Bild von dem Schüler und seiner Facharbeit zu zeichnen. Anschließend folgt die Interpretation. Insbesondere wird dabei den Fragen nachgegangen, ob die Arbeit erfolgreich war und ob ein Zusammenhang zwischen

⁶³ In der aktuellen Motivationsforschung geht man von Wechselwirkungen zwischen Leistung und der Fähigkeitseinschätzung aus, vgl. Dresel, S. 24.

⁶⁴ Siehe Kapitel 4.2.

dem Mathematikbild des Schülers und seiner Facharbeit gezogen werden kann. Abschließend wird versucht, auf Basis der vier Einzelbögen verallgemeinerbare Rückschlüsse zu ziehen.

Die Eingrenzung auf vier Fragebögen erfolgte nicht willkürlich und bedarf einer Offenlegung der Auswahlkriterien. In diesem Kontext spielt die Frage 20: „*Wie ist ihre persönliche Einstellung zum Verfassen einer Facharbeit in Mathematik?*“⁶⁵ eine besonders wichtige Rolle. Für dieses Kapitel kamen nur Fragebögen in Betracht, bei denen dieses Item ausgefüllt war und die Meinung zu mathematischen Facharbeiten gut deutlich wurde. Zudem wurden die Bögen so ausgewählt, dass die Facharbeitsthemen möglichst verschieden sind. Ferner sollten auch Leistungsstärke und Mathematikbild der ausgesuchten Studienteilnehmer möglichst unterschiedlich sein.

Diese Kriterien sind zum Teil sehr weich und hängen in hohem Maße von demjenigen, der sie anwendet, ab und sind daher nicht objektiv. Zu beachten ist auch, dass die ausgewählten Fragebögen ein verallgemeinerbares Bild für mathematische Facharbeiten im Allgemeinen liefern. Dennoch ist die beschriebene Vorgehensweise sinnvoll, da dieser Abschnitt dazu dient, unterschiedliche Erkenntnisse anhand einer detaillierten Analyse von Einzelbeispielen zu gewinnen.

Fallbeispiel 1:

Der erste en détail untersuchte Fragebogen stammt von einem sachsen-anhaltischen Schüler⁶⁶, der an seinem Gymnasium die einzige mathematische Facharbeit seines Jahrgangs schrieb. Das Thema wählte er selbstständig aus und entschied sich für: „Kryptographie – wie sicher kann sicher sein?“⁶⁷.

Der Abiturient gab an, dass er konkrete Pläne für die Zeit nach der Schule habe. Er möchte studieren und später Programmierer werden. Hierzu passt seine Aussage beim Item zur Einstellung gegenüber Facharbeiten: „Das Verfassen von Facharbeiten bereitet mich auf mein Studium vor...“⁶⁸.

Der Schüler schätzt mathematische Facharbeitsthemen bei der Frage nach dem Schwierigkeitsgrad und nach der Präferenz im Vergleich mit fünf anderen Disziplinen an jeweils vorderster Position ein. Entsprechend dieser Einschätzung fällt auch sein Statement bezüg-

⁶⁵ Siehe Anhang: Fragebogenerhebung, S. VII.

⁶⁶ Alle folgenden Informationen zu diesem Schüler beziehen sich auf die Zeile 617 in der Datenmatrix Fragebogenerhebung.

⁶⁷ Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: AL 618.

⁶⁸ Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: AO 618.

lich mathematischer Arbeiten aus: „Durch eine Facharbeit kann man gut neue Zusammenhänge lernen und verstehen“⁶⁹.

Offenbar handelt es sich bei dem sachsen-anhaltinischen Gymnasiasten um einen ausgesprochen leistungsstarken Mathematikschüler. Er schätzt sich in Mathematik im Vergleich zu anderen Schulfächern besser und im Vergleich zu Mitschülerinnen und -schülern viel besser ein, was bei einer Halbjahresnote von 15 Notenpunkten durchaus berechtigt zu sein scheint. Der Einwand aus dem vorherigen Kapitel, dass die guten Zensuren der Studienteilnehmer mit mathematischer Facharbeit eine Folge des Verfassens eines solchen Werks sind, ist hier nicht triftig. Denn eine Facharbeit kann zwar die Note beeinflussen, doch bei 15 Notenpunkten müssen auch die anderen Leistungen (Klausuren, Klassenarbeiten) sehr gut gewesen sein.

Tab. 9¹: Aspektabweichung vom Mittelwert aller Befragten in Standardabweichungen

A	S	P	F	RS
1,05	1,32	0,58	0,94	-0,79

Das Mathematikbild des Schülers ist durchaus positiv zu werten: Es ist gekennzeichnet von hohen Werten bei allen Aspekten außer dem Rigidem Schema. Bei den Items 12 bis 14, bei denen eine Positionierung zwischen verschiedenen Aspekten gefordert war, fällt die sehr seltene und klarst mögliche Positionierung (Feld 1) bei Frage 14 zum Aspekt Anwendung auf.

Die Informationen, die der Fragebogen liefert, legen die Interpretation nahe, dass es sich um einen ausgesprochen leistungsstarken Schüler handelt, der mit seiner Facharbeit das Ziel verfolgt, etwas Neues zu lernen (Statement zu Mathematikfacharbeiten und Rigidem Schema niedrig). Deshalb wählt er sich bewusst ein Thema aus, welches er den Fächern Mathematik und Informatik (Item 28) zuordnet. Die Kryptografie passt sehr gut mit seinem Berufswunsch, Programmierer zu werden, zusammen. Schließlich benötigt man in dieser Wissenschaft des Ver- und Entschlüsselns von Botschaften sowohl mathematische Hintergrundkenntnisse (allen voran über Zahlentheorie) als auch Fähigkeiten beim Erstellen von Algorithmen bei der konkreten (De-)Codierung. Genau diese Kombination aus Mathematik und Informatik ist für einen Programmierer der Kern seiner Arbeit.

Im Kontext des Mathematikbilds kann ein Zusammenhang zur Facharbeit interpretiert werden. Der Schüler aus Sachsen-Anhalt betont vor allem den Anwendungs- und den Schemaaspekt. Ersterer liegt bei einem fächerübergreifenden mathematischen Facharbeitsthema sehr nahe, denn der Gymnasiast beschäftigt sich mit einem Thema, bei dem es um die Anwendung der Mathematik in der realen Welt geht. Und auch der Schemaaspekt hat

⁶⁹ Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: AO 618.

eine Verbindung zur Kryptografie. Schließlich ist die Entwicklung von Algorithmen bei dieser Thematik von zentraler Bedeutung.

Zusammenfassend gesehen zeigt dieses Fallbeispiel, dass für solch einen leistungsstarken Schüler mit konkretem Berufsziel eine mathematische Facharbeit sehr nützlich sein kann, um sich sowohl inhaltlich als auch methodisch auf ein Hochschulstudium vorzubereiten.

Fallbeispiel 2:

Der zweite detailliert untersuchte Fragebogen stammt von einem Schüler aus Nordrhein-Westfalen⁷⁰, der bereits seine Facharbeit beendet hat, wie aus seinem Statement hervorgeht: „Ich habe selber eine Facharbeit im Fach Mathematik verfasst. Dadurch konnte ich ein neues Thema, dass nicht im Unterricht bearbeitet wurde, bearbeiten“⁷¹. Diese neue Thematik (Spline-Interpolation) wählte der Abiturient selbst aus.

Obwohl seine Angaben bezüglich Selbsteinschätzung und Note nur leicht überdurchschnittlich ausfielen (besser in Mathematik als in anderen Fächern; in diesem Fach ähnlich gut wie Mitschülerinnen- und Mitschüler; 10 Notenpunkte im letzten Halbjahr), stellte dieser Gymnasiast Mathematik als Hausarbeitsfach beim Vergleich mit anderen Fächern in Bezug auf Schwierigkeitsgrad und Beliebtheit jeweils an vorderste Position.

Auch dieser Schüler hat schon konkrete berufliche Pläne für die Zeit nach der Schule. Er strebt ein Ingenieurstudium in Verfahrenstechnik an.

Beim Mathematikbild zeigen Formalismus und Rigides Schema größere Abweichung vom Mittelwert auf, was für die Studienteilnehmer mit mathematischer Facharbeit typisch ist. Auffällig ist der sehr hohe Wert beim Anwendungsaspekt. Dies wird bei den Fragen, wo die Aspekte direkt gegeneinander gestellt sind, durch eine Positionierung zur Anwendung hin bestätigt.

Abb. 10¹: Aspektabweichung vom Mittelwert aller Befragten in Standardabweichungen				
A	S	P	F	RS
2,25	0,62	0,58	1,45	-0,79

Die Interpretation dieses Fragebogens bezieht sich auf drei Punkte. Erstens kann auch hier ein Zusammenhang zwischen Berufswunsch und Themenwahl gezogen werden. Die Spline-Interpolation ist ein mathematisches Verfahren, bei dem aus mehreren Wertepaaren eine Funktion gebildet wird, die bestimmte Bedingungen erfüllt. Hierfür gibt es zahlreiche Anwendungsbeispiele. Das bekannteste ist wohl die Bildung einer Funktion des Verhaltens einer physikalischen Größe in Abhängigkeit der Zeit anhand mehrerer Messzeitpunkte.

⁷⁰ Alle folgenden Informationen zu diesem Schüler beziehen sich auf die Zeile 414 in der Datenmatrix Fragebogenerhebung.

⁷¹ Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: AO 414.

Solche und ähnliche mathematische Verfahren werden auch im Studium der Verfahrenstechnik ihre Verwendung finden.

Zweitens ist auch bei diesem Fragebogen ein Zusammenhang zwischen dem Mathematikbild und der Themenwahl zu erkennen. Der Schüler betont den Anwendungsaspekt, was mit seinem Thema Spline-Interpolation zusammenpasst, welches ein mathematisches Werkzeug für naturwissenschaftliche und technische Fragestellungen ist.

Drittens zeigt die Auswertung, dass ein Schüler, dessen Leistungsstärke lediglich im besseren Mittelfeld liegt, eine mathematische Facharbeit schreiben kann, welche ihm im angestrebten Studium helfen wird. Die Positionierung von mathematischen Facharbeiten an vorderster Position bei den Items 21 und 22 macht in jedem Fall deutlich, dass er seine Themenwahl nach Fertigstellung der Arbeit nicht bereut.

Fallbeispiel 3:

Den dritten genauer untersuchten Fragebogen füllte ebenfalls ein Nordrhein-Westfälischer Schüler aus.⁷² Als Thema der Arbeit wählte er eigenständig „Volumenberechnung einer genormten Sanduhr mithilfe [sic] des Integrals“⁷³ aus.

Bei den Fragen nach dem Schwierigkeitsgrad und der Beliebtheit von mathematischen Facharbeiten bewertete er dieses Fach mit Position fünf deutlich im negativen Bereich. Hierzu passt seine Meinung zu mathematischen Facharbeiten: „Relativ schwierig. Einen neuen Aspekt oder eine neue Ansichtswiese zu finden ist nicht einfach, da vieles in der Mathematik bereits klar definiert ist und der Bezug zu Beispielen schwierig ist“⁷⁴.

Selbsteinschätzung und Note liegen bei diesem Schüler leicht unter dem Gesamtdurchschnitt, denn er kreuzte an, sich bei 7 Notenpunkten in Mathematik schlechter als in den anderen Fächern und ähnlich gut wie die Mitschülerinnen und -schüler zu fühlen.

Abb. 11¹: Aspektabweichung vom Mittelwert aller Befragten in Standardabweichungen				
A	S	P	F	RS
-1,36	-0,08	-0,06	1,95	0,79

Das Mathematikbild unterscheidet sich von den bisherigen Fällen. Zwar sieht auch dieser Schüler die Bedeutung des Formalismus, aber der niedrige Anwendungswert in Kombination mit der Neigung zum Rigidem Schema ist eher negativ zu werten.

Für diesen Fragebogen kann interpretiert werden, dass der Schüler seinen selbstständigen Entschluss, eine Mathematikfacharbeit zu schreiben, mittlerweile bereut. Dies wird an seiner Meinung zu mathematischen Facharbeiten und daran festgemacht, dass er eigenständi-

⁷² Alle folgenden Informationen zu diesem Schüler beziehen sich auf die Zeile 335 in der Datenmatrix Fragebogenerhebung.

⁷³ Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: AL 335.

⁷⁴ Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: AO 335.

ge wissenschaftspropädeutische Arbeiten in diesem Fach nun als schwer ansieht und solche Werke eher in anderen Disziplinen schreiben wollen würde.

Auch bei diesem Fragebogen kann eine Verbindung zwischen seiner Facharbeit beziehungsweise seiner Meinung zu dieser und dem Mathematikbild interpretiert werden. Der Schüler meint, dass es kaum möglich ist, Schulmathematik auf praktische Beispiele anzuwenden. Passend dazu liefert sein Facharbeitsthema auch nur einen scheinbaren Realitätsbezug, denn es scheint sich hierbei um eine eingekleidete Anwendungsaufgabe⁷⁵ zu handeln. Schließlich könnte – wenn dies wirklich relevant sein sollte – das Volumen einer Sanduhr auch durch wesentlich einfachere Methoden (zum Beispiel Umfüllen des Sandes in ein genormtes Gefäß) ermittelt werden.

Grundsätzlich klingt dieses Thema eher nach einer Schulbuchaufgabe und ist als Facharbeitsthema weniger geeignet. Insbesondere kann es kaum dazu dienen, das Bild von Mathematik im positiven Sinne zu beeinflussen. Auf der anderen Seite sorgte möglicherweise das bestehende Mathematikbild des Schülers dafür, dass er nicht in der Lage war, eigenständig ein geeigneteres Facharbeitsthema zu finden.

Fallbeispiel 4:

Das vierte Fallbeispiel beschreibt wiederum einen Fragebogen eines Schülers aus Nordrhein-Westfalen.⁷⁶ Dieser Abiturient ließ sein Facharbeitsthema „Glücksspiel“ von seinem Lehrer für ihn bestimmen.

Der nordrhein-westfälische Gymnasiast ordnete nach Abgabe seines Werks mathematischen Facharbeiten Position 1 und 2 im Vergleich mit anderen Schulfächern bei den Fragen nach der Beliebtheit und dem Schwierigkeitsgrad der Disziplinen für Facharbeiten zu. Dennoch lautete sein Statement zu Mathematikfacharbeiten: *„Habe selber eine verfasst, viel Zeit und Mühe eingesteckt und trotzdem schlechtes Resultat.“*⁷⁷

Die Selbsteinschätzung des Schülers fällt bei 10 Notenpunkten überdurchschnittlich hoch aus (in Mathematik viel besser als in anderen Fächern und besser als Mitschülerinnen und -schüler). Ein weiteres wichtiges Kriterium, welches diesen Schüler beschreibt, ist, dass er klare berufliche Pläne hat: Er will Ingenieur werden.

Auffällig beim Mathematikbild ist der hohe Wert des Prozessaspekts. Formalismus und Anwendung liegen zwar über dem Gesamtdurchschnitt, dies ist aber ein typisches Merkmal für Schülerinnen und Schüler mit mathematischer Facharbeit. Für das hohe Maß an

⁷⁵ Hierbei handelt es sich um einen Terminus aus der Fachliteratur. Vgl. Hammer/Reis, S. 9; Naudersch, S. 9; Radatz/Schipper, S. 130; Kapitel 2.1, S. 16.

⁷⁶ Alle folgenden Informationen zu diesem Schüler beziehen sich auf die Zeile 376 in der Datenmatrix Fragebogenerhebung.

⁷⁷ Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: AO 376.

Tab. 12¹: Aspektabweichung vom Mittelwert aller Befragten in Standardabweichungen

A	S	P	F	RS
0,45	-0,08	1,22	0,44	0,79

Zustimmung bei der Frage nach dem Rigidem Schema gilt dies allerdings nicht. Eine überzeugende Interpretation dieses Mathematikbilds ist bei dem vorliegenden Fallbeispiel schwierig. Einzig der erhöhte Wert beim Rigidem Schema passt gut

mit dem Statement zusammen, in dem bei sehr offener Fragestellung das Verhältnis zwischen Aufwand und Resultat, womit vermutlich die Note gemeint ist, thematisiert wird.

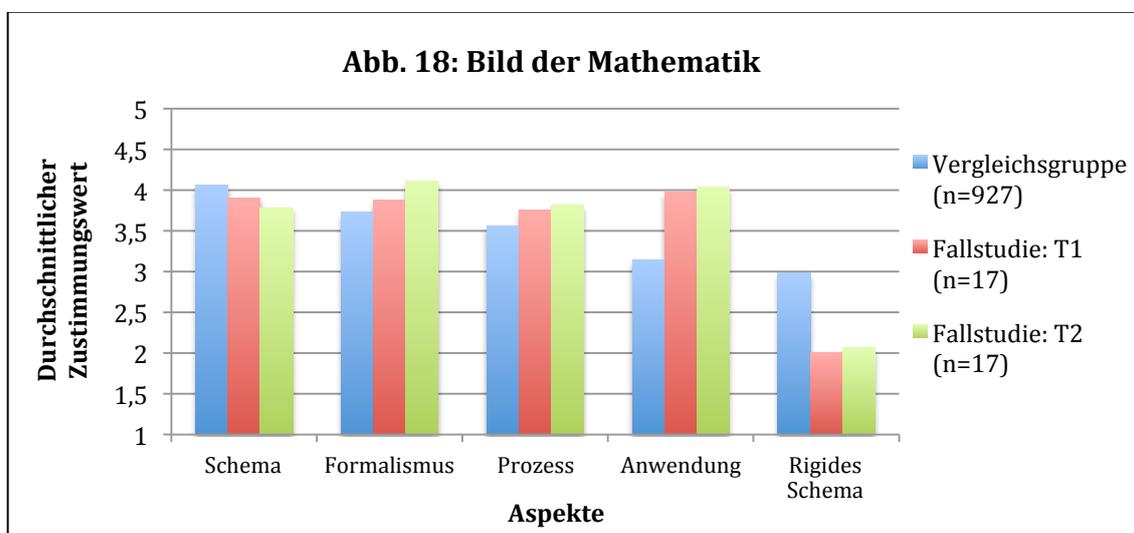
Scheinbar stellt dieser Schüler in Bezug auf seine Facharbeit gedanklich eine Kosten-Nutzen-Rechnung auf und merkt, dass diese nicht zu seiner Zufriedenheit ausfällt. Möglicherweise stand sich dieser Schüler genau wegen seiner Fokussierung auf die Note selbst im Weg und begünstigt ein hohes Maß an intrinsischer Motivation (statt extrinsisch durch die Note) das Gelingen einer Facharbeit. Um dies zu erreichen ist jedoch eine emotionale Verbundenheit mit dem eigenen Facharbeitsthema nötig. Infolge der Themenvorgabe durch den Lehrer, die kaum einen Bezug zum Studienwunsch des Schülers erkennen lässt, war dies hier aber nur schwer möglich. Möglicherweise wäre es zielführender gewesen, wenn der Schüler sich – wie die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler an seinem Gymnasium – selbst ein Thema ausgesucht hätte.

Welche verallgemeinerbaren Erkenntnisse liefert nun die Betrachtung der vier Einzelbeispiele? Die Auswertung der ersten beiden Fragebögen zeigt vor allem, dass mathematische Facharbeiten gelingen können. Dies gilt sowohl für die absolute Leistungsspitze als auch für durchschnittlich begabte Gymnasiastinnen und Gymnasiasten. Auf der anderen Seite wird auch deutlich, dass mathematische Facharbeiten kein Wundermittel sind und durchaus auch scheitern können. Die Analyse von Fragebogen 3 und 4 legt nahe, dass negativ beeinflussende Faktoren vor allem ein unpassendes Thema und eine Orientierung am Rigidem Schema sein können. Bei allen vier Fragebögen können Zusammenhänge zwischen der mathematischen Facharbeit und dem Mathematikbild hergestellt werden. Analog zum vorherigen Kapitel bleibt aber auch hier offen, was Ursache und was Wirkung ist. Dies kann die einmalige Fragebogenbefragung nicht leisten.

4.2 Fallstudie

4.2.1 Bild der Mathematik

Im ersten Teilkapitel der Fallstudie wird das Schülerbild von Mathematik auf Basis von den Ergebnissen mehrerer Untersuchungsabschnitte beleuchtet. Eine Möglichkeit, sich dem Konstrukt Mathematikbild zu nähern, ist die Verwendung von Grigutschs Fragebogen und seiner Einteilung des Bildes von Mathematik in fünf Aspekte.¹ Im folgendem Diagramm² werden die Ergebnisse der Fallstudie zu den beiden Testzeitpunkten (T1: zu Beginn des Arbeitsprozesses, T2: nach Abgabe der Facharbeit) mit denjenigen der Fragebogenerhebung im Rahmen des ersten Studienteils verglichen.



Für beide Testzeitpunkte sind die durchschnittlichen Zustimmungswerte für den Formalismus-, Prozess- und Anwendungsaspekt höher als für die Vergleichsgruppe aus dem ersten Studienteil. Für Schema und Rigides Schema hingegen sind sie jeweils niedriger. Auffällig ist, dass sich dieses Ergebnis mit dem aus dem Kapitel 4.1.4 deckt, in dem zwischen den beiden Gruppen der Schülerinnen und Schüler mit und ohne Facharbeiten unterschieden wurde. Auch hier stimmten die Schülerinnen und Schüler mit mathematischer Facharbeit den Items zum Formalismus, zum Prozess und zur Anwendung mehr zu als die anderen Abiturientinnen und Abiturienten. Genau das Gegenteil lag für Schema und Rigides Schema vor.³ Die Vorzeichen der jeweiligen Differenz des Antwortverhaltens zur Vergleichsgruppe sind also bei insgesamt drei Messungen bei allen fünf Aspekten des Mathematikbilds stets gleich. Somit bestätigt die Fallstudie eines der zentralen Untersuchungsergebnisse aus dem vorherigen Kapitel.

¹ Siehe Kapitel 2.4 (S. 42).

² Abbildung 18 bezieht sich auf: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: I3-S31.

³ Siehe Kapitel 4.1.4 (S. 88).

Für beide Messzeitpunkte ist das Mathematikbild der Fallstudienteilnehmer (analog zum Abschnitt 4.1.4) als positiv anzusehen. Die sonst weit verbreitete Orientierung am Schemaspekt wird hier ersetzt durch eine Sichtweise auf Mathematik, die den unterschiedlichen Gesichtspunkten des Fachs gerechter wird. Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass neben der schematisch-algorithmischen Orientierung auch die spezifische Exaktheit, die Prozesshaftigkeit und die Anwendungsmöglichkeiten charakteristisch für diese Disziplin sind. Zudem sind auch die deutlich niedrigeren Werte beim Rigidem Schema positiv zu werten.

Neben der Beschreibung der genannten Unterschiede zwischen Schülerinnen und Schülern mit und ohne Mathematikfächerarbeiten, bietet Abbildung 18 die Möglichkeit, zu untersuchen, ob diese Differenzen eine Folge des Verfassens von Facharbeiten sind oder ob sie eher der Grund sind, warum sich bestimmte Abiturientinnen und Abiturienten für eine mathematische Facharbeit entscheiden. Zur Klärung dieser Frage können die Aspekte des Mathematikbilds in zwei Gruppen unterschieden werden.

Zur ersten Gruppe gehören der Anwendungsaspekt und das Rigidem Schema. Bezüglich dieser beiden Aspekte ist schon zu Beginn der Fallstudie für die Probanden ein großer Unterschied zur Vergleichsgruppe zu konstatieren. Der Abstand zu den 927 Schülerinnen und Schülern aus dem ersten Studienteil wird zum zweiten Messzeitpunkt etwas kleiner. Dies verändert jedoch das Gesamtbild nicht, dass die Fallstudienteilnehmer deutlich höhere Zustimmungswerte zum Anwendungsaspekt haben und sie das Rigidem Schema im Mittel ablehnen. Deshalb sind für beide Aspekte die Werte zum zweiten Messzeitpunkt als Bestätigung der schon zu Beginn der Fallstudie bestehenden Differenzen zu werten.

Ein anderes Ergebnis liefert das Diagramm für den Schema-, Formalismus- und Prozessaspekt. Bei T1 liegen nur geringe Unterschiede zur Vergleichsgruppe vor. Diese Differenzen verstärken sich dann im Verlauf der Fallstudie. Dabei ist der Formalismusaspekt derjenige, bei dem zwischen beiden Messzeitpunkten die größten Unterschiede vorliegen. Durch den Anstieg im Verlauf des Schreibprozesses der Schülerinnen und Schüler hat dieser Aspekt nach Ablauf der Studie die höchsten Zustimmungswerte. Dies deckt sich ebenfalls mit den Ergebnissen aus Kapitel 4.1.4. Auch hier war der Formalismus für Schülerinnen und Schüler mit Mathematikfächerarbeit der einzige Aspekt mit mittleren Zustimmungswerten über 4,0 (entspricht: stimme der Aussage zu).⁴ Dass gerade der Formalismusaspekt direkt nach Abgabe der Facharbeit von den Fallstudienteilnehmern besonders betont wird, ist nicht verwunderlich. Schließlich ist es für die Schülerinnen und Schüler eine neue Erfahrung,

⁴ Siehe Kapitel 4.1.4 (S. 88).

wenn sie ihre mathematischen Resultate, die sie im Laufe des Arbeitsprozesses erlangten, in einem längeren Text niederschreiben und hierbei auf die Genauigkeit der mathematischen Fachsprache zu achten haben. Exaktheit ist zwar auch im Mathematikunterricht eine wichtige Komponente, neu ist aber die spezifische Genauigkeit der Mathematik so zu benutzen, dass die eigenen Gedanken formal korrekt und verständlich ausgedrückt werden.

Die Auswertung der Fragebögen ergab also, dass die Fallstudienteilnehmer im Mittel ein bestimmtes Bild von Mathematik haben, welches sie von der Vergleichsgruppe unterscheidet. Dieses spezifische Mathematikbild liegt im Wesentlichen schon zu Beginn der Beschäftigung mit den Facharbeiten vor und wird im Verlauf des Arbeitsprozesses für manche Aspekte bestätigt und für andere Aspekte verstärkt. An dieser Stelle ist anzumerken, dass – wie in Kapitel 3.2 (Seite 59f.) erläutert – auch zum Zeitpunkt T1 eine Beeinflussung des Mathematikbilds durch die Facharbeit nicht auszuschließen ist, da bereits eine Beschäftigung der Schülerinnen und Schüler mit der wissenschaftspropädeutischen Arbeit (zum Beispiel im Rahmen der Themenfindungsphase) erfolgte.

Ein ähnliches Ergebnis lieferten die Items 12 bis 14. Hier sollten die Probanden durch ein Kreuz signalisieren, wie stark sie zwischen zwei vorgegebenen Statements zu einer Antwortvorgabe tendieren. Beispielsweise sollten sie sich zwischen folgenden beiden Aussagen entscheiden: „Im Mathematikunterricht geht es mir vor allem darum, Dinge zu lernen, die ich jetzt und später anwende [Anwendungsaspekt] oder: Rechenverfahren und -regeln so gut zu lernen, dass ich die gestellten Aufgaben lösen kann [Schemaaspekt]“⁵. Die Vergleichsgruppe tendierte im Durchschnitt mit einem Mittelwert von 4,00 deutlich zum Schemaaspekt (ein zwischen beiden Polen ausgeglichenes Ergebnis liegt bei dieser 6-stufigen Skala bei 3,5).⁶ Die Fallstudienteilnehmer hingegen neigten dazu, ihr Kreuz genau in die andere Richtung zu setzen. Ihr Mittelwert lag zu T1 bei 3,12 und verringerte sich nach Abgabe der Facharbeiten sogar auf 3,00.⁷ Auch die beiden anderen Items dieser Form zeichnen ein ähnliches Bild und untermauern somit die Überlegungen zu Diagramm 18.⁸

Neben der Argumentation anhand von Fragebögen und deren statistischer Auswertung wurden im Rahmen der Fallstudie auch andere Möglichkeiten verwendet, wie das Schüler-

⁵ Siehe Anhang: Fragebogen, S. Vf.

⁶ Siehe Kapitel 4.1.1 (S. 71).

⁷ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: Spalte T.

⁸ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: Spalte T,V. Bei Item 13 passt die Tendenz mit einem Wert von 3,88 (das heißt: Tendenz in Richtung Anwendungsaspekt) zur Abbildung 18, in der für die Fallstudienteilnehmer höhere Werte beim Anwendungsaspekt im Vergleich zum Prozessaspekt abzulesen sind. Für die Vergleichsgruppe gilt dies nicht (siehe Abbildung 6). Analog gilt dies für Item 12: die Vergleichsgruppe neigte deutlich zum Schemaaspekt (Durchschnittswert von 4,06) und hat auch in Abbildung 4 höhere Werte beim Schema- als beim Anwendungsaspekt. Für die Probanden der Fallstudie hingegen fällt der Vergleich von Schema- und Anwendungsaspekt sowohl in Abbildung 18 als auch im direkten Vergleich bei Item 12 neutral aus (Mittelwerte von 3,47 (T1) und 3,71 (T2)).

bild von Mathematik beschrieben werden kann. Ziel ist es, dieses Konstrukt aus verschiedenen Blickrichtungen zu beleuchten. Hierbei ist zunächst die affektive Komponente von Einstellungen gegenüber Mathematik zu nennen. Die Probanden wurden diesbezüglich im Interview gefragt, welche Gefühle der Begriff Mathematik in ihnen auslöst. Die Antworten der Schülerinnen und Schüler ergaben ein breites Spektrum. Ein Großteil sagte, positive Gefühle gegenüber dieser Disziplin zu haben.⁹ So wurden die Begriffe „Freude“¹⁰ und „Spaß“¹¹ gleich mehrfach genannt. Andere gaben an, ein „Fan von Mathematik“¹² zu sein, sprachen von „Mathematikliebe“¹³ oder meinten, dass Mathematik „eigentlich immer schön“¹⁴ sei. Fünf Fallstudienteilnehmer antworteten, dass sie leicht positiv oder neutral gegenüber der Mathematik eingestellt seien.¹⁵ Auf der anderen Seite des Spektrums gab es auch zwei Schülerinnen, die negative Gefühle äußerten. Während eine der Gymnasiastinnen dies damit begründete, dass ihr im Mathematikunterricht langweilig sei¹⁶, erklärte die andere Abiturientin ihre negative Meinung gegenüber Mathematik mit Verständnisproblemen und Versagensängsten:

„Ich bin eher schlecht in Mathe [die Schülerin hatte auf dem letzten Zeugnis die Note 3 und schätzte sich schon im Fragebogen viel schlechter in Mathematik als ihre Mitschülerinnen und Mitschüler ein¹⁷] und es ist halt/Hat für mich nicht so einen tollen Klang sage ich mal [...] Na, eben Stress und ein bisschen so Versagen. Und, ja (...) halt Unsicherheit und schlechte Noten und so.“¹⁸

Trotz dieser beiden negativen Haltungen bezüglich Mathematik, bleibt festzuhalten, dass bei den meisten Probanden die positiven Gefühle überwiegen. Es kann angenommen werden, dass sich – auch wenn verschiedene Studien zeigten, dass die allgemeine Beliebtheit des Schulfachs Mathematik höher als vielfach angenommen ist¹⁹ – die Einstellungen der Fallstudienprobanden von einem durchschnittlichen Mathematikkurs in der Oberstufe positiv abheben.

Ein anderer Ansatz, der verwendet wurde, um sich durch die Interviewsituation dem Mathematikbild der Schülerinnen und Schüler zu nähern, ist die Frage nach einer Definition von Mathematik. An dieser Stelle hatten die Probanden ganz unterschiedliche Erklärungen.

⁹ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI1: 16-17; NI2: 14-17; NI4: 21-23; NI5: 16-19; NI8: 20-23; NI9: 14-15; NW2: 12-15; ST3: 14-19; ST4: 12-13; TH1: 35-36 (insgesamt 10 Probanden).

¹⁰ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI2: 14-17; NI8: 20-23; ST4: 12-13; TH1: 13-14.

¹¹ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI1: 16-17; NI5: 16-19; NI 9: 14-15;

¹² Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI8: 21.

¹³ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI8: 77.

¹⁴ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: TH1: 14.

¹⁵ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI1: 16-17; NI6: 14-17; NI7: 18-19; NW3: 24-25; ST2: 19-22.

¹⁶ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW1: 12-15.

¹⁷ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: X5.

¹⁸ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: ST1: 13, 17.

¹⁹ Vgl. Götz/Haag, S. 34; Jäger/Jäger-Flor, S. 18ff.; Moser Opitz (für die Deutschschweiz), S. 190ff.

In diesen spiegeln sich häufig gleich mehrere Aspekte von Grigutschs Kategorisierung des Mathematikbilds wider.²⁰ Diese Erkenntnis passt mit den Ergebnissen aus Abbildung 18 überein, an dem deutlich wurde, dass das Mathematikbild der Fallstudienteilnehmer von einer Ausgewogenheit mehrerer Aspekte geprägt ist. Ein Beispiel aus den Interviews lautet wie folgt:

„Ja, das Anwenden halt von Formeln auf bestimmte Aufgabenstellungen [Schema]. Und dass man dann halt Probleme löst [Prozess], oder Rechnungen, irgendwas ausrechnet halt [Schema] [Nachfrage vom Interviewer] und dann vielleicht noch, dass man das (...) halt die Formeln auf so Sachen vom Alltag übertragen kann. Und dass wir/ wir haben ja auch oft solche Beispiele, dass wir irgendwas, was geschichtlich passiert oder ist [...] dass man die Formeln darauf dann übertragen kann [Anwendung].“²¹

Auffällig bei der Frage nach der Definition von Mathematik war, dass fast alle Schülerinnen und Schüler wie im obigen Beispiel spontan überlegten, wie sie antworten. Einzige Ausnahme war dabei folgende Interviewsituation:

„I: Ja. Was bedeutet "Mathematik" für Sie? [...]

B: Uff. (lacht) Nein, das ist, ja man löst halt Problemstellungen und muss diese Problemstellung halt auch aus dem alltäglichen Kontext sozusagen mathematisch also mathematisieren. Und das Problem dann mathematisch lösen und dann wieder auf den Alltag beziehen.

I: Mhm (bejahend). Diese Art Definition, die Sie da jetzt genannt haben, haben Sie irgendwoher oder haben Sie sich die selber so?

B. Die haben wir gelernt. (lacht) Nein, die hat unser Lehrer/ unser Lehrer hat uns das doch schon mal erklärt. Also wir haben halt so generelle Konzepte mal bekommen, und da war das dabei.“²²

Der Fakt, dass die Abiturientinnen und Abiturienten (abgesehen von der genannten Ausnahme) Probleme haben, diese Frage zu beantworten, passt mit Kloostermans Ergebnissen für Schülerinnen und Schüler der neunten bis zwölften Klassen aus den USA überein.²³ Auf beiden Seiten des Atlantiks scheinen die Schülerinnen und Schüler selten gefragt zu werden, was Mathematik ist. Eine Beschäftigung darüber, wie diese Wissenschaft definiert werden kann, erfolgt sehr selten. Dieses Fehlen der Kenntnis einer Begriffsfassung von Mathematik könnte zur Folge haben, dass das Mathematikbild der Probanden wandelbar ist. Schließlich können sich die Schülerinnen und Schüler somit nicht auf eine aus dem Unterricht bekannte Thematisierung, was Mathematik ist, beziehen, wenn sie über das Wesen dieser Disziplin nachdenken.

²⁰ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI1: 14-15; NI2: 12-13; NI4: 13-16, NI5: 12-15; 21; NI6: 10-13; NI7: 10-17; NI8: 16-19; NW2: 10-11; ST3: 10-11; ST4: 10-11.

²¹ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI5: 12,14.

²² Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW3: 15.

²³ Vgl. Kloosterman, S. 249, 263.

Genau diese Frage nach dem Wandel des Mathematikbilds durch das Verfassen der Facharbeit wurde im Interview aufgenommen. Die Fallstudienteilnehmer wurden gefragt, ob die Facharbeit ihre Sicht auf Mathematik verändert. Die eine Hälfte der Probanden bejahte diese Frage oder gab zumindest an, dass eine bestimmte Sicht auf Mathematik schon vorher vorhanden war und durch die Facharbeit noch verstärkt wurde.²⁴ Exemplarisch hierfür steht die Aussage eines sachsen-anhaltinischen Abiturienten:

„Ich habe mich ja mit der Differentialrechnung, also mit der Anwendung damit in der Wirtschaft beschäftigt. Und da habe ich halt gemerkt, dass Mathe schon ziemlich, also sehr wichtig ist. In den ganzen Bereichen, und was mir halt vorher zwar auch schon klar war, aber halt jetzt nicht so deutlich. Also und ja. Das ist eigentlich/ Also ich denke schon, dass es so ein bisschen meine Sicht zu Mathe verbessert hat.“²⁵

Typisch an diesem Statement ist der Bezug zur Anwendbarkeit der Mathematik. Sieben von acht Interviewten, die eine Änderung ihrer Mathematiksicht beschrieben, begründeten diesen Wandel damit, dass ihnen durch die Facharbeit die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten dieses Fachs bewusster wurden.²⁶ Im Vergleich mit den Ergebnissen aus dem Diagramm 18 fällt auf, dass dort kein Anstieg der Zustimmung zum Anwendungsaspekt im Verlauf der Fallstudie zu verzeichnen war.²⁷ Dieser Wandel im Bezug auf die Anwendungsmöglichkeiten der Mathematik scheint also besser auf der Einzelebene der Interviews erkennbar zu sein als mit der statistischen Auswertung im Rahmen der beiden Fragebogenuntersuchung (T1 und T2). Genau das Gegenteil trifft auf den Formalismusaspekt zu. Eine Steigerung der Zustimmung gegenüber diesem Aspekt des Mathematikbilds konnte – im Gegensatz zu Abbildung 18 – in den Interviews nicht herausgestellt werden.

Die andere Hälfte der Teilnehmer an der Studie verneinte die Frage nach einem Wandel der Sicht auf Mathematik.²⁸ Zwei Schülerinnen, die im Mathematikunterricht weniger leistungsstark sind²⁹, nannten als Grund hierfür, dass sie genau wie im Unterricht Probleme hätten, die mathematischen Inhalte zu verstehen.³⁰ Eine der beiden Schülerinnen sagte:

²⁴ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI1: 28-37; NI2: 18-23; NI5: 22-25; NI8: 30-42; NW28-39; ST2: 27-30; ST3: 28-29; ST4: 20-21.

²⁵ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: ST3: 29.

²⁶ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI2: 18-23; NI5: 22-25; NI8: 30-42; NW28-39; ST2: 27-30; ST3: 28-29; ST4: 20-21.

²⁷ Vgl. Abbildung 18 und Anhang: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: Spalten I,S. Die Ergebnisse beider Fallstudienteile passen dennoch gut zusammen und widersprechen sich nicht: Diejenigen sieben Probanden, die einen Wandel in der Sicht auf Mathematik mit den vielseitigen Anwendungen des Faches begründeten, hatten im Mittel bei Zeitpunkt T2 einen um 0,5 höheren Zustimmungswert bei den Items zum Anwendungsaspekt und bei keinem einzigen Probanden aus dieser Teilgruppe lag eine Verringerung der Anwendungswerte im Verlauf der Studie vor.

²⁸ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI4 (Teil 2): 41-44; NI6: 22-27; NI7: 22-23; NI9: 20-21; NW1: 22-25; ST1: 28-31; TH1: 47-62.

²⁹ Siehe Anhang: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: Y24; Y27.

³⁰ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW1: 22-25; ST1: 28-31.

„bei der Facharbeit muss ich mich ziemlich konzentrieren. Ich habe lange gebraucht, um überhaupt in dieses Thema rein zu kommen. [...] Und das ist im Mathe-Unterricht eigentlich immer genau ziemlich das Gleiche und deswegen ändert sich nichts.“³¹ Eine andere Ursache für das Verneinen dieser Frage liegt bei zwei anderen Probanden darin, dass sie keine Beziehung zwischen der Facharbeit und dem Fach Mathematik herstellen. Besonders deutlich wird dies anhand von folgender Interviewsituation:

J: (...) Die Facharbeit [...], ändert die Ihre Sicht auf Mathematik bezogen darauf, was Mathematik so ausmacht?

B: Ich würde sagen eher nicht, weil unser Thema ist ja mehr Finanzmathematik und das ist für mich nicht wirklich Mathematik. Es hat mehr, ja, mit Geld zu tun. Und das hat/ Ja, das ist schwierig zu erklären. Es hat mehr mit Prozentrechnung zu tun. Und nicht mit grundlegender Mathematik. Natürlich gehört Prozentrechnung zur grundlegenden Mathematik aber es ist für mich so ein/ Ja, es gehört nicht direkt dazu, es ist so ein extra Thema, das zur Mathematik gehört. Und das ist so mit Rentenrechnung und das gehört für mich nicht wirklich zur Mathematik. Es ist zwar ein Teil davon, aber es gehört da nicht richtig zu.

I: Also Sie würden da ein bisschen trennen. Das eine ist [...] der klassische Mathematik-Unterricht und das andere ist die Facharbeit [...], die irgendwo noch so ein bisschen daneben [...] steht.

B: Genau. Mit Mathe noch zusammenhängt, aber nicht genau Mathematik ist.³²

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich das Mathematikbild der Probanden von den Schülerinnen und Schülern der Vergleichsgruppe unterscheidet. Dies ist eine Bestätigung der Ergebnisse aus dem Kapitel 4.1.1. Anhand der Fallstudie konnte der Frage nachgegangen werden, ob diese Differenz schon vor Beginn des Arbeitsprozesses bestand und somit die Ursache für die Wahl einer Mathematikfacharbeit ist, oder ob dieser Unterschied erst im Verlauf des Schreibens einer solchen wissenschaftspropädeutischen Arbeit entsteht und damit eine Wirkung der Facharbeit ist. Die Fallstudie gibt Hinweise³³ darauf, dass beides zutrifft. Im Rahmen der Fragebogenerhebung zum Zeitpunkt T1 wurde deutlich, dass es schon am Anfang der Beschäftigung mit der Facharbeit statistische Unterschiede zur Vergleichsgruppe gab. Auf der anderen Seite veränderte sich das Mathematikbild im Verlaufe des Arbeitsprozesses der Schülerinnen und Schüler. Für manche der Aspekte des Mathematikbilds (Schema-, Formalismus-, Prozessaspekt) lässt sich dieser Wandel eher anhand der statistischen Auswertung der Fragebögen nachvollziehen. Für den Anwendungsaspekt wird dies in den Interviews deutlicher.

³¹ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW1: 25.

³² Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI9: 21. Vgl. auch NI7: 22-23.

³³ Die Ergebnisse sind unter Vorbehalt, der in Kapitel 3.2 erläuterten Einschränkungen, in Folge des Versuchsdesigns zu sehen.

4.2.2 Themenwahl

Drei Fragen werden im nächsten Abschnitt untersucht: Warum haben sich die Schülerinnen und Schüler dafür entschieden, eine Mathematikfacharbeit zu schreiben? Wie erfolgte die konkrete Themenwahl? Welche Themen wurden für die Facharbeiten ausgewählt?

Die Schülerinnen und Schüler wurden im ersten Fragebogen gefragt, welches Ziel sie mit dem Verfassen einer mathematischen Facharbeit verfolgen. Die Antworten der Probanden können in drei unterschiedliche Gruppen, zu denen jeweils vier oder fünf Abiturientinnen und Abiturienten gehören, eingeteilt werden. Manche Fallstudienteilnehmer gaben an, eine Mathematikfacharbeit zu schreiben, weil sie Interesse an den jeweiligen Inhalten hätten und es zudem eine gute Vorbereitung auf das Studium sei.³⁴ Beispielhaft steht hierfür die Aussage eines sachsen-anhaltinischen Schülers: *„Ich möchte mich mit Hilfe der Facharbeit meine Kenntnisse in Mathe erweitern und mich darauf vorbereiten, dieselbigen später beim Studium zu schreiben.“*³⁵ Auffällig ist, dass vier von diesen fünf Gymnasiasten schon recht konkrete Berufswünsche haben.³⁶

Eine andere Gruppe der Probanden nannte als Ziel der Mathematikfacharbeit sowohl das Thema zu verstehen als auch eine gute Note zu erhalten.³⁷ So formulierte ein niedersächsischer Gymnasiast als Zielvorstellung: *„Eine gute Note für mein Abi und natürlich das Verständnis des Themas“*³⁸. Im Unterschied zu dieser Aussage nannten vier Schülerinnen und Schüler lediglich die Zensur als Ziel für ihre Facharbeit und bilden damit den dritten Antworttyp.³⁹ Exemplarisch steht hierfür das Statement einer sachsen-anhaltinischen Schülerin: *„Ich möchte dadurch meine Mathematiknote verbessern, indem ich die Facharbeit als Klassenarbeit werten lasse.“*⁴⁰ Es zeigte sich, dass zu dieser letztgenannten Gruppe lediglich Probanden aus Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt gehören. Dies ist insofern plausibel, da in diesen beiden Bundesländern die Möglichkeit besteht, die Mathematiknote durch die Facharbeit zu verbessern, während in Niedersachsen und Thüringen die Note der Facharbeit in die Zensur für das Seminarfach eingeht.

Zu einem anderen Zeitpunkt und mit einer anderen Untersuchungsmethode (im Interview) wurde die zur Zielvorstellung ähnliche Frage gestellt, warum sich die Probanden für ein

³⁴ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AX2,6,8,14,17; es handelt sich um die Schüler: NI1,4; NW3,2; ST4.

³⁵ Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AX2.

³⁶ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AS2,6,8,14,17

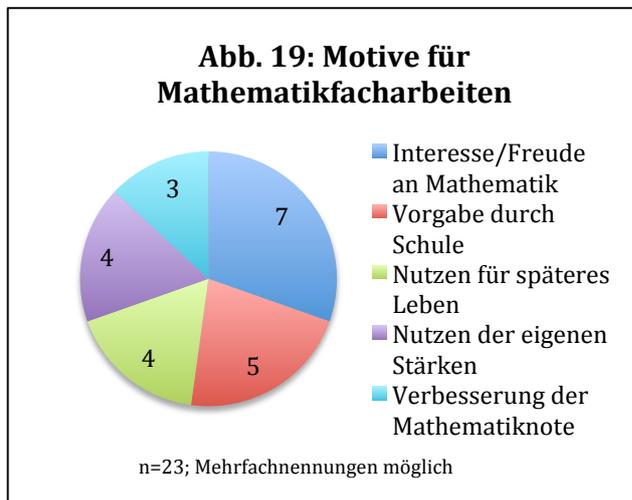
³⁷ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AX9,10,12,15,16; es handelt sich um die Probanden: NI2,3,5,7,8.

³⁸ Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AX15.

³⁹ Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AX3,4,5,7. Dies sind die Fallstudienteilnehmer: NW1; ST1,2,3.

⁴⁰ Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AX5.

mathematisches Facharbeitsthema entschieden haben. Die Antworten zu beiden Fragen sind zum Teil sehr ähnlich. Dennoch konnten im Interview auch neue Aspekte der Gründe für die Wahl einer Mathematikfacharbeit exploriert werden. Die Aussagen der Probanden können in fünf verschiedene Kategorien eingeteilt werden.



Am häufigsten nannten die Schülerinnen und Schüler bei dieser Frage Interesse oder Freude an der Mathematik (beispielsweise begründete ein Gymnasiast dies mit den Worten: „weil ich Mathematik auch gerne mache“⁴¹). Ein weiterer Grund der dazu führte, dass manche Probanden eine Mathematikfacharbeit schrieben, sind Vorgaben durch die jeweilige Schule

(dieses Argument kam in den Fragebögen nicht vor). Hierunter fallen unterschiedliche Konstellationen. Zwei Schülerinnen eines sachsen-anhaltinischen Gymnasiums wollten zunächst ihre Arbeit in einem anderen Fach schreiben, da die jeweiligen Betreuungslehrer jedoch bereits schon andere Abiturientinnen und Abiturienten bei ihren Facharbeiten betreuten, mussten sie ein Alternativfach auswählen. Nachdem aber auch hierfür das Betreuungskontingent der Lehrer ausgefüllt war, blieb ihnen als dritte Wahl nur noch ein mathematisches Facharbeitsthema übrig.⁴² Ähnlich erging es einem niedersächsischen Schüler, dessen Wunschseminarkurs (Astronomie) wegen mangelnder Schülerbeteiligung nicht zustande kam, und einem Gymnasiasten aus Sachsen-Anhalt, deren Musiklehrerin längerfristig erkrankt war und er somit nicht wie gewünscht seine Facharbeit in diesem Fach schreiben konnte.⁴³ Ein weiterer Schüler gab an, dass er bei seinem Oberstufentutor, der Mathematik und Physik unterrichtet, die Facharbeiten schreiben musste. Da er Physik bereits abgewählt hatte, blieb nur noch Mathematik als Facharbeitsthema übrig.⁴⁴ Klar ist, dass es sich bei diesen beschriebenen Situationen nicht um einen idealen Start in eine Facharbeit handelt und solche Bedingungen so weit wie möglich von Seiten der Schulen vermieden werden sollten. Im Rahmen der Untersuchung der Bewertung der Facharbeiten (4.2.5) und zur „Güte“ der Arbeiten (4.2.6) zeigte sich jedoch, dass – trotz dieser ungünsti-

⁴¹ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI6: 37; vgl. NI5: 30-31; NI7: 32-35; NI8:53-54; NI9:28-29; NW2: 51-54; TH1: 115-130.

⁴² Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: ST1: 38-51; ST2: 45-48.

⁴³ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI9: 28-29; ST3: 34-35.

⁴⁴ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI1: 52-57.

gen Rahmenbedingungen – mehrere dieser Schülerinnen und Schüler gute oder sehr gute mathematische Facharbeiten verfassten.

Unter die Kategorie „Nutzen für das spätere Leben“ fallen Antworten, die sich auf das Studium oder das Berufsleben beziehen, wie etwa: *„weil ich finde, dafür kann ich am besten was später fürs Leben lernen, wenn ich auch mal Betriebsleiter oder so was werden will, dann hilft mir das ja ziemlich stark.“*⁴⁵ Ein weiterer Grund für das Verfassen einer mathematischen Facharbeit ist die Nutzung der eigenen Stärken. Hierbei handelt es sich ebenfalls um ein Argument, welches sich im Rahmen der Fragebogenbefragung nicht zeigte. Besonders deutlich wird der Gedankengang, welche hinter diesem Beweggrund steckt in folgendem Zitat:

*„...mit einer mathematischen Facharbeit kann ich sozusagen meine/ meine Fähigkeiten besser zeigen. [...] Und wenn ich so sehr fähig bin, also fähiger bin als in allen anderen Fächern, dann finde ich, dass ich da eine Facharbeit schreiben kann. Und, dass ich einfach meine Fähigkeiten benutzen kann.“*⁴⁶

Drei Probanden gaben (genau wie im Fragebogen bei der Frage nach der Zielvorstellung) als Grund für die Wahl einer mathematischen Facharbeit die Verbesserung der Note an.⁴⁷

Eine Schülerin beschreibt ihre Taktik recht ausführlich: *„Weil meine Mathe-Klausuren etwas schlecht waren. Und ich gehofft habe, wenn ich die Facharbeit schreibe und mir da mehr Zeit für nehme, die wird ja als Klausur bewertet, dass ich da ein bisschen besser mit abschneiden kann. Ja. Deswegen eigentlich.“*⁴⁸ An anderer Stelle erläutert sie im Interview, dass ihre Lehrer zwar von solch einer Vorgehensweise abgeraten hätten, sie aber zuversichtlich sei, dass ihr Plan dennoch aufgehe.⁴⁹

Nachdem beschrieben wurde, was die Schülerinnen und Schüler dazu bewogen hat, eine Mathematikfacharbeit zu schreiben, erfolgt nun die Beschreibung, wie das konkrete Thema entstanden ist. In diesem Abschnitt des Interviews wurde deutlich, dass die Themenwahl stark von der jeweiligen Schule abhängt. Überall dort, wo an einem Gymnasium mehrere Probanden an der Fallstudie teilnahmen, wurde von diesen Schülerinnen und Schülern jeweils der gleiche oder zumindest ein ähnlicher Ablauf der Themenfindung beschrieben.⁵⁰

Die Bandbreite, wie die Schülerinnen und Schüler ihre Facharbeitsthemen festlegen, ist sehr groß. An einem Pol dieses Spektrums sind zwei niedersächsische Abiturienten zu ver-

⁴⁵ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI4 (Teil2): 54; vgl. auch NI5: 30-31; NI6:36-37; NW3: 51-52.

⁴⁶ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI2: 33; vgl. auch NI6: 36-39; NI9: 28-29, 42-43; TH1: 115-124.

⁴⁷ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW1: 32-33; ST2: 45-48; ST3: 34-39.

⁴⁸ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW1: 33.

⁴⁹ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW1: 101-110. Auf die Noten der Facharbeiten wird in 4.2.5 detailliert eingegangen.

⁵⁰ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: Codings: Entstehung des konkreten Themas.

orten, die ihre Themen von einem Fachlehrer zusammen mit konkreten Untersuchungsanweisungen vorgelegt bekamen.⁵¹ Eine etwas freiere Variante beschrieben alle vier Probanden aus Sachsen-Anhalt und eine nordrhein-westfälische Schülerin: Sie wählten aus einer Themenliste aus.⁵² Ein Gymnasium aus Niedersachsen entschied sich für die im Kapitel 2.3 (Seite 30) beschriebene Möglichkeit, Rahmenthemen für das Seminarfach vorzugeben. Einer der Seminarkurse beschäftigte sich mit Finanzmathematik. Die Schülerinnen und Schüler wählten diesen Kurs freiwillig, waren somit aber auf ein bestimmtes Gebiet der Mathematik von vornherein festgelegt. Innerhalb der Finanzmathematik mussten sie für ihre Facharbeit ein konkretes Teilgebiet auswählen. Diese Auswahl erfolgte für die einzelnen Schülerinnen und Schüler auf unterschiedliche Weise. Vier Probanden wählten ihr Thema selbstständig aus, eine Abiturientin wählte aus einer Themenliste und ein anderer Schüler lies sich vom Lehrer ein Thema geben.⁵³ Es scheint also, dass in diesem Modell der Seminarfachlehrer je nach Schüler beziehungsweise Schülerin eine andere Variante der Themenwahl möglich gemacht hat. Manche konnten selbstständig ihr Thema auswählen, während andere hierbei stärker gelenkt wurden. Auf der anderen Seite des Spektrums der Eigenständigkeit bezüglich der Themenwahl stehen vier Probanden die gänzlich selbstständig ihr Thema auswählten. Nachdem sie ein Thema gefunden hatten, wurde dieses von der jeweiligen Lehrkraft überprüft und gegebenenfalls modifiziert.⁵⁴ Eine der Schülerinnen aus dieser Gruppe hatte nach der Themenfindungsphase das Problem, dass sie mindestens zwei weitere Mitstreiter für ihr geplantes Projekt gewinnen musste, weil sie in Thüringen zur Schule geht und dort die Seminarfacharbeit in Gruppen geschrieben wird. Diese Suche nach möglichen Gruppenmitgliedern gestaltete sich für sie sehr schwierig. Schließlich konnte sie zwei eher leistungsschwache Klassenkameradinnen, die sich vorher noch keiner anderen Gruppe angeschlossen hatten, hierfür gewinnen.⁵⁵

Im Vergleich zu den Ergebnissen der Vergleichsgruppe, bei denen sehr viele Befragte angaben, ihr Facharbeitsthema eigenständig auszuwählen⁵⁶, zeigte das Interview mit den Fallstudienprobanden, dass bei diesen 17 Schülerinnen und Schülern selbstständige Formen der Themenfindung mit stärker gelenkten Varianten ungefähr gleich oft vorkamen. Dies ist ein Hinweis darauf, dass bei mathematischen Facharbeiten die Themenfindung

⁵¹ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI2: 36-39; NI3: 30-33.

⁵² Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW1: 34-35; ST1: 40-51; ST2: 53-56; ST3: 40-41; ST4: 30-37.

⁵³ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI4 (Teil2): 57-58; NI5: 32-35; NI6: 40-43; NI7: 36-37; NI8: 55-60; NI9: 42-47.

⁵⁴ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI1: 47-51, 58-61; NW2: 60-61; NW3: 53-54; TH1: 131-136. Diese Überprüfung durch den Lehrer fand auch bei denjenigen Probanden statt, die in Niedersachsen zum Rahmenthema Finanzmathematik ihr Facharbeitsthema frei auswählten.

⁵⁵ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA TH1: 153-179; 237-241.

⁵⁶ Siehe Kapitel 4.1.3 (S. 85).

möglicherweise für die Gymnasiastinnen und Gymnasiasten schwieriger als bei den anderen Fächern sein könnte. Jedoch könnte auch ein anderer Erklärungsansatz für diesen Zusammenhang zutreffen: Die betreuenden Lehrer trauen ihren Schülerinnen und Schülern bei mathematischen Themen eine eigenständige Themensuche weniger zu als in anderen Fächern und greifen deshalb (teilweise unnötigerweise) in die Themenfindungsphase ein.

ST4	Funktionen mit zwei Veränderlichen
ST3	Anwendung der Differentialrechnung in der Wirtschaft
ST2	Wachstums- und Zerfallsprozesse in der Mathematik und ihre Darstellung durch Exponentialfunktionen
ST1	Mathematik und Kunst. Perspektiven und Proportionen
NW3	RSA-Verschlüsselung. Historischer Meilenstein oder aktuelle Methode
NW2	Die Poissonverteilung als eine Approximation der Binomialverteilung und ihre Anwendung
NW1	Komplexe Zahlen
NI9	Das Äquivalenzprinzip in Bezug auf Steuern und Sozialversicherung
NI8	Grundlagen der technischen Analyse anhand der Interpretation von Candlestick-Charts
NI7	Spieltheorie
NI6	Ratingagenturen. Ursachen schlechter Ratingperformance
NI5	Swaps und der Weg in die Finanzkrise
NI4	Finanzierungs- und Investitionsrechnung in einem Handelsbetrieb mit industrieller Anarbeitung
NI3	Wanddicke einer Seifenblase. Experimentelle und theoretische Bestimmungsmöglichkeiten
NI2	Modellierung einer Epidemie. Möglichkeiten und Grenzen einer mathematischen Modellierung
NI1	Komplexe Zahlen – Anwendung und Bemerkungen zur Geschichte
TH1	Papierfalten als Lerninstrument – Geschichte und Gegenwart

Bei Betrachtung der Themenliste fallen drei Aspekte auf. Erstens gibt es Themen, welche an mehreren Schulen bearbeitet wurden. Hierzu zählt die Wirtschafts- und Finanzmathematik (im Rahmen der Fallstudie besonders häufig vertreten, da sechs Probanden an einer niedersächsischen Schule ein Seminarfach mit Rahmenthema Finanzmathematik belegten) genauso wie Komplexe Zahlen.⁵⁷ Auch Verschlüsselungstechniken scheinen ein beliebtes Thema zu sein. Hiermit beschäftigte sich sowohl ein Fallstudienteilnehmer als auch ein Schüler der Vergleichsgruppe.⁵⁸ Zweitens zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler ganz unterschiedliche Teilbereiche der Mathematik wie Analysis, Geometrie, Stochastik oder Didaktik in ihren Facharbeiten behandeln. Schließlich fällt drittens schon im Titel der Arbeiten der Bezug zu Anwendungen der Mathematik auf. Nur zwei der Themen sind rein innermathematischer Natur (ST4 und NW1). Anwendungsbezogene Themen scheinen besonders geeignet zu sein, da es hier eher möglich ist, eigene Gedanken in die Arbeit ein-

⁵⁷ Wirtschafts- und Finanzmathematik: NI4-9; ST3; Komplexe Zahlen: NI1; NW1. Zusätzlich schrieb auch ein Schüler aus der Vergleichsgruppe über dieses Thema (vgl. Datenmatrix CE 406).

⁵⁸ Vgl. NW3; Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: CE 748.

fließen zu lassen. Im Hinblick auf diese thematische Ausrichtung der Arbeiten ist die starke Betonung des Anwendungsaspekts der Probanden, welcher sich sowohl im Rahmen der Fragebogenerhebungen als auch im Interview zeigte, nicht verwunderlich.

Die Ergebnisse dieses Teilkapitels stützen die in Abschnitt 4.1.3 (Seite 84) formulierte These, dass es in den einzelnen Bundesländern Rahmenbedingungen gibt, welche die Anzahl von mathematischen Facharbeiten beeinflussen. So entfällt zum Beispiel in Niedersachsen und Thüringen das Motiv Verbesserung der Mathematiknote und fehlt damit eine von fünf explorierten Intentionen, eine solche wissenschaftspropädeutische Arbeit zu verfassen. Dafür sorgt die Vergabe von Seminarkursen mit Rahmenthema dafür, dass an einzelnen niedersächsischen Schulen sehr viele Schülerinnen und Schüler eine Mathematikfacharbeit schreiben. Die Vorgabe, in Thüringen die Seminarfacharbeiten in Gruppen zu schreiben, wirkt sich hingegen wohl negativ auf die Anzahl von Mathematikarbeiten aus, da es für einzelne Schülerinnen und Schüler, die sich für dieses Fach begeistern, schwierig sein kann, Klassenkameraden als Mitstreiter hierfür zu gewinnen.

Als Resümee für dieses Teilkapitel ist festzuhalten, dass die Fallstudie bezogen auf die Themenwahl eine große Bandbreite von unterschiedlichen Facharbeiten abdeckt. Die Motive für das Verfassen einer Mathematikfacharbeit reichen von Freude an dieser Wissenschaft über den Wunsch, die Mathematiknote zu verbessern bis hin zu Vorgaben durch die jeweilige Schule. Damit sind diese Argumente genauso verschieden wie der Ablauf der konkreten Themenwahl und die mathematischen Teilgebiete, welche behandelt werden. Eine Gemeinsamkeit vieler Arbeiten ist der Anwendungsbezug der Mathematik, welcher in ihnen angesprochen wird.

4.2.3 Arbeitsprozess

Dieses Teilkapitel handelt vom Entstehensprozess der Facharbeiten. Es wird untersucht, wer den Schülerinnen und Schülern hilft, wie viel Zeit sie für ihre Arbeiten investieren, wo es Schwierigkeiten und Probleme gibt und wie die Fallstudienteilnehmer nach Informationen recherchieren.

Um die erstgenannte Frage nach der Unterstützung, welche die Abiturientinnen und Abiturienten erhalten, zu klären, wurden die Probanden in beiden Fragebögen gefragt, wer ihnen beim Verfassen der Arbeit hilft. Die Auswertung ergab, dass die betreuenden Lehrer hierbei am häufigsten genannt wurden, jedoch mit abfallender Tendenz der Nennungen (T1: 10-mal genannt; T2: 7 Nennungen). Beim zweiten Fragebogen nimmt die Bedeutung der Familie deutlich zu und schließt zu der Anzahl der Erwähnungen der Lehrkräfte auf (von 3

auf 7 Nennungen). Dabei fällt auf, dass die Väter besonders häufig genannt wurden. Selten berichteten die Probanden von Hilfestellungen durch andere Schülerinnen und Schüler und durch anderweitige Personen (Freunde oder Bekannte, die Experten auf dem jeweiligen Gebiet sind) oder Institutionen (Straßenverkehrsamt). Die Anzahl der Fallstudienteilnehmer, die angaben, keine Unterstützung zu erhalten, stieg von drei (T1) auf sechs (T2).⁵⁹ Weitere Hilfestellungen, die zum Teil nicht im Fragebogen angegeben wurden, konnten im Rahmen des Interviews exploriert werden. So gab beispielsweise ein niedersächsischer Schüler in beiden Fragebögen an, dass er an der Facharbeit gänzlich selbstständig arbeite.⁶⁰ Im Interview wurde jedoch deutlich, dass er mit seinem Vater, der Mathematik studiert hat, zur Universitätsbibliothek nach Hannover gefahren ist, um dort nach Informationen zu recherchieren.⁶¹ Ein anderer Schüler aus dem gleichen Bundesland erhielt besonders viele Hilfestellungen und Informationen von seinem Vater. Der Gymnasiast schrieb seine Facharbeit über die Finanzierungsrechnung am Beispiel einer neuen Investition einer Firma, in der sein Vater Betriebsleiter ist.⁶² Der Vater half ihm bei der Themenfindung, der Recherche nach Informationen und bei Verständnisfragen. Letzteres wird in der folgenden exemplarischen Interviewsituation deutlich:

I: Wenn Sie so eine Schwierigkeit haben, würden Sie dann eher den Lehrer zunächst fragen oder Ihren Vater?

B: Meinen Vater, weil das schneller geht.

I: Ok, warum geht das schneller?

B: Naja, den Herrn [Name des Seminarfachlehrers] müsste ich erst mal in der Schule versuchen zu erreichen. Und wenn ich dann nachmittags da dransitze, dann rufe ich einfach: "Papa, kannst du das mal erklären?"⁶³

Diese beiden Interviews mit niedersächsischen Schülern weisen auf einen möglichen Erklärungsansatz hin, warum Väter besonders häufig ihren Kindern beim Verfassen von Mathematikfacharbeiten helfen. Wenn sie in MINT-Berufen arbeiten, sind sie möglicherweise für ihre Kinder bezogen auf mathematische Fragen der erste familiäre Ansprechpartner.

Des Weiteren zeigte sich in den Interviews, dass manche Fallstudienteilnehmer, die angaben, dass ihnen niemand bei ihren Facharbeiten helfe, Unterstützung von ihren Lehrern erhielten.⁶⁴ Dies ist wahrscheinlich ein Zeichen dafür, dass die Hilfe durch die jeweilige

⁵⁹ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AY2-18; AW22-38.

⁶⁰ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AY6; AW26.

⁶¹ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI1: 136-137.

⁶² Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI4 (Teil2): 56.

⁶³ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI4 (Teil2): 98-101.

⁶⁴ Vgl. jeweils im direkten Vergleich Anhang: CD-ROM: MAXQDA mit CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: NI5: 52-53 mit AW30; NI6: 78-79 mit AW33; NI7: 90-105 mit AW29; NI9: 76-77 mit AW31; NW1: 35, 65 mit AW27; NW2: 79, 131 mit AW28.

betreuende Lehrkraft für einige Schülerinnen und Schüler so selbstverständlich ist, dass sie im Fragebogen nicht beachtet wurde.

Bei der Frage, wer beim Verfassen der Arbeiten hilft, gab keiner der Probanden Hochschulen oder deren Mitarbeiter an. Zwar nutzten – wie sich in den Interviews zeigte – einige der Schülerinnen und Schüler Universitätsbibliotheken zur Recherche, eine externe Betreuung oder zumindest die Gabe von Hilfestellungen durch Hochschuldozenten oder Studenten erfolgte jedoch nicht. Dies ist als Hinweis darauf zu werten, dass zumindest im ländlichen Raum Deutschlands die Zusammenarbeit von Schulen und Universitäten im Kontext von Facharbeiten noch ausbaufähig ist.

Der zweite untersuchte Aspekt in diesem Teilkapitel ist der Arbeitsaufwand der Schülerinnen und Schüler. Die Probanden notierten in beiden Fragebögen auf 5-stufigen Likertskaalen, wie hoch sie den Arbeitsaufwand für die Facharbeit einschätzen (1: sehr hoch; 5: sehr niedrig). Bei beiden Messzeitpunkten lag ein sehr ähnliches (gerundetes) Durchschnittsergebnis vor (T1: 1,7, T2: 1,8), welches zwischen den Antwortvorgaben sehr hoch und hoch liegt. Kein einziger Proband schätzte den Arbeitsaufwand niedrig oder sehr niedrig ein.⁶⁵ Diese Ergebnisse decken sich mit denen der Items 21 und 22, bei denen die Fallstudienteilnehmer genau wie die Schülerinnen und Schüler der Vergleichsgruppe eine Rangfolge von sechs Schulfächern nach der persönlichen Beliebtheit und dem Schwierigkeitsgrad, darin eine Facharbeit zu schreiben, erstellten. Zentrales Ergebnis dabei war, dass Mathematikfacharbeiten bei diesen Gymnasiastinnen und Gymnasiasten zwar beliebt sind, trotzdem aber als recht schwierig gelten.⁶⁶ Den Schülerinnen und Schülern scheint also von Beginn an die hohen Anforderungen, mit der eine mathematische Facharbeit verbunden ist, bewusst zu sein.

Trotz dieser recht einheitlichen Ergebnisse gibt es große Unterschiede bei der geschätzten Anzahl von Stunden, welche die Fallstudienteilnehmer für ihre Facharbeit investieren. An dieser Stelle ist es wenig sinnvoll, Durchschnittswerte zu berechnen, da es sich hierbei um grobe Schätzungen der Gymnasiastinnen und Gymnasiasten handelt, die zudem teilweise als Mindestangaben formuliert sind. Zudem ist einschränkend anzumerken, dass es sich hier um vage Schätzwerte handelt, die eher ein Gefühl für die Arbeitsdauer ausdrücken. Festzuhalten bleibt aber, dass viele der Schülerinnen und Schüler auf diese Interviewfrage einen Wert in der Größenordnung von 50 Stunden nannten.⁶⁷ Insgesamt ist die Streuung jedoch recht groß. Besonders niedrige Werte hatten ein niedersächsischer Schüler mit 15

⁶⁵ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AU2-AU18; AP22-38.

⁶⁶ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AE44-AK60.

⁶⁷ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: Codings: Zeitumfang.

bis 20 Stunden Arbeitszeit⁶⁸ und eine nordrhein-westfälische Schülerin, die auf diese Interviewfrage wie folgt antwortete: „(Seufzen) (...) Vielleicht (...) 10, 15 ungefähr [...] dann vielleicht, ja, so 15 Stunden würde ich sagen.“⁶⁹ Auch diese beiden Fallstudienteilnehmer schätzten sowohl zu T1 als auch zu T2 ihren Arbeitsaufwand als hoch ein. Auf der anderen Seite nannte ein Gymnasiast aus Niedersachsen einen Wert von über 100 Stunden und die Schülerin aus Thüringen sogar von mehr als 200 Stunden.⁷⁰ Nur ein Teil dieser Streuung ist mit den unterschiedlichen Vorgaben der Bundesländer und der Einzelschulen zu erklären (zum Beispiel ist die Seminarfacharbeit in Thüringen über einen deutlich längeren Zeitraum als die Facharbeiten in den anderen Ländern anberaumt). Da die beschriebene Streuung auch bei Schülerinnen und Schülern des gleichen Gymnasiums vorkommt⁷¹, bleibt also die Erkenntnis, dass die Probanden mit objektiv gesehen unterschiedlich großem Engagement ihre Facharbeiten bearbeiten. Subjektiv kann aber auch eine vergleichsweise geringe Arbeitszeit für den Schüler beziehungsweise die Schülerin eine große Herausforderung darstellen.

Der unterschiedliche Zuschnitt von kultusministeriellen und schulischen Vorgaben bezüglich der Facharbeit zeigt sich auch im nächsten Abschnitt, welcher sich mit der Vorbereitung auf das Verfassen der Arbeit beschäftigt. Klar ist, dass in den Bundesländern, in denen die Schülerinnen und Schüler ein Seminarfach belegen, die Vorbereitung besonders ausführlich erfolgt. Ein besonders gutes Beispiel hierfür ist eine niedersächsische Schule, die sich dafür entschieden hat, themengebundene Seminarkurse anzubieten. Die folgenden beiden Zitate zeigen, wie die Abiturientinnen und Abiturienten dieses Kurses zur Finanzmathematik auf die Facharbeit vorbereitet wurden:

„Jeder in dem Seminarfach sollte über diese Rentenrechnung schreiben. Genau. Und da sollten wir das üben. Die Literatur, wie man richtig zitiert, den richtigen Seitenabstand. Wie man generell so eine Hausarbeit ANFERTIGT. Also wie es dann auch in der Facharbeit sein wird. Die richtigen Abstände. Das Inhaltsverzeichnis. Das war so eine ÜBUNG für die Facharbeit. So könnte man das nennen.“⁷²

„Also wir haben extra in dem Seminarfach eine Hausarbeit geschrieben. Also sieben Seiten war die lang, da hatten alle noch das gleiche Thema bekommen. Und hatten dann aber den Aufbau wie bei einer Facharbeit, und durften das dann halt mal so ausprobieren. Und der Bewertungsbogen, den wir dann bekommen haben,

⁶⁸ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI2: 66-71.

⁶⁹ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW1: 49, 51.

⁷⁰ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI1: 102-107; TH1: 210-235.

⁷¹ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI3: 52-57 mit rund 50 Stunden und NI2: 66-71 mit weniger als 20 Stunden.

⁷² Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI9: 71.

*also es wurde benotet, der sah auch genauso aus wie bei der Facharbeit. Und dann wussten wir halt, worauf es ankommt. Und konnten einfach schon mal so ein bisschen ausprobieren, und so die Gliederung und so.*⁷³

Im Rahmen dieses Kurses konnten die Gymnasiastinnen und Gymnasiasten also im Vorfeld anhand einer kleineren Hausarbeit üben, einen wissenschaftspropädeutischen Text mit mathematischem Inhalt zu schreiben. Die anderen Probanden, welche ein Seminarfach belegten (drei Schüler aus Niedersachsen und eine Thüringer Schülerin) hatten diese Möglichkeit nicht. Dennoch berichten auch sie (mit einer Ausnahme wegen krankheitsbedingtem Fehlens eines Lehrers) über eine ausführliche Vorbereitung auf die Facharbeit.⁷⁴

Auch in den beiden Bundesländern ohne Seminarfach (Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt) erhalten die Schülerinnen und Schüler Informationen von Seiten der jeweiligen Schule über das Verfassen der Facharbeit (im Rahmen von Informations- und Projekttagen oder Präsentationen und Hinweisblättern). Diese Informationen sind nicht fachspezifisch und in der Regel vor allem auf formale Aspekte der Facharbeit bezogen.⁷⁵ Manche Fallstudienteilnehmer berichten, dass für sie diese Art der Vorbereitung ausreichend ist. Für andere hingegen scheint dies nicht der Fall zu sein, weil somit nicht auf spezielle Aspekte einer mathematischen Arbeit eingegangen wird:

„Also die ganze Stufe hatte eine Versammlung und dann haben wir eine Präsentation vorgestellt bekommen, halt wie man eine Facharbeit schreibt. Ich m/ Also ich fand das war alles sehr bezogen so auf Fächer wie Deutsch und Pädagogik und so, wie man das da schreibt. Habe mich in MATHE dann schon eher ein bisschen aufgeschmissen gefühlt. [...] Es hätte noch ein bisschen besser sein können. Mehr Erklärungen oder auch auf solche Fächer wie Mathe finde ich, das ein bisschen mehr darauf beziehen, weil ich habe das Gefühl, dass das in Mathe alles ein bisschen ANDERS ist. [...] Also ich finde man muss sich halt in Mathe allgemein mit dem Thema mehr auseinandersetzen, weil man es auch wirklich VERSTEHEN muss, wenn man darüber schreibt. Am Anfang hatte ich halt das Problem, dass ich das gar nicht verstanden habe. Ich dachte immer, wie soll ich denn das SCHREIBEN?“⁷⁶

Diese hier genannten Hürden beim Schreiben einer Mathematikfacharbeit zeigten sich auch an einer anderen Stelle des Interviews. Auf die Frage, wo es Schwierigkeiten bei der Arbeit gibt, nannten fünf Probanden Probleme beim Verstehen des mathematischen Themas.⁷⁷ Insbesondere das Einarbeiten in neue Themen durch die Lektüre mathematischer Lehr- und Fachbücher scheint schwierig zu sein. Exemplarisch steht dafür das folgende

⁷³ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI5: 49.

⁷⁴ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI1: 108-121; NI2: 72-77; NI3: 58-61; TH1: 240-241.

⁷⁵ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW1: 52-57; NW2: 116-119, NW3: 89-97; ST1: 90-93; ST2: 79-80; ST3: 94-101, ST4: 62-63.

⁷⁶ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW1: 52,57. Vgl. NW2: 116-119.

⁷⁷ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI7: 90-105; NW2: 124-129; NW3: 33-34, 102-115; ST3: 102-109; ST4: 66-75.

Zitat: *„Also was ganz extrem ist [...] weil da hat man am Anfang auch echt Probleme, wenn man dann was sieht in diesem Buch, und man versteht einfach gar nichts, weil man die ganzen Symbole nicht kennt.“*⁷⁸ Eine andere Schwierigkeit beim Verfassen einer Mathematikfacharbeit ist, den Inhalt zu verschriftlichen: *„Ja, und zwar das Verschriftlichen der Informationen finde ich sehr schwer. [...] Damit es für jeden verständlich wird. Und (...) es gibt halt auch viele Sachen, worauf man sehr achten muss.“*⁷⁹ Der Fakt, dass diese beiden Hürden genannt wurden, ist wenig verwunderlich. Schließlich ist das Aufschreiben in Textform für die meisten Schülerinnen und Schüler genauso eine neue Herausforderung, wie die Lektüre von mathematischen Fachtexten.

Andere Probleme, die genannt wurden, sind formaler Natur (von drei Probanden genannt), beziehen sich auf sprachliche Schwierigkeiten wegen Migrationshintergrunds (Abiturient, der erst vor wenigen Jahren mit seiner Familie aus dem Iran nach Niedersachsen zog) oder haben die Ursache in einer ungünstigen Konstellation der Gruppe, welche die Facharbeit gemeinsam verfasst (Thüringer Schülerin).⁸⁰

Fünf Teilnehmer an der Fallstudie gaben (zum Zeitpunkt des Interviews) an, keine Schwierigkeiten oder Probleme bei der Arbeit an ihrer Facharbeit zu haben.⁸¹ Drei dieser Probanden belegten den themengebundenen Seminarkurs zur Finanzmathematik. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Vorbereitung auf die mathematische Facharbeit und die Betreuung während des Arbeitsprozesses in diesen Kurs besonders gut gelingt.

Der letzte Abschnitt dieses Teilkapitels zum Arbeitsprozess beleuchtet die Literaturrecherche und hängt damit eng mit den Ausführungen zum Literaturverzeichnis und zur Zitation im Kontext des Kapitels 4.2.6 zusammen. Eine besondere Stellung bei der Recherche nach Informationen hat das Internet. Alle Probanden haben dieses Medium im Rahmen ihrer Facharbeit benutzt.⁸² Neben dem Internet spielen Bibliotheken ebenfalls eine zentrale Rolle für die Informationsbeschaffung. Neun Fallstudienteilnehmer besuchten eine Hochschulbibliothek. Andere suchten eine Landesbibliothek auf, recherchierten in der Bibliothek der nächstgelegenen Großstadt oder benutzten die Möglichkeit der Fernleihe in einer

⁷⁸ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW3: 34.

⁷⁹ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI1: 123. Vgl. auch: ST3: 102-109.

⁸⁰ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: formale Probleme: NI5: 50-51; NW1: 58-63; ST2: 81-84; Migrationshintergrund: NI2: 78-83, 147-174; Gruppenkonstellation: TH1: 244-247.

⁸¹ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI3: 62-63; NI4 (Teil2): 96-97; NI8: 104-105; NI9: 72-77; ST1: 94-95.

⁸² Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: Codings: Recherche nach Informationen. Hier nennen zwar nicht alle Schülerinnen und Schüler das Internet. In Anbetracht der Tatsache, dass im Literaturverzeichnis aller Probanden Internetseiten genannt wurden, weist dies eher auf die Selbstverständlichkeit der Benutzung dieses Mediums hin.

Kleinstadtbibliothek.⁸³ Nur fünf Fallstudienteilnehmer berichteten nicht von der Recherche in Bibliotheken. Gerade vor dem Hintergrund, dass alle untersuchten Schülerinnen und Schüler ihr Abitur in Kleinstädten ablegen (und damit der Zugang zu großen Büchersammlungen schwerer ist), sind diese Zahlen als Hinweis auf die große Bedeutung von Bibliotheken zu werten. Auffällig ist, dass fast alle der Probanden, die von dieser Art der Recherche sprachen, zunächst mit dem Seminarkurs oder mit nahen Verwandten die jeweiligen Bibliotheken aufsuchten. Häufig wurde bei diesem Besuch erstmals ein Benutzerausweis angefertigt und eine Führung durch die Bibliothek durchgeführt; anschließend erfolgte die eigenständige Recherche der Schülerinnen und Schüler.⁸⁴ Im Hinblick auf die wissenschaftspropädeutische Funktion der Facharbeiten zeigt dies, dass die Gymnasiastinnen und Gymnasiasten während des Arbeitsprozesses häufig den ersten Kontakt mit Recherche-techniken des wissenschaftlichen Arbeitens haben.

Eine dritte wichtige Möglichkeit, für die Schülerinnen und Schüler Informationen zu erhalten, war der direkte Kontakt zu bestimmten Personen, die den Probanden Literatur gaben. Einerseits handelt es sich hierbei um die betreuenden Lehrer, andererseits um Freunde oder Verwandte. Insbesondere die Thüringer Fallstudienteilnehmerin hatte hier einen leichten Zugang zu Informationen. Diese erhielt sie: *„Von einem guten Freund von uns, der hat/ ist Katalane. Der hat auch die Tagung [zum Papierfalten und damit zum Seminarfacharbeitsthema] gegründet, und der hat zum Servietten brechen geforscht und zu alter Faltradition in Europa.“*⁸⁵

Die wichtigsten Ergebnisse dieses Kapitels zum Arbeitsprozess sind also folgende vier Erkenntnisse: Die Schülerinnen und Schüler wurden vor allem von ihren Lehrern sowie von Familienangehörigen unterstützt; trotz der unterschiedlichen Zeit, welche die Fallstudienteilnehmer investierten, erlebten alle Probanden die Facharbeit als großen Arbeitsaufwand; die Schwierigkeiten während des Arbeitsprozesses waren vor allem inhaltlicher Art; für die Informationsrecherche waren das Internet und Bibliotheken besonders wichtig.

4.2.4 Zukunftsvorstellungen

Um sich dem folgenden Fallstudienthema zu nähern – der Zukunftsvorstellung der Probanden – wurden die Abiturientinnen und Abiturienten sowohl im ersten Fragebogen als auch im Interview gefragt, welche beruflichen Pläne sie für die Zeit nach der Schule haben. Zusätzlich wurde ihnen im Interview die Frage gestellt, ob sie der Meinung sind, dass die

⁸³ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: Codings: Recherche nach Informationen.

⁸⁴ Vgl. ebd.

⁸⁵ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: TH1: 253.

Facharbeit dabei hilft, ihre Zukunftspläne zu verwirklichen. Die Antworten der Schülerinnen und Schüler auf diese Fragen können in drei fast gleich große Gruppen eingeteilt werden.

Die Schülerinnen und Schüler der ersten dieser Gruppen haben gemein, dass sie im Interview angaben, relativ sicher ein mathematisches Studium anzustreben. Nur bei einem von diesen Probanden ist diese Aussage mit gleicher Unsicherheit wie schon im Fragebogen I verbunden. Vier andere Fallstudienteilnehmer nannten schon im ersten Teil der Studie mathematiknahe Berufe oder konnten sich vorstellen, „etwas mit Mathe“ zu studieren. Wenige Wochen später im Rahmen des Interviews waren die Zukunftspläne deutlich konkreter oder die jeweiligen Studienfachwünsche noch sehr viel ausgeprägter mathematischer Natur. Ein Schüler aus dieser Gruppe nannte im Fragebogen I gar keine Zukunftspläne. Insgesamt ist also in dieser Gruppe im Verlauf des Arbeitsprozesses von einem deutlichen Trend der Konkretisierung der Studienwünsche hin zu einem mathematischen Thema zu sprechen. Die einzelnen Angaben der Probanden sind in folgender Tabelle dargestellt:

Tab. 14: Zukunftsvorstellung: Gruppe 1: mathematisches Studium⁸⁶

	Fragebogen I	Interview
ST4	Medizin oder Informatik	Mathematik oder Wirtschaftsmathematik; Medizin verworfen
NW3	Software Engineer	Mathematik, Informatik, Philosophie (Kombination)
NW2	etwas mit Mathe	Wirtschaftswissenschaften/Finanzen oder Wirtschaftsmathematik
NI5	-	vielleicht Wirtschaftsmathematik
NI4	Ingenieur	finanzmathematischer Bereich oder Wirtschaftsingenieur, -prüfling
NI2	Zahnarzt oder Mathematik	Zahnarzt oder Mathematik

Da diese Schülerinnen und Schüler im Interview angaben, ziemlich sicher ein mathematisches Fach zu studieren, ist es wenig verwunderlich, dass sie alle in diesem Gespräch, die Frage, ob die Facharbeit hilft, diese Pläne zu verwirklichen, bejahten.⁸⁷ Begründet haben die Gymnasiastinnen und Gymnasiasten dies mit einem inhaltlichen Vorgriff auf das Studium, wie beispielsweise dieses Zitat zeigt: „*Naja, wenn ich Wirtschaftsingenieur werde, helfen mir dann ja die Formeln alles, kenne ich dann ja schon. Ja.*“⁸⁸ Auch das Erlernen des wissenschaftlichen Arbeitens wurde in diesem Kontext genannt:

„Also ich lerne auf jeden Fall in Ansätzen wissenschaftliches Arbeiten, wie zitiert man. Wie könnte man dann so eine Seminararbeit im Studium dann schreiben. [...] Und auch sich längere Zeit mit einem Thema auseinander zu setzen, vielleicht auch mal Frustration auszuhalten [...] wenn irgendwas nicht so gut läuft. Und

⁸⁶ Der Tabelleninhalt bezieht sich auf: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AS2,6,10,14,16,17 und Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI2: 143-146; NI4 (Teil2): 136-141; NI5: 74-79; NW2: 152-159; NW3: 170-177; ST4: 130-137.

⁸⁷ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI2: 143-146; NI4 (Teil2): 136-141; NI5: 74-79; NW2: 152-159; NW3: 170-177; ST4: 130-137. Zu beachten ist, dass es sich bei den Aussagen um subjektive Momentaufnahmen der Probanden handelt. Ob die Facharbeit ihnen später wirklich hilft, kann die Studie nicht klären.

⁸⁸ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI4 (Teil2): 141. Vgl. auch: NI2: 143-146; NW3: 170-177; ST4: 130-137.

*das ist ja auch das, was man im Studium machen soll. Das selbständige Arbeiten, und wenn man Probleme hat, das probiert erst mal selber zu lösen. Also ich denke schon, dass es sinnvoll ist.*⁸⁹

Des Weiteren spielt hierbei auch die Entscheidungsfindung eine wichtige Rolle. Exemplarisch steht für solche Schülersaussagen dieses Zitat: *„Und dann, wenn mir das gefällt, und ich merke, das macht mir Spaß, dann kann das ja schon entscheidend sein, ob ich das vielleicht mal später mache.“*⁹⁰

Eine zweite Gruppe von Probanden (5 Studienteilnehmer) will von Beginn der Fallstudie an ein nicht-mathematisches Fach studieren oder erlernen (beispielsweise Lehramtsstudium Musik/Biologie oder Ausbildung zur Tierpflegerin) und wiederholt im Interview diesen Wunsch.⁹¹ Die Antworten auf die Frage, ob die Facharbeit hilft, dieses schon relativ konkrete Berufsziel zu verwirklichen, ergeben für diese Gruppe ein uneinheitliches Bild. Ein Schüler verneinte diese Frage, ein anderer war sich nicht sicher und drei Probanden bejahten diese Frage.⁹² Begründet wurde letzteres mit der erhofften guten Note der Facharbeit, dem Erlernen von inhaltlichen und methodischen Kenntnissen sowie dem Kennenlernen des Arbeitsprozesses einer wissenschaftlichen Arbeit.⁹³

Die dritte Gruppe bilden sechs Probanden, die sich sowohl zum Zeitpunkt der Fragebogenerhebung als auch im Interview nicht über ihre beruflichen Pläne für die Zeit nach der Schule im Klaren sind.⁹⁴ Da diese Schülerinnen und Schüler noch keine konkreten Berufswünsche haben, überrascht es nicht, dass vier von ihnen meinten, dass die Facharbeit ihnen nicht für die weiteren Ausbildungsschritte helfen werde.⁹⁵ Zwei dieser Fallstudienteilnehmer sahen dennoch in der Facharbeit eine Hilfe für die Phase nach dem Abitur. Sie begründeten dies recht vage: *„Naja, also es zeigt mir halt, wie man eine wissenschaftliche Arbeit schreibt. Das kann halt für später schon nützlich sein.“*⁹⁶, beziehungsweise: *„Ja, das Mathematische ist ja in vielen Hinsichten jetzt hilfreich“*⁹⁷.

Insgesamt kann für dieses Teilkapitel resümiert werden, dass durch die Facharbeit eine Tendenz in Richtung einer Konkretisierung des Wunsches, ein mathematisches Studium

⁸⁹ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW2: 157.

⁹⁰ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI5: 78.

⁹¹ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AS 3,9,11,12,18 und Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI7: 122-123; NI8: 136-141; NI9: 90-93; ST3: 148-153; TH1: 296-301.

⁹² Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI7: 122-123; NI8: 136-141; NI9: 90-93; ST3: 148-153; TH1: 296-301.

⁹³ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: Inhalt und Note: NI7: 131,137; Methodik: NI8: 140-141; Arbeitsprozess: TH1: 302-309.

⁹⁴ Vgl. Datenmatrix: Fallstudie: AS 4,5,6,7,13,15 und Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI1: 176-181; NI3: 106-109; NI6: 104-114; NW1: 97-98; ST1: 132-135; ST2: 115-116.

⁹⁵ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI1: 184-185; NI6: 112-113; NW1: 99-100; ST1: 136-137.

⁹⁶ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: ST 118.

⁹⁷ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI3: 111.

anzustreben, bei denjenigen Schülerinnen und Schülern vorhanden ist, die schon zu Beginn in Erwägung zogen sich für einen mathematiknahen Studiengang einzuschreiben. Diejenigen, die zu T1 keine konkreten Pläne hatten oder angaben, ein bestimmtes nicht-mathematisches Fach anzustreben, wiederholen im Interview mit einer Ausnahme die Aussage des Fragebogens. Eine Mehrzahl der Fallstudienteilnehmer meint, dass die Mathematikfacharbeit für die weiteren Ausbildungsschritte helfen kann. Begründet wird dies vor allem mit inhaltlichen und methodischen Kenntnissen sowie der Hilfe bei der Entscheidung, welches Fach die Schülerinnen und Schüler später studieren möchten.

4.2.5 Bewertung der Facharbeiten

Dieser Teilabschnitt beruht auf einer anderen Datenbasis als die vorherigen Kapitel. Als Grundlage dienen nun nicht mehr ausschließlich die Aussagen der Schülerinnen und Schüler aus den Fragebögen und den Interviews, sondern nehmen die Noten, mit denen die betreuenden Lehrer die Facharbeiten bewerteten, eine zentrale Rolle ein. Als Basis der folgenden Ausführungen dienen also Urteile der Lehrkräfte über die Facharbeiten der Abiturientinnen und Abiturienten.⁹⁸

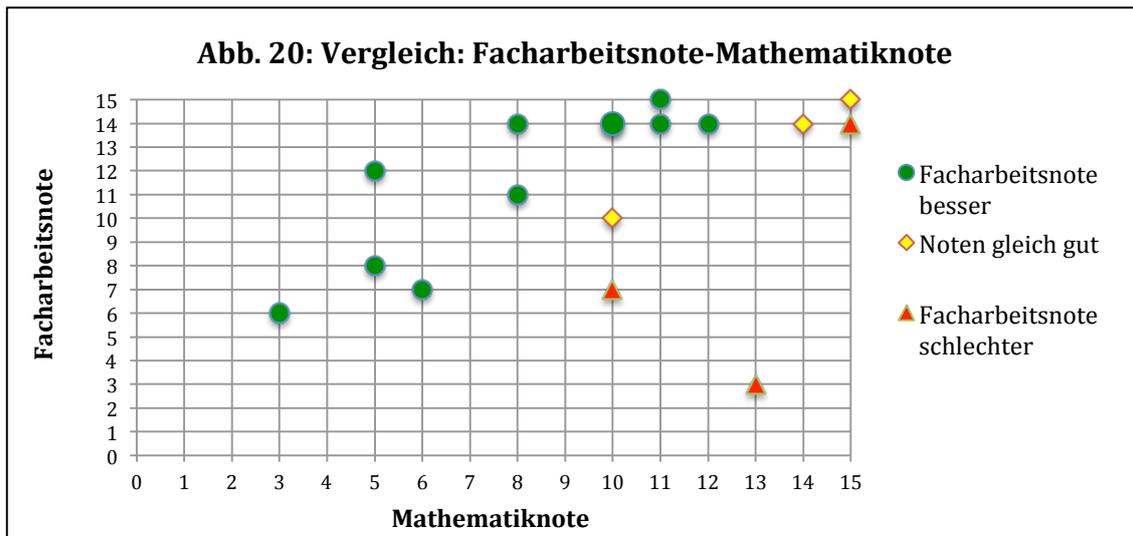
Trotz eines negativen „Ausreißers“ mit nur drei Notenpunkten⁹⁹ fiel das durchschnittliche Gesamtergebnis aller Facharbeiten mit 11,125 Notenpunkten gut aus. Knapp zwei Drittel der Probanden erreichten mindestens 10 Notenpunkte, erhielten für ihre Arbeiten also das Prädikat gut oder sehr gut.¹⁰⁰ Die meisten Fallstudienteilnehmer werden mit ihrer Note recht zufrieden gewesen sein. Neun Mal lag die Note über der im Interview formulierten Zielvorstellung und nur drei Mal darunter.¹⁰¹ Letzteres liegt auch daran, dass die Facharbeitszensur im Mittel 1,25 Notenpunkte höher als die letzte Mathematiksemesternote lag. Im folgenden Diagramm ist für jeden Probanden die Mathematik- und die Facharbeitsnote dargestellt (größerer Kreis bei Doppelbelegung des Gitterpunktes durch zwei Probanden). Je schlechter die letzte Halbjahresnote in Mathematik ist, umso mehr scheint sich das Verfassen einer Mathematikfacharbeit im Bezug auf die Bewertung zu lohnen. Von denjenigen Fallstudienteilnehmern, die im einstelligen Punktbereich zum letzten Halbjahr lagen, haben

⁹⁸ Auf die damit verbundene Diskussion über die Objektivität und Vergleichbarkeit wurde im Kapitel 3.2 (S. 65) eingegangen.

⁹⁹ Dieser Schüler kam erst vor kurzer Zeit aus dem Iran nach Deutschland und berichtete von großen sprachlichen Problemen während des Arbeitsprozesses (siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI2; Datenmatrix: Fallstudie: Notenvergleich D17).

¹⁰⁰ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 2: Spalte D. Leider mangelt es an Statistiken über die durchschnittlichen Facharbeitsnoten in den Bundesländern, um dieses Ergebnis mit anderen Fächern zu vergleichen zu können. Für Thüringen (vgl. Hempel, S. 113) liegen Daten für die Seminarfachnote (nicht: Seminarfacharbeitsnote) vor: Diese liegt deutlich über dem Gesamtabiturdurchschnitt; ein Indiz dafür, dass das obige positive Ergebnis möglicherweise kein spezielles Phänomen von Mathematikfacharbeiten ist.

¹⁰¹ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen Fallstudie: Datei 2: Spalte I.



alle in der Facharbeit bessere Noten als beim letzten Zeugnis. Zu dieser Gruppe gehören auch drei Probanden aus Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt, die auf Grund der dortigen Regelungen ihre Mathematiknote auf diese Weise verbessern können (alle lagen genau drei Notenpunkte über der Halbjahresnote). Für die Schülerinnen und Schüler mit Zeugnisnote 2 (10 bis 12 Punkte) ergibt sich ein nicht mehr ganz so eindeutiges Bild. Zwar liegen auch hier bei fünf Gymnasiastinnen und Gymnasiasten im Bereich der grünen Markierungen, doch andererseits gibt es einen Schüler der die gleiche Note für die Facharbeit erhält, die er auch schon zum Halbjahr hatte und ein weiterer Schüler schneidet sogar schlechter als seine Vornote ab. Die vier Fallstudienteilnehmer, welche mehr als 13 Notenpunkte zum Halbjahr erreichten, können auf den ersten Blick im Bezug auf die Note kaum mehr von der Facharbeit profitieren. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich jedoch, dass nur ein Schüler mit seiner Facharbeitsbewertung wirklich unzufrieden sein kann (hierbei handelt es sich um den bereits erwähnten „Ausreißer“ in dieser Statistik). Alle anderen Probanden erreichen sehr gute Bewertungen und bestätigen somit ihre hervorragenden Vornoten. Eine weitere Verbesserung der Note war bei ihnen von Beginn an kaum oder gar nicht möglich. Da diese Schüler aus Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt stammen, wird ihre Facharbeitsnote dem Schulfach Mathematik zugeordnet. Die Motivation Notenverbesserung durch die Facharbeit fand sich dementsprechend bei ihnen weder im Interview noch im Fragebogen.¹⁰²

Insgesamt beurteilen die Lehrer die Facharbeiten also recht positiv, die Facharbeiten entsprechen demzufolge den gestellten Erwartungen. Oft erreichen die Probanden ihr im Be-

¹⁰² Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 2: Spalte C,D; Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AX 2,8,17; Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW2: 48-56; NW3: 51-52; ST4: 30-37.

zug auf die Note gesetztes Ziel und liegen deutlich über der letzten Halbjahresnote. Mehrere Schülerinnen und Schüler können auf diesem Weg ihre Mathematiknote verbessern. Ein krasses Gegenbeispiel zeigt aber auch, dass genau das Gegenteil ebenfalls möglich ist.

4.2.6 Die Facharbeiten als Produkt

Der folgende Untersuchungsabschnitt beleuchtet die Facharbeiten als abrechenbares Produkt. Einerseits wird dabei untersucht, ob die Facharbeiten der Fallstudienteilnehmer den Ansprüchen ausgewählter Kriterien an solche wissenschaftspropädeutischen Arbeiten genügen. Diese Kriterien beruhen zum Teil auf messbaren Kennzahlen (zum Beispiel: Umfang der Arbeiten, Anzahl der verwendeten Quellen) als auch auf der Einteilung einzelner Aspekte der Facharbeiten (beispielsweise: Zuordnung der benutzten Literatur zu den Kategorien Fachbuch, Lehrbuch et cetera).

Andererseits thematisiert dieses Kapitel auch die Frage, welche mathematischen Zugangsweisen die Schülerinnen und Schüler für ihre Facharbeiten verwendeten. Hierzu wurden die Facharbeiten nach ihrem innermathematischen Anspruch kategorisiert. Für diese Einteilung wurden folgende vier Fragestellungen verwendet: Gibt es Anwendungsbezüge in den Facharbeiten? Ist der Inhalt für die Probanden aus mathematischer Sicht neu? Wie viele und welche Formeln wurden verwendet? Gibt es eine Diskussion über Grenzen und Schwächen der verwendeten Methode?

Ein Element um Aussagen über die „Güte“ der Facharbeiten zu treffen, ist der Umfang dieser Texte. Als Vergleichsgrundlage wird dabei die Anzahl der Wörter herangezogen, da durch unterschiedliche Textformate, eingefügte Bilder und Diagramme der Vergleich der Seitenzahl ungenau ist.

Nordrhein-Westfalen ist das einzige der vier untersuchten Bundesländer, in dem vom Kultusministerium klare Vorgaben zum Umfang der Facharbeiten vorgegeben werden: „Die Facharbeit soll im Textteil einen Umfang von 8-12 Seiten auf DIN A4, maschinenschriftlich 1 1/2zeilig, [...] im Schriftgrad 12 geschrieben, nicht unterschreiten und möglichst auch nicht übersteigen.“¹⁰³ In den anderen drei Bundesländern werden Vorgaben zum Umfang der Arbeiten auf Ebene der Schulen geregelt.

Grundsätzlich ist an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass die Wortzahl als Beurteilungsinstrument der Facharbeit allein kaum ausreichend ist. Schließlich kann in einem sehr langen Text inhaltlich viel weniger gesagt werden, als dies bei einem prägnanteren, weniger redundanten Schreibstil möglich ist. Längere Facharbeiten sind also nicht zwangsläufig

¹⁰³ Kultusministerium Nordrhein-Westfalen: Empfehlungen, S. 13.

besser. Hierauf weist auch das Thillm für die Thüringer Seminarfacharbeit hin: „...eine Begrenzung der Seitenzahl der selbst formulierten Texte [...] ist sinnvoll und wird schulin-tern festgelegt. Es gilt: Klasse statt Masse.“¹⁰⁴ Trotz dieser Einschränkungen kann festgehalten werden, dass sowohl eine zu geringe Seitenzahl (weniger als etwa 1500 Wörter, was etwa 5 reinen Textseiten mit Schriftart Times New Roman, Schriftgrad 12, Zeilenabstand 1,5-fach entspricht) genauso wenig einer Facharbeit angemessen ist, wie ein zu langer Text (mehr als ungefähr 7500 Wörter (entspricht 25 Seiten im obigen Format)). Zum wissenschaftlichen Arbeiten gehört auch, die Forschungsergebnisse in Abhängigkeit des jeweiligen Formats (zum Beispiel in einem Zeitschriftenartikel oder in einer Monografie) in angemessener Länge aufschreiben zu können.

Im Durchschnitt bestanden die Facharbeiten aus rund 4100 Wörtern (Median: circa 3700 Wörter). Beide Werte entsprechen etwa 12 bis 13 reinen Textseiten. Es zeigte sich hierbei, dass die Wortzahl sehr stark variierte und diese Streuung auch auf Ebene der Bundesländer und sogar der Einzelschulen nachweisbar ist.¹⁰⁵ Drei Facharbeiten haben lediglich einen Umfang von rund 1800 Wörtern.¹⁰⁶ Auf Grundlage dieses Wertes kann gefragt werden, ob diese Arbeiten der jeweiligen Thematik entsprechend tiefgründig genug sind. Auf der anderen Seite dieser Skala gibt es zwei Facharbeiten, deren Wortzahl die 7000er Grenze übersteigt. Sie liegen damit am oberen Ende, was für eine solche wissenschaftspropädeutische Arbeit noch angemessen ist.¹⁰⁷

Weitere in diesem Kapitel beleuchtete Kriterien sind das Literaturverzeichnis und die Zitationstechnik in den Facharbeiten. Mit einer Ausnahme nutzten alle Schülerinnen und Schüler gedruckte Quellen. Die Gesamtzahl aller gedruckten Quellen lag bei 60. Dieser Betrag teilt sich in 37 Fachbücher/-artikel¹⁰⁸, 7 Lehrbücher (meist für Studierende der ersten Semester) und 12 Schulbücher auf. Zudem wurden vier dieser Quellen unter der Kategorie Sonstige eingeordnet.¹⁰⁹ Die Bedeutung des Internets, die sich schon im Kapitel 4.2.3 (Arbeitsprozess) zeigte, wird auch bei Betrachtung der Literaturverzeichnisse deutlich. Alle Abiturientinnen und Abiturienten nutzten mindestens eine Internetquelle; die meisten von ihnen gleich mehrere, so dass sich die Gesamtzahl dieser Quellengattung auf 107 aufsummiert. An dieser Stelle wird jedoch auch deutlich, dass die bloße Anzahl an unterschiedli-

¹⁰⁴ Thillm, S. 30.

¹⁰⁵ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 3: P4-P20.

¹⁰⁶ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 3: P7,9,18.

¹⁰⁷ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 3: P12,20.

¹⁰⁸ Es fällt dabei auf, dass es sich in dieser Kategorie nur um einen einzigen Fachartikel handelt. Vermutlich liegt der Grund hierfür darin, dass die Suche nach Fachartikeln in der Regel mehr Kenntnisse in Recherche-techniken verlangt als für das Auffinden von Fachbüchern nötig ist (zum Beispiel: Nutzen von Datenbanken).

¹⁰⁹ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 3: C3 – G22.

chen Literaturverweisen kein gutes Instrument ist, um die „Güte“ der Arbeiten zu untersuchen. Dies gilt nicht für die insgesamt 17 Hochschulseiten, die zitiert wurden, sondern eher für die Enzyklopädie Wikipedia, welche mehrere Schülerinnen und Schüler in ihrem Literaturverzeichnis aufführten und auch für viele Internetseiten, die hier unter *Sonstige* eingeordnet wurden, wie etwa www.womo-weltenbummler.de oder www.little-idiot.de.¹¹⁰ Dies zeigt, dass das Internet für Recherchezwecke häufig verwendet wird, hierbei jedoch die Gefahr der Zitation von für Facharbeiten völlig unpassenden Seiten besteht. Gedruckte Quellen werden zwar nicht in der gleichen Anzahl zitiert, allerdings handelt es sich bei ihnen in der Regel um adäquate Literaturverweise. Die Technik des Zitierens genügte bei 12 Probanden den Bewertungskriterien Einheitlichkeit und Nachvollziehbarkeit.¹¹¹

Auch die beiden nächsten Aspekte dieses Teilkapitels (einerseits Verwendung von Abbildungen sowie andererseits Benutzung mathematischer Symbole, Formeln und Berechnungen) zeigen auf Ebene von zählbaren Kennziffern den Inhalt der Arbeiten auf. Alle Schülerinnen und Schüler benutzten in ihren Facharbeiten Abbildungen. Dabei wurden Funktionsgraphen besonders häufig verwendet.¹¹² Wie bei Mathematikfacharbeiten zu vermuten, fanden sich in den meisten Arbeiten Berechnungen und damit auch mathematische Symbole und Formeln.¹¹³ Jedoch gab es auch vier Facharbeiten, in denen keine eigenen Berechnungen durchgeführt wurden.¹¹⁴ Dies zeigt, dass das Verfassen von Mathematikfacharbeiten auch ohne eigene Berechnungen möglich ist. Bei denjenigen Probanden, in deren Arbeiten sich mathematische Symbole, Formeln und Berechnungen finden, ist der Anspruch dieser Ausführungen sehr unterschiedlich. Er reicht von recht elementaren Umstellungen einfacher Gleichungen (beispielsweise ST1) bis hin zu Inhalten, die über den Schulstoff hinausgehen (etwa ST4 mit Berechnungen von partiellen Ableitungen oder NW3 mit verschiedenen Formeln zum modularen Potenzieren).

Die Untersuchung des mathematischen Anspruchs der Facharbeiten, welche im nächsten Abschnitt erfolgt, beruht auf der Interpretation der Facharbeiten. Alle wissenschaftspropädeutischen Arbeiten wurden nach ihrem mathematischen Gehalt in Kategorien eingeordnet. Eine Übersicht hiervon ist auf der nächsten Seite dargestellt.

In Facharbeiten der beiden ersten Kategorien – bezeichnet als *mathematikdidaktische Untersuchung* und *Mathematik als Handwerkszeug in der Finanzwelt* – werden von den Gymnasiastinnen und Gymnasiasten kaum innermathematische eigene Gedanken formu-

¹¹⁰ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: H3 – L22.

¹¹¹ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: N3 – N20.

¹¹² Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 4: E3 – G19.

¹¹³ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 4: B3 – D19.

¹¹⁴ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 4: D10,13,14,19.

Tab. 15: Übersicht: Mathematischer Gehalt der Facharbeiten

	Mathematikdidaktische Untersuchung	Mathematik als Werkzeug in der Finanzwelt	Darstellung von mathematischen Inhalten	Problemlösen						
Erkenntnisgewinn durch:	Untersuchung im Kontext des Lernens von Mathematik	Untersuchung von einzelnen mathematischen Werkzeugen des Finanz- und Bankwesens	Auseinandersetzung mit bereits vorhandenen, aber für die Schülerin, für den Schüler unbekannt mathematischen Inhalten	kreative Auseinandersetzung mit Problemen, welche durch Mathematik gelöst werden						
Mathematik wird verwendet für:	- Darstellung des mathematikdidaktischen Hintergrunds - Durchführung eines Projekts mit Kindern aus dem Asylbewerberheim	- Beschreibung der Verwendung von einzelnen Werkzeugen der Finanzmathematik und Erläuterung von Konsequenzen von deren Verwendung - Interpretation von Grafiken - Veranschaulichung von Sachverhalten anhand von Beispielen mit konkreten Zahlenwerten	Darstellung von über den Schulstoff hinausgehende mathematische Inhalte, zudem: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Typ I: Darstellung von Bereichen, wo diese mathematischen Inhalte Anwendung finden, oder Darstellung des historischen Hintergrunds</td> <td style="width: 50%;">Typ II: Lösung von Beispielaufgaben, beziehungsweise Beispielaufstellungen (ohne rechenbezogenen Anwendungsbezug)</td> </tr> </table>	Typ I: Darstellung von Bereichen, wo diese mathematischen Inhalte Anwendung finden, oder Darstellung des historischen Hintergrunds	Typ II: Lösung von Beispielaufgaben, beziehungsweise Beispielaufstellungen (ohne rechenbezogenen Anwendungsbezug)	Lösung eines konkreten Problems, hierzu werden mathematische Inhalte benötigt. Diese Inhalte sind: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Typ I: bereits vorhandenes Schulwissen; Durchführung eines Experiments, dessen Ergebnisse in der Arbeit dargestellt werden</td> <td style="width: 33%;">Typ II: aus einem anderen Fach, welches neue Formeln liefert; der Umgang mit diesen ist aus dem Mathematikunterricht bekannt</td> <td style="width: 33%;">Typ III: innermathematischer Natur (für den Schüler vorher nicht bekannt), werden zunächst dargestellt; anschließend werden Inhalte benutzt, um Problem zu lösen</td> </tr> </table>	Typ I: bereits vorhandenes Schulwissen; Durchführung eines Experiments, dessen Ergebnisse in der Arbeit dargestellt werden	Typ II: aus einem anderen Fach, welches neue Formeln liefert; der Umgang mit diesen ist aus dem Mathematikunterricht bekannt	Typ III: innermathematischer Natur (für den Schüler vorher nicht bekannt), werden zunächst dargestellt; anschließend werden Inhalte benutzt, um Problem zu lösen	
Typ I: Darstellung von Bereichen, wo diese mathematischen Inhalte Anwendung finden, oder Darstellung des historischen Hintergrunds	Typ II: Lösung von Beispielaufgaben, beziehungsweise Beispielaufstellungen (ohne rechenbezogenen Anwendungsbezug)									
Typ I: bereits vorhandenes Schulwissen; Durchführung eines Experiments, dessen Ergebnisse in der Arbeit dargestellt werden	Typ II: aus einem anderen Fach, welches neue Formeln liefert; der Umgang mit diesen ist aus dem Mathematikunterricht bekannt	Typ III: innermathematischer Natur (für den Schüler vorher nicht bekannt), werden zunächst dargestellt; anschließend werden Inhalte benutzt, um Problem zu lösen								
Fälle	TH1	NI8,6,5	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Typ I: ST2,1; NI7,1</td> <td style="width: 33%;">Typ II: ST4,3; NI9</td> <td style="width: 33%;">Typ III:</td> </tr> </table>	Typ I: ST2,1; NI7,1	Typ II: ST4,3; NI9	Typ III:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Typ I: NI3*</td> <td style="width: 33%;">Typ II: NI4*,2*</td> <td style="width: 33%;">Typ III: NI4*,2*, NW2*</td> </tr> </table>	Typ I: NI3*	Typ II: NI4*,2*	Typ III: NI4*,2*, NW2*
Typ I: ST2,1; NI7,1	Typ II: ST4,3; NI9	Typ III:								
Typ I: NI3*	Typ II: NI4*,2*	Typ III: NI4*,2*, NW2*								

*: Überlegungen zu Grenzen, beziehungsweise Schwächen der verwendeten Methode/des verwendeten mathematischen Werkzeugs werden angestellt

liert. Die mathematikdidaktische Untersuchung ist eine Arbeit über Papierfalttechniken als Lerninstrument. In dieser Seminarfacharbeit wird auf Basis mathematikdidaktischer Überlegungen und einer Beschreibung des historischen Hintergrunds der Falttechniken eine Untersuchung über die Auswirkungen des Papierfaltens mit Kindern aus einem Asylbewerberheim durchgeführt. Anhand der Untersuchungsergebnisse werden anschließend Ideen für eine Umsetzung im Mathematikunterricht entwickelt.¹¹⁵

Die Arbeiten aus der Kategorie *Mathematik als Werkzeug in der Finanzwelt* stammen alle von niedersächsischen Fallstudienteilnehmern, die einen Seminarkurs zur Wirtschafts- und Finanzmathematik belegten. Beispielhaft für diese Facharbeiten ist eine Untersuchung über sogenannte Candlestick-Charts¹¹⁶ (NI8). In dieser Arbeit stellt der Abiturient eine Möglichkeit vor, um den Verlauf von Aktienkursen darzustellen und damit den Trend des Aktienverlaufs zu bestimmen, um schließlich Aussagen über die vermutete weitere Entwicklung des Kurses treffen zu können. Bei der Beschreibung, wie diese Kursanalyse funktioniert, werden unterschiedliche Diagramme analysiert und interpretiert. Wie in den anderen Arbeiten dieser beiden ersten Kategorien werden jedoch keine eigenen innermathematischen Resultate vorgestellt.¹¹⁷ Es handelt sich hierbei um jene Arbeiten, die ohne mathematische Formeln und Berechnungen auskommen.

Ausdrücklich muss darauf hingewiesen werden, dass die Facharbeiten aus diesen beiden Kategorien nicht zwangsläufig weniger gut sein müssen, als jene wissenschaftspropädeutischen Werke, bei denen der innermathematische Anspruch höher ist. Die einzelnen Schülerinnen und Schüler haben lediglich in ihren Arbeiten einen anderen thematischen Zugang und damit auch unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt. Bestätigt wird diese Argumentation auch vom Urteil der betreuenden Lehrer, die drei dieser Arbeiten mit der Note 1 bewerteten.¹¹⁸

Innermathematisch etwas anspruchsvoller sind die Facharbeiten der Kategorie *Darstellung von mathematischen Inhalten*, zu der die meisten Arbeiten zugeordnet wurden. Typischerweise werden in diesen Facharbeiten Inhalte aus den ersten Semestern eines Mathematikstudiums dargestellt. Exemplarisch steht hierfür eine Arbeit über Komplexe Zahlen, in der diese zunächst definiert werden und anschließend die Rechenregeln für diese Zahlen vorgestellt werden. Zudem wird auch auf Anwendungsmöglichkeiten und die Geschichte dieses Zahlenbereichs eingegangen. Es handelt sich hierbei nicht um objektiv neue Erkennt-

¹¹⁵ Siehe Anhang: Facharbeiten der Schülerinnen und Schüler, S. II (Kürzel: TH1).

¹¹⁶ Titel lautet: Grundlagen der technischen Analyse anhand der Interpretation von Candlestick-Charts.

¹¹⁷ Vgl. beispielsweise Anhang: Facharbeiten der Schülerinnen und Schüler, S. II (Kürzel: NI8).

¹¹⁸ Siehe Anhang: Facharbeiten der Schülerinnen und Schüler, S. II (Kürzel NI1).

nisse, dennoch sind die Inhalte für die Schülerinnen und Schüler subjektiv neu. Die Schwierigkeit besteht darin, sich in bisher unbekannte mathematische Themen einzulesen und diese anschließend angemessen darzustellen. Es fällt auf, dass in allen Arbeiten dieser Kategorie die Anwendung der mathematischen Inhalte eine wichtige Rolle spielt. Dies geschieht entweder durch das Lösen von Beispielaufgaben zur jeweiligen Thematik oder durch die Beschreibung, wo die mathematischen Inhalte angewendet werden.

Auf innermathematischer Ebene noch eine weitere Stufe anspruchsvoller sind vier Facharbeiten der Kategorie *Problemlösen*. In diesen Arbeiten werden zunächst mathematische Inhalte dargestellt. Diese Darstellung erfolgt, weil die vorgestellten mathematischen Inhalte zur Lösung eines konkreten Problems benötigt werden. Besonders anspruchsvoll ist dabei eine Arbeit, in der, die für den Schüler vorher unbekannte Poissonverteilung, zunächst dargestellt wird und danach auf Unfallstatistiken in der Heimatregion bezogen wird, um Handlungsvorschläge für die Polizei zu entwickeln.¹¹⁹

In allen vier Arbeiten dieser Kategorie wurden Überlegungen zu Grenzen und Schwächen der jeweiligen verwendeten Methode angestellt. Dieser Reflexionscharakter hebt den Anspruch dieser Arbeiten auch im Sinne der unterschiedlichen Ebenen von Wissenschaftspropädeutik¹²⁰ auf eine andere Stufe. Jedoch muss auch an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass der besonders hohe Anspruch dieser Facharbeiten nicht mit dem Verfassen einer besonders gelungenen Arbeit einhergehen muss. Deutlich wird dies an einer Arbeit über die Modellierung einer Epidemie, in der die Beurteilung eines Modells zur Modellierung der Cholera-Epidemie in Haiti von 2011 auf einem falschen Gedankengang basiert.¹²¹ Der hohe Anspruch der Arbeit (Untertitel: Möglichkeiten und Grenzen einer mathematischen Modellierung¹²²) wird hier nicht verwirklicht. Zwar ist es grundsätzlich wünschenswert, wenn die Schülerinnen und Schüler mit einem hohen Anspruch an die Facharbeit herangehen, es sollten jedoch auch immer die eigenen Leistungsmöglichkeiten im Blick behalten werden. Insofern verwundert es nicht, dass diese Arbeit die mit Abstand schlechteste Note erhielt.¹²³

Abschließend wird in diesem Kapitel auf das Urteil der Lehrer verwiesen (ausführlich in Abschnitt 4.2.5 dargestellt). Mit durchschnittlich mehr als 11 Notenpunkten bewerteten die

¹¹⁹ Siehe Anhang: Facharbeiten der Schülerinnen und Schüler, S. II (Kürzel NW2).

¹²⁰ Vgl. die Definitionen von Wissenschaftspropädeutik bei Huber (1998) (S. 23) sowie der KMK (S. 21).

¹²¹ Der Schüler, welcher die mit Abstand schlechteste Note erhielt, kritisierte die Verwendung einer logistischen Funktion als Annäherung des Epidemieverlaufs, weil der Graph der Funktion nicht exakt mit den realen Epidemiedaten übereinstimmt. Hiermit wird deutlich, dass er das Prinzip der Annäherung durch mathematisches Modellieren nicht richtig verstanden hat.

¹²² Themenliste (NI2), S. 110.

¹²³ Es waren 3 Notenpunkte. Deshalb wurde sie im Abschnitt 4.2.5 als „Ausreißer“ bezeichnet.

Lehrer die Facharbeiten recht hoch. Dies zeigt, dass im Urteil der Lehrer die Ansprüche an die Wissenschaftlichkeit der Facharbeiten in der Regel erfüllt wurden.

Zusammenfassend betrachtend bleiben zwei wesentliche Punkte für dieses Teilkapitel festzuhalten. Es zeigte sich einerseits, dass es eine große Bandbreite von mathematischen Facharbeiten in Bezug auf die Themen und die mathematische Zugangsweise der Arbeiten gibt. Mathematikfacharbeiten können also sehr unterschiedlich sein. Sie bieten damit einem sehr breiten Schülerspektrum die Chance, eine passende Thematik zu finden. Andererseits wurde deutlich, dass alle¹²⁴ Fallstudienteilnehmer in der Lage waren, ihr jeweiliges Thema zu behandeln und ihre Ergebnisse in Form einer Facharbeit zu verschriftlichen. Die Probanden gaben eine vollständige und inhaltlich logisch aufgebaute Arbeit ab, deren Umfang, Literaturverzeichnis und Zitationstechnik im Großen und Ganzen den Anforderungen an solch ein wissenschaftspropädeutisches Werk entspricht.

4.2.7 Auswertung von drei Einzelfällen

In diesem Kapitel ändert sich die Perspektive, mit der auf die Schülerinnen und Schüler und deren Facharbeiten geschaut wird. Ging es in den anderen Teilkapiteln darum, Aussagen über alle Fallstudienteilnehmer in Bezug auf einen bestimmten Untersuchungsaspekt zu treffen und die Probanden in verschiedene Kategorien einzuteilen, steht nun die detaillierte Beleuchtung von drei Einzelbeispielen im Vordergrund. Ziel ist es dabei, einen genaueren Einblick in das Verfassen von Mathematikfacharbeiten zu ermöglichen und deutlich zu machen, dass insbesondere auf Ebene von Einzelbeispielen die einzelnen Untersuchungsaspekte der Fallstudie sich gegenseitig beeinflussen. Zudem soll an den Fallbeispielen die Bandbreite der Facharbeiten exemplarisch verdeutlicht werden. Ausgewählt wurden hierfür drei Einzelfälle, die zur besseren Lesbarkeit einen frei erfundenen Namen erhielten (NW2: Sven; NI5: Marcel; NW1: Jana).

Fallbeispiel 1 (Sven):

Zunächst wird auf Svens Facharbeit eingegangen. Sven ist ein nordrhein-westfälischer Schüler und im Fach Mathematik sehr leistungsstark (15 Notenpunkte auf dem letzten Semesterzeugnis). Seine Selbsteinschätzung ist in diesem Fach sehr hoch. Laut erstem Fragebogen möchte er nach dem Abitur ein Studium mit großen mathematischen Anteilen beginnen.¹²⁵

¹²⁴ Für NI2 gilt diese Aussage nur sehr eingeschränkt. Zudem muss an dieser Stelle auch auf die Schülerin verwiesen werden, die ihre Facharbeit nicht beendete, weil sie nach der 11. Klasse das Gymnasium verlassen hat. Fallstudienteilnehmer bezieht sich also auf alle Probanden, welche die Studie beendeten.

¹²⁵ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: W28-Y28; AS8.

Da Sven sich im Bezug auf die Note durch die Facharbeit kaum verbessern kann (in Nordrhein-Westfalen geht die Facharbeitsnote als Klausurzensur für das jeweilige Schulfach ein), ist es nicht verwunderlich, dass er die Note nicht als Grund für die Wahl einer mathematischen Facharbeit nannte. Viel eher steht für Sven die „*Vorbereitung auf Arbeitsweisen an Universitäten, [das] Verstehen von abiturrelevantem Stoff [und die] persönliche Entwicklung*“¹²⁶ im Vordergrund. Auf die Idee für das Thema der Facharbeit (Poissonverteilung als Annäherung an die Binomialverteilung und ihre Anwendung) kam der Schüler selbst, als er eine Studienwoche einer Fachhochschule freiwillig belegte.¹²⁷

Die Selbstständigkeit von Sven zeigt sich nicht nur bei der Themenwahl, sondern auch während des Arbeitsprozesses. Von Seiten der Schule wurde Sven auf Grund einer Krankheit der zuständigen Deutschlehrerin nur sehr begrenzt auf das Verfassen einer Facharbeit vorbereitet. Er erhielt lediglich Kopien zum Aufbau der Arbeit und zum Zitieren. Bei inhaltlichen Problemen hielt sich sein betreuender Mathematiklehrer sehr zurück, wie folgende Antwort auf die Interviewfrage, ob es Schwierigkeiten für den Schüler mit der Facharbeit gab, verdeutlicht:

*Ja, es gab an einer Stelle ein Problem mit einer Herleitung. Die habe ich nicht verstanden, und dann habe ich meinen Mathelehrer gefragt, und der meinte, ja, die Facharbeit ist ja dafür da, dass man selbstständig arbeitet. Und dann habe ich aber noch mal recherchiert, habe mir noch ein anderes Buch ausgeliehen und dann habe ich es tatsächlich auch verstanden.*¹²⁸

Bei einem Beratungsgespräch sagte der Mathematiklehrer zu Sven: „*Jaja, ist alles so gut. Mache mal weiter.*“¹²⁹ Trotz dieser zurückhaltenden Betreuung ist Sven zum Zeitpunkt des Interviews mit seiner Facharbeit fast schon fertig.¹³⁰ Dies zeigt, dass dieser sehr leistungsstarke Schüler auch ohne viele Hilfestellungen zurechtkommt und möglicherweise gerade deshalb der Lerneffekt besonders groß ist.

Im Bezug auf die „Güte“ der Facharbeit ist vor allem darauf hinzuweisen, dass Svens Arbeit im vorangegangenen Teilkapitel als jenes Werk mit dem größten innermathematischen Anspruch bezeichnet wurde (Kategorie Problemlösen, Typ III). Auch im Kontext der Zitationstechnik, des Literaturverzeichnisses (es wurden auch Fach- und Lehrbücher verwendet) und des Umfangs entspricht die Facharbeit den Anforderungen an solch eine wissenschaftspropädeutische Schrift. Der Mathematiklehrer scheint dies ähnlich eingeschätzt zu

¹²⁶ Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AX8.

¹²⁷ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW2: 41, 60-61.

¹²⁸ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW2: 125.

¹²⁹ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW2: 133.

¹³⁰ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW2: 92-93.

haben, denn er bewertete die Facharbeit mit 15 Notenpunkten.¹³¹ Möglicherweise spielte bei dieser Bewertung auch eine Rolle, dass er Sven im Arbeitsprozess kaum unterstützen musste und ihn eher zu eigenständiger Arbeit ermunterte. Schließlich handelt es sich gerade vor diesem Hintergrund bei Svens Facharbeit um eine herausragende Leistung eines Abiturienten.

Bei der Untersuchung von Svens Mathematikbild zeigte sich, dass es nur bei den Aspekten Formalismus (Wert steigt im Verlauf der Studie an) und Rigides Schema (Zustimmungswert ist zu T2 gesunken) größere Veränderungen gab. Sein Mathematikbild ist auch von der Anwendbarkeit der Mathematik geprägt. Die Zustimmung zu den entsprechenden Statements liegt in beiden Fragebögen bei 4,5 (also im Bereich der starken Zustimmung).¹³² Im Interview wird zudem deutlich, dass die Anwendbarkeit von Mathematik durch die Facharbeit um den wichtigen Gedanken der Grenzen dieser Wissenschaft erweitert wurde:

B: *Ja, ich sehe, dass Mathematik was unterstützen kann, aber für die Realität nicht immer nur ausreichend ist.*

I: *Mhm (bejahend). Und das ist Ihnen bisher so in normalen Unterrichtssituationen so noch nicht bewusst geworden?*

B: *Nein. Da gibt es eigentlich immer eine Lösung, und das war's [...] Auch kein Interpretationsspielraum oder so.*¹³³

Im Hinblick auf die wissenschaftspropädeutische Funktion der Facharbeit verdeutlicht diese Interviewsituation einen wichtigen Lerneffekt von Sven.

Die Vorstellungen über die Zukunft nach der Schule konnte Sven im Verlaufe des Arbeitsprozesses an der Facharbeit klarer beschreiben. Er möchte auf jeden Fall ein Fach mit großen mathematischen Anteilen studieren. Im Interview nannte er hierfür die Kombination Wirtschaftswissenschaften/Finanzen oder alternativ Wirtschaftsmathematik.¹³⁴ Es ist insofern nachvollziehbar, dass es Sven nicht bereut, sich für eine mathematische Facharbeit entschieden zu haben.¹³⁵ Er erhielt durch die Facharbeit einen tieferen Einblick in die Mathematik und konnte somit seinen Studienwunsch konkretisieren. Auf Ebene der inhaltlichen und vor allem auch der methodischen Kenntnisse kann ihm die Facharbeit im Studium sehr hilfreich sein, was eines seiner wichtigsten Ziele für das Verfassen der Facharbeit war.

¹³¹ Siehe Kapitel 4.2.6 (S. 127); Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 3: Zeile 10.

¹³² Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: I8-S8; I28-S28.

¹³³ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW2: 31-35.

¹³⁴ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW2: 152-153.

¹³⁵ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AV28.

Es handelt sich zusammenfassend bei Svens Fallbeispiel um einen sehr leistungsstarken Schüler, der sich mit dem selbstständigen Verfassen einer Mathematikfacharbeit erfolgreich auf sein Studium vorbereitet, in dem mathematische Fähigkeiten von zentraler Bedeutung sein werden.

Fallbeispiel 2 (Marcel):

Der zweite Fall nimmt die Facharbeit von Marcel in den Blick. Marcel ist im Hinblick auf die Leistungsstärke in Mathematik mit 11 Notenpunkten im Bereich des oberen Mittelfelds einzuordnen.¹³⁶ Er entschied sich aus unterschiedlichen Gründen für eine mathematische Facharbeit. Als Motiv hierfür spielten sowohl Interesse an mathematischen Inhalten und der Nutzen für die Zeit nach der Schule als auch der Wunsch, eine gute Note zu erhalten, eine Rolle.¹³⁷

Im Gegensatz zu Sven wurde Marcel deutlich enger betreut. Dies lag unter anderem daran, dass das Verfassen seiner Arbeit in einen Seminarkurs zum Thema Wirtschaftsmathematik eingebettet war. Die Möglichkeiten, die sich hierdurch boten, nahm Marcel stärker als andere Seminarkursteilnehmer in Anspruch. So ließ er sich beispielsweise sein Thema (Swaps und der Weg in die Finanzkrise) durch den Lehrer geben. Zudem nutzte er sehr regelmäßig das Angebot, donnerstags in eine Beratungsstunde des Seminarfachlehrers zu gehen. Ferner hat er wie alle Kursteilnehmer schon in einem vorherigen Semester eine kleinere Hausarbeit über Rentenrechnung geschrieben.¹³⁸ Hieran wird deutlich, dass diese Variante des niedersächsischen Seminarfachs die Abiturientinnen und Abiturienten sehr individuell, und auf das jeweilige Themengebiet der Facharbeit zugeschnitten, vorbereiten kann.

Entsprechend des fächerübergreifenden Rahmenthemas ist die Facharbeit von Marcel in Bezug auf den innermathematischen Anspruch deutlich weniger anspruchsvoll als Svens Facharbeit. Es geht hier eher darum, Mathematik als Handwerkszeug anzuwenden, um Erkenntnisse aus dem Bereich der Wirtschaft zu interpretieren und darzustellen.¹³⁹ Dies schmälert den Wert der Facharbeit jedoch keineswegs; es handelt sich hierbei lediglich um einen anderen Zuschnitt der Arbeiten. Zumal Marcells Schrift logisch aufgebaut ist und auch den Ansprüchen in den Bereichen Literaturverzeichnis und Zitation entspricht. In Punkto Umfang der Arbeit ist sie am oberen Ende der vertretbaren Länge angesiedelt.¹⁴⁰

¹³⁶ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: Y30.

¹³⁷ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI5: 30-31; Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AX10.

¹³⁸ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI5: 32-35, 48-49, 52-55.

¹³⁹ Siehe Kapitel 4.2.6 (S. 126), wo diese Kategorie von Arbeiten beschrieben wird.

¹⁴⁰ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 3: Zeile 12.

Der Seminarfachlehrer muss diese positive Einschätzung der Arbeit geteilt haben, da er sie mit 15 Notenpunkten bewertete.¹⁴¹ Für Marcel wird dies besonders erfreulich gewesen sein, da eine gute Note eines seiner Ziele bei der Wahl einer Mathematikfacharbeit war und diese Note seine Wunschvorstellung noch deutlich übertroffen hat.¹⁴²

Drei wesentliche Effekte scheint die Facharbeit von Marcel nach sich zu ziehen. Erstens wurde das Mathematikbild dieses Schülers positiv beeinflusst. Zum Zeitpunkt T2 ist es noch viel deutlicher von den Aspekten Formalismus, Prozess und Anwendung geprägt als zu T1. Zudem wird die strikte Ablehnung für das Rigide Schema bestätigt.¹⁴³ Auf die Frage, ob sich die Sicht auf Mathematik durch die Facharbeit verändert hat, antwortete Marcel, indem er erklärt, dass seine Vorstellung von Mathematik dahingehend erweitert wurde, dass für ihn nun auch Themen wie Bankgeschäfte und Finanzen zu dieser Wissenschaft zu zählen seien.¹⁴⁴ Zweitens erhielt Marcel für die Arbeit eine sehr gute Zensur und kann damit – wie gewünscht – seine Abiturnote positiv beeinflussen. Drittens wurde auch der Studienwunsch durch die Facharbeit beeinflusst. Marcel lies im Fragebogen I das Antwortfeld bei der Frage nach Berufs- und Studienzielen noch leer und gab an, noch nicht zu wissen, ob er später mal studieren möchte. Im Interview war er sich zwar in dieser Frage immer noch nicht sicher, sagte aber: *„Ich weiß nur, ich will vielleicht irgendwas halt mit Mathe machen, irgendwas mit Zahlen“*¹⁴⁵. Er gab an, möglicherweise im Bereich der Wirtschaftsmathematik arbeiten zu wollen, wenn ihm die weitere Beschäftigung mit diesem Thema im Rahmen der Facharbeit und des Seminarfachs Spaß mache.¹⁴⁶

Fallbeispiel 3 (Jana):

Die Schülerin Jana startete mit ganz anderen Grundbedingungen als Sven und Marcel in ihr Projekt, eine Mathematikfacharbeit zu schreiben. Jana ist im Fach Mathematik mit 3 Notenpunkten auf dem letzten Semesterzeugnis eine vergleichsweise leistungsschwache Schülerin, deren Selbsteinschätzung in dieser Disziplin niedrig ist.¹⁴⁷ Mathematik ist für sie vor allem schwer und langweilig.¹⁴⁸ Deshalb ist es nicht verwunderlich, dass sie im Fragebogen und im Interview als einziges Ziel, welches sie mit dem Schreiben einer Facharbeit verbindet, die Verbesserung der Note durch das Ersetzen einer Klausur durch die Facharbeit nannte (da sie in Nordrhein-Westfalen zur Schule geht, ist dies möglich). Mit

¹⁴¹ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: G30.

¹⁴² Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AX 10; Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI5: 30-31.

¹⁴³ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: I10-S10; I30-S30.

¹⁴⁴ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI5: 22-25.

¹⁴⁵ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NI5: 75.

¹⁴⁶ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: 77.

¹⁴⁷ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: W27-Y27.

¹⁴⁸ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW1: 10-13.

ihren Worten lautet die Begründung für die Wahl einer Mathematikfacharbeit folgendermaßen:

*„Weil meine Mathe-Klausuren etwas schlecht waren. Und ich gehofft habe, wenn ich die Facharbeit schreibe und mir da mehr Zeit für nehme, die wird ja als Klausur bewertet, dass ich da ein bisschen besser mit abschneiden kann. [...] Ich denke einfach, schlechter als die Klausuren kann es sowieso nicht werden.“*¹⁴⁹

Diese Grundbedingungen wirkten sich unter anderem auf Janas Arbeitsprozess aus. Ihr konkretes Thema (Komplexe Zahlen) wählte sie aus, weil ihr Lehrer ihr es vorgeschlagen hatte.¹⁵⁰ Möglicherweise war sie nicht in der Lage, selbstständig ein Thema zu wählen. Schließlich fällt es ihr schwer, die Aufgabe zu bearbeiten, eine mathematische Facharbeit zu schreiben. Hierzu passt, dass Jana im Fragebogen II Mathematik bei Item 21 als schwerstes Fach für eine Mathematikfacharbeit einordnete.¹⁵¹ Zudem sprach sie im Interview von unterschiedlichen Problemen, die sich ihr während des Arbeitsprozesses in den Weg stellten. Durch eine enge Betreuung mit ihrem Mathematiklehrer in Form von mehreren Beratungsgesprächen konnten aber die wichtigsten inhaltlichen Probleme beseitigt werden. Eindrucksvoll belegt dies folgende Interviewsituation: Der Mathematiklehrer *„hat mir dann einige Sachen erklärt über die komplexen Zahlen, wo ich dann erst mal angefangen habe zu verstehen, worum es überhaupt geht.“*¹⁵² Auffällig ist zudem auch, dass Jana verhältnismäßig wenig Zeit in ihre Facharbeit investierte (etwa 15 Stunden), aber trotzdem von einem hohen Arbeitsaufwand für ihre Arbeit sprach.¹⁵³

Wenig überraschend ist nach diesen Ausführungen, dass Janas Arbeit nicht den gleichen, hohen Ansprüchen wie Svens und Marcells Facharbeit entspricht. Der innermathematische Gehalt ihres Werks bezieht sich auf die Darstellung von bereits vorhandenem Wissen, welches für die Schülerin neu ist. Sie musste sich also in das Thema einarbeiten und anschließend ihre Erkenntnisse angemessen formulieren. Anzumerken ist, dass die Arbeit mit nur rund 1800 Wörtern (entspricht etwa 6 reinen Textseiten) am unteren Ende des vertretbaren Umfangs liegt. Zudem wird in Janas Facharbeit nicht deutlich, auf welche Quellen sich ihre jeweiligen Ausführungen beziehen. Auch das Literaturverzeichnis entspricht nicht den Ansprüchen an eine wissenschaftliche Arbeit. Es finden sich dort neben einem Lehrbuch lediglich Internetquellen, von denen die meisten recht unpassend wirken (unter anderem:

¹⁴⁹ Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW1: 33, 112. Vgl. auch: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AX7.

¹⁵⁰ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW1: 34-35.

¹⁵¹ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AH27.

¹⁵² Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW1: 65. Vgl. auch: NW1: 58-63.

¹⁵³ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW1: 48-51; Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AP27.

Wikipedia).¹⁵⁴ Trotz dieser Kritik handelt es sich bei Janas Arbeit um eine inhaltlich korrekte und rund gegliederte Zusammenfassung über Definition, historischen Hintergrund, Rechenarten und Polardarstellung der Komplexen Zahlen.¹⁵⁵ Für die meisten Schülerinnen und Schüler ist die eigenständige Einarbeitung in ein völlig neues Thema, welches nicht im normalen Mathematikunterricht behandelt wird und die anschließende Darstellung dieses Wissens eine völlig neue Herausforderung. Trotz der genannten Mängel der Facharbeit schaffte es Jana, diese neue Aufgabe zu bearbeiten.

Die beschriebenen Schwächen von Janas Arbeit scheinen auch dem betreuenden Lehrer aufgefallen zu sein. Mit nur sechs Notenpunkten erhielt sie die zweitschlechteste Zensur von allen Probanden.¹⁵⁶ Ihr im Interview genanntes Ziel, mindestens im Bereich von Note 3 zu liegen, konnte sie damit zwar knapp nicht erreichen, dennoch behielt sie damit Recht, ihre Note durch die Facharbeit verbessern zu können (Facharbeitszensur liegt drei Notenpunkte höher als die Halbjahresnote).¹⁵⁷ Jana hat damit die These ihres Lehrers widerlegt, der meinte, dass die Facharbeiten von den Schülerinnen und Schülern nicht in einem bestimmten Fach geschrieben werden sollten, um die Noten zu verbessern, weil dies nicht funktionieren würde.¹⁵⁸ Jana hat also ihr Ziel, welches sie mit dem Schreiben einer Facharbeit verbunden hat, erreicht. Sie bereute ihre Entscheidung nicht, die Arbeit in Mathematik geschrieben zu haben. Sie begründete dies wie folgt: *„da ich glücklich bin, dafür eine Matheklausur nicht mitschreiben zu müssen, weil diese sehr schwer für mich sind.“*¹⁵⁹

Andere Ziele, die aus Sicht des Mathematikdidaktikers, der von außen auf den Arbeitsprozess schaut, formuliert werden, wie eine Veränderung des Mathematikbilds oder die Beeinflussung der Zukunftsvorstellung durch das Verfassen der Facharbeit, konnten kaum verwirklicht werden. Im Bezug auf das Bild von Mathematik verringerte sich zwar der auffällig hohe Wert des Rigidenschemas (welcher zu Janas Motivation, die Arbeit über Mathematik zu schreiben, passt) etwas. Gleichzeitig sank jedoch auch die Zustimmung zu den Items des Anwendungsaspekts.¹⁶⁰ Überraschend ist dies nicht, da es sich bei Janas Facharbeit um eine von nur zwei Arbeiten aller Probanden handelt, die eine rein innermathematische Untersuchung ist. Die Sicht auf Mathematik konnte hier kaum verändert werden, da genau wie im Mathematikunterricht grundsätzliche Verständnisprobleme im Vordergrund

¹⁵⁴ Siehe Anhang: Facharbeiten der Schülerinnen und Schüler, S. II (Kürzel: NW1).

¹⁵⁵ Ebd.

¹⁵⁶ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: G22-37.

¹⁵⁷ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW1: 87-88; Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: G27, Y27.

¹⁵⁸ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW1: 100-111.

¹⁵⁹ Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AV27.

¹⁶⁰ Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: I7-S7; I27-S27.

stehen, wie Jana diesen Fakt im Interview begründete.¹⁶¹ Ähnliches gilt für die Beeinflussung von Janas Vorstellung von der Zeit nach der Schule: Das Verfassen dieser Facharbeit konnte sie nicht dafür motivieren, einen Beruf zu erlernen, in dem Mathematik eine zentrale Rolle spielt.¹⁶²

Zusammenfassend betrachtet schafft es die relativ leistungsschwache Schülerin Jana mit Unterstützung durch ihren Lehrer ihr Ziel (Verbesserung der Note) durch eine Mathematikfacharbeit zu erreichen. Während des Arbeitsprozesses stellte sie sich erfolgreich der neuen Herausforderung, sich im Wesentlichen eigenständig mit einem neuen mathematischen Teilgebiet auseinanderzusetzen. Schließlich gibt sie trotz einiger formeller Mängel eine inhaltlich runde Facharbeit ab. Gerade für eine Schülerin wie Jana ist dies eine große Leistung, mit der unterschiedliche Lernprozesse inhaltlicher und methodischer Art verbunden sind. Weitere aus mathematikdidaktischer Sicht wichtige Effekte, wie eine positive Beeinflussung des Mathematikbilds oder dem Plan, später einen mathematischen Beruf zu erlernen, lassen sich jedoch an diesem Fallbeispiel nicht feststellen.

Anhand von drei sehr unterschiedlichen Fallbeispielen konnte also in diesem Teilkapitel gezeigt werden, dass die einzelnen Untersuchungsfelder der Fallstudie, welche in den Abschnitten 4.2.1 bis 4.2.6 unabhängig voneinander vorgestellt wurden, sich gegenseitig beeinflussen. Auf der Einzelfallebene zeigte sich, dass die Grundbedingungen, mit denen ein Schüler oder eine Schülerin in die Facharbeit startet, Einfluss auf die Gründe für die Wahl einer Mathematikfacharbeit haben und sich auch auf die konkrete Themenwahl auswirken. Dies wiederum beeinflusst den Arbeitsprozess und die „Güte“ der Facharbeiten, die wiederum großen Einfluss auf die Note für die Facharbeit hat. In Folge der Erfahrungen des Arbeitsprozesses kann eine Facharbeit Einfluss auf das Mathematikbild und die Zukunftsvorstellung der Schülerinnen und Schüler haben. Ferner wurde deutlich, dass die drei Arbeiten – so groß ihre Bandbreite bei den Grundbedingungen und der mathematischen Zugangsweise auch ist – positive Effekte nach sich zogen.

¹⁶¹ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW1: 22-25.

¹⁶² Siehe Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AS7; Anhang: CD-ROM: MAXQDA: NW1: 97-100.

5 Wissenschaftspropädeutische Arbeiten in Nachbarländern

5.1 Niederlande

In diesem Kapitel wird die Situation rund um wissenschaftspropädeutische Mathematikarbeiten in den beiden Nachbarländern Niederlande und Schweiz beschrieben. Ziel ist es dabei, einerseits einzelne Aspekte der bisherigen Untersuchungsergebnisse (zum Beispiel im Kontext des Anteils von mathematischen Arbeiten) zu untermauern oder zu kontrastieren. Andererseits geht es auch darum, durch den Blick in das Ausland neue Ideen für die Betreuung von Facharbeiten (insbesondere im Bereich der Zusammenarbeit von Schule und Universität) zu gewinnen.

Im Unterkapitel 5.1 wird die Verwendung von wissenschaftspropädeutischen Arbeiten in den Niederlanden beschrieben. Dabei wird zunächst auf die Rahmenbedingungen des Schreibens solcher Arbeiten eingegangen. Im Fokus steht hierbei vor allem die Zusammenarbeit zwischen niederländischen Schulen und Universitäten. Zudem wird auch auf Erfahrungen des Besuchs von zwei Preisverleihungen für besonders gelungene Arbeiten an der Universität Twente in Enschede sowie an der Radboud Universität Nijmegen eingegangen.

Kurz vor der Jahrtausendwende wurde die niederländische Oberstufe grundlegend verändert. Ziel war, dass die Schülerinnen und Schüler eigenständiger arbeiten und stärker die Verantwortung für die Lernfortschritte übernehmen. Seit dieser Veränderung setzen die Lernenden der Oberstufe mit der Wahl eines bestimmten Profils (zum Beispiel *Kultur und Gesellschaft* oder *Natur und Technik*) Fächerschwerpunkte. Ein wichtiges Element dieser Profile sind die sogenannten *Profielwerkstukken*, welche am ehesten mit *Profilarbeiten* übersetzt werden können. Es handelt sich hierbei um ausführliche, eigenständige wissenschaftspropädeutische Arbeiten.¹

Zur Vorbereitung auf die Profilarbeiten gibt es keine schulfachgebundene Einführung in formale und methodische Aspekte, wie dies etwa im Seminarfach der Fall ist.² Dafür werden die Schülerinnen und Schüler in fast allen Schulfächern durch das Bearbeiten von *praktischen opdrachten* (deutsch: praktische Aufträge) auf das Verfassen der Profilarbeiten vorbereitet. Diese Aufträge sind ausformulierte Aufgaben, welche die Schülerinnen und Schüler in eigenständiger Arbeit über einen Zeitraum von acht Wochen lösen. Die prakti-

¹ Vgl. Coenders/Gröger, S. 353; Gröger/Kretzer/Schmitz, S. 83.

² Vgl. ebd.

schen opdrachten, finden sich in den meisten Schulbüchern und sind im Hinblick auf den Lösungsweg offen gestaltet.³

Zum Verfassen einer Profilarbeit gehören die Literaturrecherche, das Lesen dieser Quellen, die praktische Umsetzung (zum Beispiel in Form einer Studie oder eines Experiments) sowie das Schreiben der Arbeit. Für diese Schritte sind 40 bis 80 Arbeitsstunden angesetzt. Anfangs mussten alle Profilarbeiten in Gruppen bearbeitet werden. Dies ist zwar heute nicht mehr an jeder Schule der Fall, trotzdem überwiegen auch heute Gruppenarbeiten. Über weitere Aspekte wie etwa den Ablauf der Themenwahl oder die Durchführung von abschließenden Präsentationen wird auf Schulebene entschieden.⁴

Mathematische Profilarbeiten sind in den Niederlanden ebenfalls sehr selten, wie Jambroes und Wijers feststellen.⁵ Dieses Ergebnis mit den Werten aus Deutschland zu vergleichen und einzuordnen ist schwierig, da es in den Niederlanden sowohl Bedingungen gibt, die in der Studie in Deutschland zu mehr Mathematikfacharbeiten führten (Note wird dem jeweiligen Schulfach zugeordnet, häufig gibt es Themenlisten) als auch eine Rahmenbedingung gibt, die eher weniger Mathematikfacharbeiten nach sich zieht (Gruppenarbeiten).

Eine Besonderheit in den Niederlanden ist, dass die Universitäten den Schülerinnen und Schülern Hilfestellungen beim Verfassen ihrer Profilarbeiten anbieten.⁶ Da mittlerweile 12 (und damit fast alle) staatlichen Universitäten Unterstützung für diese wissenschaftspropädeutischen Arbeiten anbieten und die Niederlande mit rund 40000 km² Fläche beispielsweise kleiner sind als Niedersachsen, steht jedem Lernenden ein universitärer Ratgeber in der Nähe zur Verfügung. Die einzelnen Angebote sind unterschiedlich gestaltet. Es gibt zum Beispiel an der Wageningen Universiteit Workshops zur Themenfindung. An der TU Delft werden Treffen von Schülerinnen und Schülern mit Studierenden ermöglicht, die Tipps zu den Profilarbeiten geben.⁷ Häufig wird zusätzlich eine Preisverleihung veranstaltet, bei der besonders gelungene Profilarbeiten ausgezeichnet werden.

Auf zwei dieser universitären Angebote für niederländische Schülerinnen und Schüler wird nun detaillierter eingegangen. Die Universiteit Twente bietet neben Themenvorschlägen den Schülerinnen und Schülern an, eine Email mit Bitte um Unterstützung zu schreiben.

³ Vgl. Jürgensen, S. 334f. Jürgensen setzt die praktischen opdrachten mit den deutschen Facharbeiten gleich. Dies scheint in der heutigen Vorstellung von Facharbeiten jedoch eher unangebracht zu sein, da diese praktischen Aufträge eher einer relativ offen gestalteten Schulbuchaufgabe entsprechen. Deutlich größere Gemeinsamkeiten gibt es zwischen den Profil- und den Facharbeiten.

⁴ Vgl. Coenders/Gröger, S. 353f.; Gröger/Kretzer/Schmitz, S. 83.

⁵ Vgl. Jambroes/Wijers, S. 4. Leider werden hier zur Untermauerung keine statistischen Kennzahlen genannt. Für zwei Schulen liegen Daten vor: der Anteil mathematischer Arbeiten liegt bei 2,7% (2 von 74) und 1,2% (1 von 83).

⁶ Vgl. Coenders/Gröger, S. 354f., die schon 2002 auf zwei dieser Unterstützungsangebote eingehen.

⁷ Vgl. offizielle Internetseite der Wageningen Universiteit; offizielle Internetseite der TU Delft.

Diese Hilfe bezieht sich insbesondere auf das Experimentieren, die Literaturrecherche und die Kontaktherstellung mit Experten. Im Rahmen dieser Hilfestellungen wird darauf hingewiesen, dass es sich um eine Unterstützung handelt, die eigentliche Arbeit aber stets von den Schülerinnen und Schülern selbst zu leisten ist.⁸ Zudem veranstaltet die Universität Twente jährlich eine Preisverleihung für besonders gute Profilarbeiten, welche 2013 besucht werden konnte. Zum sogenannten *finaldag* wurden rund ein Dutzend Schülergruppen eingeladen, die zunächst ihre Profilarbeiten im Rahmen einer 5-minütigen Präsentation vorstellten. Anschließend konnten die Besucher der Preisverleihung und die Jury während einer Posterausstellung ausführlich mit den Verfassern über ihre Profilarbeiten sprechen. Bei der abschließenden Preisverleihung wurde die Arbeit der Schülerinnen Jamie Amende und Emy van der Valk Bouman als beste Leistung prämiert. Im Rahmen ihrer Profilarbeit entwickelten beide Schülerinnen eine Experimentierkiste für den Unterricht. In dieser Kiste befinden sich verschiedene Materialien, Frage- und Informationskarten zu verschiedenen naturwissenschaftlichen Experimenten.⁹ Besonders interessant an diesem Beispiel ist, dass auch hier eine didaktische Fragestellung von Oberstufenschülerinnen erfolgreich bearbeitet werden konnte.

Auch die RU Nijmegen bietet für Schülerinnen und Schüler im Kontext der Profilarbeiten verschiedene Angebote an. Wer eine Profilarbeit in den Fächern Naturwissenschaften, Mathematik und Informatik schreibt, kann sich an die Universität wenden. Dort können Fragen rund um die Themenwahl gestellt, Materialien (zum Beispiel Apparate oder Chemikalien) ausgeliehen oder die Untersuchungsergebnisse in den Universitätsgebäuden ausgestellt werden.¹⁰ Auch in Nijmegen wird jährlich eine Preisverleihung für Profilarbeiten veranstaltet. Es handelt sich hierbei um den *Van Melsen Prijs*, bei dem Arbeiten aus dem MINT-Bereich prämiert werden. Bis 2011 wurden Jahrbücher über diese Preisverleihung herausgegeben. In diesen ist nachzulesen, dass jedes Jahr auch mathematische Arbeiten nominiert wurden. Zu den Gewinnern der letzten Jahre zählten beispielsweise Arbeiten über Ellipsen, Langrangeunkte und den Gödelschen Unvollständigkeitssatz.¹¹

Im April 2013 konnte die Verleihung des Van-Melsen-Preises besucht werden. Eingebettet in ein Rahmenprogramm mit Musik und einem Fachvortrag wurden die nominierten Profilarbeiten im Rahmen einer Posterausstellung vorgestellt. Zu den zehn Arbeiten, die von

⁸ Vgl. offizielle Internetseite der Twente Academy von der Universität Twente.

⁹ Auf der Internetseite: <https://sites.google.com/site/deproefjeskist/home> wird die Beweiskiste der Schülerinnen vorgestellt. Einen guten Eindruck von der Arbeit mit der Beweiskiste verschafft vor allem ein Video auf dieser Seite.

¹⁰ Vgl. offizielle Internetseite der Radboud Universität Nijmegen.

¹¹ Vgl. Chambille/Matser/Westbroek, S. 83-90; Broeders, S.97-104; Lieferink, S. 50-58.

einer Jury im Vorfeld der Veranstaltung als Nominierte ausgewählt wurden, zählte auch Henrike Holwerdas etwa 80-seitige Arbeit über Fraktale. In ihrer Profilarbeit beschreibt sie die mathematische Grundlage dieser Gebilde in unterschiedlichen Zahlenräumen. Sowohl in ihrer Arbeit als auch auf ihrem Poster untermalt die Schülerin ihre Ausführungen mit Bildern von Fraktalen. Zu den drei Hauptgewinnern des Van-Melsen-Preises, die sich neben dem Preisgeld vor allem darüber freuten, dass sie somit zur niederländischen Delegation der International Conference of young Scientists 2013 in Indonesien zählen, gehörte Holwerda nicht.

5.2 Schweiz

Dreierlei soll dieses Kapitel liefern. Zunächst wird die Situation in der Schweiz bezogen auf wissenschaftspropädeutische Arbeiten (hier Maturaarbeit genannt) im Rahmen des Erwerbs der Hochschulzugangsberechtigung dargestellt. Dabei wird insbesondere Bezug genommen auf eine groß angelegte Evaluationsstudie (EVAMAR), die empirische Erkenntnisse über Maturaarbeiten liefert.¹ Anschließend wird auf Erfahrungen des Besuchs von über 30 Maturaarbeitspräsentationen in fünf Deutschschweizer Kantonen im Januar 2013 eingegangen. Hierbei wird die Frage untersucht, wie groß der Anteil mathematischer Arbeiten ist. Zudem werden drei mathematische Maturaarbeiten genauer beleuchtet. Abschließend erfolgt eine Beschreibung von zwei Veranstaltungen in Zürich, die im Mai 2014 besucht werden konnten, bei denen die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit hatten, ihre Maturaarbeiten vor einer außerschulischen Öffentlichkeit zu präsentieren.

Um die Hochschulzugangsberechtigung (Maturität) zu erhalten, müssen die Schweizer Schülerinnen und Schüler seit einer Reform im Jahr 1995 „allein oder in einer Gruppe eine größere eigenständige schriftliche oder schriftlich kommentierte Arbeit erstellen und mündlich präsentieren“.² Diese wissenschaftspropädeutische Arbeit wird in der Schweiz als Maturaarbeit bezeichnet. Zunächst hatte sie in den meisten Kantonen kaum Einfluss auf die Abschlussnote. Mittlerweile ist jedoch durch eine, die gesamte Eidgenossenschaft betreffende, Verordnung festgelegt, dass die Maturaarbeit bei der Berechnung der Abschlussnote wie jedes andere Fach zählt.³ Somit macht die Maturaarbeit rund 8% der Maturitätsnote aller Schülerinnen und Schüler aus und hat dadurch einen deutlich größeren Anteil an der Abschlussnote als die Facharbeit beim deutschen Abitur.⁴ Ebenfalls auf Bundesebene ist geregelt, dass bei der Bewertung sowohl schriftliche Arbeit als auch die mündliche Präsentation Beachtung finden.⁵

Da die Schweiz ähnlich föderal wie die Bundesrepublik aufgebaut ist, werden die meisten weiteren Regelungen zur Maturaarbeit auf kantonaler Ebene oder durch die Einzelschulen festgelegt. Alle 30 in der EVAMAR-Studie beteiligten Schulen erstellten Leitfäden oder Richtlinien, in denen üblicherweise Auskunft über Vorgaben zur formalen Gestaltung und Hinweise zum wissenschaftlichen Arbeiten gegeben werden. Darüber hinaus erstellen die Schulen in der deutschsprachigen Schweiz sogar eigenständige Rechtsgrundlagen für die

¹ Vgl. Huber/Husfeldt/Lehmann u.a.

² Maturitätsreglement von 1995, Artikel 10.

³ Maturitätsanerkennungsverordnung, Stand 1.1.2013; Artikel 9.

⁴ Siehe Kapitel 2.3 (S. 29 ff.)

⁵ Maturitätsanerkennungsverordnung, Stand 1.1.2013; Artikel 15.

Maturaarbeit.⁶ Insofern ist gerade in dieser Region die Autonomie der Einzelschule deutlich höher als in Deutschland einzuschätzen.⁷

Ein zentraler Unterschied zwischen den Sprachregionen liegt darin, dass in der französischen und italienischen Schweiz in der Regel die inhaltliche und methodische Vorbereitung auf die Maturaarbeit in Seminaren zu einem von Lehrpersonen festgelegtem Thema erfolgt. Im Gegensatz dazu gibt es solche Seminare in der Deutschschweiz nicht.⁸ Infolgedessen können die Schülerinnen und Schüler in dieser Region die Themen der Maturaarbeit freier auswählen als in der Romandie und im Tessin.⁹

Die schulischen Vorgaben zur Bearbeitungszeit zwischen Themenwahl und Abgabe der Arbeit haben eine große Spannweite. Die meisten Schulen geben hierfür einen Zeitraum von 9 Monaten bis zu einem Jahr vor.¹⁰ Dies ist erheblich länger als in den meisten deutschen Bundesländern. Wenn eine Schätzung für den Gesamtaufwand angegeben wird – was nur wenige Schulen machen – so liegt diese zwischen 80 und 100 Stunden.¹¹ Infolge dieses hohen zeitlichen Aufwands ist zu vermuten, dass an Maturaarbeiten höhere Erwartungen gestellt werden können als an die meisten deutschen Facharbeiten.

Nach der Vorstellung der Rahmenbedingungen in der Schweiz wird nun zunächst der Frage nachgegangen, wie der Anteil mathematischer Maturaarbeiten in der Schweiz ausfällt. Bezüglich dieser Frage liefert die EVAMAR-Studie nur begrenzt Informationen. Die Schülerinnen und Schüler wurden lediglich nach einer Zuordnung ihrer Maturaarbeiten nach Fachgebieten und nicht nach Einzelfächern befragt. Gut 20 % von ihnen kreuzten hierbei den Naturwissenschaftlichen Bereich an, zu dem die Fächer Mathematik, Anwendungen der Mathematik, Chemie, Physik, Biologie und Informatik gehören.¹² Eine Einteilung der Maturaarbeiten nach den einzelnen Fachbereichen erfolgte zusätzlich auch durch Rater, welche in einer Schulung auf die wissenschaftliche Untersuchung der Maturaarbeiten vorbereitet wurden. Ihr Ergebnis lag mit 17,1% Maturaarbeiten in den MINT-Fächern nahe bei denen der Maturandinnen und Maturanden.¹³ Dies ist ein Hinweis darauf, dass die bei

⁶ Vgl. Huber/Husfeldt/Lehmann u.a., S. 307.

⁷ Diese Aussage ist eine Verallgemeinerung. Das Ausmaß der jeweiligen Vorgaben zwischen den deutschsprachigen Kantonen unterscheidet sich. Beispielsweise fallen die kantonalen Vorgaben in Basel-Stadt deutlich ausführlicher als im Kanton Zürich aus (vgl. Reglement Basel-Stadt; Reglement Zürich; Kantonsschule Wiedikon, Weisungen zur Maturitätsarbeit).

⁸ Vgl. Huber/Husfeldt/Lehmann u.a., S. 310ff; vgl. beispielhaft auch: Etat de Fribourg/Staat Freiburg: Richtlinien.

⁹ Vgl. Huber/Husfeldt/Lehmann u.a., S. 319. Rund 95% der Schülerinnen und Schüler aus der Deutschschweiz gaben an, ihr Thema frei gewählt zu haben. In der lateinischen Schweiz lag dieser Wert unter 50%.

¹⁰ Vgl. ebd., S. 312.

¹¹ Vgl. ebd., S. 312.

¹² Vgl. ebd., S. 318.

¹³ Vgl. ebd., S. 336-338.

der Fragebogenuntersuchung verwendete Methode, die Schüler nach der Fächerzuordnung ihrer Facharbeiten zu fragen (Kapitel 4.1.3), ein zuverlässiges Kriterium ist.

Aus den EVAMAR-Ergebnissen kann nur geschlossen werden, dass mathematische Arbeiten nicht mehr als ein Fünftel ausmachen können. Zu vermuten ist, dass der Anteil mathematischer Facharbeiten noch deutlich darunter liegt. Schließlich waren die naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Chemie und Physik in Deutschland häufig als Facharbeitsdisziplin vertreten und machten den Hauptteil des MINT-Bereichs aus.

Die für die Maturaarbeiten verantwortlichen Lehrer der fünf in der deutschsprachigen Schweiz besuchten Schulen wurden im Vorfeld danach gefragt, welche Maturaarbeiten sie der Mathematik zuordnen. Das Ergebnis dieser Befragung: drei mathematische Einzelarbeiten.¹⁴ Bei insgesamt 335 Maturandinnen und Maturanden an diesen Schulen, die im Januar 2013 ihre Arbeiten präsentierten, ergibt sich ein Anteil mathematischer Maturaarbeiten von unter 1%. Hierbei handelt es sich zwar um kein repräsentatives Ergebnis, da die fünf Schulen jedoch alle in unterschiedlichen Kantonen liegen und nirgends mehr als eine mathematische Arbeit dabei war, kann vermutet werden, dass mathematische Maturaarbeiten in der Deutschschweiz sehr selten sind.

Ein Grund hierfür kann in den Rahmenbedingungen bezüglich der Maturaarbeiten liegen. Zwei wesentliche Aspekte, die dafür sorgen, dass manche Schülerinnen und Schüler in Deutschland eine mathematische Facharbeit schreiben, entfallen in der Deutschschweiz. Einerseits gibt es hier keine Seminare, in denen ein Rahmenthema vorgegeben ist (wie in Niedersachsen). Andererseits wird die Note nicht im Fach Mathematik verrechnet (wie in Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt). Somit ist es nicht verwunderlich, dass mathematische Maturaarbeiten an den besuchten Schulen in der deutschsprachigen Schweiz – ähnlich wie an den Thüringer Gymnasien – Raritäten sind.

Anders könnte sich die Situation in der lateinischen Schweiz gestalten. Insbesondere im Tessin ist es üblich, dass die Maturandinnen und Maturanden einen Seminarkurs zu festgelegten Rahmenthemen belegen.¹⁵ Da es in dem einzigen italienischsprachigen Kanton nur fünf Maturitätsschulen gibt, wurde eine Mailbefragung der Grundgesamtheit nach dem Anteil mathematischer Maturaarbeiten durchgeführt. Es antworteten zwei Schulen. In der einen Schule schrieben 4 von 152 Maturandinnen und Maturanden eine solche Arbeit. In der anderen Schule lag dieses Verhältnis bei 10 von 253. Insgesamt lagen hier also bei etwa gleich vielen Schülerinnen und Schülern wie an den fünf Deutschschweizer Schulen

¹⁴ Keine dieser Arbeiten musste gemäß den Kriterien aus Kapitel 2.3 (S. 35) als nicht-mathematische Arbeit aussortiert werden. Vgl. auch Kapitel 4.1 (S. 87).

¹⁵ Vgl. Huber/Husfeldt/Lehmann u.a., S. 310, 318.

deutlich mehr mathematische Arbeiten vor. Dieses Ergebnis ist ein Hinweis darauf, dass sich der für Niedersachsen beschriebene Effekt der Steigerung mathematischer Facharbeiten durch die Vorgabe von Seminarkursen in der Schweiz analog zeigt.

Darüber, ob Unterschiede im Mathematikbild zwischen der Deutschschweiz und den vier beteiligten Bundesländern eine Ursache für die besonders geringe Anzahl der mathematischen Maturaarbeiten im Nordteil der Schweiz sein können, ist keine Aussage möglich, da es keine vergleichenden Schüleruntersuchungen hierüber gibt.¹⁶

Im Kapitel 4.1.3 (Seite 85) wurde die Vermutung formuliert, dass insbesondere in den zahlreich vorkommenden naturwissenschaftlichen Facharbeiten Mathematik eine Rolle spielt, diese Arbeiten jedoch von den Schülerinnen und Schülern im Fragebogen nicht dieser Disziplin zugeordnet werden. Im Rahmen des Schweizbesuchs wurde an sieben Präsentationen teilgenommen, welche von Seiten der Schulen nicht der Mathematik zugeordnet wurden, in denen jedoch Mathematik eine größere Rolle spielte. Hierbei handelt es sich um Arbeiten, in denen Datensätze statistisch ausgewertet wurden oder naturwissenschaftliche Berechnungen durchgeführt wurden.¹⁷ Zusätzlich konnten die vortragenden Maturandinnen und Maturanden im Anschluss kurz befragt werden.

Acht Schülerinnen und Schüler nannten bei der Frage: „Welchem Schulfach beziehungsweise welchen Schulfächern ordnen Sie Ihre Arbeit zu?“ Fächer wie Physik, Wirtschaft oder Sport, aber nicht Mathematik. Bei der Nachfrage, welche Rolle Mathematik einnehme, antworteten sie, dass sie dieses Fach für ihre Maturaarbeit nur als Hilfsmittel benötigt hätten, zum Beispiel für Berechnungen und für das Auswerten von Diagrammen.¹⁸

Ein Schüler ordnete seine Maturaarbeit neben Sport und Biologie auch der Mathematik zu. Der Grund hierfür ist darin zu suchen, dass er im Gegensatz zu den anderen 8 Schülerinnen und Schülern angab, sich mathematische Inhalte eigens für die Arbeit angeeignet zu haben (Thematik der Standardabweichung).¹⁹

Als Ergebnis des Besuchs dieser Maturaarbeitspräsentationen kann also festgehalten werden, dass es wissenschaftspropädeutische Arbeiten gibt, in denen Mathematik als Hilfsmittel benutzt wird, die Arbeiten jedoch anderen Schulfächern zugeordnet werden. Dies gilt

¹⁶ Die TEDS-M-Studie zeigte, dass sich angehende Mathematiklehrkräfte der Sekundarstufe I in Deutschland und der Schweiz bezogen auf ihr Mathematikbild kaum unterscheiden (vgl. Felbrich/Kaiser/Schmoltz, S. 296). Dies ist ein Hinweis dafür, dass sich auch die Schülerbilder nicht grundlegend voneinander unterscheiden.

¹⁷ Es handelt sich dabei um folgende Themen: Phänomen Sternschnuppen; Erweiterung und Digitalisierung eines Stroboskops; Erstellung eines Sporttests mit einem zugehörigen fairen Bewertungsschema; Wurfpräzision im Handball. Eine Analyse von U12 Junioren; Auswirkung von Protein Supplements und Krafttraining auf den Muskelaufbau; Schneeketten fürs Fahrrad. Eine hilfreiche Hilfe oder ein reiner Reinfall?; Der wirtschaftliche Weg einer Knospe zur Blume bis zum Endkonsumenten.

¹⁸ Siehe Anhang: CD-ROM: Datei: Interviews: Gedächtnisprotokolle Kurzinterviews an Schulen, S. 188-190 (Protokolle 1-3; 5-7).

¹⁹ Vgl. ebd., S. 189 (Protokoll 4).

vor allem für Naturwissenschaften. Zudem kann diese Situation (zum Beispiel durch die Auswertung von Statistiken) auch in Maturaarbeiten anderer Fächer, wie etwa Sport, auftreten. Eine Erkenntnis, die vermutlich auch auf deutsche Facharbeiten übertragbar ist.

Nachdem auf verschiedene die gesamte (Deutsch-)Schweiz betreffende Punkte eingegangen wurde, wird das Kapitel durch die Betrachtung der drei mathematischen Maturaarbeitspräsentationen abgerundet. Dabei werden die Arbeiten inhaltlich vorgestellt, auf den wissenschaftlichen Anspruch und auf die Betreuungssituation eingegangen. Zudem werden auch die jeweiligen Noten genannt.

In der ersten Präsentation, welche besucht wurde, stellte ein Schüler seine 70-seitige Arbeit mit dem Titel „Eine Reise ohne Umweg – wie Ameisen das Travelling Salesman Problem lösen“²⁰ vor. In seinem Werk beschreibt er zunächst die mathematischen Grundlagen seiner Thematik. Anschließend erklärt er, wie Ameisen sich auf der Suche nach Futterquellen untereinander mittels Duftstoffen verständigen und sie auf diese Weise das Travelling Salesman Problem gut lösen. Kern der Maturaarbeit ist die Vorstellung eines Programms, welches der Schüler geschrieben hat. Dieses Programm löst das Problem des Handlungsreisenden auf Basis des Prinzips, wie Ameisen ihre Suche optimieren. Abschließend hinterfragt der Schüler in seiner Arbeit die Ergebnisse und diskutiert Verbesserungsmöglichkeiten seines Programms.²¹

An einer anderen Schule präsentierte eine Schülerin ihre Arbeit „Erstellung, Durchführung und Auswertung eines Lehrmittels über lineare diophantische Gleichungen“. Der Titel ihres Werks beschreibt sehr gut den Inhalt ihrer etwa 50-seitigen Arbeit, in der die Maturandin sich mit Gleichungen des Typs $ax + by = c$; gegeben: $a, b, c \in \mathbb{Z}$; gesucht: $x, y \in \mathbb{Z}$ beschäftigt und ein selbst entwickeltes Lernheft für Klassenstufe 11 (nach deutscher Zählweise) vorstellt. Im zweiten Teil des Texts überprüft die Autorin anhand eines Fragebogens und eines Tests, wie gelungen ihr Lernheft ist.²²

Bei der dritten besuchten mathematischen Maturaarbeitspräsentation stellte ein Schüler seine 25-seitige Arbeit zum Thema „Elliptische-Kurven-Kryptografie“²³ vor. In seiner Maturaarbeit stellte der Schüler zunächst den mathematischen Hintergrund zur Kryptografie und zu elliptischen Kurven getrennt voneinander vor und verband anschließend beide Themen miteinander. Bis zu diesem Punkt handelt es sich um eine Darstellung der Inhalte aus der Fachliteratur. Zusätzlich ging der Schüler der Frage nach, wie sich dieses Codie-

²⁰ Siehe Anhang, S. II (Kürzel: CH1).

²¹ Ebd.

²² Siehe Anhang, S. II (Kürzel: CH2).

²³ Siehe Anhang, S. II (Kürzel: CH3).

ungsverfahren veranschaulichen lässt und entwickelte hierfür ein Computerprogramm. Abschließend erfolgte eine Diskussion über die Vor- und Nachteile der Verschlüsselung von Botschaften mittels elliptischer Kurven.²⁴

Bezüglich des mathematischen Anspruchs fällt auf, dass die drei Arbeiten durch unterschiedliche Zugangsweisen geprägt sind. Bei den beiden letztgenannten Werken steht zunächst die Darstellung von mathematischen Inhalten im Vordergrund. Zudem liefern sie aber auch eine kreative Eigenleistung (Entwicklung des Lehrmittels, beziehungsweise des Programms zur Visualisierung der Verschlüsselungstechnik). Die Maturaarbeit über das Travelling Salesman Problem ist im Bereich des Problemlösens einzuordnen. Alle drei Arbeiten haben gemein, dass in ihnen Überlegungen zu den Grenzen und Schwächen der gewählten Methode angestellt werden. Im Vergleich mit den Facharbeiten der Fallstudie ist zu attestieren, dass der mathematische Gehalt der Arbeiten als hoch einzuschätzen ist, da in allen Arbeiten ein hohes Maß an Eigenanteil und Reflexion zu finden ist.²⁵

Wie auf Grund der Rahmenbedingungen in der Deutschschweiz nicht anders zu vermuten war, erfolgte die Themenwahl bei den drei mathematischen Maturaarbeiten eigenständig.²⁶

Da zudem eine extrinsische Motivation der Notenverbesserung im Fach Mathematik in der Schweiz nicht in Frage kommt, ist es nicht verwunderlich, dass alle drei Maturanden Interesse an Mathematik im Allgemeinen oder an dem speziellen Thema als Grund für die Themenwahl nannten.²⁷ Besonders einprägsam verdeutlicht dies die Schülerin, welche ein Lehrmittel entwickelte: *„Also ich habe im Allgemeinen sehr gerne die Mathematik. Ich liebe sie schon seit lange und deshalb wollte ich jetzt was Mathematisches machen...“*²⁸.

Über den gesamten Bearbeitungszeitraum der drei Maturaarbeiten hinweg war die Betreuung der Lehrer sehr eng. In einem Rhythmus von zwei bis vier Wochen trafen sich die beiden Schüler und die Schülerin mit ihnen oder gaben Zwischenberichte ab.²⁹ Entsprechend resümiert einer der Schüler über die Betreuung: *„er [sein Mentor] war immer eigentlich auf dem laufenden Stand, also er wusste eigentlich immer von allem Bescheid“*³⁰. Die je-

²⁴ Ebd.

²⁵ Siehe Kapitel 4.2.6 (S. 125ff.).

²⁶ Siehe Anhang: CD-ROM: Datei Interviews: CH1: Absatz 5-9; CH2: Absatz 6-8; CH3: Absatz 6-10. Ebenso war dies bei fünf von sieben Maturandinnen und Maturanden, die eine mathematische Arbeit verfassten und im Rahmen der Ausstellung Maturaarbeiten befragt werden konnten; siehe Anhang: CD-ROM: Datei: Interviews: Gedächtnisprotokolle Kurzinterviews bei Ausstellung Maturaarbeiten, S. 191-194.

²⁷ Siehe Anhang: CD-ROM: Datei Interviews: CH1: Absatz 5; CH2: Absatz 6; CH3: Absatz 6. Ähnlich verhielt sich dies bei der deutlichen Mehrzahl von Maturandinnen und Maturanden, die eine mathematische Arbeit verfassten und im Rahmen der Ausstellung Maturaarbeiten befragt wurden; siehe Anhang: CD-ROM: Datei: Interviews: Gedächtnisprotokolle Kurzinterviews bei Ausstellung Maturaarbeiten, S. 191-194.

²⁸ Anhang: CD-ROM: Datei Interviews: CH: Absatz 6.

²⁹ Siehe Anhang: CD-ROM: Datei Interviews: CH1: Absatz 20-25; CH: Absatz 17-28; CH3: Absatz 17-22.

³⁰ Anhang: CD-ROM: Datei Interviews: CH1: Absatz 23.

weilige Häufigkeit der Treffen wurde von den beiden Maturanden eingangs in einer Vereinbarung mit ihrem Lehrer festgelegt.³¹ Die beschriebene Situation ist typisch für die Schweiz, es gibt in einem durch eine Übereinkunft festgelegten Rhythmus Treffen, in diesen verstehen sich die Lehrenden jedoch als Begleitung im Hintergrund.³²

Die Kombination aus mathematisch sehr anspruchsvollen, von den Schülerinnen und Schüler selbst gewählten Themen – wie dem Travelling Salesman Problem – und der engen Betreuung sorgt dafür, dass die Betreuung solcher Maturaarbeiten für die Lehrer eine anspruchsvolle Aufgabe ist. Beispielsweise benötigte der Schüler, welcher sich mit dem Problem des Handlungsreisenden auseinandersetzte von seinem Mentor Hilfe bei Konvergenzbeweisen.³³ Klar ist, dass dies nur dann möglich ist, wenn die Lehrer über gute mathematische Kenntnisse verfügen. Diese Feststellung hat auch Konsequenzen für die Lehreraus- und Weiterbildung, da diese das Lehrpersonal inhaltlich hierzu befähigen muss.

In der Tabelle auf der rechten Seite sind die Noten für die Maturaarbeiten notiert. Zu beachten ist dabei, dass in der Schweiz Note 6 die Bestnote ist. Im Vergleich zu den EVAMAR-Studienergebnissen wird deutlich, dass die drei mathematischen Maturaarbeiten recht positiv bewertet wurden.³⁴ Ähnlich wie

Tab. 16: Notenübersicht	
Thema	Note
Travelling Salesman Problem	5,5
Lehrmittel diophantische Gleichungen	5
Elliptische-Kurven-Kryptografie	6

in Deutschland können die befragten Schülerinnen und Schüler also mit der Wahl von Mathematik für ihre wissenschaftspropädeutische Arbeit in Hinsicht auf die erreichte Note zufrieden sein. Bestätigt wird dieses Ergebnis auch durch den Besuch der Ausstellung Maturaarbeiten an der ETH Zürich, bei denen sieben Maturandinnen und Maturanden, die eine mathematische Arbeit schrieben, befragt werden konnten.³⁵ Somit zeigte der Besuch in der Schweiz weitere Beispiele dafür, dass es Schülerinnen und Schülern gelingen kann, eine wissenschaftspropädeutische Arbeit zu einem mathematischen Thema zu schreiben, welche den Anforderungen entspricht.

Abschließend folgt nun die Beschreibung von zwei Veranstaltungen in Zürich bei denen die Schülerinnen und Schüler die Chance haben, ihre Maturaarbeiten vor einer nicht-schulischen Öffentlichkeit zu präsentieren. Im Stadthaus mitten in der Zürcher Innenstadt

³¹ Siehe Anhang: CD-ROM: Datei Interviews: CH1: Absatz 23; CH3: Absatz 22.

³² Vgl. Huber/Husfeldt/Lehmann u.a., S. 313. Regionale Unterschiede sind jedoch auch hier zu beachten.

³³ Siehe Anhang: CD-ROM: Datei Interviews: CH1: Absatz 21.

³⁴ Vgl. Huber/Husfeldt/Lehmann u.a., S. 321. Note 6-5,5 haben in der Studie 46,5% der Befragten; Note 5-4,5 bekamen 39,7% der Maturanden und Maturandinnen.

³⁵ Die Noten aller dieser Schüler lagen zwischen 5,5 und 6,0. Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass es sich um eine bestimmte Gruppe von Schülerinnen und Schülern handelt, die an dieser Veranstaltung freiwillig teilnehmen (tendenziell sind sie engagiert und haben zudem eine erfolgreiche Maturaarbeit geschrieben).

werden jedes Jahr von Maturaarbeiten aus dem Kanton Zürich ausgestellt. Laut Informationsbroschüre präsentiert diese Ausstellung „50 der schönsten Geistesblitze des Jahres – und zeigt, wie spannend und bereichernd die Arbeit an einem selbst gewählten Thema sein kann, wenn Inspiration und Leidenschaft zusammenfinden.“³⁶ Die Besucher können sich im Stadthaus Arbeiten aus ganz unterschiedlichen Bereichen ansehen. Hierfür stehen jeweils ein Poster, die Arbeiten selbst und gegebenenfalls das entstandene Produkt bereit. Im Jahr 2014 behandelten drei ausgestellte Arbeiten mathematische Themen.³⁷

Ebenfalls die Möglichkeit, die Maturaarbeiten außerhalb der eigenen Schule vorzustellen bietet die ETH Zürich mit der *Ausstellung Maturaarbeiten* an. Es handelt sich hierbei um einen Präsentationsnachmittag bei dem knapp 50 Maturandinnen und Maturanden, die eine Arbeit im MINT-Bereich verfasst haben, ihre Maturaarbeiten an einem Stand mit Poster vorstellen. Zu jedem Stand kommt ein Experte der ETH zum jeweiligen Thema und diskutiert mit dem Aussteller über den Inhalt der Arbeit. Anschließend haben die Schülerinnen und Schüler die Chance, mit anderen Maturandinnen und Maturanden in Kontakt zu treten und über die Arbeiten zu sprechen. Kerngedanke ist hier also nicht nur die Präsentation, sondern vor allem auch die Diskussion über den Inhalt der Maturaarbeiten. Gerade für Schülerinnen und Schüler mit sehr speziellen MINT-Themen ist es durch diese Veranstaltung möglich, sich tiefgründig über ihre Maturaarbeiten zu unterhalten, was unter Umständen sonst kaum vorkommt.³⁸ Auch die ETH kann einen Nutzen aus diesem Ausstellungsnachmittag ziehen: Einerseits erfahren die Dozenten etwas über das Niveau an den Schulen, andererseits kann hiermit für diese Hochschule geworben werden.

Im Jahr 2014 waren unter den ausgestellten Arbeiten sechs mathematische Themen dabei. Verschlüsselungstechniken waren gleich doppelt vertreten. Nicht nur in der Schweiz scheint dies eine beliebte Thematik zu sein.³⁹ Die anderen Maturandinnen und Maturanden beschäftigten sich mit Verkehrssimulationen, Parrondos Paradoxon, dem Prinzip der minimalen potenziellen Energie, Berechnungen n-dimensionaler Kugeln und Fraktalen. Zusammenfassend betrachtet zeigte der Blick in die Nachbarländer Niederlande und Schweiz vor allem im Kontext der Zusammenarbeit zwischen Schule und Universität neue Ideen für die Betreuung von Mathematikfacharbeiten auf. Gleichzeitig konnten einzelne Gesichtspunkte der Untersuchung untermauert, erweitert und kontrastiert werden.

³⁶ IMPULS MITTELSCHULE, S. 3.

³⁷ Dies sind folgende Arbeiten: Wieso im Kreis rechnen, wenn man es in n-dimensionalen Kugeln machen kann?; The RSA Algorithm – A Modern Method of Keeping Data Secret; Wie entsteht ein Verkehrsstau?.

³⁸ Siehe Anhang: CD-ROM: Datei: Interviews: Gedächtnisprotokolle Kurzinterviews bei Ausstellung Maturaarbeiten, S. 192 (Protokoll 3).

³⁹ Siehe Themenliste der Fallstudie (Kapitel 4.2.2, S.110). Mehrmals wird in der deutschen Fachliteratur Kryptologie als geeignetes Thema für Facharbeiten vorgeschlagen. Vgl. hierzu Meiringer und Epkenhans.

6 Thesen für die Schulpraxis

In diesem Kapitel werden Schlussfolgerungen für die Schulpraxis aus den Erkenntnissen der bisherigen Abschnitte gezogen. Damit zielt dieser Abschnitt auf die Verwirklichung einer der zentralen Intentionen dieser Dissertation – die Formulierung von Ansätzen, damit in Zukunft mathematische Facharbeiten in der gymnasialen Oberstufe noch effektiver eingesetzt werden können – ab. Es handelt sich bei den folgenden Ausführungen nicht mehr um die Darstellung und Interpretation der Erkenntnisse und Ergebnisse aus der Fachliteratur, den einzelnen Studienteilen oder der Beleuchtung der Situation in den europäischen Nachbarländern, sondern um die Formulierung von einzelnen Thesen. Grundlage dieser Thesen ist die Verbindung der einzelnen Kapitel über die „Theoretischen Überlegungen“, die Untersuchungsergebnisse sowie des Exkurses in die Niederlande und die Schweiz. Am Ende dieses Abschnitts ist der Bezug der einzelnen Thesen zu diesen drei Kapiteln in Tabellenform dargestellt. Deutlich wird hier, dass alle genannten Ansätze für die Schulpraxis aus den Resultaten der vorangegangenen Kapitel abgeleitet wurden.

Zudem liefern die aufgestellten Thesen Ausgangspunkte für neue Forschungsansätze und bilden somit die Grundlage für die Verwirklichung eines weiteren zentralen Ziels dieser Dissertation. Die einzelnen Thesen werden zwar durch die anderen Kapitel der Arbeit begründet, ihr Aufstellen erfolgt jedoch auf Basis der vorangegangenen Erkenntnisse und Ergebnisse. Somit ist eine Überprüfung der Thesen durch die Studienteile nicht möglich. Hierzu wären weiterführende Forschungen nötig (siehe auch: Kapitel 7 (Fazit), S. 167).

These 1: Mathematikfacharbeiten sollten häufiger geschrieben werden.

Auf der einen Seite zeigte die Fragebogenerhebung, dass mathematische Facharbeiten sehr selten geschrieben (Unterthese 1a) werden. Auf der anderen Seite ist das Schreiben einer solchen Arbeit jedoch für die Schülerinnen und Schüler in der Regel gut leistbar (Unterthese 1b) und zieht das Verfassen einer Mathematikfacharbeit oft positive Effekte nach sich (Unterthese 1c). Aus dieser Diskrepanz zwischen der Seltenheit einerseits und Leistbarkeit sowie den positiven Wirkungen andererseits erwächst die Forderung, dass mehr mathematische Facharbeiten geschrieben werden sollten. Begründet wird diese Ansicht mit drei Unterthesen, auf die im Folgenden detailliert eingegangen wird.

Unterthese 1a: Mathematik ist bei der Wahl von Facharbeitsthemen im Vergleich zu anderen Fächern zu deutlich unterrepräsentiert.

Im Kapitel 2.3 wurden verschiedene Veröffentlichungen genannt, aus denen punktuell für bestimmte Schulen oder Bundesländer Informationen über den Anteil von Mathematikfacharbeiten gezogen werden können. In allen diesen Publikationen zeigte sich, dass solche wissenschaftspropädeutischen Arbeiten nur von einer kleinen Minderheit geschrieben werden. Diese Tendenz konnte im Rahmen der Fragebogenerhebung in vier verschiedenen Bundesländern mit sehr unterschiedlichen Vorgaben bezüglich wissenschaftspropädeutischer Arbeiten für eine Stichprobe von knapp 1000 Schülerinnen und Schülern bestätigt werden. Überall gab es zwar Befragte, die eine Mathematikfacharbeit verfassten, der Anteil dieser Abiturientinnen und Abiturienten bewegte sich aber in allen Bundesländern nur zwischen rund 0,5% und 5%. Die sich als sehr schwierig gestaltende Suche nach Fallstudienprobanden unterstrich dieses Ergebnis aus der Fragebogenbefragung.

Da auch der Blick in die Nachbarländer Niederlande, Schweiz und Österreich zeigte, dass auch hier Mathematikfacharbeiten selten sind, kann eingewendet werden, dass es möglicherweise für die Seltenheit mathematischer Facharbeiten strukturelle Gründe gibt. Demnach wäre Mathematik für solche wissenschaftspropädeutischen Arbeiten eher ungeeignet. Eine Ursache hierfür könnte etwa sein, dass die Themenvielfalt für Facharbeiten in anderen Schulfächern offensichtlicher ist. So ist es in den beiden am häufigsten gewählten Facharbeitsdisziplinen Geschichte und Biologie leicht, durch das Beziehen von Unterrichtsthemen auf den regionalen Kontext neue Themen zu generieren (zum Beispiel: Untersuchung zur Alltagsgeschichte eines Dorfs zur Zeit des Nationalsozialismus oder Experimente zur Artenvielfalt in einem nahe gelegenen Bach). Solch eine regionale Zugangsweise bietet sich für viele Fächer an, für mathematische Themen ist diese Vorgehensweise jedoch weniger offensichtlich erschließbar. Ein anderer struktureller Grund kann in den Unterschieden zwischen den Tätigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Mathematikunterricht und beim Verfassen einer Facharbeit liegen. Diese Differenz ist in Mathematik sehr groß, während sie – um bei diesen Beispielen zu bleiben – in Geschichte und Biologie kleiner ist. In Biologie kann das Experimentieren, welches aus dem Unterricht bekannt ist, eine gute Grundlage für eine Facharbeit sein. Auch die schriftliche Quellenanalyse im Geschichtsunterricht unterscheidet sich von einer Facharbeit wesentlich weniger als etwa eine Kurvendiskussion. Ferner könnte auch das Schülerbild von Mathematik ein Grund für die Seltenheit von Facharbeiten in dieser Disziplin sein. Viele Gymnasiastinnen und Gymnasiasten schätzen Mathematik als schwer, abstrakt und schematisch ein. Diese Grundvorstellung ist

nicht kompatibel mit der Idee, hierin eine Facharbeit zu schreiben. So konnte im Rahmen der Fragebogenerhebung gezeigt werden, dass insbesondere die befragten Schülerinnen und Schüler mit einer schematischen Sicht auf Mathematik eine Facharbeit hierin ablehnen. Alle drei genannten Gründe dafür, dass mathematische Facharbeiten sehr selten geschrieben werden, haben ihre Berechtigung, können aber auch abgemildert werden. Auch in Mathematik gibt es – wenn auch möglicherweise nicht ganz so offensichtlich – eine große Vielfalt an möglichen Themen (siehe: These 2a). Zudem kann durch eine Öffnung des Mathematikunterrichts die Differenz zwischen Unterricht und Facharbeit verringert und auch das Mathematikbild verändert werden (siehe These: 3). Insofern bleibt festzuhalten, dass im Hinblick auf die Bedeutung der Mathematik in der Schule und im Berufsleben mathematische Facharbeiten zu deutlich unterrepräsentiert sind.

Unterthese 1b: Mathematikfacharbeiten sind für Schülerinnen und Schüler leistbar.

Aus Meiringers Evaluationsstudie zu zwei W-Seminar-Kursen über Kodierungstechniken wurde deutlich, dass die meisten Schülerinnen und Schüler in der Lage waren – eingebettet in solch einen wissenschaftspropädeutischen Kurs – eine Facharbeit zu schreiben, die den Anforderungen entspricht. Die Fallstudie (Kapitel 4.2), bei der 17 Abiturientinnen und Abiturienten aus ganz verschiedenen Schulen und Bundesländern untersucht wurden, bestätigt dies. Alle Probanden schafften es, bis zum Abgabetermin eine vollständige Facharbeit abzugeben. Diese Facharbeiten entsprachen bei fast allen Fallstudienteilnehmern den Kriterien an wissenschaftspropädeutischen Arbeiten nach denen sie im Rahmen der Studie untersucht wurden. Auch im Urteil der bewertenden Lehrer schnitten die Arbeiten oft gut oder sogar sehr gut ab. Infolgedessen war ein zentrales Ergebnis des Teilkapitels 4.2.6, dass die Probanden in der Lage waren, eine Mathematikfacharbeit zu schreiben. Da die Fallstudienteilnehmer mit sehr unterschiedlichen Vorbedingungen (beispielsweise im Hinblick auf die Leistungsstärke im Mathematikunterricht) in das Projekt Mathematikfacharbeit starteten, kann die Aussage auch auf andere Schülerinnen und Schüler verallgemeinert werden. Bestätigt wird diese These auch durch die Fragebogenbefragung, die weitere Beispiele für Gymnasiastinnen und Gymnasiasten lieferte, die in der Lage waren, eine mathematische Facharbeit zu verfassen. Zudem wurden im Rahmen des Besuchs von Maturaarbeitspräsentationen in der Schweiz weitere Beispiele für besonders gelungene Schülerleistungen wissenschaftspropädeutischer Mathematikarbeiten gefunden.

Unterthese 1c: Das Schreiben von Mathematikfacharbeiten wirkt sich positiv aus.

In der mathematikdidaktischen Literatur wird das Verfassen von Facharbeiten deshalb gefordert, weil sich hiervon positive Effekte auf die Schülerinnen und Schüler versprochen werden. In den Veröffentlichungen zu diesem Thema wird angenommen, dass sich diese Wirkungen auf drei Ebenen beziehen: Kennenlernen des wissenschaftlichen Arbeitens, Erweiterung der Fach- und Methodenkenntnisse sowie die Entwicklung der Persönlichkeit. Ob solche Effekte wirklich durch das Schreiben von Mathematikfacharbeiten erzielt werden können, ist bisher empirisch kaum untersucht. Die Fallstudie bot die Chance, die Wirkung solcher Arbeiten im Bezug auf das Mathematikbild und das Erreichen wissenschaftspropädeutischer Bildung zu überprüfen.

Im Bezug auf die Veränderung des Mathematikbilds durch Facharbeiten ist Meiringers Evaluationsstudie die einzige Quelle; wobei zu beachten ist, dass sie nur bedingt hilfreich sein kann, da Meiringers Hauptaugenmerk auf anderen Fragestellungen lag. Er stellte fest, dass die Schülervorstellungen darüber, ob Schreiben ein wichtiger Bestandteil von Mathematik ist, durch den Seminarkurs zwar nicht verändert wurden, aber dennoch das W-Seminar und die Facharbeit ein treffendes Mathematikbild vermittelten.

Durch die Fallstudie konnte eine der Kernaussagen der Fragebogenerhebung bestätigt werden: Die Schülerinnen und Schüler, die eine mathematische Facharbeit schrieben, haben deutlich eher ein als positiv zu wertendes Mathematikbild (im Sinne von Kapitel 4.4 (Seite 46f.)) als ihre Klassenkameraden, welche die Facharbeiten zu anderen Themen schrieben. Zudem verdeutlichte die Fallstudie, dass diejenigen, welche sich für eine Mathematikfacharbeit entschieden haben, schon im Vorfeld ein Bild von Mathematik hatten, welches den in Kapitel 4.4 erläuterten Idealvorstellungen hiervon recht nahe kommt. Durch das Schreiben der mathematischen Facharbeit wurde dies noch verstärkt, was sich sowohl beim Vergleich der Fragebögen als auch im Interview zeigte. Insofern haben solche Arbeiten einen positiven Einfluss auf das Mathematikbild.

Im Kontext der wissenschaftspropädeutischen Wirkung ist Nussingers Studie zu biologischen Facharbeiten eine besonders wichtige Quelle. Sein Kernbefund war, dass durch solche Arbeiten studienpropädeutische Kenntnisse und Kompetenzen gebildet werden können. Die Fallstudie zeigte, dass sich die Schülerinnen und Schüler mit Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens auseinandersetzten (Hubers 1. Ebene der Wissenschaftspropädeutik). So mussten die Gymnasiastinnen und Gymnasiasten beispielsweise zu ihren Themen recherchieren und sammelten hierbei oft erste Erfahrungen beim Umgang mit Universitätsbibliotheken und dem Einlesen in Fachtexte. Des Weiteren lernten sie viel über den

formalen Aufbau einer wissenschaftlichen Arbeit (der Großteil der Arbeiten entsprach den hier gestellten Anforderungen).

Auch Hubers zweite Ebene von Wissenschaftspropädeutik wird durch das Schreiben von mathematischen Facharbeiten angesprochen. Je nach thematischem Zugang der Arbeiten verwendeten die Schülerinnen und Schüler mathematische Grundbegriffe und -methoden, welche über die schulischen Inhalte und Verfahren hinausgingen. Insbesondere für jene Probanden, deren Zukunftsvorstellungen sich im Verlaufe des Facharbeitsprozesses verstärkt in Richtung Wahl eines mathematischen Studiums entwickelte, können die gesammelten Erfahrungen später sehr hilfreich sein (Stichwort: Studierfähigkeit). Ein Teil der Probanden formulierte in den Facharbeiten zudem Überlegungen zu Grenzen und Schwächen der verwendeten Methoden.

Somit liefern mathematische Facharbeiten einen wichtigen Beitrag im Sinne der wissenschaftspropädeutischen Bildung, die eines der drei zentralen Ziele der gymnasialen Oberstufe ist. Auch wenn sich Hubers dritte Ebene der Wissenschaftspropädeutik („Metareflexion in philosophischem [...], historischem und sozialem/politischem Bezugsrahmen“¹) in den Facharbeiten nicht findet, bleibt damit festzuhalten, dass Mathematikfacharbeiten sich auch im Kontext der Wissenschaftspropädeutik positiv auf die Schülerinnen und Schüler auswirken.

These 2: Es gibt Ansätze, die zu einer Erhöhung der Bedeutung von Mathematikfacharbeiten führen.

Nach These 1 sollten mathematische Facharbeiten häufiger geschrieben und damit ihre Bedeutung in der Schule gestärkt werden. Drei Ansätze die dazu dienen können, dass sich mehr Schülerinnen und Schüler dafür entscheiden, eine solche Arbeit zu verfassen, werden im Rahmen der folgenden Unterthesen vorgestellt.

Unterthese 2a: Den Schülerinnen und Schülern sollte verdeutlicht werden, dass es für Mathematikfacharbeiten eine Vielfalt an Zugängen und Themen gibt.

Eine Ursache für die geringe Anzahl von mathematischen Facharbeiten ist, dass sehr vielen Schülerinnen und Schülern nicht klar ist, worüber in diesem Fach eine solche Arbeit geschrieben werden könnte. Im Kapitel 2.3 wurde argumentiert, dass diejenigen, die sich nicht vorstellen können, dass es überhaupt mathematische Facharbeitsthemen gibt, sich gegen die Wahl einer Mathematikfacharbeit entscheiden werden und solch ein Projekt ablehnen. Illustriert wurde dieser Zusammenhang unter anderem anhand dieses Zitats: „So

¹ Huber (2009), S. 45.

*lange man keine revolutionären neuen Erkenntnisse erlangt, gibt man nur bekanntes wieder. Es [das Schreiben einer Mathematikfacharbeit] ist also unnötig“.*²

Die Meinung vieler Schülerinnen und Schüler, dass es schwierig ist, ein passendes Thema für eine Mathematikfacharbeit zu finden, steht im Widerspruch zur Bandbreite an solchen Themen aus der didaktischen Fachliteratur, die im Kapitel 2.3 erwähnt wurden. Diese oben genannte weitverbreitete Schülerhaltung steht ebenfalls im Widerspruch zu den Resultaten der Fallstudie. Es zeigte sich dort, dass es Facharbeiten mit ganz unterschiedlichen Zugängen (mit höherem oder niedrigerem innermathematischem Anspruch) zu ganz verschiedenen mathematischen Bereichen gibt und die meisten Arbeiten erfolgreich waren. Klar wurde vor allem auch, dass es in diesen Arbeiten keinesfalls darum geht, einen neuen Beweis oder eine neue Regel aufzustellen, wie es im obigen Zitat anklingt und für Schülerinnen und Schüler ohnehin selten möglich sein wird. Diese Vielfalt, die im Rahmen der Fallstudie deutlich wurde, bietet für ganz unterschiedliche Schülergruppen die Chance, ein passendes mathematisches Facharbeitsthema zu finden.

Es gibt also ein Missverhältnis zwischen der Meinung vieler Gymnasiastinnen und Gymnasiasten, dass es kaum adäquate mathematische Facharbeitsthemen gibt, und den Ergebnissen der Fallstudie sowie den Resultaten aus der didaktischen Literatur. Um diese Diskrepanz zu verringern, bieten sich folgende drei Ansätze an. Erstens könnte – ähnlich wie es in den Niederlanden geschieht – in den Oberstufenschulbüchern an bestimmten Stellen vermerkt sein (etwa am Ende eines Kapitels oder bei sehr offen gestalteten Aufgaben), dass sich die entsprechenden Inhalte gut als Basis für eine mathematischen Facharbeit eignen. Zweitens würde ein verstärkter Fokus auf öffentliche Präsentation der Facharbeiten dazu führen, dass Schülerinnen und Schüler den Einblick in mathematische Arbeiten anderer Abiturientinnen und Abiturienten erhalten und somit erkennen, dass auch Mathematik unterschiedliche Facharbeitsthemen bereit hält (siehe: These 7). Drittens würde eine weitere Öffnung des Mathematikunterrichts (im Sinne der im Kapitel 2.1 vorgestellten unterschiedlichen Ebenen der Öffnung) dazu führen, dass den Lehrern an ganz unterschiedlichen Punkten die Möglichkeit gegeben ist, darauf hinzuweisen, dass sich bestimmte Inhalte auch als Ansatz für eine Facharbeit anbieten (siehe: These 3).

² Dieses Zitat befindet sich im Kapitel 4.1.2 (S. 80).

Unterthese 2b: Bei den Überlegungen zur Erhöhung der Anzahl von Mathematikfacharbeiten sollten vor allem die Schülerinnen in den Blick genommen werden.

In der Fragebogenerhebung und in der Fallstudie gab es deutlich mehr Schüler als Schülerinnen, die eine mathematische Facharbeit schrieben. Da diese Unterschiede recht deutlich waren (Geschlechterverhältnis war jeweils deutlicher als 2:1) und sich in beiden Studien gleichermaßen zeigten, kann begründet angenommen werden, dass es sich hierbei um einen verallgemeinerbaren Fakt handelt. Die Ursachen für diese Geschlechterdiskrepanz sind sicherlich vielfältig. Zwei Gründe hierfür, die aus der Fragebogenerhebung abgeleitet werden können, sind die Unterschiede zwischen Abiturientinnen und Abiturienten beim Mathematikbild und bei der Selbsteinschätzung. Es wurde deutlich, dass Mädchen eher ein Mathematikbild haben, welches stärker an einer schematischen Mathematiksicht orientiert ist als das der Jungen. Zudem ist ihre Selbsteinschätzung im Mittel niedriger als bei ihren männlichen Klassenkameraden. Beide Ergebnisse decken sich mit denen aus anderen Studien (Grigutschs Erhebung und TIMSS). Klar ist, dass sowohl eine schematische Sichtweise auf Mathematik als auch eine niedrigere Selbsteinschätzung tendenziell bewirkt, sich gegen eine Mathematikfacharbeit auszusprechen.

Ansätze, die dafür sorgen können, dass mehr Schülerinnen eine mathematische Facharbeit verfassen, sollten somit diese beiden Gründe für die Unterschiede zwischen den Geschlechtern in den Blick nehmen. Lehrer sollten insbesondere den Schülerinnen verdeutlichen, dass sie ihnen zutrauen, erfolgreich eine mathematische Facharbeit zu schreiben.

Eine ganz andere denkbare Möglichkeit, mehr Mädchen für solche wissenschaftspropädeutischen Arbeiten zu motivieren, ist die Formulierung spezieller Themen, welche die Schülerinnen besonders interessieren. Hierbei besteht jedoch die Gefahr, bestehende Geschlechterstereotype zu verstärken. Deshalb wird hier auf eine Formulierung solcher Themen verzichtet. An dieser Stelle soll lediglich auf eine Auffälligkeit, die sich im Rahmen der Erhebungsschritte zeigte, hingewiesen werden: Alle Facharbeiten, die an der Schnittstelle zur Pädagogik beziehungsweise Didaktik liegen, die in Deutschland, der Schweiz und den Niederlanden gefunden wurden, verfassten Schülerinnen. Dieser thematische Zugang ist infolgedessen im Kontext der Studien der Einzige, der von Mädchen deutlich eher angenommen wurde als von Jungen.

Unterthese 2c: Es können Rahmenbedingungen geschaffen werden, die zur Erhöhung der Anzahl von Mathematikfacharbeiten führen.

In der Fragebogenerhebung zeigte sich, dass in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen mehr befragte Schülerinnen und Schüler eine mathematische Facharbeit verfassten als in den beiden anderen Bundesländern. Bestätigt wurde dieses Ergebnis durch die Suche nach potenziellen Probanden für die Fallstudie, die sich in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen deutlich leichter gestaltete als in Sachsen-Anhalt und insbesondere in Thüringen. Deshalb liegt es nahe, zu vermuten, dass die Rahmenbedingungen, die auf Länder- und Schulebene für den Umgang mit Facharbeiten vorgegeben sind, einen großen Einfluss auf die Verteilung der Facharbeitsfächer haben.

Eine Rahmenbedingung, die sich im Bezug auf die Anzahl von mathematischen Facharbeiten negativ auszuwirken scheint, ist die Vorgabe, die wissenschaftspropädeutischen Arbeiten in Gruppen zu schreiben, wie dies in Thüringen der Fall ist. Für diejenigen, die sich für Facharbeitsthemen interessieren, für die sich nur sehr wenige Schülerinnen und Schüler entscheiden wollen – wie mathematische Inhalte – ist es ausgesprochen schwierig, Klassenkameraden zu finden, welche sich ihrem Thema anschließen. Eindrucksvoll wird diese Problematik am Beispiel der Fallstudie in Thüringen deutlich. Hier konnte nur eine Gruppe von potenziellen Probanden gefunden werden. Diese Gruppe bestand aus einer Schülerin, die sich schon lange für ihr spezielles mathematikdidaktisches Thema interessierte. Als Gruppenmitglieder konnte sie lediglich zwei Schülerinnen gewinnen, die es nicht schafften, sich einer anderen Gruppe anzuschließen und somit dieses Thema wählen mussten.³ Daher ist der Zwang zu Gruppenarbeiten aus mathematikdidaktischer Sicht abzulehnen. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die freiwillige Option, die Facharbeiten im Team zu schreiben, für manche Schülerinnen und Schüler eine Möglichkeit sein kann.

Eine andere wichtige Rahmenbedingung für die Schülerinnen und Schüler ist die Frage, ob die Facharbeitszensur in die Mathematiknote eingeht. Eine Verbesserung der Semesterzensur in Mathematik war in der Fallstudie – dort, wo dies möglich ist – eines der Motive der Abiturientinnen und Abiturienten für die Wahl einer Mathematikfacharbeit. Zwar gibt es auch andere, wünschenswertere Intentionen hierfür (wie etwa Interesse am Inhalt). Doch die Fallstudie zeigte auch, dass diejenigen, die sich auf Grund des Notenkalküls für eine mathematische Facharbeit entschieden, eine gelungene Arbeit abgaben. Auch bei ihnen sind positive Effekte in Folge des Arbeitsprozesses nachzuweisen. Insofern ist zumindest denjenigen Schülerinnen und Schülern, die dieses Argument in einem offenen Gespräch

³ Siehe Anhang: CD-ROM: MAXQDA: TH1: 156-169.

mit dem betreuenden Lehrer nennen, anders als an einer nordrhein-westfälischen Schule geschah (Fallbeispiel Jana, Kapitel 4.2.7), zu entgegnen: „Ja, durch eine Facharbeit besteht die Chance, die Mathematiknote zu verbessern.“

In den Bundesländern, wo es den Schulen freigestellt ist, Rahmenthemen für das Seminarfach und damit auch für die Facharbeit vorzugeben (wie in Niedersachsen), sollte diese Möglichkeit genutzt werden. Die Vorgabe von Rahmenthemen zur Mathematik sorgt dafür, dass deutlich mehr Schülerinnen und Schüler eine Facharbeit in dieser Disziplin schreiben, wie anhand des Beispiels einer niedersächsischen Schule deutlich wurde. Positiv wirkt sich vor allem aus, dass den Gymnasiastinnen und Gymnasiasten hiermit bewusst gemacht wird, dass es mathematische Facharbeitsthemengebiete gibt, die konkrete Themenwahl aber durchaus von den Schülerinnen und Schülern selbst erfolgen kann. Zudem wissen die Abiturientinnen und Abiturienten, dass ihnen auch bei Fragen zum Inhalt durch den betreuenden Lehrer geholfen werden kann. Somit wird das Unwissen rund um mathematische Facharbeitsthemen genauso gemildert, wie manche inhaltlichen Befürchtungen vor solchen Arbeiten.

These 3: Die Öffnung des Mathematikunterrichts und das Schreiben von Mathematikfacharbeiten stehen in wechselseitiger Beziehung.

Die Fragebogenerhebung verdeutlichte, dass nur eine kleine Minderheit von Schülerinnen und Schülern ihre Facharbeiten zu mathematischen Themen schreiben und Mathematik im Vergleich zu anderen Schulfächern im Kontext dieser Arbeiten deutlich unbeliebter ist. Als ein Grund hierfür wurde im Rahmen der Ausführungen zu These 1a angeführt, dass die Unterschiede zwischen den Tätigkeiten des Mathematikunterrichts und des Schreibens einer Facharbeit größer als in anderen Fächern sind. Diese Differenz ist zum Teil so groß, dass es Fallstudienteilnehmer gibt, die keine Beziehung zwischen ihrer mathematischen Facharbeit und dem Mathematikunterricht sehen. Im Kapitel 4.2.1 wurde ein Schüler folgendermaßen zitiert: „*das [gemeint ist das Facharbeitsthema Rentenrechnung] gehört für mich nicht wirklich zur Mathematik. Es ist zwar ein Teil davon, aber es gehört nicht richtig dazu.*“⁴

Durch eine weitere Öffnung des Mathematikunterrichts kann der Unterschied zwischen dem Schulfach und dem Schreiben einer Mathematikfacharbeit verringert werden. Eine offenere Gestaltung des Unterrichts kann den Schülerinnen und Schülern zum Beispiel bei der Themenfindungsphase helfen. Dies ist besonders wichtig, da viele Schülerinnen und Schüler gar nicht wissen, worüber man eine Mathematikfacharbeit überhaupt schreiben

⁴ Es handelt sich um Auszüge eines Schülerzitats auf S. 80.

kann (siehe Kapitel 4.1.2 (Seite 80f.)). Zudem werden hierdurch wichtige Fähigkeiten für das Verfassen einer mathematischen Facharbeit wie das eigenständige Recherchieren, über Inhalte nachdenken und das Schreiben über Mathematik ausgebildet (siehe Kapitel 4.2.3). Durch diese verbesserte Vorbereitung auf die Facharbeit kann die Öffnung der Mathematikunterrichts dazu führen, dass sich mehr Schülerinnen und Schüler entscheiden, eine Facharbeit zu einem mathematischen Thema zu schreiben.

Auf der anderen Seite kann das Schreiben von Facharbeiten als ein Element der Öffnung des Mathematikunterrichts angesehen werden. Schließlich wurde in Kapitel 2.1 dargelegt, dass sich wissenschaftspropädeutische Mathematikfacharbeiten in die Diskussion um die Öffnung dieses Fachs einordnen, da hiermit alle vier zentralen Ebenen der Öffnung des Fachs angesprochen werden (Öffnung der Aufgaben, der Inhalte, Unterrichtsmethodik/-organisation sowie Öffnung nach außen).

Somit kann festgehalten werden, dass einerseits die Öffnung des Mathematikunterrichts mehr mathematische Facharbeiten nach sich ziehen kann und zudem den Schülerinnen und Schülern während der Arbeitsphase hilft. Andererseits ist gleichzeitig die Erhöhung der Mathematikfacharbeitszahlen ein Beitrag für die Öffnung des Fachs. Dies bezieht sich – wie in Kapitel 2.1 ausgeführt – auf die vier dort beschriebenen Ebenen der Öffnung.

These 4: Die Vorbereitung auf die Mathematikfacharbeiten sollte fachspezifisch erfolgen

Im Zusammenhang der Vorbereitung auf die Facharbeiten ist zunächst einmal daran zu erinnern, dass in den einzelnen Bundesländern sehr unterschiedliche Bedingungen vorliegen (siehe Kapitel 2.3). Klar ist, dass die Vorbereitung im Rahmen eines Seminarfachs deutlich ausführlicher ausfällt, als es in Bundesländern ohne ein solches wissenschaftspropädeutisches Fach möglich ist.

Themengebundene Seminarkurse sind eine besonders gute Vorbereitung für mathematische Facharbeiten. Argumente hierfür finden sich sowohl bei Meiringer, dessen Fazit seines W-Seminars zur Kodierungstheorie sehr positiv ausfiel als auch in der Fallstudie. Die sechs Probanden eines niedersächsischen Seminarkurses zur Wirtschafts- und Finanzmathematik gaben an, sehr gut und ausführlich auf die Facharbeit vorbereitet worden zu sein (unter anderem mit dem Verfassen einer kleineren Hausarbeit über Rentenrechnung). Zudem sagten im Interview von diesen Fallstudienteilnehmern außergewöhnlich viele Probanden, dass sie keine Schwierigkeiten während des Arbeitsprozesses gehabt hätten. Schließlich gaben fast alle von ihnen sehr gute Facharbeiten ab (sowohl im Urteil des betreuenden Lehrers als auch bei der Untersuchung der Arbeiten als abrechenbares Produkt).

In den Bundesländern, wo es möglich ist, solche themengebundenen Seminarkurse durchzuführen, sollten diese von den Schulen angeboten werden. In den anderen Bundesländern, die ein Seminarfach eingeführt haben, dieses aber prinzipiell nicht themenspezifisch ausgelegt ist, sollte überlegt werden, ob die erfolgreiche themengebundene Variante des Seminarfachs nicht übernommen werden kann. Schließlich hatte auch im Rahmen von These 2c diese Seminarfachvariante Vorteile.

In den Bundesländern ohne Seminarfach ist die Vorbereitung oft sehr stark auf formelle Aspekte bezogen. Zudem zeigte die Fallstudie (Kapitel 4.2.3), dass häufig die Hinweise zum inhaltlichen Aufbau, der grundsätzlichen Herangehensweise und der Recherche eher an geisteswissenschaftlichen Fächern oder Sprachen orientiert sind (beispielsweise erfolgt in Nordrhein-Westfalen die Vorbereitung im Deutschunterricht). Diese Art der Heranführung an Facharbeiten ist für manche Schülerinnen und Schüler durchaus ausreichend. So bekam der im Kapitel 4.2.7 Sven genannte Schüler, der die hoch anspruchsvolle Arbeit über die Poissonverteilung sehr erfolgreich schrieb, zur Vorbereitung lediglich einige Kopien. Für andere Abiturientinnen und Abiturienten reicht dies jedoch nicht aus. An dieser Stelle sei an das Zitat von Seite 115 erinnert, indem deutlich wird, dass sich eine Schülerin „aufgeschmissen“ fühlt, weil die Vorbereitungspräsentation „sehr bezogen auf so Fächer wie Deutsch und Pädagogik und so“⁵ war. Deshalb ist es wünschenswert, dass bei der Heranführung an die Facharbeiten auch auf Spezifika von Arbeiten aus dem MINT-Bereich (Grundaufbau der Arbeit, Zugangsweisen und spezielle Aspekte der Recherche in diesen Fächern) eingegangen wird.

These 5: Eine individuelle Unterstützung der Schülerinnen und Schüler beim Schreiben einer Mathematikfacharbeit ist wichtig.

Ein wesentlicher Aspekt bei der aktuellen Diskussion um die Veränderungen des Mathematikunterrichts ist, den Fachunterricht für individuelle Lernwege zu öffnen. Dieses selbstständige Arbeiten ist beim Schreiben einer Facharbeit von zentraler Bedeutung. Die Schülerinnen und Schüler sollen und müssen eigene Wege gehen, denn jeder hat ein eigenes Thema und einen spezifischen Aufbau der Arbeit. Aus diesem Grund muss auch die Betreuung individuell und auf den einzelnen Abiturienten/die einzelne Abiturientin hin zugeschnitten erfolgen – was an die betreuende Lehrkraft eine hohe Anforderung darstellt. Neben dieser theoretischen Analyse liefern die beiden Untersuchungsteile Fragebogenerhebung und Fallstudie ein weiteres Argument für eine differenzierte Betreuung. Es zeigte sich sowohl in Abschnitt 4.1.5, bei dem vier Fragebögen detailliert ausgewertet wurden,

⁵ Dieses Zitat findet sich im Kapitel 4.2.3 (S. 115).

als auch in den einzelnen Unterkapiteln der Fallstudie, dass die Grundbedingungen, mit denen die Gymnasiastinnen und Gymnasiasten ihre Facharbeiten beginnen, sehr unterschiedlich sind. Die grundsätzlichen Unterschiede der Schülerinnen und Schüler beziehen sich auf die Leistungsstärke im Mathematikunterricht, die Intention zur Wahl einer mathematischen Facharbeit, die Berufswünsche oder auch auf das Mathematikbild. Besonders gut illustrieren diese Unterschiede die Facharbeiten von Sven und Jana, die in 4.2.7 vorgestellt wurden. Die Facharbeit von Sven, der sehr gut in Mathematik ist, dieses Fach später studieren möchte, deshalb ein solches Facharbeitsthema gewählt und ein sehr ausgeglichenes Mathematikbild hat, steht auf einer ganz anderen Basis als Janas Arbeit. Jana hat sich für eine mathematische Facharbeit entschieden, weil sie hiermit ihre eher mittelmäßige Mathematiknote aufbessern will. Jana möchte möglicherweise etwas mit Bereich Medien oder Design studieren und ihr Mathematikbild ist von den schematischen Aspekten geprägt. Da sich die Grundbedingungen der Schülerinnen und Schüler, die eine mathematische Facharbeit schreiben, so stark voneinander unterscheiden, bedarf es einer individuellen Betreuung. Schließlich kann ein Rat, der für Jana hilfreich ist, für Sven unnötig sein und ihm beim Finden seines eigenen Wegs behindern.

Am besten kann diese, auf die einzelnen Abiturientinnen und Abiturienten zugeschnittene Betreuung, im Rahmen von regelmäßigen Konsultationsterminen von Verfasser und Betreuungslehrer erfolgen. Der betreuende Lehrer sollte in der Lage sein, auch auf inhaltliche (also mathematische) Probleme einzugehen. Wünschenswert ist zudem, dass sich sowohl Schüler/Schülerinnen als auch Lehrer über die genannten Grundbedingungen im Klaren sind, um auf dieser Basis eine gute Ausgangssituation für den Arbeitsprozess und die zugehörige Betreuung zu schaffen.

These 6: Eine Zusammenarbeit von Schulen und Universitäten im Rahmen der Betreuung von Mathematikfacharbeiten ist sinnvoll.

Ein Aspekt der Öffnung des Mathematikunterrichts ist die Öffnung nach außen, womit gemeint ist, dass den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit gegeben ist, auch andere Lernorte als den Klassenraum aufzusuchen. Im Kontext von Facharbeiten bieten sich hierfür ganz unterschiedliche Orte an. Naheliegend ist vor allem der Besuch von Universitäten. Schließlich sollen Facharbeiten auch zur Verbesserung der Studierfähigkeit beitragen. Diesbezüglich ist es hilfreich, wenn die Abiturientinnen und Abiturienten auf diesem Wege erste Einblicke in die Universitäten erlangen.

Das Kapitel über die Situation in den Niederlanden und die Schweiz verdeutlichte, dass es bei der Unterstützung von Universitäten für Schülerinnen und Schüler, die eine Facharbeit

schreiben, bereits gute Ansätze gibt. Dies gilt zum einen für die Ausstellung *Maturaarbeiten* von der ETH Zürich und zum anderen auch für die unterschiedlichen Angebote, die niederländische Universitäten (etwa: Universität Twente und RU Nijmegen) stellen. Wichtig ist, dass bei solchen Angeboten bedacht wird, dass sich diese Hilfestellungen mit der Unterstützung durch die Schule möglichst wenig überschneidet. Wie die vorgestellten Beispiele zeigten, ist dies durchaus möglich, da die Universitäten Angebote stellen können, die für Schulen nur schwer leistbar sind. Hierzu zählen etwa das Vermitteln von Gesprächen mit Experten zum jeweiligen Facharbeitsthema oder die Möglichkeit, bestimmte Teile der Infrastruktur von Universitäten zu nutzen (beispielsweise: Bibliotheken, Spezialapparate). Auf diese Weise haben die Universitäten die Möglichkeit, zu einer individuellen Betreuung der Schülerinnen und Schüler (These 5) beizutragen.

Eine solche Zusammenarbeit von Schule und Universität kann nur gelingen, wenn beide Seiten dafür offen sind. Von Seiten der Schülerinnen und Schüler sowie der Gymnasien scheint dies der Fall zu sein: Unter den Fallstudienteilnehmern besuchten mehr als die Hälfte Hochschulbibliotheken zur Recherche (teilweise besuchte der gesamte Seminarkurs solche Bibliotheken). Auch von Seiten der Universitäten kann sich solch ein Engagement für Abiturientinnen und Abiturienten lohnen, weil hiermit sowohl für spezielle Fächer (In Nijmegen und Zürich richtete sich das Angebot speziell an MINT-Themen) als auch für die gesamte Universität geworben werden kann. Die beschriebenen Angebote in den beiden Nachbarländern dienen somit auch als Werbung dafür, dass sich die Verfasser der Arbeiten im nächsten Jahr für einen bestimmten Studiengang an diesen Universitäten einschreiben.

Auch in Deutschland gibt es Ansätze zur Zusammenarbeit von Schulen und Universitäten im Kontext der Facharbeiten. Im Vergleich zu den Angeboten in den Niederlanden und der Schweiz sind sie jedoch noch ausbaufähig. Da sowohl die Gymnasiastinnen und Gymnasiasten als auch die Schulen und die Universitäten von dieser Zusammenarbeit profitieren können, wird an dieser Stelle eine stärkere Zusammenarbeit beider Bildungseinrichtungen im Kontext der Facharbeiten gefordert.

These 7: Es wäre gut, wenn nach Verfassen der mathematischen Facharbeiten diese stärker vor der Öffentlichkeit präsentiert werden könnten.

In den meisten Bundesländern werden nach Abgabe der Facharbeiten keine Präsentationen oder Verteidigungen durchgeführt. Somit ist – wenn die Arbeit nicht im Freundes- und Familienkreis vorgezeigt wird – der bewertende Lehrer der Einzige, der dieses Schriftstück liest und sich mit dem Inhalt auseinandersetzt. Nur in manchen Bundesländern ist dies an-

ders. In Thüringen etwa findet obligatorisch ein Kolloquium (bestehend aus Präsentations- und Diskussionsteil) statt, an dem auch andere Schülerinnen und Schüler der Oberstufe teilnehmen.⁶

Es wäre gut, wenn auch in den anderen Bundesländern die Abiturientinnen und Abiturienten die Chance hätten, den Inhalt ihrer Arbeiten vor anderen Personen vorzustellen. Damit wird einerseits die wochen- oder sogar monatelange Arbeit der Verfasser stärker gewürdigt, da somit die Arbeit nicht mehr nur für den betreuenden Lehrer, der diese auch bewertet, geschrieben wird. Dies kann einen Beitrag dazu liefern, die Orientierung an der Zensurenvergabe abzumildern. Andererseits können auch die Zuhörer von solch einem Kolloquium profitieren, da sie auf diese Weise von dem wissenschaftspropädeutischen Vorgehen und den Ergebnissen anderer erfahren. Insbesondere eher selten gewählte Facharbeitsdisziplinen wie Mathematik können hiervon profitieren. An Einzelbeispielen kann so gesehen werden, dass auch in Mathematik Facharbeiten möglich sind und mit diesem Fach unterschiedliche alltagsrelevante Fragen beantwortet werden können.

Auch für diese These lohnt ein Blick in europäische Nachbarländer, da sich hier Beispiele finden lassen, bei denen die wissenschaftspropädeutischen Arbeiten sogar vor einer außerschulischen Öffentlichkeit vorgestellt wurden. Für einzelne, besonders leistungsstarke Schülerinnen und Schüler war dies im Rahmen der Prämierungen hervorragender Arbeiten an den niederländischen Universitäten genauso möglich wie bei der Ausstellung *Ausgezeichnete Maturaarbeiten* im Stadthaus Zürich. Solche und ähnliche Möglichkeiten gibt es auch für Schülerinnen und Schüler in Deutschland. Sie richten sich in der Regel an besonders leistungsstarke Gymnasiastinnen und Gymnasiasten. Was hierzulande leider jedoch kaum vorkommt, ist, dass sich die einzelnen Schulen für die Präsentationen der Facharbeiten einer breiten Öffentlichkeit gegenüber öffnen, wie es in der Schweiz die Regel ist. Bei diesem Ansatz haben auch die weniger leistungsstarken Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, ihre Ergebnisse vorzustellen, was gerade sie motivieren und stärken kann. Auch hier ist die öffentliche Wirkung gerade für mathematische Themen wünschenswert, da dies ein Beitrag für den Imagewandel dieses Fachs sein kann.

⁶ Vgl. Thillm: Materialien, S. 34.

Tab. 17: Übersicht: Thesen für die Schulpraxis

These	Argumentation	Beleg für die Argumentation (Kapitel)
These 1: Mathematikfacharbeiten sollten häufiger geschrieben werden.	- diese These wird mit den folgenden drei Unterthesen begründet	Unterthesen 1a-1c
Unterthese 1a: Mathematikfacharbeiten sind zu deutlich unterrepräsentiert.	- Mathematikfacharbeiten sind sehr selten - Gründe hierfür sind unter anderem: (vermeintlich) geringe Themenvielfalt; Differenz: Facharbeit – Mathematikunterricht; Mathematikbild der Schülerinnen und Schüler - die Bedeutung dieser Gründe kann abgemildert werden	- 2.3; 4.1.3; 5.1; 5.2 - 4.1.1; 4.1.2; 4.1.3
Unterthese 1b: Mathematikfacharbeiten sind für Oberstufenschülerinnen und -schüler leistbar.	- viele Schülerinnen und Schüler mit sehr unterschiedlichen Voraussetzungen haben es geschafft, eine mathematische Facharbeit zu schreiben, die den Ansprüchen hieran entspricht	- Unterthese 2a; These 3 - 2.3; 4.1.5; 4.2.5; 4.2.6; 5.2
Unterthese 1c: Das Schreiben von Mathematikfacharbeiten wirkt sich positiv aus.	- in der didaktischen Literatur werden sie deshalb gefordert (ohne empirische Belege) - mathematische Facharbeiten haben eine positive Wirkung auf das Mathematikbild - Mathematikfacharbeiten sorgen für wissenschaftspropädeutische Bildung	- 2.3 - 2.3; 2.4; 4.1.1; 4.2.1 - 2.2; 2.3 4.2.3; 4.2.6
These 2: Es gibt Ansätze, die zur Erhöhung der Bedeutung von Mathematikfacharbeiten führen.	- Nach These 1 sollen mathematische Facharbeiten häufiger geschrieben werden; Im Rahmen der folgenden drei Unterthesen werden drei Ansätze hierzu erläutert	Unterthesen 2a-2c
These 2a: Den Schülerinnen und Schülern sollte verdeutlicht werden, dass es für Mathematikfacharbeiten eine Vielfalt an Zugängen und Themen gibt.	- häufig ist Schülerinnen und Schülern nicht klar, worüber in Mathematik eine Facharbeit geschrieben werden kann - es gibt aber eine große Bandbreite von Zugängen und Themen für mathematische Facharbeiten - drei Ansätze zur Verminderung dieser Diskrepanz werden vorgestellt: Öffnung des Mathematikunterrichts; Schulbücher, Facharbeitspräsentationen	- 4.1.2 - 2.3; 4.2.2; 4.2.6 - These 3; 5.2; These 7;
These 2b: Bei den Überlegungen zur Erhöhung der Anzahl von Mathematikfacharbeiten sollten vor allem die Schülerinnen in den Blick genommen werden.	- in beiden Studienteilen zeigte sich, dass deutlich mehr Jungen als Mädchen eine Mathematikfacharbeit schrieben; somit ist bei Mädchen besonders großes Steigerungspotenzial vorhanden - Gründe hierfür liegen unter anderem in der Selbsteinschätzung und beim Mathematikbild - deshalb sollten Ansätze zur Erhöhung der Anzahl von Schülerinnen, die eine Mathematikfacharbeit schreiben, vor allem die Selbsteinschätzung und das Mathematikbild der Mädchen beachten	- 4.1.4 - 4.1.1 - 4.1.1; 4.1.2
These 2c: Es können Rahmenbedingungen geschaffen werden, die zur Erhöhung der Anzahl von Mathematikfacharbeiten führen.	- in manchen Bundesländern werden deutlich mehr Mathematikfacharbeiten verfasst - Vorgabe, Facharbeiten in Gruppen zu schreiben, führt tendenziell zu einer Verringerung der Anzahl von mathematischen Facharbeiten - Wenn Facharbeitsnote in Mathematiknote eingeht, führt dies zur Erhöhung der Anzahl von Mathematikfacharbeiten - Durchführung von Seminarskursen mit mathematischen Rahmenthemen erhöht Anzahl der mathematischen Facharbeiten	- 4.1.3 - 4.2.2 - 4.1.5; 4.2.2; 4.2.7 - 4.2.2

These	Argumentation	Beleg für die Argumentation (Kapitel)
<p>These 3: Die Öffnung des Mathematikunterrichts und das Schreiben von Mathematikfacharbeiten stehen in wechselseitiger Beziehung.</p>	<p>Argumentation</p> <ul style="list-style-type: none"> - ein Grund für die Seltenheit von Mathematikfacharbeiten ist die Differenz zwischen den Tätigkeiten im Mathematikunterricht und beim Schreiben einer Facharbeit - durch eine weitere Öffnung des Mathematikunterrichts kann diese Differenz verkleinert werden und somit werden mehr Mathematikfacharbeiten geschrieben - das Schreiben von Mathematikfacharbeiten ist ein Element für die Öffnung des Mathematikunterrichts 	<ul style="list-style-type: none"> - Unterthese 1a; 4.2.1 - 4.1.2; 4.2.3 - 2.1
<p>These 4: Die Vorbereitung auf die Mathematikfacharbeiten sollte fachspezifisch erfolgen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bedingungen in den Bundesländern sind sehr unterschiedlich; im Seminarfach kann deutlich ausführlicher auf die Facharbeit vorbereitet werden - Themengebundene Seminare sind eine besonders gute Vorbereitung - bei der Variante ohne Seminarfach sollte sich die Vorbereitung nicht nur auf formelle Aspekte beziehen; die inhaltliche Vorbereitung sollte sich auch auf Fächer aus dem MINT-Bereich beziehen 	<ul style="list-style-type: none"> - 2.3 - 4.2.3; 4.2.5; 4.2.6; Unterthese 2c - 4.2.3; 4.2.7
<p>These 5: Eine individuelle Unterstützung der Schülerinnen und Schüler beim Schreiben einer Mathematikfacharbeit ist wichtig.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Der Mathematikunterricht muss sich für individuelle Lernwege öffnen; das Schreiben von Facharbeiten fügt sich darin ein - Schülerinnen und Schüler starten mit sehr unterschiedlichen Bedingungen in die Facharbeit (Leistungsstärke im Mathematikunterricht, Motiv für die Wahl einer Mathematikfacharbeit, Berufswünsche, Mathematikbild); deshalb ist eine individuelle, auf die Spezifika der einzelnen Facharbeiten zugeschnittene Betreuung nötig 	<ul style="list-style-type: none"> - 2.1 - 4.2.2; 4.2.4; 4.2.1; 4.1.5
<p>These 6: Die Zusammenarbeit von Schulen und Universitäten im Rahmen der Betreuung von Mathematikfacharbeiten ist sinnvoll.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ein Aspekt der Öffnung des Mathematikunterrichts ist die Öffnung nach außen (Besuch anderer Lernorte); für Facharbeiten bietet sich die Universität als Lernort an - es gibt hierfür bereits gute Ansätze (Ausstellung Maturaarbeiten an der ETH; Lernstützpunkte an den niederländischen Universitäten) - für diese Zusammenarbeit müssen beide Seiten offen sein; Fallstudie zeigte, dass die Gymnasien und die Schülerinnen und Schüler hierfür in der Regel offen sind, die Zusammenarbeit zwischen Schulen und Universitäten (zumindest im ländlichen Raum) aber noch ausbaufähig ist 	<ul style="list-style-type: none"> - 2.1 - 5.1; 5.2 - 4.2.3
<p>These 7: Es wäre gut, wenn nach Verlassen der mathematischen Facharbeiten diese stärker vor der Öffentlichkeit präsentiert werden könnten.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - in den meisten Bundesländern gibt es keine öffentlichen Präsentationen - Präsentation der Arbeiten würdigt den langen Arbeitsprozess; auch die Zuhörer profitieren - gerade für Mathematik lohnt sich die Präsentation vor einer größeren Öffentlichkeit (in Form von öffentlichen Präsentationen in der Schule oder im Rahmen von Ausstellungen), da hiermit gezeigt wird, dass sich auch mathematische Themen für Facharbeiten anbieten und somit auch für einen Imagewechsel des Fachs beigetragen werden kann 	<ul style="list-style-type: none"> - 2.3 - 4.2.3 - 5.2

7 Fazit

Die vorliegende Arbeit setzte sich mit dem aktuellen Umgang mit mathematischen Facharbeiten, dem Arbeitsprozess der Schülerinnen und Schüler beim Verfassen dieser Arbeiten, dessen Wirkungen auf die Lernenden sowie den Möglichkeiten, wie solche Facharbeiten noch effektiver eingesetzt werden können, auseinander. Die Schwerpunkte lagen einerseits bei der Einbettung der Thematik in die Veränderungen des Schulfachs Mathematik, die unter der Bezeichnung *Öffnung des Mathematikunterrichts* subsummiert werden, andererseits bei der Untersuchung der Rolle des Mathematikbilds im Kontext der Mathematikfacharbeiten. Zudem wurde auch die wissenschaftspropädeutische Funktion solcher Facharbeiten beleuchtet.

Hauptziel der Dissertation war die in der Einleitung formulierten Kernfragestellungen zu klären:

- Verbreitung von Mathematikfacharbeiten: Wie groß ist der Anteil mathematischer Facharbeiten?
- Mathematikbild: Welche Rolle spielt das Mathematikbild bei der Entscheidung für oder gegen eine mathematische Facharbeit? Kann das Mathematikbild durch das Verfassen einer Mathematikfacharbeit (positiv) beeinflusst werden?
- Arbeitsprozess: Wie verläuft die Themenwahl bei Mathematikfacharbeiten? Wo gibt es Schwierigkeiten und Probleme? Entsprechen die mathematischen Facharbeiten den Ansprüchen an wissenschaftspropädeutische Arbeiten?

Um den erstgenannten Fragekomplex zu beantworten, wurde eine Fragebogenbefragung mit 927 Schülerinnen und Schülern aus vier Bundesländern, welche die Bandbreite an kulturministeriellen Vorgaben bezüglich wissenschaftspropädeutischer Arbeiten der Oberstufe kontrastiv abdecken, durchgeführt. Es zeigte sich, dass Mathematikfacharbeiten überall selten sind, es aber stets eine Minderheit von Abiturientinnen und Abiturienten gibt, die sich für eine Facharbeit mit mathematischem Thema entscheiden. Dies deckt sich mit den vereinzelt Statistiken aus der pädagogischen Fachliteratur, geht aber in Umfang und Aussagekraft über die bisherigen Ergebnisse hinaus.

Zudem wurde deutlich, dass Mathematik zwar in vielen anderen Facharbeiten (zum Beispiel bei naturwissenschaftlichen Berechnungen oder dem Auswerten von sozialwissenschaftlichen Statistiken) benutzt wird, aber die meisten Schülerinnen und Schüler Facharbeiten mit rein mathematischem Thema eher ablehnend gegenüber stehen. Diese Haltung wirkt sich direkt auf die Entscheidung für oder gegen eine mathematische Facharbeit aus, denn die Fragebogenerhebung zeigte auch, dass die meisten Schülerinnen und Schüler ihre

Themen frei auswählen können. Somit wird sich die große Mehrzahl gegen eine Mathematikarbeit entscheiden.

In Bezug auf Geschlechterunterschiede im Kontext des Anteils von mathematischen Facharbeiten verdeutlichte die Befragung von knapp 1000 Schülerinnen und Schülern, dass Jungen häufiger eine wissenschaftspropädeutische Arbeit in dieser Disziplin verfassen. Zudem waren die befragten Jungen statistisch gesehen einer solchen Facharbeit weniger stark abgeneigt als ihre Klassenkameradinnen.

Ebenfalls durch die Fragebogenbefragung konnten Ergebnisse bezüglich der Kernfragen rund um das Mathematikbild gewonnen werden. Jene Schülerinnen und Schüler, deren Sicht auf Mathematik von einer schematischen Sichtweise geprägt ist, lehnen mathematische Facharbeiten besonders stark ab, während für diejenigen mit hohen Zustimmungswerten zum Anwendungsaspekt das Verfassen einer solchen Arbeit eher in Frage kommt. Ferner zeigte sich, dass jene kleine Gruppe unter den Befragten, die bereits eine mathematische Facharbeit geschrieben hat, sich signifikant von den restlichen Schülerinnen und Schülern unterscheiden. Erstere hatten höhere Zustimmungswerte bei den Aspekten Anwendung, Prozess und Formalismus sowie im Mittel niedrigere Werte beim Rigidem Schema. Sie haben somit ein ausgeglichenes Mathematikbild, welches den einzelnen Gesichtspunkten des Fachs gerechter wird und nicht auf das Lernen für die nächste Klassenarbeit abzielt. Deshalb kann davon gesprochen werden, dass sie ein positiveres Mathematikbild als die Mehrzahl der Gymnasiastinnen und Gymnasiasten haben, welche die Facharbeit zu einem anderen Thema geschrieben haben.

Bei der Fallstudie zeigte sich ein ganz ähnliches Ergebnis. Hier wurden Daten von 17 Schülerinnen und Schülern während ihres Arbeitsprozesses an einer Mathematikfacharbeit aus unterschiedlichen Perspektiven erhoben. In die Auswertung der Studie gingen zwei Fragebogenerhebungen, ein Interview, die Inhaltsanalyse der Arbeiten sowie die Note der betreuenden Lehrer ein. Schon vor Beginn der Beschäftigung mit ihren Facharbeitsthemen hatten die Probanden ein Mathematikbild, welches stärker vom Anwendungs-, Prozess- und Formalismusaspekt und weniger von einer schematischen Sichtweise auf das Fach geprägt ist als der Durchschnitt der rund 1000 Befragten aus der Fragebogenerhebung. Zudem verstärkte sich dieses positive Bild im Verlauf des Verfassens der mathematischen Facharbeit, was sich zum Teil in einem zweiten Fragebogen, zum Teil in den Interviews niederschlug. Insofern sind beide Studienteile als Hinweis dafür zu werten, dass das Mathematikbild einen Einfluss auf die Entscheidung für oder gegen eine mathematische Fach-

arbeit hat und gleichzeitig das Schreiben einer Mathematikfacharbeit sich positiv auf die Schülervorstellungen von dieser Disziplin auswirken kann.

Durch die Fallstudie konnten zudem auch Fragen rund um den Arbeitsprozess und – damit verbunden – rund um die wissenschaftspropädeutische Funktion der mathematischen Facharbeiten beantwortet werden. So wurden beispielsweise unterschiedliche Motive für die Wahl von Mathematikfacharbeiten exploriert. Es stellte sich heraus, dass Interesse und Freude an der Mathematik hierbei besonders häufig genannt wurde. Daneben spielten Vorgaben durch die Schule genauso eine Rolle wie das Motiv, die im Rahmen des Arbeitsprozesses erlernten Kenntnisse und Fähigkeiten im späteren Leben zu benötigen. Weitere Beweggründe waren das Nutzen der eigenen Stärken und die Hoffnung, die Mathematiknote durch das Schreiben einer solchen Arbeit zu verbessern.

Bei der Wahl eines konkreten mathematischen Themas für die Arbeit zeigte die Fallstudie eine sehr große Bandbreite der Vorgehensweisen an den einzelnen Schulen auf. Dieses Spektrum reichte von der Vorgabe des Themas inklusive ausführlicher Untersuchungsanweisungen über die freie Auswahl innerhalb eines vorgegebenen Rahmenthemas bis hin zur völlig eigenständigen Themenfindung durch die Schülerinnen und Schüler.

Was die Frage nach Schwierigkeiten und Problemen im Verlaufe des Arbeitsprozesses betrifft, verdeutlichte die Fallstudie, dass diese – wenn sie überhaupt auftraten – in der Regel inhaltlicher Natur waren. Vor allem das Einarbeiten in mathematische Fachtexte und das Aufschreiben der gewonnenen Erkenntnisse stellte manche Probanden vor größere Probleme. Meist konnten diese jedoch während des Arbeitsprozesses gemeistert werden. Lediglich wenn die Betreuung nicht fachgebunden erfolgte, blieben sie in manchen Fällen bestehen und wirkten sich dementsprechend auch auf das Endprodukt – die Facharbeit – aus. Des Weiteren zeigte sich, dass fast alle Facharbeiten der Probanden den Ansprüchen an solch ein wissenschaftspropädeutisches Werk – sowohl aus Sicht der betreuenden Lehrer als auch im Hinblick auf die bei der Auswertung der Fallstudie angesetzten Kriterien – entsprachen. Zudem wurde in diesem Kontext auch deutlich, dass Mathematikfacharbeiten sehr vielfältig sind: Es stammen nicht nur die einzelnen Themen aus ganz unterschiedlichen Bereichen wie Geometrie, Analysis oder Stochastik; die Arbeiten haben auch ganz verschiedene mathematische Zugänge. Letztere reichen von didaktischen Untersuchungen über die Benutzung von Mathematik als Handwerkszeug und der Darstellung mathematischer Inhalte bis hin zum Problemlösen. Insofern handelt es sich bei der Meinung vieler Schülerinnen und Schüler, dass es kaum Themen für Mathematikfacharbeiten gibt, um eine nicht angemessene Vorstellung.

In den Kapiteln zur Fallstudie wurden die einzelnen untersuchten Aspekte zunächst isoliert voneinander betrachtet, indem alle Fallstudienteilnehmer auf die jeweilige Thematik hin beleuchtet wurden. Im letzten Teilabschnitt (Kapitel 4.2.7) änderte sich jedoch die Untersuchungsperspektive. Anhand von drei Einzelfällen wurde hier gezeigt, wie sehr sich die einzelnen Themenbereiche wie etwa Mathematikbild, Themenwahl und Anspruch der wissenschaftspropädeutischen Arbeiten sich gegenseitig beeinflussen und bedingen. Gleiches deutete sich bereits im Kapitel 4.1.5 an. Hier wurden vier einzelne Fragebögen aus dem ersten Studienteil (Fragebogenerhebung mit knapp 1000 Schülerinnen und Schülern) detailliert analysiert. In der Fallstudie kann dies aber auf Grund der Methodenvielfalt der Erhebung noch deutlich tiefergründiger aufgezeigt werden.

Ein weiteres wesentliches Ziel dieser Dissertation war es, auf Basis der Erkenntnisse und Ergebnisse aus den „Theoretischen Überlegungen“, den beiden Studienteilen sowie der Beschreibung der Situation in den Niederlanden und der Schweiz Thesen für die Schulpraxis zu formulieren. Diese Ansätze sollen dazu dienen, dass in Zukunft mathematische Facharbeiten in der Oberstufe noch effektiver eingesetzt werden können. Da sie aus den Resultaten der vorangegangenen Kapitel abgeleitet sind und durch die beiden Studienteile nicht überprüft sind, wurden sie als „Thesen“ formuliert.

Zu den im Kapitel 6 aufgestellten Thesen zählt an erster Stelle, dass Mathematikfacharbeiten häufiger geschrieben werden sollten. Schließlich zeigte die Fallstudie, dass diese für die Schülerinnen und Schüler gut leistbar sein können und positive Wirkungen im Kontext des Mathematikbilds und der Wissenschaftspropädeutik nach sich ziehen. In diesem Kapitel wurden auch Ansätze formuliert, mit welchen Rahmenbedingungen mehr Abiturientinnen und Abiturienten dazu motiviert werden können, eine mathematische Facharbeit zu schreiben. Hierzu zählt beispielsweise, dass im Unterricht deutlicher werden sollte, dass es für Mathematikfacharbeiten eine Vielzahl von Zugängen und Themen gibt. Ferner wurden ebenfalls in Thesenform konkrete Verbesserungsvorschläge für die Betreuung der Schülerinnen und Schüler genannt. So sollten zum Beispiel die Hilfestellungen fachspezifisch und individuell erfolgen. Es wäre zudem auch wünschenswert, wenn die Zusammenarbeit zwischen Schulen und Universitäten im Rahmen der Hilfestellungen für die Gymnasiastinnen und Gymnasiasten beim Schreiben von Facharbeiten gestärkt würde.

Auch das Aufwerfen von neuen Fragen und Untersuchungsansätzen war eine der zentralen Intentionen dieser Arbeit. Vier dieser Fragestellungen werden im Folgenden ausgeführt. Erstens erscheint es interessant, die im Kapitel 6 auf Basis der Resultate aus den vorangegangenen Kapiteln abgeleiteten Ansätze für die Schulpraxis zu überprüfen. Haben sie auch

Bestand, wenn sie in einer Studie unter wissenschaftlichen Bedingungen getestet werden? Es könnte hierzu beispielsweise in einer Vergleichsstudie geprüft werden, ob eine Gruppe von Schülerinnen und Schülern, die fachspezifisch betreut wird, wirklich signifikant mehr beim Schreiben einer Mathematikfacharbeit lernt als Gymnasiastinnen und Gymnasiasten, die eine nicht-fachspezifische Unterstützung erhalten.

Zweitens verspricht ein Perspektivwechsel weitere wichtige Erkenntnisse. In der vorliegenden Arbeit wurden in den einzelnen Studienteilen jeweils die Sicht der Protagonisten beim Schreiben von Facharbeiten – den Schülerinnen und Schülern – erhoben. Doch auch andere Personen wie die Mathematiklehrer spielen hier eine wichtige Rolle. So ist es etwa wert zu untersuchen, welche Rolle die Einstellung zu Facharbeiten und das Mathematikbild der Fachlehrer bei der Themenwahl und der Betreuung spielt.

Drittens ist daran zu erinnern, dass in der Fallstudie kein Messwerkzeug verwendet wurde, um die Wirkungen von mathematischen Facharbeiten im Kontext ihrer wissenschaftspropädeutischen Funktion zu messen. Ebenso wurden die Langzeitwirkungen der Facharbeiten auf die Probanden nicht erhoben. Beides wären interessante Fragestellungen für Erhebungen, die sich grundlegend von denen der vorliegenden Dissertation unterscheiden würden.

Viertens wirft die Arbeit auch bezüglich des Mathematikbilds neue Fragen auf. So ist es denkbar, eine wissenschaftliche Untersuchung durchzuführen, die ausschließlich darauf abzielt, die Rolle des Bilds von Mathematik im Kontext des Verfassens von Facharbeiten zu beleuchten. Insofern wäre es möglich, die Schülerinnen und Schüler repräsentativ auszuwählen und vor allem deutlich mehr Fragen zu den Schülervorstellungen über dieses Fach zu stellen. Somit wäre es sinnvoll, die statistische Auswertung der Fragebögen noch tiefergehend zu gestalten und damit die vorrangig deskriptive und explorative Ebene in dieser Arbeit zu verlassen. So könnte etwa bei der Frage nach der Wirkung von weiteren Variablen wie der Leistungsstärke auf den Zusammenhang Mathematikbild-Mathematikfacharbeit analysiert werden, wie groß dieser Anteil genau ist, statt lediglich festzustellen, dass es überhaupt Drittvariablen gibt.

Zusammenfassend betrachtet konnten also in der vorliegenden Dissertation drei zentrale Ziele verwirklicht werden: Erstens wurden anhand von zwei Teilstudien die eingangs genannten Kernfragestellungen rund um den aktuellen Umgang mit Mathematikfacharbeiten, den Arbeitsprozess der Schülerinnen und Schüler und dessen Wirkungen auf die Lernenden beantwortet. Dabei lieferten die deskriptiv und explorativ angelegten Studien erste Forschungsergebnisse in einem bisher kaum untersuchten Forschungsfeld. Zweitens wurden

auf Basis der Studienergebnisse Thesen für die Schulpraxis zum Umgang mit mathematischen Facharbeiten formuliert. Drittens dienen die Resultate dieser Arbeit als Ausgangsbasis für weitere Forschungen rund um mathematische Facharbeiten und ist sie somit auch als Hypothesengeber zu verstehen.

Die nächsten Jahre werden zeigen, welche Rolle mathematische Facharbeiten in Zukunft einnehmen können. In den letzten Jahren haben Facharbeiten sich durch die kultusministeriellen Vorgaben für die Oberstufe etabliert und wurden tendenziell noch gestärkt. So wertete beispielsweise Bayern mit der Einführung des verpflichtend zu belegenden Schulfachs *W-Seminar* die Stellung der Facharbeiten auf. Ähnliches geschieht in Österreich zum Schuljahr 2014/15, wo die fakultative *Fachbereichsarbeit* durch die von allen Schülerinnen und Schülern zu schreibende *Vorwissenschaftliche Arbeit* ersetzt wird. Insofern bestehen auch für die wissenschaftspropädeutischen Arbeiten mit mathematischen Themen künftig gute Chancen.

Die Schülerinnen und Schüler waren die Protagonisten in dieser Dissertation. Deshalb soll ihnen auch am Ende der Arbeit das Wort gegeben sein. Mathematikfacharbeiten haben ein großes Potenzial. Wünschenswert wäre es, wenn diese Dissertation einen Beitrag dazu leistet, dass in den kommenden Jahren weniger Gymnasiastinnen und Gymnasiasten Aussagen wie „überfordernd, keine Ideen zum schreiben, hilflos, ahnungslos, katastrophal“¹ treffen, wenn sie an eine mathematische Facharbeiten denken. Es wäre erfreulich wenn die Arbeit dazu beiträgt, dass mehr Schülerinnen und Schüler eine Facharbeit zu einer mathematischen Thematik schreiben und abschließend ein Fazit wie dieses ziehen würden: „Rein positiv, das Verfassen verknüpft sprachliche mit mathematischen Kompetenzen, stellt diese auf die Probe und erweitert sie.“²

¹ Dieses Schülerstatement wurde bereits in der Einleitung, S. 4 zitiert und stammt aus: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fragebogenerhebung: AO 543.

² Auch dieses Schülerstatement wurde bereits in der Einleitung, S.4 zitiert und stammt aus: Anhang: CD-ROM: Datenmatrizen: Fallstudie: Datei 1: AB 32.

8 Literaturverzeichnis

Ahtee/Laine/Pehkonen u.a.:

Ahtee, M./Laine, A./Pehkonen, E. u.a.: Pupils' conceptions on mathematics lessons revealed via their drawings, in: Casper/Rösken (Hrsg.): Current State of Research on Mathematical Beliefs. Proceedings of the MAVI-17 Conference, Bochum 2011, S. 182-191

Andreesen:

Andreesen, A. (Hrsg.): Die Jahresarbeiten der Primaner am Deutschen Landerziehungsheim Bieberstein, Veckenstedt am Harz 1927

Asdonk/Gläsing:

Asdonk, J./Gläsing, G.: Die Studienvorbereitung in der gymnasialen Oberstufe. Im Mittelpunkt stehen die Lernenden, in: Keuffer/Kubitz-Kramer (Hrsg.): Was braucht die Oberstufe? Diagnose, Förderung und selbstständiges Lernen, Basel/Weinheim 2008, S. 137-156

Asseburg/Frey/Heinze u.a.:

Asseburg, R./Frey, A./Heinze, A. u.a.: Mathematische Kompetenzen von PISA 2003 bis PISA 2009, in: Artelt/Hartig/Jude (Hrsg.): PISA 2009. Bilanz nach einem Jahrzehnt, Münster 2010, S. 153-176

Atteslander:

Atteslander, P.: Methoden der empirischen Sozialforschung, Berlin 2010¹³

Banach/Sebold/Wehmeyer:

Banach, M./Sebold, L./Wehmeyer, B.: Wege zur Öffnung des Unterrichts, in: dieselben (Hrsg.): Wege zur Öffnung des Unterrichts, München 1997

Barthel:

Barthel, K.: Die Jahresarbeiten in den Landerziehungsheimen, Stuttgart 1972

Baumann:

Baumann, R.: Mathematische Facharbeiten. Beispiele aus Bezugs- und Anwendungsgebieten, in: Praxis der Mathematik 42/3 (2000), S. 104-110

Baumert/Bos/Watermann (2000a):

Baumert, J./Bos, W./Watermann, R.: Fachleistungen im voruniversitären Mathematik- und Physikunterricht im internationalen Vergleich, in: Baumert/Bos/Lehmann (Hrsg.): TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie. Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe (Bd. 2), Opladen 2000, S. 129-180

Baumert/Bos/Watermann (2000b):

Baumert, J./Bos, W./Watermann, R.: Mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung im internationalen Vergleich, in: Baumert/Bos/Lehmann (Hrsg.): TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie. Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung am Ende der Pflichtschulzeit (Bd. 1), Opladen 2000, S. 135-197

Baumert/Köller/Neubrand:

Baumert, J./Köller, O./Neubrand, J.: Epistemologische Überzeugungen und Fachverständnis im Mathematik- und Physikunterricht, in: Baumert/Bos/Lehmann (Hrsg.): TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe (Bd. 2), Opladen 2000, S. 229-269

Benesch/Raab-Steiner:

Benesch, M./Raab-Steiner, E.: Der Fragebogen. Von der Forschungsidee zur SPSS/PASW-Auswertung, Wien 2010²

Bernack/Holzäpfel/Leuders:

Bernack, C./Holzäpfel, L./Leuders, T.: Vertiefte Analysen zum Umbau des Überzeugungssystems während eines Problemlöseseminars, in: Greefrath (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2013. Vorträge auf der 47. Tagung für Didaktik der Mathematik vom 04.03.2013 bis 08.03.2013 in Münster, Münster 2013, S. 132-135

Bescherer:

Bescherer, C.: Selbsteinschätzung mathematischer Studierfähigkeit von Studienanfängerinnen und -anfängern. Empirische Untersuchung und praktische Konsequenz, Ludwigsburg 2003

Blömeke/König:

Blömeke, S./König, J.: Pädagogisches Wissen angehender Primarstufenlehrkräfte im internationalen Vergleich, in: Blömeke/Kaiser/Lehmann (Hrsg.): TEDS-M 2008. Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Primarstufenlehrkräfte im internationalen Vergleich, Münster 2010, S. 265-278

Blum:

Blum, W.: Einführung, in: Blum/Drüke-Noe/Hartung u.a. (Hrsg.): Bildungsstandards Mathematik: konkret. Sekundarstufe I: Aufgabenbeispiele, Unterrichts Anregungen, Fortbildungsideen, Berlin 2007³, S. 14-32

Blum/Leiß:

Blum, W./Leiß, D.: Beschreibung zentraler mathematischer Kompetenzen, in: Blum/Drüke-Noe/Hartung u.a. (Hrsg.): Bildungsstandards Mathematik: konkret. Sekundarstufe I: Aufgabenbeispiele, Unterrichts Anregungen, Fortbildungsideen, Berlin 2006, S. 33-50

Blum/Wiegand:

Blum, W./Wiegand, B.: Offene Aufgaben – wie und wozu?, in: mathematik lehren Heft 100 (2000), S. 52-55

Borchardt/Göthlich

Borchardt, A./Göthlich, S.E.: Erkenntnisgewinnung durch Fallstudien, in: Albers/Klapper/Walter u.a. (Hrsg.): Methodik der empirischen Forschung, Wiesbaden 2006, S. 37-54

Brake:

Brake, A.: Kombinieren, mixen, verbinden? Integration als konstitutives Element methodentriangulierter Zugänge, in: Ecarius/Miethe (Hrsg.): Methodentriangulation in der qualitativen Bildungsforschung, Berlin/Farmington Hills/Opladen 2011, S. 41-63

Braukmann:

Braukmann, W.: Die Facharbeit. für alle Fächer, Berlin 2001

Bräunling/Eichler:

Bräunling, K./Eichler, A.: Stella I. Lehren und Lernen von Arithmetik aus Sicht von Lehrkräften, in: Ames/Roth (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2014. Beiträge zur 48. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik vom 10. bis 14. März in Koblenz (Bd. 1), Münster 2014, S. 229-232

Broeders:

Broeders, I.: Lagrange-punten, in: Het exo-steunpunt (Hrsg.): Jaarboek Van Melsenprijs en International Conference for Young Scientists 2010, Nijmegen 2010, S. 97-104

Buchholz/Schorcht:

Buchholtz, N./Schorcht, S.: Überzeugungen von Lehramtsstudierenden zur Geschichte von Mathematik, in: Ames/Roth (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2014. Beiträge zur 48. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik vom 10. bis 14. März in Koblenz (Bd. 2), Münster 2014, S. 1341-1342

Büchter/Leuders:

Büchter, A./Leuders, T.: Mathematikaufgaben selbst entwickeln. Lernen fördern – Leistung überprüfen, Berlin 2007³

Budde:

Budde, J.: Mathematikunterricht und Geschlecht. Empirische Ergebnisse und pädagogische Ansätze, Berlin/Bonn 2008

Chambille/Matser/Westbroek:

Chambille, S./Matser, T./Westbroek, M.: No nonsens, is de stelling van Gödel bestand tegen een nieuwe logica?, in: Het exo-steunpunt (Hrsg.): Jaarboek Van Melsenprijs en International Conference for Young Scientists 2009, Nijmegen 2009, S. 83-90

Coenders/Gröger:

Coenders, F./Gröger, M.: Die Profilarbeit in den Niederlanden. Perspektiven für Facharbeiten an deutschen Schulen, in: Der mathematische und naturwissenschaftlich Unterricht 55/6 (2002), S. 353-358

Corte/Greer/Verschaffel:

Corte, E. de/Greer, B./Verschaffel, L.: „The Answer is Really 4.5“. Beliefs about Word Problems, in: Leder/Pehkonen/Törner (Hrsg.): Beliefs. A hidden Variable in Mathematics Education?, Dordrecht 2002, S. 271-292

Cramer/Walcher:

Cramer, E./Walcher, S.: Schulmathematik und Studierfähigkeit, in: Mitteilungen der DMV 18/2 (2010), S. 110-114

Cresswell:

Cresswell, Research Design. Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches, London/New Delhi/Thousand Oaks 2003

Cropley:

Cropley, A.J.: Qualitative Forschungsmethoden. Eine praxisnahe Einführung, Frankfurt am Main 2002

Czerwanski:

Czerwanski, A.: Netzwerke und Praxisgemeinschaften, in: dieselbe (Hrsg.): Schulentwicklung durch Netzwerkarbeit. Erfahrungen aus dem Lernnetzwerk im „Netzwerk innovativer Schulen in Deutschland, Gütersloh 2003, S. 9-18

Dettmers/Lüdtke/Neumann u.a.:

Dettmers, S./Lüdtke, O./Neumann, M. u.a.: Aspekte von Wissenschaftspropädeutik, in: Köllner/Lehmann/Lüdtke u.a. (Hrsg.): Schulleistungen von Abiturienten. Die neu geordnete gymnasiale Oberstufe auf dem Prüfstand, Wiesbaden 2012, S. 243-266

Diekmann:

Diekmann, A.: Empirische Sozialforschung. Grundlagen, Methoden, Anwendungen, Reinbek bei Hamburg 2010⁴

Dresel:

Dresel, M.: Motivationsförderung im schulischen Kontext, Bern/Göttingen/Seattle u.a. 2004

Dresing/Pehl:

Dresing, T./Pehl, T.: Praxisbuch Transkription. Regelsysteme, Software und praktische Anwendungen für ForscherInnen, Marburg 2011

Drüke-Noe:

Drüke-Noe, C.: Projektorientierung, in: Blum/Drüke-Noe/Hartung/Köllner (Hrsg.): Bildungsstandards Mathematik: konkret. Sekundarstufe I: Aufgabenbeispiele, Unterrichts Anregungen, Fortbildungsideen, Berlin 2007³, S. 126-134

Ege/Maaß:

Ege, P./Maaß, K.: Mathematik und Mathematikunterricht aus Sicht von Hauptschülern, in *mathematica didactica* 30/2 (2007), S. 53-85

Eichler/Sturm:

Eicher, A./Sturm, A.: Überzeugungen von Schülerinnen und Schülern zur Anwendbarkeit ihres statistischen Wissens, in: Ames/Roth (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2014. Beiträge zur 48. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik vom 10. bis 14. März in Koblenz (Bd. 2), Münster 2014, S. 1187-1190

Epkenhans:

Epkenhans, M.: Die Kryptologie im Mathematikunterricht als Ideengeber für Facharbeitsthemen, in: *mathematica didactica* Heft 25/1 (2002), S. 17-36

Erlach:

Erlach, R.: Die Fachbereichsarbeit (FBA) als Lernfeld für eigenverantwortliches und wissenschaftspropädeutisches Arbeiten in der AHS. Impulse und Hinweise für die Betreuung und Arbeit im Vorfeld, Graz 2001, online veröffentlicht unter: http://i4.phst.at/fileadmin/i4/ws07_08/publikationen/fba.pdf, zuletzt gesehen 07/2014

Erlach/Schmut:

Erlach, R./Schmut, B.: Die Fachbereichsarbeit als Teil der Reifeprüfung. Ein Leitfaden, Graz 2007, online veröffentlicht unter: http://i4.phst.at/fileadmin/i4/ws07_08/publikationen/fbareife.pdf, zuletzt gesehen 07/2014

Esser/Hill/Schnell:

Esser, E./Hill, P.B./Schnell, R.: Methoden der empirischen Sozialforschung, München 2008

Etat de Fribourg/Staat Freiburg:

Etat de Fribourg/Staat Freiburg: Richtlinien der Direktion für Erziehung, Kultur und Sport. betreffend die Durchführung von Maturaarbeiten, Fribourg 2012

Felbrich/Kaiser/Schmotz:

Felbrich, A./Kaiser, G./Schmotz, C.: Überzeugungen angehender Mathematiklehrkräfte für die Sekundarstufe I im internationalen Vergleich, in: Blömeke/Kaiser/Lehmann (Hrsg.): TEDS-M 2008. Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Mathematiklehrkräfte für die Sekundarstufe I im internationalen Vergleich, Münster 2012, S. 279-305

Fischer:

Fischer, W.: Wissenschaftspropädeutik, in: Lenzen (Hrsg.): Enzyklopädie Erziehungswissenschaft (Bd. 9.2), Stuttgart 1995, S. 703-706

Flick (2002):

Flick, U.: Qualitative Sozialforschung. Eine Einführung, Reinbek bei Hamburg 2002⁶

Flick (2011a):

Flick, U.: Triangulation, in: Bohnsack/Marotzki/Meuser (Hrsg.): Hauptbegriffe Qualitativer Sozialforschung, Farmington Hills/Opladen 2011³, S. 161-162

Flick (2011b):

Flick, U.: Zum Stand der Diskussion. Aktualität, Ansätze und Umsetzungen der Triangulation, in: Ecarius/Miethe (Hrsg.): Methodentriangulation in der qualitativen Bildungsforschung, Berlin/Farmington Hills/Opladen 2011, S. 19-39

Forgasz/Leder:

Forgasz, H.J./Leder, G.C.: Beliefs about Mathematics and Mathematics Teaching, in: Sullivan/Wood (Hrsg.): The International Handbook of Mathematics Teaching development. Knowledge and Beliefs in Mathematics Teaching and Teaching Development (Bd.1), Rotterdam 2008, S. 173-192

Goldin/Rösken/Törner:

Goldin, G./Rösken, B./Törner, G.: Beliefs – No Longer a Hidden Variable in Mathematical Teaching and Learning Processes, in: Maaß/Schlöglmann (Hrsg.): Beliefs and Attitudes in Mathematical Education. New Research Results, Rotterdam 2009, S. 1-18

Göller/Rück:

Göller, H./Rück, H.-G.: Studienwahlmotive und Beliefs zu Beginn des Mathematikstudiums, in: Ames/Roth (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2014. Beiträge zur 48. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik vom 10. bis 14. März in Koblenz (Bd. 1), Münster 2014, S. 435-438

Götz/Haag:

Haag, L./Götz, T.: Mathe ist schwierig und Deutsch aktuell. Vergleichsstudie zur Charakterisierung von Schulfächern aus Schülersicht, in: Psychologie in Erziehung und Unterricht 59/1 (2012), S. 32-46

Griese:

Griese, W.: Wissenschaftspropädeutik in der gymnasialen Oberstufe, Oldenburg 1983

Grigutsch:

Grigutsch, S.: Mathematische Weltbilder von Schülern. Struktur, Entwicklung, Einflußfaktoren, Duisburg 1996

Grigutsch/Raatz/Törner:

Grigutsch, S./Raatz, U./Törner, G.: Einstellungen gegenüber Mathematik bei Mathematiklehrern, in: Journal für Mathematik-Didaktik 19/1 (1998), S. 3-45

Grigutsch/Törner (1994):

Grigutsch, S./Törner, G.: „Mathematische Weltbilder“ bei Studienanfängern. Eine Erhebung, in: Journal für Mathematik-Didaktik 15/3-4 (1994), S. 211-243

Grigutsch/Törner (1998):

Grigutsch, S./Törner, G.: Mathematische Weltbilder von Hochschul-Lehrenden, Hannover 1998

Gröger/Kretzer/Schmitz:

Gröger, M./Kretzer, E.K.; Schmitz, J.: Studiehuis und Seminarfach, in: Unterricht Chemie Heft 70/71 (2002), S. 82-84

Gröger/Scharf/Schmitz:

Gröger, M./Scharf, V./Schmitz, J.: Die „Seminarfachaarbeit“ an Thüringer Gymnasien, in: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 55/6 (2002), S. 347-352

Grunert:

Grunert, L.: Eine Belegarbeit in den Leistungskursfächern Mathematik und Physik, in: Mathematik in der Schule 36/5 (1998), S. 278-280

Habel:

Habel, W.: Wissenschaftspropädeutik. Untersuchungen zur gymnasialen Bildungstheorie des 19. und 20. Jahrhunderts, Köln 1990

Hahn (2008):

Hahn, S.: Wissenschaftspropädeutik. Der „kompetente“ Umgang mit Fachperspektiven, in: Keuffer/Kubitz-Kramer (Hrsg.): Was braucht die Oberstufe? Diagnose, Förderung und selbstständiges Lernen, Basel/Weinheim 2008, S. 157-168

Hahn (2009):

Hahn, S.: Wissenschaftspropädeutik in der Sekundarstufe II. Bildungsgeschichtlicher Rückblick und aktuelle Entwicklung, in: TriOS 4/2 (2009), S. 5-37

Hahn (2013):

Hahn, S.: Wissenschaftspropädeutik in der gymnasialen Oberstufe, in: Bosse/Eberle/Schneider-Taylor (Hrsg.): Standardisierung in der gymnasialen Oberstufe, Wiesbaden 2013, S. 161-174

Halverscheid/Rolka:

Halverscheid, S./Rolka, K.: Researching young students' mathematical world views, in: The International Journal on Mathematics Education 43/4 (2011), S. 521-533

Hammer/Reiss:

Hammer, C./Reiss, K.: Grundlagen der Mathematikdidaktik. Eine Einführung für den Unterricht in der Sekundarstufe, Basel 2013

Hanke/Seel:

Hanke, U./Seel, N.H.: Lernen und Behalten, Basel/Weinheim 2010

Hannula/Kaasila/Laine u.a.:

Hannula, M./Kaasila, R./Laine, A. u.a.: Identifying Dimensions of Students' View of Mathematics, in: Proceedings of the Fifth Congress of the European Society of Research in Mathematics Education (Larnaca 2007), S. 349-358, online veröffentlicht unter:

http://www.mathematik.unidortmund.de/~erme/CERME%205/WG2/2_Rosken.pdf, zuletzt gesehen 07/2014

Heber:

Heber, I.: Empfehlungen und Forderungen des Fördervereins MNU, in: Wambach (Hrsg.): Besondere Lernleistung und Facharbeit im Rahmen der Abiturqualifikation, Hamburg 1999, S. 7-8

Hempel:

Hempel, G.: Das Seminarfach in Thüringen aus Schülersicht. Eine empirische Studie, Jena 2010

Hentig:

Hentig, H. von: Bildung. Ein Essay, Basel/Weinheim 2009⁸

Herget:

Herget, W.: Typen von Aufgaben, in: Blum/Drücke-Noe/Hartung u.a. (Hrsg.): Bildungsstandards Mathematik: konkret. Sekundarstufe I: Aufgabenbeispiele, Unterrichts Anregungen, Fortbildungsideen, Berlin 2007³, S. 178-193

Heymann:

Heymann, H.W.: Mathematikunterricht in der gymnasialen Oberstufe, in: Der Mathematikunterricht 45/4-5 (1996), S. 107-120

Holzäpfel/Leuders/Schultis:

Holzäpfel, L./Leuders, T./Schultis, T.: Wirksamkeit einer Fortbildung zum produktiven Üben im Mathematikunterricht, in: Ames/Roth (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2014. Beiträge zur 48. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik vom 10. bis 14. März in Koblenz (Bd. 2), Münster 2014, S. 1111-1114

Huber (1997):

Huber, L.: Fähigkeit zum Studieren – Bildung durch Wissenschaft. Zum Problem der Passung zwischen gymnasialer Oberstufe und Hochschule, in: Liebau/Mack/Scheilke (Hrsg.): Das Gymnasium. Alltag, Reform, Geschichte, Theorie, Weinheim 1997, S. 333-351

Huber (1998):

Huber, L.: Allgemeine Studierfähigkeit, basale Fähigkeiten, Grundbildung. Zur aktuellen Diskussion um die gymnasiale Oberstufe, in: Bosse/Messner/Wicke (Hrsg.): Die Zukunft der gymnasialen Oberstufe. Beiträge zu ihrer Weiterentwicklung, Basel/Weinheim 1998, S. 150-181

Huber (2009):

Huber, L.: Wissenschaftspropädeutik ist mehr!, in: TriOS 4/2 (2009), S. 39-60

Huber (2013):

Huber, L.: Zur Studierfähigkeit gehört auch Interesse, in: Asdonk/Bornkessel/Kuhnen (Hrsg.): Von der Schule zur Hochschule. Analysen, Konzeptionen und Gestaltungsperspektiven des Übergangs, Münster/New York 2013, S. 147-163

Huber/Husfeldt/Lehmann u.a.:

Huber, C./Husfeldt, V./Lehmann, L. u.a.: Teilprojekt D2. Die Qualität von Maturaarbeiten in der Schweiz, in: Staatssekretariat für Bildung und Forschung SBF (Hrsg.): Evaluation der Maturitätsreform 1995 (EVAMAR). Schlussbericht zur Phase II, Bern 2008, S. 277-365

IMPULS MITTELSCHULE:

IMPULS MITTELSCHULE. Die Stelle für Öffentlichkeitsarbeit der Zürcher Mittelschulen (Hrsg.): Geistesblitze. Ausstellung ausgezeichneter Maturitätsarbeiten 2014, Zürich 2014

Jahnke-Klein:

Jahnke-Klein, S.: Sinnstiftender Mathematikunterricht für Mädchen und Jungen, Baltmannsweiler 2000

Jäger/Jäger-Flor:

Jäger, R.S./Jäger-Flor, D.: Bildungsbarometer zum Thema „Mathematik“ 1/2008. Ergebnisse, Bewertungen und Perspektiven, online veröffentlicht unter:

http://vep-landau.de/Bildungsbarometer/Bildungsbarometer_2008_1.pdf, zuletzt gesehen 07/2014

Jambroes/Wijers:

Jambroes, A./Wijers, M.: Wiskunde in het Profielwerkstuk, in: Nieuwe Wiskrant 23/2 (2003), S. 4-8

Jürgensen:

Jürgensen, T.: Die Facharbeit, Was wir von der niederländischen Wiskunde lernen können, in: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 55/6 (2002), S. 333-338

Kaiser/Maaß:

Kaiser, G./Maaß, K.: Vorstellungen über Mathematik und ihre Bedeutung für die Behandlung von Realitätsbezügen, in: Büchter/Humenberger/Hußmann u.a. (Hrsg.): Realitätsnaher Mathematikunterricht. Vom Fach aus für die Praxis, Hildesheim 2006, S. 83-94

Kantonsschule Wiedikon:

Reglement für die Maturaarbeit an den Gymnasien des Kantons Basel-Stadt, vom 11. Juli 2008 (Stand 15. August 2011)

Kazemzadeh/Minks/Nigmann:

Kazemzadeh, F./Minks, K.-H./Nigmann, R.-R.: „Studierfähigkeit“ – eine Untersuchung des Übergangs vom Gymnasium zur Universität, Hannover 1987

Kelle/Kluge:

Kelle, U./Kluge, S.: Vom Einzelfall zum Typus. Fallvergleich und Fallkontrastierung in der qualitativen Sozialforschung, Opladen 2010²

Kislenko:

Kislenko, K.: 'Mathematics is a Bit Difficult but you Need it a lot'. Estonian Pupils' Beliefs about Mathematics, in: Maaß/Schlöglmann (Hrsg.): Beliefs and Attitudes in Mathematical Education. New Research Results, Rotterdam 2009, S. 143-163

Klauer/Leutner:

Klauer, K.J./Leutner, D.: Lehren und Lernen. Einführung in die Instruktionspsychologie, Basel/Weinheim 2007

Klembalski:

Klembalski, K.: Seminarkurs Kryptografie – Zahlentheorie, in: in: Vásárhelyi (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht. Vorträge auf der 42. Tagung für Didaktik der Mathematik vom 13.3.2008 bis 18.3.2008 in Budapest, Münster 2008, S., 519-522

Klieme/Lüdtke/Neubrand:

Klieme, E./Lüdtke, O./Neubrand, M.: Mathematische Grundbildung. Testkonzeption und Ergebnisse, in: Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.): PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich, Opladen 2001, S. 141-190

Kloosterman:

Kloosterman, P.: Beliefs about Mathematics and Mathematics Learning in the Secondary School. Measurement and Implications for Motivation, in: Leder/Pehkonen/Törner (Hrsg.): Beliefs. A hidden Variable in Mathematics Education?, Dordrecht 2002, S. 247-269

Kloosterman/Stage:

Kloosterman, P./Stage, F.K.: Measuring Beliefs About Mathematical Problem Solving, in: School science and mathematics, 92/3 (1992), S. 109-115

Klösel/Lüthen:

Klösel, H./Lüthen, R.: Die Facharbeit. Ein wichtiges Element in der gymnasialen Oberstufe, in: Praxis Deutsch Heft 164 (2000), S. 62-67

KMK (1972):

Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland: Vereinbarung zur Neugestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II vom 7. Juli 1972

KMK (1977):

Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland: Empfehlungen zur Arbeit in der gymnasialen Oberstufe gemäß Vereinbarung zur Neugestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II. Beschluß der Kultusministerkonferenz vom 7. Juli 1972 (Beschluß der Kultusministerkonferenz vom 2. Dezember 1977)

KMK (1997):

Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland: Vereinbarung zur Neugestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II vom 7. Juli 1972, in der Fassung vom 28.2.1997

KMK (2013):

Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland: Vereinbarung zur Neugestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II vom 07.07. 1972, in der Fassung vom 06.06.2013

Krainer/Stern:

Krainer, K./Stern, T.: „Mathe ist mehr“. Unterrichtsentwicklung in Mathematik als Impuls für „Lernende Schulen“, in: Lernende Schule Heft 28 (2004), S. 10-15

Krause (2010):

Krause, N.M.: Fächerübergreifende Schülerprojekte mit Schwerpunkt Mathematik. Vorschläge zum Umgang mit besonderen Lernleistungen und Facharbeiten, unveröffentlichte Wissenschaftliche Hausarbeit zur Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien, eingereicht beim Landesinstitut für Schulqualität und Lehrerbildung Sachsen-Anhalt, 15.07.2010

Krause (2014):

Krause, N.M.: Wissenschaftspropädeutik in der Sekundarstufe II. Fallstudie zu mathematischen Facharbeiten, in: Ames/Roth (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2014. Beiträge zur 48. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik vom 10. Bis 14. März 2014 in Koblenz (Bd. 1), Münster 2014, S. 655-658

Krauthausen/Scherer:

Krauthausen, G./Scherer, P.: Einführung in die Mathematikdidaktik, Heidelberg 2007³

Kreis/Rauch:

Kreis, I./Rauch, F.: Lernen an Schnittstellen. Regionale Netzwerke im österreichischen IMST (Innovations in Mathematics, Science and Technology Teaching), in: Berkemeyer/Kuper/Manitius u.a. (Hrsg.): Schulische Vernetzung. Eine Übersicht zu aktuellen Netzwerkprojekten, Münster/New York 2009, S. 79-91

Kuckartz:

Kuckartz, U.: Einführung in die computergestützte Analyse qualitativer Daten, Wiesbaden 2013³

Kultusministerium Nordrhein-Westfalen: Empfehlungen:

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen: Empfehlungen und Hinweise zur Facharbeit in der gymnasialen Oberstufe, Soest 2009⁴

Kultusministerium Nordrhein-Westfalen: Informationen:

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen: Die gymnasiale Oberstufe an Gymnasien und Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen. Informationen für Schülerinnen und Schüler, die im Jahr 2010 in die gymnasiale Oberstufe eintreten, Düsseldorf 2009

Kuntze:

Kuntze, S.: Themenstudienarbeiten im Mathematikunterricht als Vorbereitung für die Facharbeit, in: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 56/8 (2003), S. 490-502

Kuntze/Prediger:

Kuntze, S./Prediger, S.: Ich schreibe, also denk' ich. Über Mathematik schreiben, in: Praxis der Mathematik 47/5 (2005), S. 1-6

Lamnek:

Lamnek, S.: Qualitative Sozialforschung. Lehrbuch, Basel/Weinheim 2005⁴

Leder/Pehkonen/Törner:

Leder, G.C./Pehkonen, E./Törner, G. (Hrsg.): Beliefs. A hidden variable in mathematics education?, Dordrecht 2002

Lengnink/Prediger:

Lengnink, K./Prediger, S.: Mathematik öffnen. Bildung zum mathematikverständigen Bürger, in: mathematica didactica 24/2 (2001), S. 73-88

Lester:

Lester, F.K.: Implications of Research on Students' Beliefs for Classroom Practice, in: Leder/Pehkonen/Törner (Hrsg.): Beliefs. A hidden Variable in Mathematics Education?, Dordrecht 2002, S. 345-353

Liefferink:

Liefferink, R.: De ellips, in: Het exo-steunpunt (Hrsg.): Jaarboek Van Melsenprijs en International Conference for Young Scientists 2011, Nijmegen 2011, S. 50-58

Liljedahl/Rolka/Rösken:

Liljedahl, P./Rolka, K./Rösken, B.: Challenging the mathematical beliefs of preservice elementary school teachers, in: Krátká/Moraovská/Novotná (Hrsg.): Mathematics in the centre. Proceedings of the 30th annual conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (Bd. 4) Prag 2006, S. 441-448

Linde/Schottenloher:

Linde, K./Schottenloher, M.: Best-Practice Beispiel 4: Ludwig-Maximilians-Universität München, in: Deutsche Mathematiker Vereinigung/Deutsche Mathematiker Vereinigung/Schiemann (Hrsg.): S10: Vernetzung von Schule und Hochschule im Bereich Mathematik, online veröffentlicht unter:

http://www.mathematik.tudortmund.de/ieem/cms/media/BzMU/BzMU2010/BzMU10_SCHIEMANN_Stephanie_Vernetzung.pdf, S. 7-8, zuletzt gesehen 07/2014

Lintorf:

Lintorf, K.: Wie vorhersagbar sind Grundschulnoten? Prädiktionskraft individueller und kontextspezifischer Merkmale, Wiesbaden 2012

Lissmann:

Lissmann, U.: Probleme und Möglichkeiten der Schülerbeurteilung, Landau 1997²

Lotze:

Lotze, K.-H.: Wie gut bereitet der Mathematikunterricht auf ein Studium der Physik vor?, in: Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule, 55/5 (2006), S. 8-17

Lüders:

Lüders, C.: Gütekriterien, in: Bohnsack/Marotzki/Meuser (Hrsg.): Hauptbegriffe Qualitativer Sozialforschung, Farmington Hills/Opladen 2006, S. 80-82

Lüdtke/Maaz/Nagy u.a.:

Lüdtke, O./Maaz, K./Nagy, G. u.a.: ,Institutionelle Reform und individuelle Entwicklung. Hintergrund und Fragestellungen der Studie TOSCA-Repeat, in: dieselben (Hrsg.): Schulleistungen von Abiturienten. Die neu geordnete gymnasiale Oberstufe auf dem Prüfstand, Wiesbaden 2012, S. 15-36

Lüdtke/Trautwein:

Lüdtke, O./Trautwein, U.: Aspekte von Wissenschaftspropädeutik und Studierfähigkeit, in: Köllner/Lüdtke/Watermann u.a. (Hrsg.): Wege zur Hochschulreife in Baden-Württemberg. TOSCA - Eine Untersuchung an allgemein bildenden und beruflichen Gymnasien, Opladen 2004, S. 327-366

Ludwig (1998):

Ludwig, M.: Projekte im Mathematikunterricht des Gymnasiums, Berlin/Hildesheim 1998

Ludwig (2007a):

Ludwig, M.: Das Klassenzimmer öffnen, in: Leuders (Hrsg.): Mathematikdidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II, Berlin 2007³, S. 179-184

Ludwig (2007b):

Ludwig, M.: Fächerübergreifendes Lernen, in: Leuders (Hrsg.): Mathematikdidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II, Berlin 2007³, S. 164-178

Ludwig (2007c):

Ludwig, M.: Mathematikunterricht öffnen, in: Leuders (Hrsg.): Mathematikdidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II, Berlin 2007³, S. 163

Maier:

Maier, H.: Schreiben im Mathematikunterricht, in: mathematik lehren Heft 99 (2000), S. 10-13

Maihöfner/Richter:

Maihöfner, I.-G./Richter, K.: Best-Practise Beispiel 2: Halle (Saale), in: Deutsche Mathematiker Vereinigung/Deutsche Mathematiker Vereinigung/Schiemann (Hrsg.): S10: Vernetzung von Schule und Hochschule im Bereich Mathematik, online veröffentlicht unter:

http://www.mathematik.tudortmund.de/ieem/cms/media/BzMU/BzMU2010/BzMU10_SCHIEMANN_Stephanie_Vernetzung.pdf, S. 3-4, zuletzt gesehen 07/2014

Martin-Beyer/Mergenthaler-Walter:

Martin-Beyer, W./Mergenthaler-Walter, B.: Facharbeit und besondere Lernleistung. im naturwissenschaftlichen Unterricht, Stuttgart 1999

Maturitätsanerkennungsverordnung:

Verordnung über die Anerkennung von gymnasialen Maturitätsausweisen (Maturitäts-Anerkennungsverordnung, MAV), vom 15. Februar 1995 (Stand 1.1.2013)

Maturitätsreglement von 1995:

Verordnung des Bundesrates/Reglement der EDK über die Anerkennung von gymnasialen Maturitätsausweisen (MAR), vom 16. Januar/15. Februar 1995

Mayring (1999):

Mayring, P.: Einführung in die qualitative Sozialforschung, Weinheim 1999⁴

Mayring (2010):

Mayring, P.: Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken, Basel/Weinheim 2010¹¹

McLeod/McLeod:

McLeod, D.B./McLeod, S.H.: Synthesis – Beliefs and Mathematics Education. Implications For Learning, Teaching, Research, in: Leder/Pehkonen/Törner (Hrsg.): Beliefs. A hidden Variable in Mathematics Education?, Dordrecht 2002, S. 115-123

Meiringer:

Meiringer, M.: Das W-Seminar „Codierungstheorie“ als Chance für einen Kompetenzorientierten, allgemeinbildenden Mathematikunterricht am Gymnasium. Theoretische Aspekte, unterrichtliche Realisierungen, empirische Evaluation, Berlin/Hildesheim 2010

Meyerhöfer:

Meyerhöfer, W.: Tests im Test. Das Beispiel PISA, Opladen 2005

Meuser:

Meuser, M.: Inhaltsanalyse, in: Bohnsack/Marotzki/Meuser (Hrsg.): Hauptbegriffe Qualitativer Sozialforschung, Farmington Hills/Opladen 2011³, S. 89-91

Moser Opitz:

Moser Opitz, E.: Ich liebe es einfach, mit Zahlen zu jonglieren, in: Journal für Mathematikdidaktik 30/3-4 (2009), S. 181-205

Naudersch:

Naudersch, H.: Sachrechnen in der Grundschule, Rothenburg ob der Tauber 1994

Neubrand:

Neubrand, M.: Multiple Lösungswege für Aufgaben. Bedeutung für Fach, Lernen Unterricht und Leistungserfassung, in: Blum/Drüke-Noe/Hartung u.a. (Hrsg.): Bildungsstandards Mathematik: konkret. Sekundarstufe I: Aufgabenbeispiele, Unterrichts Anregungen, Fortbildungsideen, Berlin 2007³, S. 162-177

Neumann/Trautwein:

Neumann, M./Trautwein, U.: Schulleistungen von Abiturienten und die Rolle von Wissenschaftspropädeutik in der gymnasialen Oberstufe. Empirische Befunde aus der TOSCA-Studie, in: Keuffer/Kubitz-Kramer (Hrsg.): Was braucht die Oberstufe? Diagnose, Förderung und selbstständiges Lernen, Basel/Weinheim 2008, S. 102-120

Niedersächsisches Kultusministerium: Das Seminarfach:

Niedersächsisches Kultusministerium: Das Seminarfach. Hinweise und Empfehlungen für die Schulen, herunterzuladen unter: www.mk.niedersachsen.de

Niedersächsisches Kultusministerium: Informationen für Eltern, Schülerinnen und Schüler:

Niedersächsisches Kultusministerium: Die gymnasiale Oberstufe und die Abiturprüfung. Informationen für Eltern, Schülerinnen und Schüler, Hannover 2011

Nussinger:

Nussinger, B.: Die Entwicklung der Studierfähigkeit in der gymnasialen Oberstufe. Theoretische Analysen und explorative Studien am Beispiel der Facharbeit Biologie, Aachen 2008

OECD:

OECD: Beispielaufgaben aus der PISA 2000-Erhebung. Lesekompetenz, mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung, OECD 2002

Oberstufenverordnung Nordrhein-Westfalen:

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen: Verordnung über den Bildungsgang und die Abiturprüfung in der gymnasialen Oberstufe (APO-GOST) Vom 5. Oktober 1998, zuletzt geändert durch Verordnung vom 10. Juli 2011

Oberstufenverordnung Sachsen-Anhalt:

Kultusministerium des Landes Sachsen-Anhalt: Verordnung über die gymnasiale Oberstufe (Oberstufenverordnung). Vom 24. März 2003, zuletzt geändert durch Verordnung vom 11. März 2011

Obst:

Obst, B.: Studierfähigkeit von Studienanfängern in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen an Fachhochschulen, Halle (Saale) 2010

offizielle Internetseite der Radboud Universiteit Nijmegen:

<http://www.ru.nl/exo/stel-vraag/exo-vragen/>, zuletzt gesehen 07/2014

offizielle Internetseite der TU Delft:

www.profielwerkstuk.tudelft.nl, zuletzt gesehen 07/2014

offizielle Internetseite der Twente Academy von der Universiteit Twente:

<http://www.twenteacademy.nl/leerlingen/begeleiding/profielwerkstukkenhulp>, zuletzt gesehen 07/2014

offizielle Internetseite der Wageningen Universität:

<http://www.wageningenur.nl/nl/Onderwijs-Opleidingen/PWS-scholieren.htm>, zuletzt gesehen 07/2014

offizielle Internetseite des Mathematischen Instituts der LMU:

www.mathematik.uni-muenchen.de/aktuelles/vortraege/vortragym/, zuletzt gesehen 07/2014

offizielle Internetseite des österreichischen Bundesministeriums für Unterricht,

Kunst und Kultur:

https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/ba/reifepreuefung_ahs_lfvwa_22700.pdf, zuletzt gesehen 07/2014

offizielle Internetseite des französischen Bildungsministeriums:

http://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin_officiel.html?cid_bo=71851, zuletzt gesehen 07/2014

Pehkonen (1993):

Pehkonen, E.: Schülervorstellungen über Mathematik als verborgener Faktor für das Lernen, in: Müller (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 1993. Vorträge auf der 27. Bundestagung für Didaktik der Mathematik vom 22. bis 26. März in Freiburg/Schweiz, Hildesheim 1993, S. 303-306

Pehkonen (1995):

Pehkonen, E.: Pupils' View of Mathematics. Initial report for an international comparison project, Helsinki 1995

Porst:

Porst, R.: Fragebogen. Ein Arbeitsbuch, Wiesbaden 2014⁴

Presmeg:

Presmeg, N.: Beliefs about the Nature of Mathematics and the Bridging of Everyday and School Mathematical Practices, in: Leder/Pehkonen/Törner (Hrsg.): Beliefs. A hidden Variable in Mathematics Education?, Dordrecht 2002, S. 293-312

Radatz/Schipper:

Radatz, H./Schipper, W.: Handbuch für den Mathematikunterricht an Grundschulen, Hannover 1983

Rahmenrichtlinien Sachsen-Anhalt: Deutsch:

Kultusministerium des Landes Sachsen-Anhalt: Rahmenrichtlinien Gymnasium. Deutsch, 2003

Rahmenrichtlinien Sachsen-Anhalt: Geschichte:

Kultusministerium des Landes Sachsen-Anhalt: Rahmenrichtlinien Gymnasium. Geschichte, 2003

Rahmenrichtlinien Sachsen-Anhalt: Mathematik:

Kultusministerium des Landes Sachsen-Anhalt: Rahmenrichtlinien Gymnasium. Mathematik, 2003

Raithel:

Raithel, J.: Quantitative Sozialforschung. Ein Praxiskurs, Wiesbaden 2006

Reichel:

Reichel, H.C. (Hrsg.): Fachbereichsarbeiten und Projekte im Mathematikunterricht. Mit Anregungen für das Wahlpflichtfach, Wien 1991

Reglement Basel-Stadt:

Reglement für die Maturaarbeit an den Gymnasien des Kantons Basel-Stadt, vom 11. Juli 2008 (Stand 15. August 2011)

Reglement Zürich:

Reglement für die Maturitätsprüfungen an den Gymnasien des Kantons Zürich vom 10.3.1998, mit Beschlüssen des Bildungsrats vom 26. Mai 2008

Rögler:

Rögler, P.: Überzeugungen von Mathematiklehrkräften als Basis zur Entwicklung von Lehrerfortbildung zu Technologien im Unterricht, in: Ames/Roth (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2014. Beiträge zur 48. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik vom 10. bis 14. März in Koblenz (Bd. 2), Münster 2014, S. 983-986

Roth/Vollrath:

Roth, J./Vollrath, H.-J.: Grundlagen des Mathematikunterrichts in der Sekundarstufe, Heidelberg 2012²

Schenk:

Schenk, R.: Das Seminarfach in Thüringen. Die Entwicklung und der Anspruch des Seminarfachs in Thüringen im Kontext der Diskussion um die gymnasiale Oberstufe, Erfurt 2005

Schiemann:

Schiemann, S.: S10: Vernetzung von Schule und Hochschule im Bereich Mathematik, online veröffentlicht unter: http://www.mathematik.tudortmund.de/ieem/cms/media/BzMU/BzMU2010/BzMU_SCHIEMANN_Stephanie_Vernetzung.pdf, zuletzt gesehen 07/2014

Schmidt:

Schmidt, C.: „Am Material“: Auswertungstechniken für Leitfadeninterviews, in: Fiebertshäuser/Prenzel (Hrsg.): Handbuch Qualitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft, München/Weinheim 1997, S. 544-569

Schreiber/Sommer:

Schreiber, J./Sommer, D.: Schulische Vorbereitung auf das Studium. HISBUS-Kurzbericht Nr. 11, Hannover 2005

Schulte:

Schulte, W.: Selbstständige Schülerarbeiten. Ein innovativer Beitrag zur Bildung in der gymnasialen Oberstufe?, Weiden 2002

Spies/Witzke:

Spies, S./Witzke, I.: Bereichsspezifische Auffassungen von Analysis zu Studienbeginn, in: Ames/Roth (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2014. Beiträge zur 48. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik vom 10. bis 14. März in Koblenz (Bd. 2), Münster 2014, S. 1147-1150

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München:

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München: Die Seminare in der gymnasialen Oberstufe, München 2008²

Steets (2003):

Steets, A.: Wissenschaftspropädeutik in der Oberstufe. Die Facharbeit, in: Der Deutschunterricht 55/3 (2003), S. 58-70

Steets (2011):

Steets, A.: Die schulische Seminararbeit als sinnvolles Propädeutikum. Möglichkeiten und Grenzen, in: Der Deutschunterricht 63/5 (2011), S. 62-69

Thillm:

Thüringer Institut für Lehrerfortbildung, Lehrplanentwicklung und Medien: Seminarfach in Thüringen. Empfehlungen für den Unterricht, Heft 117, Bad Berka 2005

Thüringer Schulordnung:

Thüringer Ministerium für Bildung Wissenschaft und Kultur: Thüringer Schulordnung für die Grundschule, die Regelschule, die Gemeinschaftsschule, das Gymnasium, die Gesamtschule vom 20. Januar 1994, zuletzt geändert durch Verordnung vom 7. Juli 2011

Törner (1998):

Törner, G.: Mathematical Beliefs and Their Impact on Teaching and Learning of Mathematics, in: Pehkonen/Törner (Hrsg.): The State-of-Art in Mathematics-Related Belief Research. Results of the MAVI activities, Helsinki 1998, S. 73-94

Törner (2002):

Törner, G.: Epistemologische Grundüberzeugungen – verborgene Variablen beim Lehren und Lernen von Mathematik, in: Der Mathematikunterricht 48/4-5 (2002), S. 103-128

Ulm:

Ulm, V.: Mathematikunterricht für individuelle Lernwege öffnen, Seelze-Velber 2008³

Verordnung über die gymnasiale Oberstufe Niedersachsen:

Niedersächsisches Kultusministerium: Verordnung über die gymnasiale Oberstufe (VO-GO) vom 17. Februar 2005, geändert durch Verordnung vom 12. April 2007, geändert durch Verordnung vom 13. Juli 2008, geändert durch Verordnung vom 17.5.2010

Vogt:

Vogt, T.: Impulse für die Besondere Lernleistung im Fach Mathematik, in: Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht 55/6 (2002), S. 338-341

Vohmann:

Vohmann, H.D.: Unterwegs zu Facharbeiten in Mathematik. Organisation und Begleitung von Facharbeiten in Kursen zur Linearen Algebra, in: Hackenbroch-Krafft/Jung-Paarmann/Kroeger u.a. (Hrsg.): Auf dem Weg zur Facharbeit. Erfahrungen und Beispiele aus verschiedenen Ländern, Bielefeld 2001, S. 69-76

Wambach (1999):

Wambach, H. (Hrsg.): Besondere Lernleistung und Facharbeit im Rahmen der Abiturqualifikation, Hamburg 1999

Wambach (2002):

Wambach, H.: Facharbeit und besondere Lernleistung: neue Lern- oder Leistungsformen?, in: Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht 55/6 (2002), S. 328-333

Wellenreuther:

Wellenreuther, M.: Quantitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft. Eine Einführung, München/Weinheim 2000

Wuttke:

Wuttke, J.: Die Insignifikanz signifikanter Unterschiede. Der Genauigkeitsanspruch von PISA ist illusorisch, in: Jahnke/Meyerhöfer (Hrsg.): PISA & Co. Kritik eines Programms, Berlin/Hildesheim 2007²

Yin:

Yin: R.K.: Case Study Research. Design and Methods, London/New Delhi/Thousand Oaks 2001²

Zimmerman:

Zimmerman, B.J.: Self-Efficacy. An Essential Motive to Learn, in: Contemporary Educational Psychology 25/1 (2000), S. 82-91

Anhang

Inhaltsverzeichnis:

Erläuterungen zum Anhang.....	I
Fragebogen (Version: Fragebogenerhebung Nordrhein-Westfalen).....	II
Interviewleitfaden.....	X
Interview NI5.....	XIII
Interview NW1.....	XX
Interview NW2.....	XXVIII
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	XL
Lebenslauf (mit Angaben zur Person und zum Bildungsgang).....	XLII
Publikationsliste.....	XLIII
Eidesstattliche Erklärung.....	XLIV
CD-ROM	

Erläuterungen zum Anhang:

Fragebögen:

Ein Fragebogen befindet sich in ausgedruckter Form im Anhang (S. Iff.). Alle anderen Versionen des Fragebogens (für andere Bundesländer, für T1 und T2 bei der Fallstudie) unterscheiden sich nur geringfügig von diesem Bogen. Sie können in der beigelegten CD-ROM im Ordner *Fragebögen* eingesehen werden.

Interviews:

Der Interviewleitfaden zur Fallstudie ist im Anhang ab Seite X zu finden. Drei ausgewählte Interviews (Kürzel: NI5; NW1; NW2; dies sind jene Interviews, die im Kapitel 4.2.7 detailliert beschrieben werden) befinden sich ausgedruckt im Anhang (ab Seite XIII). Alle anderen Interviews können in der beigelegten CD-ROM im Ordner *Interviews* eingesehen werden.

Ebenso befindet sich auf dieser CD-ROM ein Ordner mit dem Titel *MAXQDA*. Mit diesem kann die Kodierung der Interviews anhand der Methode des *Thematisches Kodierens* mit dem Programm MAXQDA eingesehen werden. Unter der offiziellen Seite der Vertreiber von MAXQDA kann ein Programm (Reader) heruntergeladen werden, mit dem die entsprechenden Dateien geöffnet und gelesen werden können, ohne eine MAXQDA-Lizenz zu besitzen: <http://www.maxqda.de/produkte/maxreader>

Datenmatrizen:

Alle Excel-Datenmatrizen auf die sich im Text bezogen wird, befinden sich auf der beigelegten CD-ROM (Ordner: *Datenmatrizen*).

Facharbeiten der Schülerinnen und Schüler:

Aus Datenschutzgründen sind die analysierten Seminarfach-, Fach- und Maturaarbeiten nicht im Anhang abgedruckt oder auf der CD-ROM beigelegt. Alle Arbeiten liegen dem Autor der Arbeit vor und können bei Bedarf eingesehen werden. Die wissenschaftspropädeutischen Arbeiten sind jeweils mit dem gleichen Kürzel versehen wie die Interviews, so dass eine Zuordnung zwischen Facharbeit und Interview möglich ist. Es handelt sich hierbei um folgende Kürzel: NI1-9; NW1-3; ST1-4; TH1; CH1-3.

Auftraggeber: Nils Krause

Universität: Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Institut: Mathematik

Fragebogen: Mathematik in der Oberstufe

Mein Name ist Nils Krause. Ich habe Gymnasiallehramt an der Martin-Luther-Universität in Halle (Saale) studiert. Nach Beendigung des Studiums im Sommer 2011 arbeite ich nun an meiner Doktorarbeit, deren Titel lautet: *„Wissenschaftspropädeutik im Mathematikunterricht der gymnasialen Oberstufe. Mathematikdidaktische Ansätze für eine Öffnung des Unterrichts zur Intensivierung der Vernetzung von Schule und Universität“*.

Beim Lesen der pädagogischen Fachliteratur zur Bedeutung von naturwissenschaftlichen Facharbeiten im Rahmen des Oberstufenmathematikunterrichts bin ich auf verschiedene Aspekte gestoßen, die bis jetzt empirisch kaum untersucht sind. Um dies zu ändern, habe ich den vorliegenden Fragebogen verfasst. Schließlich können Verbesserungsvorschläge für den Mathematikunterricht der Oberstufe nur durch die Verbindung von Fachliteratur mit dem praktischen Erfahrungsschatz der Schülerinnen und Schüler entwickelt werden. Da Sie sich in der Oberstufe befinden, bitte ich Sie die folgenden 32 Fragen zu beantworten.

Die Teilnahme an der Umfrage findet selbstverständlich auf freiwilliger Basis statt. Zudem werden die Fragebögen anonym ausgefüllt und die Daten vertraulich behandelt.

Datum:

Schule:

Ort:

Bundesland: Nordrhein-Westfalen

Bitte markieren Sie durch Ankreuzen, inwieweit Sie den Aussagen 1-11¹ zustimmen! Dabei beziehen sich die Fragen 1-7 auf das Schulfach Mathematik. Bitte setzen Sie immer nur ein Kreuz.

1.) Die Aussage: „Im Mathematikunterricht kann man – unabhängig davon, was immer unterrichtet werden wird – kaum etwas lernen, was im praktischen Leben von Nutzen ist.“:

trifft nicht zu trifft kaum zu trifft zum Teil zu trifft eher zu trifft voll zu.

2.) Die Aussage: „Im Mathematikunterricht muss man streng logisch und präzise denken.“:

trifft nicht zu trifft kaum zu trifft zum Teil zu trifft eher zu trifft voll zu.

3.) Die Aussage: „Eine Aufgabe im Mathematikunterricht lösen, bedeutet eine Sammlung von Rechenverfahren und Rechenregeln zu benutzen, die genau angeben, wie man die Aufgabe löst.“:

trifft nicht zu trifft kaum zu trifft zum Teil zu trifft eher zu trifft voll zu.

4.) Die Aussage: „Im Mathematikunterricht muss man alles genau begründen.“:

trifft nicht zu trifft kaum zu trifft zum Teil zu trifft eher zu trifft voll zu.

5.) Im Fach Mathematik sind:

- Jungen viel besser als Mädchen
- Jungen besser als Mädchen
- Jungen und Mädchen gleich gut
- Mädchen besser als Jungen
- Mädchen viel besser als Jungen.

6.) Die Aussage: „Im Mathematikunterricht muss man sowohl einfallsreich sein als auch gut denken können.“:

trifft nicht zu trifft kaum zu trifft zum Teil zu trifft eher zu trifft voll zu.

7.) Die Aussage: „Nur der Teil der Mathematik, der in Tests und Klassenarbeiten getestet wird, ist mir wichtig.“:

trifft nicht zu trifft kaum zu trifft zum Teil zu trifft eher zu trifft voll zu.

Die Fragen 8-11 beziehen sich ganz allgemein auf Mathematik.

8) Die Aussage: „Die Mathematik kann auf eine exakte und genaue Fachsprache nicht verzichten.“:

trifft nicht zu trifft kaum zu trifft zum Teil zu trifft eher zu trifft voll zu.

9) Die Aussage: „Mathematik besteht darin, Regeln, Formeln, Fakten und Rechenverfahren (Rechenwege) anzuwenden.“:

trifft nicht zu trifft kaum zu trifft zum Teil zu trifft eher zu trifft voll zu.

10) Die Aussage: „In der Mathematik muss man vor allem Einfälle und Intuition haben.“:

trifft nicht zu trifft kaum zu trifft zum Teil zu trifft eher zu trifft voll zu.

11) Die Aussage: „Kenntnisse in Mathematik sind für mein späteres Leben wichtig.“:

trifft nicht zu trifft kaum zu trifft zum Teil zu trifft eher zu trifft voll zu.

Bitte geben Sie durch ein Kreuz bei den folgenden Fragen (12 bis 14) an, zu welcher Antwort sie tendieren.

12.) Im Vordergrund der Mathematik steht:

Denken mit Inhalten Rechnen mit Verfahren und Regeln

13.) In der Mathematik geht es vor allem darum,

neue mathematische Probleme aus anderen Fächern mit
Sätze aufzustellen Hilfe der Mathematik zu lösen

14.) Im Mathematikunterricht geht es mir vor allem darum, Dinge zu lernen, die ich jetzt und später anwende	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Rechenverfahren und -regeln so gut zu lernen, dass ich die gestellten Aufgaben lösen kann
--	---	---

Die Fragen 15-17 beziehen sich auf Ihre Mathematikleistungen.

15.) Wie schätzen Sie sich im Vergleich zu anderen Schulfächern in Mathematik ein?
<input type="radio"/> viel besser <input type="radio"/> besser <input type="radio"/> ähnlich gut <input type="radio"/> schlechter <input type="radio"/> viel schlechter

16.) Wie schätzen Sie sich im Vergleich zu Mitschülerinnen und -schülern im Fach Mathematik ein?
<input type="radio"/> viel besser <input type="radio"/> besser <input type="radio"/> ähnlich gut <input type="radio"/> schlechter <input type="radio"/> viel schlechter

17.) Bitte nennen Sie die Note Ihres letzten Zeugnisses für das Fach Mathematik!
_____Notenpunkte

Nun folgen Fragen zum Thema Facharbeit. Bitte beachten Sie, dass manche Schulen hierfür auch Begriffe wie „Hausarbeit“, „Belegarbeit“ oder „Seminararbeit“ verwenden.

18.) Beschreiben Sie bitte, was Sie unter dem Begriff „Facharbeit“ verstehen!

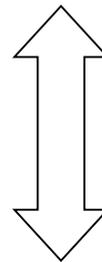
19.) Wie ist ihre persönliche Einstellung zum Verfassen von Facharbeiten in der Oberstufe

20.) Wie ist ihre persönliche Einstellung zum Verfassen einer Facharbeit in Mathematik?

21.) Bitte ordnen Sie die 6 Fächer: *Deutsch, Physik, Biologie, Mathematik, Geschichte, Geografie* nach dem Schwierigkeitsgrad für Sie, hierin eine Facharbeit zu verfassen. Beginnen Sie dabei mit dem leichtesten Fach und enden Sie mit dem schwersten.

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____

eher leicht

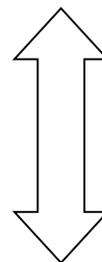


eher schwer

22.) Bitte ordnen Sie die 6 Fächer: *Deutsch, Physik, Biologie, Mathematik, Geschichte, Geografie* danach, in welchem Sie am liebsten eine Facharbeit schreiben wollen würden. Beginnen Sie mit Ihrem Favoriten dieser 6 Fächer für eine Facharbeit.

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____

Dies ist Favorit für eine Facharbeit



Facharbeit eher nicht in diesem Fach

23.) Fühlen Sie sich auf das Verfassen von Facharbeiten gut vorbereitet?

ja, weil: _____

nein, weil: _____

24.) Was von dem, was Sie in der gymnasialen Oberstufe gelernt haben, werden Sie vermutlich für das Leben nach der Schule besonders benötigen?

25.) Haben Sie konkrete berufliche Pläne für die Zeit nach der Schule?

nein

ja

Wenn ja, welche?

Streben Sie hierfür ein Studium an?

ja

nein

26.) Werden Sie eine Facharbeit (oder ähnliche Arbeit) bis zum Abitur im Fach Mathematik verfasst haben?

ja

nein

27.) Wie viele der folgenden (großen und selbstständig verfassten) Arbeiten werden Sie in Ihrer gesamten Schullaufbahn geschrieben haben, wenn Sie die Schule verlassen (die Frage bezieht sich auf alle Fächer)?

Anzahl Facharbeiten: _____

Anzahl Belegarbeiten: _____

Anzahl Hausarbeiten: _____

Anzahl Besondere Lernleistungen: _____

Anzahl sonstige Arbeiten: _____; Begriff für diese Arbeiten: _____

Wenn Sie hier überall „0“ eingetragen haben, fahren Sie bitte mit Frage 32 fort.

Falls Sie sich gerade mit einer aktuellen Facharbeit (oder ähnlichen Arbeit) beschäftigen, beziehen Sie bitte die folgenden Fragen ausschließlich auf diese Arbeit.

Wenn Sie sich aktuell mit keiner neuen Facharbeit (oder ähnlichen Arbeit) beschäftigen, aber in Ihrer Schullaufbahn mindestens eine solche Arbeit geschrieben haben, beziehen Sie bitte die folgenden Fragen stets auf die zuletzt von Ihnen verfasste Arbeit.

28.) Welchem Schulfach/welchen Schulfächern wird/wurde diese Arbeit zugeordnet?

29.) Bitte markieren Sie durch ein Kreuz das Maß an Interdisziplinarität (wie wichtig sind/waren fächerübergreifende Aspekte) in Ihrer Arbeit!

gar kein fächerübergreifender Anteil

Fächerübergreifend ist der zentrale Aspekt

30.) Wie lautet/lautete das Thema dieser Arbeit?

31.) Dieses Thema war:

- Von Ihrem Lehrer/Ihrer Lehrerin für Sie bestimmt
- Von Ihnen aus einer vorgegebenen Themenliste ausgewählt
- Ihre Idee
- entstanden auf einem anderen Wege, nämlich durch:

32.) Sie sind?

männlich

weiblich

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich für die Beantwortung der 32 Fragen bedanken. Hiermit ist mir sehr geholfen, denn auf Grundlage der Ergebnisse des Fragebogens kann ich Forschungslücken schließen und Verbesserungsvorschläge für den Mathematikunterricht der Oberstufe entwickeln.

Sollten Sie Verständnisprobleme mit einzelnen Fragen gehabt haben, teilen Sie mir dies bitte an dieser Stelle mit, damit ich den Fragebogen verbessern kann. Auch wenn Sie noch weitere Anmerkungen zum Fragebogen haben, können Sie mir dies gerne mitteilen.

<hr/>

ⁱ Die Fragen 1-4 sowie 6-14 sind angelehnt an einen Schülerfragebogen aus der Dissertation: Grigutsch, S.: Mathematische Weltbilder von Schülern. Struktur, Entwicklung, Einflußfaktoren, Duisburg 1996, S. 224-228.

Interviewleitfaden: Fallstudie mathematische Facharbeit

Einleitende Worte (noch nicht aufgenommen):

- Begrüßung
- vor Beginn des Interviews zunächst: einleitende und erklärende Worte
- Dauer des Interviews etwa 15 Minuten
- Grund des Interviews: 2. Teil der Fallstudie im Rahmen meiner Doktorarbeit
- Ziel: „Ich möchte etwas über ihre Erfahrungen mit der mathematischen Facharbeit erfahren“
- Ganz wichtig: Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten
- erneute Zusicherung der Anonymität (Verweis auf einleitendes Schreiben zur Fallstudie)
- Zur Besseren Auswertung: Bitte um Erlaubnis dieses Interview aufzunehmen
- „Haben Sie sonst noch Fragen zum Ablauf?“
 - Wenn nein: „Gut, dann können wir nun beginnen!“

Person:

- In welcher Klassenstufe sind Sie?
- Wie alt sind Sie?
- Wann werden Sie Ihr Abitur abgelegt haben?

Bild der Mathematik:

- Was bedeutet Mathematik für Sie?
- Welche Gefühle löst der Begriff „Mathematik“ in Ihnen aus?
- Beschreiben Sie, wie eine typische Mathematikunterrichtsstunde aussieht?
- Ändert Ihre Facharbeit Ihre Sicht auf Mathematik?
- mögliche Nachfragen:
 - Inwiefern?
 - Bezogen auf Gefühle und auch darauf, was Mathematik bedeutet!
 - Warum nicht?

Inhalt:

- Erzählen Sie mir vom Inhalt Ihrer Facharbeit!

Themenwahl:

- Nennen Sie bitte das Thema Ihrer Facharbeit!
- Warum haben Sie sich für ein mathematisches Thema entschieden?
- Wie kamen Sie auf dieses spezielle Thema? (Idee)

Reaktion des Umfelds:

- Wem haben Sie von Ihrer mathematischen Facharbeit erzählt?
- Wie haben diese Personen auf das Thema reagiert?
- Haben Sie diesen Personen den Inhalt der Arbeit erklärt?
- Wenn ja: Wie haben Sie es erklärt und wurde es verstanden?
- Meinen Sie, dass es etwas Besonderes ist, eine Facharbeit in Mathematik zu schreiben?
- Nachfrage: Wieso?

Arbeitsprozess:

- Wo stehen Sie aktuell im Arbeitsprozess?
- Was haben Sie bereits für die Arbeit getan?
- Was müssen Sie noch bis zur Abgabe der Arbeit schaffen?
- Wie viele Stunden werden Sie bis zur Abgabe der Arbeit insgesamt in die Facharbeit investiert haben?
- Wie sah die Vorbereitung auf das Verfassen der Facharbeit an Ihrer Schule aus?
- Wo gibt es Schwierigkeiten oder Probleme für Sie mit Ihrer Facharbeit?
- Wer hilft Ihnen bei den Problemen?
- Wie sieht die Betreuung des Lehrers aus?
- Sind Sie mit der Betreuung zufrieden?
- Wo erhalten Sie Informationen zu Ihrem Thema?
- Meinen Sie, dass Arbeitsprozess in irgendeiner Form durch Teilnahme an der Fallstudie beeinflusst wird?
- gegebenenfalls: Beispiel zur Erklärung, was mit dieser Frage gemeint ist: Zum Beispiel dadurch, dass sie durch das Interview heute an ihre Facharbeit erinnert wurden

Bewertung:

- Erklären Sie mir, wie Note der Facharbeit verrechnet wird!
- Was für eine Note erhoffen Sie sich?

Zukunftsvorstellungen:

- Je nach Fragebogen: spezifische Frage zu den Studien-/Berufsvorstellungen stellen
- Inwiefern hilft die Facharbeit, Ihre Pläne für die Zukunft zu verwirklichen?

Anmerkungen

- Gibt es noch etwas Wichtiges, was Sie mal bezüglich Mathematik oder Ihrer Facharbeit los werden wollen?

Bedankung/Verabschiedung

- Übergang: „Dann sind wir auch schon am Ende des Interviews.“
- „Ich bedanke mich ganz herzlich bei Ihnen für das heutige Interview“
- „Durch die Teilnahme an der Fallstudie helfen Sie mir bei meiner Doktorarbeit wirklich sehr“
- „Als kleines Dankeschön möchte ich Ihnen deshalb eine kleine Spezialität aus meiner Heimatstadt überreichen“ (Übergabe von Schokoladenschachtel)
- Beschreibung, wie es mit der Fallstudie weitergeht (angepasst auf jeweiligen Probanden)
- Möglichkeit für Nachfragen bezüglich des weiteren Ablaufs einräumen
- Verabschiedung

Aufnahme: NI5
Länge: 15:19 min
Datum: 5. März 2013

- 4 **I: In welcher Klassenstufe sind Sie? #00:00:04-9#**
- 5 B: In der elften Klasse. #00:00:06-1#
- 6 **I: Und wie alt sind da? #00:00:08-2#**
- 7 B: Siebzehn. #00:00:08-8#
- 8 **I: Und wann werden Sie dann das Abitur abgelegt haben planmäßig? #00:00:14-5#**
- 9 B: Ja, nächstes Jahr. #00:00:15-7#
- 10 **I: Nächstes Jahr, 2014 dann? #00:00:17-2#**
- 11 B: Ja. #00:00:17-5#
- 12 **I: Wenn Sie jemand fragt, was "Mathematik" ist, was würden Sie dem antworten? #00:00:25-6#**
- 13 B: Ja, das Anwenden halt von Formeln auf bestimmte Aufgabenstellungen. Und dass man dann halt Probleme löst, oder Rechnungen, irgendwas ausrechnet halt. #00:00:37-5#
- 14 **I: Noch etwas? #00:00:39-7#**
- 15 B: Ne, und dann vielleicht noch, dass man das (...) halt die Formeln auf so Sachen vom Alltag übertragen kann. Und dass wir/ wir haben ja auch oft solche Beispiele, dass wir irgendwas, was geschichtlich passiert oder ist, oder wo das hergeleitet wurde, dass wir/ dass man die Formeln darauf dann übertragen kann. #00:00:58-2#
- 16 **I: Ahja, mhm (bejahend). Und welche Gefühle löst der Begriff "Mathematik" in Ihnen aus? #00:01:05-4#**
- 17 B: Also mir macht Mathe eigentlich Spaß. Mir macht das Spaß, mit den Formeln das auszurechnen, vor allen Dingen, weil es halt nach Regeln geht. Und nicht so gefühlsmäßig ist, sondern kann alles gut ausrechnen. Und ja, mir macht es eigentlich einfach Spaß. Mit den Zahlen und so. #00:01:23-0#
- 18 **I: Mhm (bejahend). Also positive Gefühle? #00:01:25-9#**
- 19 B: Ja, auf jeden Fall. #00:01:27-2#
- 20 **I: Ja, beschreiben Sie mal, wie eine typische Mathematikunterrichtsstunde so aussieht. #00:01:34-1#**

- 21 B: Also meistens ist es so, dass wir zuerst etwas/ also der Lehrer trägt etwas vor. Ein neues Thema oder so, erklärt dann die Formeln, und danach in der zweiten Stunde, dann ist es meistens so, dass wir Aufgaben bekommen. Die dann selber lösen sollen. Mit halt den neuen Kenntnissen, die wir/ die er uns vorher gezeigt hat. Dann können wir halt Fragen stellen. Und sollen das dann probieren zu lösen. Und dann in der Hausaufgabe sollen wir das meistens halt nochmal, nochmal üben oder so. Oder manchmal ist es so, dass wir halt Gruppenarbeit machen oder das haben wir jetzt letztens gemacht, dass wir uns halt selber was erarbeiten sollen. Dass man das dann aufteilt, und jeder Schüler ein Thema bekommt. Und dann trägt man das so zusammen in Gruppen und jeder erklärt das dem anderen dann. #00:02:14-5#
- 22 **I: Verstehe. Und diese Facharbeit, die Sie jetzt schreiben, meinen Sie, dass die jetzt Ihre Sicht auf Mathematik verändert, in dem Sinne, dass Sie jetzt meinen, dass Mathematik jetzt durch die Facharbeit jetzt etwas anders ist? Dass Sie so eine Beschreibung von Mathematik jetzt anders geben würden? #00:02:36-0#**
- 23 B: Ich glaube nicht unbedingt, dass ich es jetzt anders sehen würde. Aber vielleicht würde ich auch noch an das, was ich in der Arbeit mache, und das damit so einbinden. Weil wir/ die Arbeit wird ja ziemlich so Finanzmathematik sein. Und, dass ich dann auch sowas denke, an Bankgeschäfte oder so was. Oder über was ich dann halt schreibe. Und nicht mehr nur an keine Ahnung, irgendwelche Integrale. Oder so. (lacht) #00:02:57-3#
- 24 **I: Ja, also nicht mehr nur so den klassischen Schulstoff, sondern jetzt eben auch eher? #00:03:01-3#**
- 25 B: Ja, so erweitert halt. #00:03:02-4#
- 26 **I: Ahja. Ja, Sie haben ja eben schon den Inhalt der Arbeit angedeutet, erzählen Sie mir mal, worum geht es da? #00:03:12-1#**
- 27 B: Ja, also ich will meine Arbeit halt über Swap schreiben, und den Weg in die Finanzkrise. Und dann will ich halt/ also mein Lehrer hat mir das so erläutert, dass die halt was mit den/ mit dem Auslösen der Finanzkrise zu tun hatte. Und ich wollte halt irgendwas über die Finanzkrise machen. Vor allem, wie es halt begonnen hat. Und dann habe ich halt dieses Thema gewählt. Und dann gab es ja einen/ diesen CDS, diesen Credit Default Swap, der damit was zu tun hatte. Habe ich mir halt was im Internet dazu durchgelesen und das hat mich eigentlich interessiert. Und das sah zuerst auch nicht so schwer aus. Aber ja, und dann habe ich das halt genommen. Und es geht halt irgendwie darum/ um Versicherungen auf Kreditgeschäfte und so was. Und ja, ich weiß auch noch nicht genau so, so viel habe ich mich damit noch nicht so beschäftigt, aber ja. #00:04:00-7#
- 28 **I: Und das Thema der Arbeit, wie heißt das genau? #00:04:04-5#**
- 29 B: "Swaps und der Weg in die Finanzkrise". #00:04:07-4#
- 30 **I: Mhm (bejahend), und warum haben Sie sich genau/ oder ich sage es mal so, warum haben Sie sich überhaupt entschieden dafür, das Seminarfach im Bereich Mathematik zu wählen, Sie hätten ja auch ein anderes nehmen können?**

#00:04:23-7#

31 B: Also erstmal, das Seminarfach hieß ja, glaube ich, "Die Finanzkrise und Finanzmathematik". Und eigentlich interessiert mich das, weil es ja ein ziemlich großes Thema ist, ziemlich kompakt. Und ich eigentlich keine Ahnung habe, also von der Finanzkrise und wie das entstanden ist. Und deswegen hat mich das interessiert. Und alleine, ich denke, so Wirtschaftsmathematik kann man vielleicht auch später mal gebrauchen im Beruf, kann ich mir ganz gut vorstellen, und dass ich auch später so was mal machen will. Und deswegen habe ich halt dieses Seminarfach gewählt.
#00:04:54-4#

32 **I: Und wie kamen Sie dann, nachdem Sie dieses Seminarfach so gewählt haben, dann speziell auf dieses Thema für Ihre Arbeit? #00:05:01-4#**

33 B: Also wir durften das ja eigentlich frei wählen, und dann sehr zu/ ich wollte halt entweder was über die Finanzkrise machen, oder über Börsengeschäfte. Und dann hat mir mein Lehrer das halt vorgeschlagen, dass ich das mal machen sollte. Halt über SWAPs. Und als erstes war ich halt eigentlich nicht so begeistert davon, weil ich wusste nicht, was das ist. Und dachte, das wär so ganz kleines Thema und da kann man überhaupt nichts zu schreiben. Aber dann habe ich das halt mal gegoogelt und ein bisschen geschaut, und habe gemerkt, wie groß das ist. Und dann dachte ich mir, dass ich damit eigentlich gut meine Seiten voll bekommen kann. Und habe dann halt das als Thema genommen. #00:05:38-2#

34 **I: Verstehe, also prinzipiell war die Idee mit den SWAPs vom Lehrer ausgehend? #00:05:44-4#**

35 B: Ja. #00:05:44-8#

36 **I: Wem haben Sie so in Ihrem Umfeld, Familie, Freunde und so weiter, schon von Ihrer Arbeit erzählt? #00:05:52-7#**

37 B: Also meinen Eltern, dann eigentlich halt so in der Schule, die Anderen schreiben ja auch eine Facharbeit, und dann spricht man halt mal darüber, was hast du für ein Thema und so. Und sonst, habe ich das noch ein paar Freunden erzählt, die halt nicht in meinem Jahrgang sind. Und sonst, ja. #00:06:10-0#

38 **I: Und wie haben diese Personen, Ihre Freunde beispielsweise, wenn Sie das so erzählt haben, wie haben die darauf reagiert? #00:06:17-4#**

39 B: (seufzt) Ja, also in der Schule war das ja halt, keine Ahnung, also keine Besondere. Weil die alle müssen das ja eigentlich schreiben. Und die Anderen, keine Ahnung. Weiß auch nicht, das war halt einfach so eine Schulaufgabe, die man macht. Und nicht irgendwie so, wurde nicht so besonders, glaube ich, angesehen oder so.
#00:06:36-7#

40 **I: Aha. Und haben Sie denn auch inhaltlich denen was erzählt, oder? #00:06:41-4#**

41 B: Ja, also zu dem Zeitpunkt wusste ich ja selber noch nicht so genau, um was es geht. Und deswegen konnte ich inhaltlich nicht so viel sagen, und also jetzt, ich habe

damit ja schon angefangen ein bisschen. Und ich finde es ziemlich kompliziert. Und könnte es jetzt auch so nicht direkt formulieren, um was es geht. Weil ich wollte eigentlich am Wochenende anfangen, und habe gemerkt, ich hätte eigentlich das ganze Wochenende mich erstmal nur in das Thema einlesen müssen. Weil das ja so viele Fachbegriffe sind und so. Dass man das gar nicht so, mal eben schnell, so ein bisschen lesen kann. #00:07:10-7#

42 **I: Ja, Sie haben gesagt, mit dem Einarbeiten, dass Sie das eigentlich jetzt hätten machen müssen. Also wo stehen Sie da in dem Arbeitsprozess, was haben Sie jetzt dafür schon getan? Erstmal für die, ja genau. Ja genau, erstmal so. #00:07:27-1#**

43 B: Also wir mussten in der/ wir sollen den Anderen in unserem Kurs das Thema vorstellen, und sollten da eine Power-Point-Präsentation drüber machen. Die war dann drei Folien lang oder so, da habe ich einfach ein bisschen geschrieben, was ich mache. Und, dass ich halt so verschiedene SWAP-Arten nehmen will. Und dann habe ich am Wochenende angefangen, habe mir halt Bücher besorgt. Und habe einfach mal nachgeschaut. Ein paar Definitionen, und dann war es meistens so, ich wollte was erklären. Und in den Büchern waren dann wieder neue Wörter, die ich nicht kannte. Und dann ging das immer so weiter. Und dann habe ich erstmal eigentlich nur Begriffe nachgeschaut, und nachgeschlagen, um erstmal so halt das Thema zu verstehen, diese Materie. Ja. #00:08:04-5#

44 **I: Und was sind dann noch die kommenden Arbeitsschritte? #00:08:06-8#**

45 B: Ja, also im Augenblick, wie gesagt, habe ich erstmal so ein Glossar angelegt. Und dann will ich jetzt halt, die einzelnen Schritte, um was es geht, also die SWAPs einzeln beschreiben. Dann noch halt am Beispiel der Finanzkrise das irgendwie zusammen bekommen. Und dann ja, das ist eigentlich so mein Plan. #00:08:28-5#

46 **I: Ja. Und wenn Sie dann die Arbeit im April, ja, Anfang April dann abgeben, was meinen Sie, wie viele Stunden werden Sie ungefähr in die Arbeit investiert haben bis zur Abgabe? #00:08:40-4#**

47 B: Ich kann mir gut stellen, mindestens 20, würde ich auf jeden Fall sagen, vielleicht auch 30, ich weiß es noch nicht genau. Aber ich denke, das ist schon sehr sehr zeitaufwendig. Wenn man das gut machen will. #00:08:53-0#

48 **I: Und die Vorbereitung auf das Verfassen einer solchen Arbeit, wie sah das an Ihrer Schule aus? #00:09:00-2#**

49 B: Also wir haben extra in dem Seminarfach eine Hausarbeit geschrieben. Also sieben Seiten war die lang, da hatten alle noch das gleiche Thema bekommen. Und hatten dann aber den Aufbau wie bei einer Facharbeit, und durften das dann halt mal so ausprobieren. Und der Bewertungsbogen, den wir dann bekommen haben, also es wurde benotet, der sah auch genauso aus wie bei der Facharbeit. Und dann wussten wir halt, worauf es ankommt. Und konnten einfach schon mal so ein bisschen ausprobieren, und so die Gliederung und so. #00:09:27-1#

50 **I: Ahja. Und gibt es jetzt irgendwo Schwierigkeiten oder Probleme bei Ihrer Facharbeit bis hierhin? #00:09:36-7#**

- 51 B: Also bis jetzt habe ich halt nur so ein paar Fragen, ich weiß zum Beispiel nicht, wie ich einige Sachen, wo ich ein Zitat genommen habe, wie ich die Quellen richtig angebe, wie viel ich überhaupt zitieren sollte, dass nicht meine ganze Arbeit nur ein Zitat ist und so. Und was man auch zitieren muss, ab wann das zum Zitat wird und so. Und dann inhaltlich Frage bis jetzt nicht, weil ich ja noch nicht so viel vom Inhalt gemacht habe. #00:09:59-4#
- 52 **I: Bei diesen Fragen zur Zitation und so weiter, wer wird Ihnen da helfen, an wen werden Sie sich da richten? #00:10:06-6#**
- 53 B: Also erstmal mein Kurslehrer. Weil das jetzt immer so/ wir haben jetzt donnerstags hatten wir jetzt so Beratungsstunden, und dann kann man hingehen, und dann fragen. Und dann gehe ich zum Beispiel am Donnerstag hin, und frage ihn zum Beispiel, wie das ist. Schreibe mir meine Fragen alle auf. Und zeige ihm das vielleicht auch, wie ich das zitieren würde. Und dann kann er da ja mal drüber schauen. Und mir sagen, ob das gut ist. #00:10:26-2#
- 54 **I: Und mit dieser Betreuung durch den Lehrer, da sind Sie zufrieden? Oder eher nicht? #00:10:32-9#**
- 55 B: Doch, bin ich. Also wir konnten jetzt die letzten Wochen eigentlich immer hingehen, wenn wir wollten. Es war halt freiwillig. Und ich hatte, ich habe vor einer Woche angefangen oder so mit dem Aufschreiben. Also/ Und davor hatte ich halt noch keine Fragen, da bin ich zuerst nicht hingegangen. Und jetzt, wenn ich Fragen habe, kann ich eigentlich immer hingehen. Also ich denke, das ist gut so. #00:10:51-7#
- 56 **I: Vorhin haben Sie schon Bücher angesprochen. Wo haben Sie diese Bücher her? #00:11:00-1#**
- 57 B: Also ein Heft haben wir im Kurs verteilt bekommen, so ein kleines Lexikon. Die Anderen habe ich eigentlich alle aus der Stadtbibliothek in Bremen. Oder aus [Gemeinde in unmittelbarer Umgebung] und [anderer Ortsteil der Gemeinde in unmittelbarer Umgebung] in den Bibliotheken. Und ich weiß nicht, vielleicht fahre ich auch nochmal hier zur Universitätsbibliothek in Bremen. Und schaue da nochmal, aber bis jetzt habe ich alles nur halt aus der Stadtbibliothek in Bremen und so im Umkreis bei uns. #00:11:25-2#
- 58 **I: Und dort sind Sie dann privat praktisch dort hingefahren, unabhängig jetzt von anderen Schülern? #00:11:30-8#**
- 59 B: Ja, also in, einmal waren wir mit der ganzen Klasse in der Universitätsbibliothek. Und um uns das anzuschauen. In der Stadtbibliothek war ich dann privat, da war ich mal am Wochenende bei meinem Vater, und dann sind wir da mal hingegangen. Und die anderen Bücher hat mir meine Mutter mitgebracht. Die hat dann gesagt: "Ich gehe mal in die Bücherei. Soll ich dir irgendwas mitbringen?" Dann habe ich gesagt: "Ja, schaue mal nach. Vielleicht findest du eins von diesen Schlagworten." Und da ist mir einfach mal ein paar Bücher mitgebracht. #00:11:57-1#
- 60 **I: Und das hat sie in der Bibliothek ausgeliehen? #00:11:58-6#**

- 61 B: Ja. #00:11:59-4#
- 62 **I: Benutzen Sie auch Internetquellen? #00:12:02-3#**
- 63 B: Ja, ich habe auch ein paar gefunden. Aber ich habe dann halt/ also ich finde, Internet ist immer schwer. Man muss es ja zitieren können. Und dann muss man ja immer so eigentlich schon Arbeiten finden, pdf-Dateien. Und deswegen habe ich mich erstmal nur auf Bücher geschaut. Und dann einfach mal ein paar pdf-Dateien gesammelt. Und dann muss ich mal schauen, was ich da so nehme. #00:12:22-1#
- 64 **I: Verstehe. Ja, meinen Sie, dass es etwas Besonderes ist, eine solche Arbeit in Mathematik oder mit einem mathematischen Hintergrund zu schreiben? #00:12:34-9#**
- 65 B: Nein, ich glaube nicht. Also so besonders von anderen ist das einfach eine Arbeit mit einem bestimmten Thema. #00:12:43-8#
- 66 **I: Und noch eine ganz andere Frage. Denken Sie, dass der Arbeitsprozess von Ihnen jetzt, in irgendeiner Form bei mir hier beeinflusst werden könnte? #00:12:57-6#**
- 67 B: Ich glaube nicht, nein. Also bis jetzt auf jeden Fall noch nicht. #00:13:02-2#
- 68 **I: Ja, dann kommen wir nochmal zur Bewertung. Können Sie mir das bitte nochmal erklären, wie diese Arbeit, die Sie schreiben, die wird ja im Seminarfach verrechnet. Wie funktioniert das? #00:13:13-5#**
- 69 B: Ja, ich weiß es nicht ganz genau, aber ich denke mal, dass es wie eine Klassenarbeit, die wir da schreiben. Und dann haben wir halt noch eine mündliche Note und wird dann da noch mit eingebracht. #00:13:22-4#
- 70 **I: Was für eine Note erhoffen Sie sich? #00:13:26-4#**
- 71 B: Eigentlich vom Zeitaufwand, wenn ich so 20, 30 Stunden mindestens würde ich sagen 12 Punkte. #00:13:33-2#
- 72 **I: Ahja, 12 oder dann halt mehr im Einsbereich sogar? #00:13:36-1#**
- 73 B: Ja. #00:13:36-7#
- 74 **I: Und ich hatte auch schon mal im Fragebogen gefragt nach so der Zukunftsperspektive. Also was haben Sie vor, nach der Schule zu machen? #00:13:46-1#**
- 75 B: Ja, also ich weiß noch nicht genau, was ich mache. Ich weiß nur, ich will vielleicht irgendwas halt mit Mathe machen, irgendwas mit Zahlen. Und nicht sowas wissen/ (...) Soziales, also Arzt werden oder so was halt nicht. Also eher sowas Mathematisches oder so. #00:14:01-7#
- 76 **I: Und hilft Ihnen Ihre Facharbeit dabei, Ihre Pläne für die Zukunft da möglicherweise zu verwirklichen? #00:14:09-7#**

- 77 B: Also ich denke mal, das ist ja jetzt wirklich so Wirtschaftsmathematik. Und dann, wenn mir das gefällt, und ich merke, das macht mir Spaß, dann kann das ja schon entscheidend sein, ob ich das vielleicht mal später mache. Vielleicht hilft mir das wirklich sogar. Und auch wenn alle Arbeiten zusammengetragen werden, dass ich bei den Anderen irgendwas höre, was mir wirklich dann Spaß macht. Dass ich mir dann beruflich halt in diese Richtung entscheide. #00:14:32-7#
- 78 **I: Also sowohl erstmal von der Entscheidungsfindungsphase erstmal heraus könnte es helfen, als auch dann, wenn es irgendwie in die Richtung geht, dann möglicherweise auch inhaltlich? Verstehe ich das richtig? #00:14:45-2#**
- 79 B: Mhm (bejahend), ja. #00:14:45-9#
- 80 **I: Ahja, dann sind wir auch schon soweit am Schluss. Als letzte Frage habe ich noch, gibt es vielleicht noch irgendetwas, was Sie schon immer mal bezüglich Mathematik oder auch des Seminarfachs oder der Facharbeit jetzt sagen wollten, oder so eine Meinung haben, was jetzt vielleicht gar nicht Inhalt des Interviews war? #00:15:06-9#**
- 81 B: Nein, eigentlich spontan jetzt so fällt mir nichts ein. (lacht) #00:15:15-2#
- 82 **I: Ok, dann sind wir auch schon am Ende des Interviews. #00:15:19-4#**

Aufnahme: NW1
Länge: 18:16 min
Datum: 11. Februar 2013

- 4 **I: (...) In welcher Klassenstufe sind Sie? #00:00:10-5#**
- 5 B: Q1, also das ist jetzt die Elf. #00:00:16-6#
- 6 **I: Mhm (bejahend). Und wie alt sind Sie dann jetzt? #00:00:17-6#**
- 7 B: 18. #00:00:18-7#
- 8 **I: 18. Und das Abitur werden Sie dann/ #00:00:21-3#**
- 9 B: 2014. #00:00:24-0#
- 10 **I: 2014 dann abgelegt haben. Mhm (bejahend). (...) Was bedeutet der Begriff Mathematik für Sie? #00:00:31-1#**
- 11 B: Ähm, logisches Denken. (Husten) Kompliziert. Ja. (...) Weiß ich jetzt gar nicht viel mehr zu. (...) Also ich muss schon sehr viel lernen und denken und/ Andere können das immer einfach so. Das ist schwierig. #00:00:57-9#
- 12 **I: Mhm (bejahend). Und welche Gefühle löst der Begriff Mathematik in Ihnen aus? #00:01:07-6#**
- 13 B: (...) Mhm (unbestimmt), (...) langweilig. Eigentlich hat es mir mal sehr viel Spaß gemacht. Also ich fand das, wenn wir Aufgaben gekriegt haben oder so, also früher zumindest, hat es mir immer Spaß gemacht, die immer/ Die zu lösen. Und das ging auch immer einfach so am Stück. Wenn ich im anderen Unterricht saß, dann fand ich es einfach immer nur langweilig. Und in Mathe fand ich es INTERESSANT, aber mittlerweile finde ich es auch langweilig (lachend). #00:01:40-2#
- 14 **I: Wann hat sich das so geändert? #00:01:42-7#**
- 15 B: Ähm, jetzt erst. Ab/ Seit der elften eigentlich. #00:01:49-3#
- 16 **I: Mhm (bejahend). (...) Beschreiben Sie mal, wie eine typische Mathematik-Unterrichtsstunde aussieht. #00:02:03-2#**
- 17 B: Ja. (...) Also es ist meistens so, dass wir halt ein Thema erklärt bekommen, dann wird das an der Tafel besprochen, dann schreiben wir dazu immer Sachen auf und/ Halt wir besprechen ganz viel. Aufgaben machen wir IM Unterricht eher weniger. Also (...) ja, mehr besprechen halt. #00:02:35-7#
- 18 **I: Und die Aufgaben, die sind dann als Hausaufgaben zu machen, oder wie //kann ich mir das vorstellen?// #00:02:39-9#**
- 19 B: //Ja, genau. Die machen// wir dann als Hausaufgaben. Die besprechen wir dann

auch in der nächsten Stunde. Aber eher kurz und ver/ Fangen dann quasi immer direkt wieder ein neues Thema an. (Lachen) Also gehen halt immer Schritte weiter, aber ohne jetzt im Unterricht viele Aufgaben zu machen. Dazu (lässt er?) dann immer Hausaufgabe. So. #00:02:59-3#

20 **I: Mhm (bejahend). Und Sie haben gesagt, "wir besprechen viel." Was bedeutet das? Lehrer und Schüler gemeinsam? Wie kann ich mir das vorstellen? #00:03:08-0#**

21 B: Ja doch. Ja, unser Lehrer erklärt Sachen und fragt dann natürlich viel. Und wir Schüler versuchen halt, das irgendwie herauszufinden, zu beantworten und dann (...) erklärt er es nochmal richtig. #00:03:28-7#

22 **I: Mhm (bejahend). Und diese Facharbeit, die Sie jetzt schreiben, diese mathematische Facharbeit, ändert die Ihre Sicht auf Mathematik? #00:03:34-8#**

23 B: Nein. #00:03:40-2#

24 **I: Warum nicht? #00:03:44-4#**

25 B: Mhm (unbestimmt). Also bei der Facharbeit muss ich mich ziemlich konzentrieren. Ich habe lange gebraucht, um überhaupt in dieses Thema rein zu kommen. Und habe mir auch Hilfe gesucht, damit mir das irgendwer erklären kann. Und das ist im Mathe-Unterricht eigentlich immer genau ziemlich das Gleiche und deswegen ändert nichts. #00:04:06-7#

26 **I: Mhm (bejahend). Ja, erzählen Sie mir überhaupt mal vom Inhalt Ihrer Arbeit bitte. #00:04:13-5#**

27 B: Ja, also ich habe halt das Thema Komplexe Zahlen. Und (...) ich habe auch ein bisschen was davon mit. Falls Sie das/ Ich hole das mal raus, dann können Sie sich das vielleicht/ (Räuspern) (...) Ähm, als Inhalt allgemein habe ich so halt als Unterpunkte erst mal was geschrieben, was Komplexe Zahlen SIND. Also so eine Einleitung dafür. Die Geschichte dazu und, ja, dann die einzelnen Rechenarten, wie man mit Komplexen Zahlen rechnet, beschrieben. (...) Und ich bin jetzt zwar noch nicht fertig, aber halt das ist so der Inhalt. #00:04:59-0#

28 **I: Mhm (bejahend). Wo sind Sie da jetzt? Welche Kapitel sind dort jetzt schon geschrieben? #00:05:01-7#**

29 B: Ähm, ich bin jetzt gerade so beim Erklären von Addition, Subtraktion, Multiplikation und so mit Komplexen Zahlen. Also DAS, was Komplexe Zahlen sind, die Geschichte der Komplexen Zahlen. Und so habe ich schon alles erläutert, zumindest versucht. #00:05:19-6#

30 **I: Mhm (bejahend). Also das ist aufgeschrieben, jetzt sind Sie beim nächsten Teil und die/ Der dritte Teil, den ich dort sehe, die Polardarstellung, da haben Sie sich schon eingearbeitet oder/ #00:05:28-4#**

31 B: Nee, das habe ich noch nicht gemacht. #00:05:29-4#

- 32 **I: Das ist noch gar nichts gemacht. Ok. Mhm (bejahend). Warum haben Sie sich für solch ein mathematisches Thema entschieden? #00:05:37-8#**
- 33 B: Weil meine Mathe-Klausuren etwas schlecht waren. Und ich gehofft habe, wenn ich die Facharbeit schreibe und mir da mehr Zeit für nehme, die wird ja als Klausur bewertet, dass ich da ein bisschen besser mit abschneiden kann. Ja. Deswegen eigentlich. #00:06:02-1#
- 34 **I: Ja. Und wie kamen Sie denn/ Also da haben Sie sich entschieden, Ok, ich möchte eine in Mathematik schreiben auf Grund der/ Der Grund/ Des Grundes, den Sie dort genannt haben. Und wie kamen Sie dann SPEZIELL auf diese Idee über Komplexe Zahlen zu schreiben? #00:06:14-0#**
- 35 B: Unser Lehrer hat ein paar Themen vorgestellt. Unter anderem halt Komplexe Zahlen. Und das hat mich eigentlich am meisten angesprochen, deshalb/ #00:06:31-9#
- 36 **I: Mhm (bejahend). (...) Wem haben Sie aus Ihrem Umfeld von Ihrer Facharbeit schon erzählt? #00:06:38-3#**
- 37 B: (...) Erzählt darüber, worüber ich schreibe oder/ #00:06:45-2#
- 38 **I: Ja, über das Thema und vielleicht auch, worum es dort genau geht. Oder überhaupt erst mal das Thema genannt. #00:06:53-3#**
- 39 B: (...) Uff. Vielen. Also ich habe auch ganz vielen Leuten von anderen Schulen geschrieben, weil ich gefragt hatte, ob da jemand weiß, wer zufällig eine Facharbeit geschrieben hat. Weil ich erst mal wissen wollte, wie die überhaupt aussieht. Weil am Anfang wusste ich gar nicht, wie ich das machen sollte. Und deswegen habe ich auch vielen Leuten geschrieben und hab denen auch gesagt, ich schreibe in Mathe, da und da rüber. Und ob die was wüssten. Und auch jetzt aus meiner Stufe von meinen Freundinnen auch ganz vielen (...) habe ich das erzählt. Ich habe denen auch jeweils schon ein bisschen was gezeigt, was ich geschrieben habe. (...) Ja. #00:07:31-6#
- 40 **I: Also vorrangig gleichaltriger. #00:07:34-5#**
- 41 B: Ja. #00:07:37-6#
- 42 **I: Ja. Mhm (bejahend). Und wie haben diese Personen auf das Thema reagiert? #00:07:42-1#**
- 43 B: "Bist du verrückt, wie kannst du nur in Mathe schreiben?" (lachend) Ja. eigentlich so. #00:07:47-5#
- 44 **I: Ja und haben Sie nach dieser Reaktion "Bist du verrückt?", haben Sie da noch dann den Inhalt erklärt oder war das mehr Thema genannt, dann kam diese Reaktion und dann hatte sich das Gespräch über die Facharbeit erledigt, oder haben Sie das dann noch/ Noch ausgeführt? #00:08:04-6#**
- 45 B: Nee, da hat sich das Gespräch eigentlich erledigt. #00:08:12-0#
- 46 **I: (...) Meinen Sie, dass es etwas besonderes ist, eine Facharbeit in Mathematik**

zu schreiben? #00:08:14-8#

47 B: Nein. #00:08:17-8#

48 **I: Mhm (bejahend). (...) Wie viele Stunden werden Sie so ungefähr bis (...) zur Abgabe der Arbeit insgesamt in die Facharbeit investiert haben? #00:08:39-8#**

49 B: (Seufzen) (...) Vielleicht (...) 10, 15 //ungefähr/ // #00:08:49-6#

50 **I: //Stunden. Mhm (bejahend).// #00:08:48-6#**

51 B: Ja. Wenn an einem Tag/ Gestern zum Beispiel habe ich ein bisschen was geschrieben. Da habe ich zwar nur zwei Seiten geschrieben, circa, aber habe trotzdem zwei Stunden gebraucht. Weil ich mich dann einfach nochmal mit dem Thema auseinandersetzen musste. Und wenn ich das jetzt so auf die Tage verteile, dann vielleicht, ja, so 15 Stunden würde ich sagen. #00:09:10-5#

52 **I: Mhm (bejahend). Ein bisschen was kommt ja auch noch dann, ne? So. Und wie sah die Vorbereitung auf das Verfassen der Facharbeit hier an Ihrer Schule aus? #00:09:16-7#**

53 B: Ja, wir haben/ Wurden/ Also die ganze Stufe hatte eine Versammlung und dann haben wir eine Präsentation vorgestellt bekommen, halt wie man eine Facharbeit schreibt. Ich m/ Also ich fand das war alles sehr bezogen so auf Fächer wie Deutsch und Pädagogik und so, wie man das da schreibt. Habe mich in MATHE dann schon eher ein bisschen aufgeschmissen gefühlt. Ja und (...) fand ich jetzt nicht SEHR hilfreich, wir haben aber jetzt Gott sei Dank diese Präsentation nochmal als Kurzfassung zugeschickt bekommen. (...) Um uns da immer so ein bisschen dran zu orientieren. Es hätte noch ein bisschen besser sein können. Mehr Erklärungen oder auch auf solche Fächer wie Mathe finde ich, das ein bisschen mehr darauf beziehen, weil ich habe das Gefühl, dass das in Mathe alles ein bisschen ANDERS ist. Und auch mit den Programmen, man muss da ja auch diese ganze Zeichen und Grafiken und so einfügen, was man jetzt ja zum Beispiel in Deutsch nicht muss. Dass man da irgendwie so eine Hilfestellung bekommen hätte. Ja.#00:10:25-0#

54 **I: Mhm (bejahend). Also Sie meinen praktisch in den anderen Fächern wäre man besser drauf vorbereitet gewesen? #00:10:27-2#**

55 B: Ja, finde ich schon. #00:10:29-1#

56 **I: So was wie Deutsch, Pädagogik. Mhm (bejahend). Und Sie haben gesagt, in Mathe ist es vielleicht etwas ANDERS eine Facharbeit zu schreiben, als etwa in Deutsch. Worauf beziehen Sie das? #00:10:42-2#**

57 B: Also ich finde man muss sich halt in Mathe allgemein mit dem Thema mehr auseinandersetzen, weil man es auch wirklich VERSTEHEN muss, wenn man darüber schreibt. Am Anfang hatte ich halt das Problem, dass ich das gar nicht verstanden habe. Ich dachte immer, wie soll ich denn das SCHREIBEN? Ich weiß gar nicht, was ich dann schreiben soll. Aber mittlerweile habe ich das halt verstanden und jetzt KANN man da auch erst drüber schreiben. Und wenn man jetzt in Deutsch oder so schreibt, dann liest man ein Buch, oder irgendwie so was. Da kann man auch total

viel draus ZITIEREN oder umschreiben, ich weiß nicht. In Mathe muss man sich einfach mehr auseinander damit setzen. Finde ICH. #00:11:18-2#

58 **I: Und gibt es irgendwo Schwierigkeiten und Probleme mit Ihrer Facharbeit? #00:11:22-0#**

59 B: Ja, mit dem (...) Einfügen von irgendwelchen Formeln oder Grafiken und so, da habe ich noch ganz schön Probleme. Ich habe das gestern/ Eigentlich habe ich das auch eingefügt, aber ich habe jetzt gestern ja einen Teil ausgedruckt und das ist da nicht mit drauf (lachend). #00:11:40-3#

60 **I: Mhm (bejahend). Was benutzen Sie dort für ein Programm? #00:11:42-0#**

61 B: Ähm, Open Office. (...) Einfach. #00:11:46-3#

62 **I: Mhm (bejahend). Ah, ja. Und bei solchen Problemen, Fragen, man macht ja auch zum ersten mal dann/ Wer hilft Ihnen bei solchen Fragen oder Problemen? #00:11:56-5#**

63 B: Bisher noch keiner. Ich muss mich da noch ein bisschen jetzt mal drum kümmern. #00:12:00-4#

64 **I: Und wie sieht da die Betreuung des Lehrers überhaupt aus? #00:12:06-0#**

65 B: Ähm, (...) ja also, man hat ja drei Beratungsgespräche mit dem Lehrer. Beim ersten wird das Thema der Facharbeit besprochen. Beim zweiten, ja, soll man dann ein bisschen Literatur mitbringen und das Inhaltsverzeichnis, worüber man schreiben will. Und DA hat er mir schon ziemlich geholfen. Mein Lehrer. Weil (...) er hat mir dann einige Sachen erklärt über die Komplexen Zahlen, wo ich dann erst mal angefangen habe zu verstehen, warum es überhaupt geht. Und morgen habe ich dann das dritte Beratungsgespräch, also das letzte. Wo man dann so Proben mitbringen soll, von der Facharbeit. #00:12:43-4#

66 **I: Also Proben im Sinne von einzelne Kapitel/ //Einzelne Seiten.// #00:12:47-8#**

67 B: Ja, was man schon// so geschrieben hat. Ja. #00:12:49-6#

68 **I: Mhm (bejahend). Und sind Sie mit der Betreuung des Lehrers zufrieden? #00:12:52-4#**

69 B: Ja. Eigentlich schon. #00:12:55-7#

70 **I: Und der Lehrer, das ist dann der Mathematik-Lehrer? #00:12:56-8#**

71 B: Ja. #00:12:57-8#

72 **I: Ah, ja. Und die Informationen jetzt über die Komplexen Zahlen, zum Beispiel wie man mit denen rechnet, was Sie dort in der Arbeit ja auch beschrieben haben, wo bekommen Sie die her? #00:13:09-3#**

73 B: Alle aus dem Internet. Also ich habe mir (...) kein Buch oder so bestellt. (...) Ich

gucke überall im Internet rum. Ich habe auch schon eine riesen Liste von Quellenangaben. #00:13:21-0#

74 **I: Mhm (bejahend). Und wo suchen Sie da im Internet? #00:13:25-1#**

75 B: Ich gebe dann/ Wenn ich jetzt zum Beispiel über die Geschichte der Komplexen Zahlen schreiben will, dann gebe ich das einfach ein. Dann kommen //ja da eigene Seiten.// #00:13:34-4#

76 **I: // Bei Google dann oder?// #00:13:35-1#**

77 B: Ja, genau. Bei Google. Und dann kommen da ja einige Seiten zu und dann öffne ich ein paar und vergleiche das immer und dann benutze ich die alle so zusammen. #00:13:46-0#

78 **I: Ja und dann wählen Sie praktisch aus, die ist vielleicht am besten erklärt und dann/ #00:13:50-4#**

79 B: Ja. #00:13:50-0#

80 **I: Mhm (bejahend). (...) Nochmal eine ganz andere Frage. Meinen Sie, dass Ihr Arbeitsprozess in irgendeiner Form durch die Teilnahme an der Studie, an dieser Fallstudie hier bei mir, beeinflusst wird? #00:14:07-5#**

81 B: Nee. #00:14:06-4#

82 **I: Mhm (bejahend). (...) Ja. Sie haben vorhin schon angedeutet, mit der Bewertung die/ Da wollte ich nochmal nachfragen. Das ist so, dass die Facharbeit als Klausur in einem Fach gewertet wird? Und dann in diesem Semester praktisch in die No/ Mathematik-Note eingeht? Habe ich das richtig verstanden? #00:14:32-8#**

83 B: Genau. #00:14:33-4#

84 **I: Ja. #00:14:31-4#**

85 B: Also (...) die Leute aus meinem Mathe-LK, die jetzt/ Also die schreiben jetzt am 28ten die nächste Klausur. Die muss ich aber dann nicht schreiben. Weil dafür zählt die Facharbeit. #00:14:47-5#

86 **I: Mhm (bejahend). Und welche Note erhoffen Sie sich durch die Facharbeit? Oder in der Facharbeit erst mal. #00:14:52-3#**

87 B: Mindestens eine Drei. Weil das schon besser wäre als meine Mathe-Klausuren. #00:14:59-5#

88 **I: Ja. Die lagen eher/ #00:15:01-1#**

89 B: Fünf (lachend). #00:15:04-5#

90 **I: Fünf Punkte oder Note Fünf? #00:15:05-3#**

- 91 B: Note Fünf. #00:15:06-3#
- 92 **I: Note Fünf. Also eins, zwei, drei Notenpunkte? #00:15:09-0#**
- 93 B: Genau. (...) Ziemlich schlecht dieses Jahr gewesen. #00:15:13-2#
- 94 **I: Mhm (bejahend). Sodass dann doch, also wenn man dann im Bereich ist, vielleicht acht Punkte oder so was hat, dann sich auf jeden Fall erheblich verbessern würde. #00:15:24-3#**
- 95 B: Ja. #00:15:21-4#
- 96 **I: Ok. (...) Im Fragebogen hatte ich auch schon mal so angefragt, haben Sie schon konkretere Zukunftspläne für die Zeit nach der Schule? #00:15:33-7#**
- 97 B: Ganz konkret nicht, aber ich wollte immer irgendwas im Bereich Design, Medien oder so machen und habe jetzt letztens bei so einer Berufsberatung oder so was in der Art was über Medienproduktion gehört, dass man so was studieren kann. Und habe da mal so ein bisschen im Internet rum geguckt, aber/ Also jetzt ganz konkret weiß ich noch nichts. #00:15:58-2#
- 98 **I: Mhm (bejahend). Und hilft Ihnen Ihre Facharbeit möglicherweise dabei Ihre Pläne für die Zukunft zu verwirklichen? #00:16:06-5#**
- 99 B: (...) Nein. #00:16:06-8#
- 100 **I: Mhm (bejahend). Ja. Abschließend noch, gibt es vielleicht noch irgendetwas wichtiges, was Sie schon immer mal bezüglich des Mathematik-Unterrichts, bezüglich der Mathematik im Allgemeinen oder der Facharbeit jetzt auch loswerden wollten? Was jetzt vielleicht im Interview nicht angesprochen wurde? #00:16:30-3#**
- 101 B: (...) Mhm (unbestimmt). (...) Nee. Das einzige, was ich sagen könnte ist, die Lehrer, oder auch mein Lehrer haben immer gesagt, dass man nicht die Facharbeit schreiben soll um zu glauben, dass man eine bessere Note bekommt. (...) Aber ich bin eigentlich jetzt, während ich die Facharbeit schreibe, doch der Überzeugung, dass das ganz gut klappen würde. //Das man dadurch// #00:17:01-8#
- 102 **I: //Ja, ja. Weil das ist ja// eigentlich genau das, was Sie vorhaben mit der Facharbeit. #00:17:03-4#**
- 103 B: Ja, genau. Und natürlich weiß das mein Lehrer nicht direkt, aber/ #00:17:08-3#
- 104 **I: Dem werden Sie das sicher so nicht sagen. #00:17:10-3#**
- 105 B: Nee, aber er/ Er hatte von Anfang an gesagt, man soll das nicht als Chance nehmen, die No/ Sich die Note/ Also dass man die Note verbessern kann. Er meinte das würde nicht klappen. #00:17:20-9#
- 106 **I: Also die Begründung ist, das funktioniert einfach nicht. #00:17:23-8#**

- 107 B: Ja, genau. Aber ich fi/ Denke, das klappt doch (Lachen). #00:17:27-4#
- 108 **I: Ja, weil Sie da zuversichtlich sind, dass die Facharbeit doch ganz gut bewertet wird? #00:17:31-5#**
- 109 B: Ja. #00:17:32-1#
- 110 **I: Ja. Weil Sie einfach auch auf dem (Arbeitsbegriff?)/ #00:17:34-5#**
- 111 B: Ich denke einfach, schlechter als die Klausuren kann es sowieso nicht werden und ich/ Doch, die Facharbeit müsste eigentlich besser sein also/ #00:17:40-5#
- 112 **I: Mhm (bejahend). Machen das noch viele andere an Ihrer Schule, von Ihren Klassenkameraden AUCH, dass man diesen Weg wählt/ #00:17:47-8#**
- 113 B: Ja. #00:17:48-2#
- 114 **I: Und sagt, ein Fach, wo ich nicht so gut bin, da schreibe ich dann die Facharbeit, da bin ich dann etwas besser? #00:17:51-6#**
- 115 B: Ja, machen einige. (...) Habe ich schon ganz oft von welchen gehört. #00:17:56-2#
- 116 **I: Ja. Auch in/ Auch in Mathematik speziell? #00:18:00-3#**
- 117 B: Äh, (...) nee, in Mathe jetzt nicht glau/ Oder? Ich bin mir da jetzt nicht ganz sicher, ich glaube nicht. #00:18:11-8#
- 118 **I: Ja. Mhm (bejahend). Ok. Dann bedanke ich mich vielmals für das Interview. #00:18:16-0#**

Aufnahme: NW2
Länge: 20:49 min
Datum: 11. Februar 2013

- 4 **I: In welcher Klassenstufe sind Sie? #00:00:12-1#**
- 5 B: Q 1. #00:00:13-0#
- 6 **I: Und wie alt sind Sie da jetzt? #00:00:15-5#**
- 7 B: 17. #00:00:16-7#
- 8 **I: 17 schon. Wann werden Sie dann Ihr Abitur abgelegt haben? #00:00:21-6#**
- 9 B: 2014. #00:00:22-6#
- 10 **I: Mhm (bejahend). Was bedeutet denn der Begriff Mathematik für Sie? #00:00:28-2#**
- 11 B: Zahlen, Logik, Aufgaben nach einem erlernten Schema lösen. Und teilweise auch neue Dinge erarbeiten in den Klausuren. Also da muss auch dieser Anforderungsbereich III erfüllt werden. Dieses Weiterdenken teilweise auch. #00:00:44-2#
- 12 **I: Ahja. Und welches Gefühl oder welche Gefühle löst der Begriff "Mathematik" in Ihnen aus? #00:00:52-3#**
- 13 B: Also für mich ist Mathematik nichts Schlechtes, viele schreckt das ja ab. Für mich/ Mir macht das Spaß. Ich mag die Logik, und deswegen löst das keine negativen Emotionen bei mir aus. #00:01:02-4#
- 14 **I: Mhm (bejahend), sondern? #00:01:04-4#**
- 15 B: Eher was Positives, Interessantes, Spannendes, ja. #00:01:07-9#
- 16 **I: Mhm (bejahend). Beschreiben Sie mal, wie eine typische Mathematik-Unterrichtsstunde bei Ihnen aussieht. #00:01:17-0#**
- 17 B: Wir besprechen die Hausaufgaben. Ausführlich, wahrscheinlich länger als ich für die Hausaufgaben gebraucht habe. Dann gehen wir die Aufgaben im Buch durch. Besprechen die nacheinander. Und die nächste Stunde sieht wieder genauso aus. #00:01:30-6#
- 18 **I: Ahja, also dann kommen neue Aufgaben, die werden besprochen. #00:01:34-1#**
- 19 B: Ja. #00:01:34-2#
- 20 **I: Und dann wieder Hausaufgaben gestellt zum Schluss. #00:01:36-3#**

- 21 B: Also wir lösen fast nur aus dem Buch eigentlich. #00:01:37-5#
- 22 **I: Ahja, aus dem Schulbuch dann? #00:01:39-2#**
- 23 B: Ja. #00:01:39-3#
- 24 **I: Mhm (bejahend). Und meinen Sie, die anderen Schüler brauchen länger für die Hausaufgaben? #00:01:44-8#**
- 25 B: Ja, wahrscheinlich. #00:01:46-7#
- 26 **I: Mhm (bejahend). Und diese Hausaufgaben befinden sich dann auch im Schulbuch? #00:01:51-6#**
- 27 B: Ja. #00:01:52-9#
- 28 **I: Ihre Facharbeit jetzt beschäftigt sich ja mit Mathematik. Und meinen Sie, dass diese Facharbeit Ihre Sicht auf Mathematik verändert? #00:02:08-1#**
- 29 B: Ja, ich bin ja jetzt auch schon fast fertig. Muss noch einmal drüber gucken. Was ich gemerkt habe, einmal, dass die praktische Anwendbarkeit auf jeden Fall gegeben ist. Ich habe so eine Verkehrsunfallstatistik. Wende ich das an, und das kann dem Beamten sicherlich um einiges für die praktische Arbeit signalisieren. Allerdings stößt das auch ganz klar an die Grenzen. Also da muss man teilweise noch so viele neue Sachen mit reinnehmen, und manchmal (Tick?) signalisiert der immer ein eindeutiges Signal, aber das ist in der Realität eben oft nicht der Fall, weil noch andere Sachen immer mit berücksichtigt werden, die sich vielleicht nicht mathematisch erfassen lassen. #00:02:45-6#
- 30 **I: Also Sie stoßen sozusagen mit dieser Arbeit auch an die Grenzen der Mathematik? #00:02:49-1#**
- 31 B: Ja, ich sehe, dass Mathematik was unterstützen kann, aber für die Realität nicht immer nur ausreichend ist. #00:02:55-5#
- 32 **I: Mhm (bejahend). Und das ist Ihnen bisher so in normalen Unterrichtssituationen so noch nicht bewusst geworden? #00:03:03-0#**
- 33 B: Nein. Da gibt es eigentlich immer eine Lösung, und das war's. #00:03:06-1#
- 34 **I: Mh, also. #00:03:08-4#**
- 35 B: Auch kein Interpretationsspielraum oder so. #00:03:10-4#
- 36 **I: Ja, ahja. Und jetzt bei der Arbeit gibt es dann schon Interpretation? #00:03:13-0#**
- 37 B: Ja. #00:03:14-5#
- 38 **I: Ahja. Also verstehe ich das richtig, Sie sehen an dieser Facharbeit nochmal**

die besondere oder die vielen Möglichkeiten der Anwendbarkeit der Mathematik? Aber vielleicht auch die Grenzen? #00:03:24-8#

39 B: Ja, genau. #00:03:25-7#

40 **I: Ahja. Ja, erzählen Sie mir überhaupt mal vom Inhalt Ihrer Arbeit, bitte. #00:03:33-4#**

41 B: Also, es ist die Poisson-Verteilung als eine Näherung der Binomialverteilung in ihrer Anwendung. Das heißt, ich stelle erst die Binomialverteilung dar. Auch die Herleitung, und leite dann die Binomial/ die Poisson-Verteilung her. Und habe dann Kontakt mit einer Kreispolizeibehörde aus [Kreisstadt in der Nähe des Gymnasiums dieses Schülers] aufgenommen, die haben mir dann eine Verkehrsunfallstatistik gesendet. Das ist ja ein konkretes Ereignis in einem Zeitintervall, deswegen passt das ja zu der Binomialverteilung. Und dann untersuche ich die halt, und gucke zum Beispiel von 1-12 Unfällen pro Monat, wie groß ist da die Wahrscheinlichkeit? Oder dann von 12-14. Um dann einfach konkrete Handlungsanweisungen vielleicht abzuleiten, das dann auch noch mit sonstigem Wissen zu verknüpfen, was die mir bereit gestellt haben. Die haben ja auch noch Studien genannt, die ich mir vielleicht anschauen könnte dazu. Und, dass ich dann da vielleicht zu so einem Schluss komme, was könnte die Polizei konkret machen, oder sollen sie überhaupt was machen? Ist die Wahrscheinlichkeit hoch für mehr Unfälle oder eher niedriger? Oder ist sie sehr konstant? Was mir dann noch ausgefallen ist, dass die Schwankungen teilweise sehr hoch sein können. #00:04:48-3#

42 **I: Zwischen was die Schwankungen? #00:04:50-1#**

43 B: Von den Ereignissen, also ob jetzt acht oder zehn Unfälle pro Monat stattfinden. Also die Varianz war sehr groß. Weil der Parameter μ eben auch sehr groß war, und da ist mir aufgefallen, dass man da eben vielleicht nicht immer konkret Handlungsanweisungen ableiten könnte. Weil, ja, wie soll ich sagen? Ja, schwer zu formulieren. Weil, ja, die Mathematik in diesem Fall nicht immer eine Sache nur signalisiert. #00:05:28-2#

44 **I: Mhm (bejahend). Also die Ergebnisse, meinen Sie, dass die vielleicht zufällig so auseinander liegen? #00:05:35-1#**

45 B: Ja, genau. Das könnte zufällig mal stark abweichen, obwohl die Polizei jetzt keine besonderen Handlungen getroffen hat oder so. #00:05:43-8#

46 **I: Mhm (bejahend), ahja. Und können Sie nochmal das Thema der Arbeit konkret nennen? #00:05:48-5#**

47 B: Ja. "Die Poisson-Verteilung als eine Näherung der Binomialverteilung in ihrer Anwendung." #00:05:52-9#

48 **I: Warum haben Sie sich überhaupt für solch ein mathematisches Thema entschieden? #00:05:59-4#**

49 B: Also, ich hatte die Wahl zwischen SoWi und Mathe, das sind meine beiden Leistungskurse. #00:06:04-1#

50 **I: SoWi ist Soz/? #00:06:06-2#**

51 B: Sozialwissenschaften. Also mit Politik und Wirtschaft und Soziologie. Und ich hatte in beiden Fächern die Möglichkeit, wurde mir angeboten, da die Facharbeit zu schreiben. Habe mich dann aber für Mathematik entschieden, weil ich in SoWi das Gefühl hatte, dass ich dann nur irgendein Wissen, was ich gelesen habe, reproduziere. Und nicht irgendwas Neues schaffen kann, und Mathematik ist es ja so, dass da noch nicht so viele Arbeiten geschrieben wurden. Gerade auf dem Gebiet der Stochastik, findet man auch im Internet noch nicht so viele Facharbeiten. Dann hatte ich das Gefühl, da könnte ich vielleicht irgendwas Neues noch rausfinden, und das ist vielleicht auch nicht so einfach, das könnte so eine kleine Herausforderung sein.
#00:06:41-1#

52 **I: Also diese Herausforderung hat Sie daran einfach gereizt auch? #00:06:44-0#**

53 B: Ja. #00:06:45-8#

54 **I: Und nochmal für mich zum Verständnis, wann hat also, sagen wir mal so. Es ist festgelegt, dass man in einem der beiden Leistungskurse/ #00:06:54-3#**

55 B: Nein, ich kann in jedem Fach schreiben, dass ich auch schriftlich belegt habe.
#00:06:58-9#

56 **I: Achso, ok. #00:07:00-5#**

57 B: Ja, wir mussten dann Erst-, Zweit-, und Drittwahl treffen, und das waren bei mir Mathe und SoWi, und ich hätte auch in beiden Fächern schreiben können. Und dann konnte ich mich entscheiden. #00:07:09-0#

58 **I: Ja, aber Sie hätten auch ein ganz anderes Fach wählen können? #00:07:11-4#**

59 B: Ja, hätte ich auch machen können, ja. Aber das war für mich abwegig, weil die Leistungskurse ja auch die Fächer sind, die mich am meisten interessieren. Also/
#00:07:17-5#

60 **I: Ja, ahja. Mhm (bejahend). Und nachdem Sie sich dann für Mathematik entschieden haben, wie kamen Sie dann speziell auf das dieses Thema mit der Poisson-Verteilung? #00:07:30-2#**

61 B: Ich hatte eine Studienwoche hier an der Fachhochschule in XXX. Habe ich dran teilgenommen, im Bereich in Betriebswirtschaft. Und da gab es auch eine Stochastikvorlesung, die sich auch mit Verteilung beschäftigt. Und dann kam ich einfach auf die Idee, dass das noch nicht so abgegrast ist. In der Schule, wir haben in der Mittelstufe oder so fast gar nicht über solche Themen geredet. Stochastik war bis jetzt noch kein großes Thema, das kommt erst noch zum Schluss jetzt. Und dann habe ich gedacht: "Ja, das könnte man auch praktisch gut anwenden." Und hat vielleicht auch noch eine Verknüpfung zu dem aktuellen Unterricht, weil das soll ja auch gegeben sein. Durch die Binomialverteilung noch, die ich noch darstelle. Man muss jetzt auch irgendwie ein bisschen verknüpfen, was Neues mit was, was man vielleicht im Unterricht annähernd so bearbeitet. Das soll ja auch für das Abitur irgendwie Sinn ma-

chen, irgendwelche Inhalte erarbeiten, die auch für das Abitur relevant sind.
#00:08:18-4#

62 **I: Und die Binomialverteilung und überhaupt über Stochastik, haben Sie da schon vorher etwas gelernt in den früheren Klassenstufen? #00:08:27-0#**

63 B: Wenig, ja. #00:08:28-9#

64 **I: Aber die Binomialverteilung hatten Sie schon? #00:08:30-4#**

65 B: Nein. #00:08:31-4#

66 **I: Ahja. Und was hatte man/ was hatten Sie da in den früheren Klassenstufen? #00:08:35-9#**

67 B: Was haben wir gemacht im Bereich Stochastik? Diese Baumdiagramme, solche einfachen Sachen. #00:08:41-5#

68 **I: Ja, aber noch nicht. #00:08:42-5#**

69 B: Die Binomialverteilung. #00:08:43-6#

70 **I: Also selbst die Binomialverteilung ist jetzt für Sie neu gewesen? #00:08:45-1#**

71 B: Die als Verteilung, ja. Also mit Verteilung, gar nichts, ich wusste auch vorher nicht, was Verteilungen sind. #00:08:49-1#

72 **I: Mhm (bejahend). Ahja. Ok, und jetzt in der Oberstufe kommt das Thema praktisch dann noch später, das? #00:08:55-7#**

73 B: Das kommt noch später, ja. #00:08:57-0#

74 **I: Und diese Woche, wo sie dort waren, an der Fachhochschule oder Fachschule. Die war freiwillig, dass sie dort waren? #00:09:05-0#**

75 B: Ja, man musste vorgeschlagen werden von Lehrern. Und dann konnten, ich glaube, zehn Leute waren das, ausgewählt werden. Und da war ich dann drunter.
#00:09:14-7#

76 **I: Das war in den Schulferien? #00:09:16-4#**

77 B: Nein, in der Schulzeit. #00:09:17-5#

78 **I: In der Schulzeit, ok. Also die anderen sind ganz normal zur Schule gegangen, und Sie sind dorthin gegangen? Genau. Wem haben Sie denn schon von Ihrer mathematischen Facharbeit alles erzählt? #00:09:28-9#**

79 B: Meinem Lehrer, meinen Freunden, und meiner Familie. #00:09:31-4#

80 **I: Und jetzt so im persönlichen, Freundes-, Familienkreis. Wie haben die Personen auf Ihr Thema reagiert? #00:09:39-9#**

- 81 B: Ja, meine Geschwister und meine Eltern waren vielleicht eher irritiert. Die haben jetzt nicht so den Zugang zur Mathematik. Bei meinen Freunden, denen war das irgendwie klar, dass ich wahrscheinlich in Mathematik schreibe. Konnte aber mit dem Thema auch wenig anfangen, ist ja oft so, dass viele Leute mit Mathematik eher wenig anfangen können. #00:09:56-9#
- 82 **I: Aha, und wenn Sie davon berichtet haben, ich beschäftige mich nun mit Poisson-Verteilung, haben Sie dann, habe diese Personen, mit denen Sie dort gesprochen haben, haben die dann noch weitergefragt. Das heißt, haben Sie irgendwie den Inhalt der Arbeit kurz erklärt? #00:10:10-4#**
- 83 B: Nein. #00:10:09-7#
- 84 **I: Oder war das dann, Sie haben das. #00:10:12-0#**
- 85 B: Interesse war eigentlich bei allen nicht da. #00:10:13-6#
- 86 **I: Ja, das heißt, das Thema wurde genannt. #00:10:15-8#**
- 87 B: Ja, genau. #00:10:17-1#
- 88 **I: Und das war das Gespräch damit dann auch irgendwo damit beendet. #00:10:19-4#**
- 89 B: Genau. #00:10:20-2#
- 90 **I: Mhm (bejahend). Meinen Sie denn, dass es etwas Besonderes ist, eine Facharbeit in Mathematik zu schreiben? #00:10:26-3#**
- 91 B: Nein, das habe ich jetzt nicht/ habe nicht so das Gefühl, dass das irgendwie besonders schwer oder so wäre. Vielleicht fällt das manchen schwer, wenn sie Mathematik nicht mögen. Aber nein, habe ich nicht das Gefühl. #00:10:38-0#
- 92 **I: Und wo stehen Sie aktuell in dem Arbeitsprozess Ihrer Facharbeit? #00:10:45-4#**
- 93 B: Ich bin so gut wie fertig. Muss noch einmal Korrektur lesen, Zitate überprüfen. Aber sonst bin ich eigentlich so gut wie fertig. #00:10:51-8#
- 94 **I: Ahja. Und wenn Sie dann jetzt diese restlichen Arbeiten noch gemacht haben, und die Arbeit abgeben, wie viele Stunden werden Sie insgesamt in die Arbeit investiert haben? #00:11:04-8#**
- 95 B: Das ist ganz schwer zu sagen. Aber deutlich mehr als für eine Vorbereitung für eine Klausur. Also ich kann es ganz schwer schätzen. Aber auf jeden Fall viel. #00:11:16-4#
- 96 **I: Ja, grob? Eine grobe Schätzung? #00:11:21-6#**
- 97 B: Also ich kann es wirklich nur schätzen, vielleicht vierzig. #00:11:24-0#

98 I: Vierzig Stunden? #00:11:25-5#

99 B: Also schon doch recht viel, gerade was das Recherchieren anging, dann musste man teilweise in drei unterschiedlichen Büchern lesen, weil die ja eigentlich eher für Studenten gedacht sind, sodass das für mich ja auch eher schwer war zu verstehen.
#00:11:38-0#

100 I: Mhm (bejahend). #00:11:38-3#

101 B: War sehr zeitintensiv dann. #00:11:41-6#

102 I: Ja. Sie haben eben schon diese drei Bücher angedeutet, wo haben Sie überhaupt Informationen zu dem Thema herbekommen? #00:11:49-8#

103 B: Aus der Fachhochschule, aus der Bibliothek. #00:11:51-8#

104 I: Ahja. Also Sie sind dort in die Bibliothek gegangen, wussten, dort müsste es so was geben? #00:11:56-0#

105 B: Ja. #00:11:56-6#

106 I: Und haben dann dort die Bibliothekarin gefragt, oder? #00:11:59-6#

107 B: Ja, genau. #00:12:00-9#

108 I: Und die konnte dann, hat Ihnen dann gezeigt, wo es da etwas zu gibt? #00:12:04-0#

109 B: Ja. #00:12:04-9#

110 I: Und dann konnten Sie dort Bücher ausleihen und mit denen arbeiten Sie jetzt? #00:12:07-7#

111 B: Ja. #00:12:08-2#

112 I: Internet, haben Sie das auch benutzt? #00:12:11-6#

113 B: Ja, habe ich auch eine Quelle. #00:12:12-9#

114 I: Ahja, aber hauptsächlich Bücher? #00:12:15-2#

115 B: Hauptsächlich Bücher, so sollte das auch sein. Also ich habe meinen Mathelehrer gefragt und der meinte, Internet ist auch zulässig, aber hauptsächlich sollen das Bücher sein. #00:12:22-5#

116 I: Ahja. Und die Vorbereitung auf das Verfassen der Facharbeit, wie sah das an Ihrer Schule aus? #00:12:30-4#

117 B: Eigentlich sollte das im Deutschunterricht stattfinden, allerdings war das so, dass in dieser Woche unsere Deutschlehrerin krank war und das am Ende für die Vorbe-

reitung eigentlich nichts mehr kam. Wir wurden dann gefragt, brauchen wir zu diesem Thema, also zur Einleitung oder zum Schluss, zum Zitieren noch Blätter? Und die sich dann gemeldet haben, die haben auch Kopien bekommen, aber allgemein, wie man das angeht oder so, haben wir eigentlich gar nichts zu bekommen. #00:12:54-0#

118 I: Weil dann eben diese Deutschlehrerin entsprechend in der Zeit ausgefallen ist? #00:12:58-2#

119 B: Ja, ich habe mich dann im Internet informiert, wie man überhaupt zitiert und wie man eine Einleitung schreibt, was da herein soll. Wie man die Gliederung schreibt, Inhaltsverzeichnis und so. #00:13:06-7#

120 I: //Wo kam das// #00:13:07-9#

121 B: //Und dann kam das auch// so ein bisschen. #00:13:08-3#

122 I: Wo haben Sie da im Internet was gefunden zu? #00:13:10-7#

123 B: Die genaue Internetseite weiß ich jetzt nicht mehr. #00:13:13-3#

124 I: Ok. Gibt es oder gab es irgendwo größere Probleme mit Ihrer Facharbeit für Sie? #00:13:22-2#

125 B: Ja, es gab an einer Stelle ein Problem mit einer Herleitung. Die habe ich nicht verstanden, und dann habe ich meinen Mathelehrer gefragt, und der meinte, ja, die Facharbeit ist ja dafür da, dass man selbständig arbeitet. Und dann habe ich aber nochmal recherchiert, habe mir noch ein anderes Buch ausgeliehen und dann habe ich es tatsächlich auch verstanden. #00:13:38-4#

126 I: Ahja. Also der Lehrer hat sich da dann zurückgenommen, hat gesagt, erst mal selber nochmal schauen? #00:13:43-8#

127 B: Ja, ist denke ich, auch mal richtig. Bei der Facharbeit soll das ja vielleicht so sein. Ja, es hat am Ende dann ja auch geklappt. #00:13:50-0#

128 I: Also letztlich bei Problemen, die es/ oder bei diesem Problem, was es da gegeben hat, haben Sie sich dann im Endeffekt eigentlich selber geholfen. Jetzt nicht jemand Anderes. #00:13:58-9#

129 B: Ja, genau. #00:14:00-4#

130 I: Und allgemein, die Betreuung durch den Mathematiklehrer dann, ne? Wie sieht die aus? #00:14:09-0#

131 B: Es soll so zwei bis drei Beratungsgespräche geben. Einmal vor der Facharbeit, dann wenn man die Gliederung fertig hat, und dann nochmal vielleicht zwischendrin. Ich bin jetzt fertig, hatte zwei Beratungsgespräche. Beim ersten ging es allgemein erst mal um das Thema, da hatte ich mein Thema aber auch noch nicht festgelegt, sodass ich da ehrlich gesagt wenig mit herausgenommen habe aus dem ersten Beratungsgespräch. Und bei dem Zweiten wurde mir gesagt: "Jaja, ist alles so gut. Mache

mal weiter." #00:14:33-9#

**132 I: Ahja, ok. Und sind Sie mit dieser Art und Weise der Betreuung do zufrieden?
#00:14:39-7#**

133 B: Also ich denke, das soll das selbständige Arbeiten fördern, deswegen könnte das gut sein. Ich hätte mir allerdings zwischendurch so eine ungefähre Rückmeldung schon erhofft, dass ich weiß, ob ich auf dem richtigen Weg bin. Das war jetzt eher nicht so der Fall bei mir. #00:14:53-3#

134 I: Und nochmal eine ganz andere Frage. Meinen Sie, dass der Arbeitsprozess in irgendeiner Form durch die Teilnahme an der Fallstudie irgendwie beeinflusst wird? #00:15:07-0#

135 B: Ich denke nicht. #00:15:08-9#

136 I: Kommen wir mal zur Bewertung. Ja, erklären Sie mir bitte nochmal, wie die Note der Facharbeit jetzt verrechnet wird. #00:15:20-2#

137 B: Die zählt als eine Klausur im ersten Halbjahr jetzt. Also im/ die erste Klausur im zweiten Halbjahr. #00:15:27-4#

138 I: Ja. Und die müssen Sie dann nicht mitschreiben? #00:15:31-0#

139 B: Ja, die muss ich nicht mitschreiben, aber ich kann sie mitschreiben einfach für eine Rückmeldung. Und ich werde sie auch mitschreiben. #00:15:35-8#

140 I: Ja, aber dann bekommen Sie eine Note und wissen, ok, ich hätte jetzt? #00:15:39-4#

141 B: Aber die zählt nicht. #00:15:40-8#

142 I: Vielleicht so und so viele Punkte bekommen, aber ich habe ja eh die Note aus der Facharbeit. #00:15:43-1#

143 B: Ja. #00:15:43-4#

144 I: Ahja. Und was für eine Note erhoffen Sie sich in der Facharbeit? #00:15:47-5#

145 B: Jedenfalls zwischen 15 und 13 Punkten. #00:15:50-7#

146 I: Ja. Also im Einsbereich. #00:15:51-8#

147 B: Ja. #00:15:52-4#

148 I: Das sind auch so die Noten, wo Sie ungefähr sonst in Mathematik liegen? #00:15:56-1#

149 B: Ja, jetzt im ersten Halbjahr hatte ich 15. #00:15:58-3#

150 I: 15, ok. Also an sich können Sie sich notentechnisch mit der Facharbeit kaum noch verbessern? #00:16:05-4#

151 B: Ja. #00:16:05-7#

152 I: Ich hätte ja schon im Fragebogen nach den Zukunftsplänen so gefragt. Wie sieht es da aktuell aus? Haben Sie da schon Pläne für die Zeit nach der Schule? #00:16:18-6#

153 B: Ja, also ich möchte auf jeden Fall studieren. Gegebenenfalls im Ausland, das wäre eigentlich schon mein Ziel. In England vielleicht. Und ein wirtschaftswissenschaftliches Studium, aber gerne auch Natur, Matheanteil. Kann man in England kombinieren. Wirtschaftswissenschaften mit Finanzen. Ich könnte mir auch vorstellen, Wirtschaftsmathematik zu studieren, wenn das mit dem Ausland nichts wird, vielleicht in Deutschland Wirtschaftsmathematik zu studieren. Ich möchte auf jeden Fall einen großen mathematischen Anteil auch in meinem Studium haben. #00:16:48-0#

154 I: Wie kommen Sie gerade auf England? #00:16:50-2#

155 B: Mich interessiert allgemein London. Da würde ich sehr gerne studieren. Dann Englisch, also es ist nicht so, dass ich Sprachen/ dass ich mit Sprachen nichts anfangen kann. Mich interessiert Englisch und ich möchte dort auch vorankommen. Und ich glaube, dass da auch die Qualität des Studiums sehr hoch ist. Was mich ein bisschen an Deutschland abschreckt, das hier so überfüllte Hörsäle sind, dass irgendwie die direkte Betreuung nicht so unbedingt stattfindet zwischen Professoren und Studenten. Und da habe ich den Eindruck, das ist in England eher näher. Und dass man da dann auch einfach in den Dialog, in die Diskussion mit dem Professor treten kann. Was hier vielleicht nicht so unbedingt der Fall ist. Ich weiß es nicht. Aber das ist ja das, was man immer so hört. #00:17:28-6#

156 I: Ja. Ahja. Ja, inwiefern hilft Ihnen Ihre Facharbeit, Ihre Zukunftspläne, die Sie ja eben genannt haben, zu verwirklichen? #00:17:40-5#

157 B: Also ich lerne auf jeden Fall in Ansätzen wissenschaftliches Arbeiten, wie zitiert man. Wie könnte man dann so eine Seminararbeit im Studium dann schreiben. Und ich denke, dass das schon ein bisschen was gebracht hat, ja. Und auch sich längere Zeit mit einem Thema auseinander zu setzen, vielleicht auch mal Frustration auszuhalten, wenn man irgendwas, wenn irgendwas nicht so gut läuft. Und das ist ja auch das, was man im Studium machen soll. Das selbständige Arbeiten, und wenn man Probleme hat, das probiert erst mal selber zu lösen. Also ich denke schon, dass es sinnvoll ist. #00:18:09-6#

158 I: Und auch, also das sind ja so Dinge, die man nebenbei dabei lernt, bei dem Prozess. Und auch so innermathematisch, meinen Sie, da diese Informationen, die Sie bekommen haben, Ihr Wissen über diese Verteilung, dass Ihnen das auch später weiterhelfen kann? #00:18:24-8#

159 B: Ja, inhaltlich habe ich bestimmt auch was gelernt, was ich später nochmal brauchen werde. Allerdings ist das ja nur ein ganz ganz kleiner Bruchteil. Also ich hätte es wahrscheinlich auch im Studium dann so lernen können. Also für das Studium an sich inhaltlich war es vielleicht nicht so bedeutend. #00:18:40-0#

160 I: Ja, abschließend, gibt es vielleicht irgendetwas Wichtiges, was Sie schon immer mal bezüglich Mathematik oder Ihrer Facharbeit sagen wollten, was jetzt vielleicht gar nicht Inhalt dieses Interviews war? #00:18:55-8#

161 B: Also ich finde es immer schade, dass Mathematik so abschreckend wirkt. Ich weiß gar nicht, warum. Das ist logisch und ich gebe auch Nachhilfe. Habe ich mal bei einem Kumpel gemacht. Und der hatte eine 6. Also da war wirklich/ ich hatte den Eindruck, da war gar kein Grundlagenwissen vorhanden. Und dann haben wir wirklich ganz intensiv lange Zeit Nachhilfe gemacht. Und irgendwann hat er gesagt, ohja, Mathe macht ja sogar Spaß. Jetzt erscheint ihm das sogar logisch. Und ich finde das so schade, dass es bei manchen so während der Schulzeit auf der Strecke bleibt. Dass da so viel Frustration herrscht, obwohl ich glaube, man könnte viel mehr Menschen für Mathematik begeistern. #00:19:30-9#

162 I: Und das war ein gleichaltriger Schüler? #00:19:33-3#

163 B: Ja. #00:19:34-2#

164 I: Aha. Und haben Sie eine Idee, wie man das schaffen könnte, dass man mehr Menschen für Mathematik begeistern kann? #00:19:42-8#

165 B: Das ist schwer, aber viele denken, man braucht das nie wieder. Und ich denke, man könnte Mathe, gerade im Mathematikunterricht viel mehr praxisnahe Sachen machen. Alleine schon die Aufgabentypen haben ja mit der Realität meistens wenig zu tun. Vielleicht auch so einen wirtschaftswissenschaftlichen Aspekt gerne mal mit hereinbringen. Vielleicht irgendwelche Börsensachen. Das hat ein Mathematiklehrer bei uns mal probiert, der aus der freien Wirtschaft kommt. Es ist ja Lehrermangel, deswegen ist der eingesprungen. Und ich hatte schon das Gefühl, dass das vielleicht die Motivation ein bisschen heben könnte. #00:20:14-6#

166 I: Ja, also vielleicht mehr Dinge so machen, wie Sie das in Ihrer Facharbeit/ so angewendete Mathematik? #00:20:22-0#

167 B: Ja. #00:20:22-0#

168 I: Machen als. #00:20:22-2#

169 B: Oder auch mal Aufgabentypen geben, wo Interpretationsspielraum besteht. Oder so, dass man merkt, es gibt nicht immer nur ein exaktes Ergebnis. #00:20:29-1#

170 I: So wie Sie das von den Schulbuchaufgaben beschrieben haben? #00:20:31-6#

171 B: Genau. #00:20:32-1#

172 I: Ahja, das würde #00:20:33-0#

173 B: Weil da gibt es immer nur eine Lösung. #00:20:33-9#

174 I: Und da meinen Sie, diese Aufgaben würden dann mehr Menschen für Mathematik irgendwie begeistern können? #00:20:42-5#

175 B: Ja, könnte sein. #00:20:44-0#

176 I: Ahja, interessant. Vielen Danke für das Interview, das war es dann auch schon. #00:20:49-2#

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen:

Abb. 1:	Schemata: Zusammenhang der Aspekte nach Grigutsch.....	S. 44
Abb. 2:	Methodentriangulation: Datenherkunft für die Fallstudie.....	S. 62
Abb. 3:	Gesamtübersicht: Bild der Mathematik.....	S. 69
Abb. 4:	Anwendung gegen Schema.....	S. 71
Abb. 5:	Prozess gegen Schema.....	S. 71
Abb. 6:	Prozess gegen Anwendung.....	S. 72
Abb. 7:	Zusammenhang: Note-Mathematikbild.....	S. 72
Abb. 8:	Bild der Mathematik nach Geschlecht.....	S. 74
Abb. 9:	Einschätzung der Mathematikleistung nach Geschlecht.....	S. 75
Abb. 10:	Einschätzung des Facharbeitsschwierigkeitsgrads in jeweiligem Fach.....	S.77
Abb. 11:	Beliebtheit von Fächern für Facharbeit.....	S. 78
Abb. 12:	Geschlechtervergleich: Präferenz für Mathematikarbeit.....	S. 81
Abb. 13:	Fächeranteile (n=1093; Mehrfachnennungen möglich).....	S. 84
Abb. 15:	Facharbeitsthemenwahl (n=680).....	S. 85
Abb. 15:	Vergleich SuS mit und ohne mathematische Facharbeiten.....	S. 88
Abb. 16:	Selbsteinschätzung gegenüber anderen SuS.....	S. 90
Abb. 17:	Zusammenhang: Leistungsstärke-Mathematikbild-Mathematik- Facharbeit.....	S. 91
Abb. 18:	Bild der Mathematik.....	S. 99
Abb. 19:	Motive für Mathematikfacharbeiten.....	S. 107
Abb. 20:	Vergleich: Facharbeitsnote-Mathematiknote.....	S. 121

Tabellen:

Tab. 1:	Beispielaufgaben nach Blum und Wiegand.....	S. 16
Tab. 2:	Aspekte des Mathematikbilds.....	S. 42
Tab. 3:	Rücklaufquote Fragebogenerhebung.....	S. 50
Tab. 4:	Teilnahmequote Fallstudie.....	S. 59
Tab. 5:	Korrelation der Aspekte untereinander.....	S. 70
Tab. 6:	Korrelation: Selbsteinschätzung und Note mit Einzelaspekten.....	S. 73
Tab. 7:	Korrelation: Mathematikbild und Fächerpositionierung.....	S. 79
Tab. 8:	Vergleich der Items 21/22 mit Themenwahl.....	S. 85
Tab. 9:	Aspektabweichung vom Mittelwert aller Befragten in Standard- Abweichungen.....	S. 94
Abb. 10:	Aspektabweichung vom Mittelwert aller Befragten in Standard- abweichungen.....	S. 95
Abb. 11:	Aspektabweichung vom Mittelwert aller Befragten in Standard- abweichungen	S. 96
Abb. 12:	Aspektabweichung vom Mittelwert aller Befragten in Standard- abweichungen	S. 98
Abb. 13:	Themenliste.....	S. 110
Tab. 14:	Zukunftsvorstellung: Gruppe 1: mathematisches Studium.....	S. 118
Tab. 15:	Übersicht: Mathematischer Gehalt der Facharbeiten.....	S. 125
Tab. 16:	Notenübersicht.....	S. 146
Tab. 17:	Übersicht: Thesen für die Schulpraxis.....	S. 162

Lebenslauf (mit Angaben zur Person und zum Bildungsgang)

Persönliche Daten

Name: Nils Manuel Krause
Geburtsdatum: 07. März 1985
Geburtsort: Blankenburg (Harz)
Familienstand: verlobt
Nationalität: deutsch

Schulbildung

1995-2004 Gymnasium „Am Thie“ in Blankenburg (Harz), Abschluss: Abitur

Zivildienst

2004-2005 Integrative Kindertagesstätte Oesig

Studium an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

2005-2011 Lehramt für Mathematik und Geschichte an Gymnasien, Abschluss:
1. Staatsexamen
2007-2011 Ergänzungsstudium Lehramt für Astronomie an Gymnasien, Ab-
schluss: 1. Staatsexamen
2011-2014 Promotionsstudium
2012-2014 Förderung des Promotionsstudiums im Rahmen der Graduiertenför-
derung des Landes Sachsen-Anhalt sowie von Forschungsreisen im
In- und Ausland durch die Stiftung Theoretische Physik / Mathema-
tik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Tätigkeiten an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

2008-2013 Wissenschaftliche Hilfskraft mit und ohne Hochschulabschluss am
Institut für Mathematik (in den Bereichen Didaktik, Lineare Algebra
und Stochastik) und am Institut für Geschichte (Bereich Didaktik)
2013 Lehrauftrag am Institut für Schulpädagogik und Grundschuldidaktik

Ort, Datum, Unterschrift

Publikationsliste

Krause, N.M.: Wissenschaftspropädeutik in der Sekundarstufe II. Fallstudie zu mathematischen Facharbeiten, in: Ames/Roth (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2014. Beiträge zur 48. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik vom 10. Bis 14. März 2014 in Koblenz (Bd. 1), Münster 2014, S. 655-658

Krause, N.M./Zschucke, S.: Studenten an der Schule. Mathematikunterricht einmal anders, in: Georg Cantor Heft 11 (2009), S. 39-41

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit *„Wissenschaftspropädeutik im Kontext vom Mathematikunterricht der gymnasialen Oberstufe. Facharbeiten als mathematikdidaktischer Ansatz für eine Öffnung des Mathematikunterrichts zur Verbesserung der Studierfähigkeit und zur Veränderung des Mathematikbilds“* selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Ort, Datum, Unterschrift