

2 Die Untersuchung

Im Unterschied zu den in Kapitel 2 vorgestellten Studien liegt der Fokus der vorliegenden Arbeit nicht bei einer Untersuchung in der Zeit während des Schulbesuchs, sondern auf einem Test am Anfang des Studiums. Die Studierenden sollten in der ersten Vorlesungsstunde getestet werden, um ihre Fähigkeiten zu einem Zeitpunkt zu erheben, an dem sie noch kein mathematisches Wissen an der Universität erworben haben. Getestet wurden Studierende der Fächer Biologie und Wirtschaftswissenschaften in Niedersachsen. Die Stichprobenauswahl wird in Abschnitt 2.2.3 ausführlich beschrieben.

Der Vorteil einer derartigen Untersuchung liegt in einer sehr großen externen Validität. Sie bildet die Langzeitfolgen des in den Schulen 'real existierenden' Umganges mit dem Gerät ab – unabhängig von einem Projekt oder einer zeitlich begrenzten Intervention. Bei den im vorangegangenen Kapitel erwähnten Interventionsstudien lässt sich eine Konfundierung der Testergebnisse mit dem persönlichen Engagement der Lehrkraft kaum vermeiden. Einschränkend muss gesagt werden, dass die spezifischen Einflüsse eines einzelnen Faktors wie z.B. des Taschenrechners bei einer derartigen Untersuchung schwerer nachzuweisen sind als in einem Interventionsdesign mit klar definierten Interventions- und Messzeitpunkten, da es viele Einflussfaktoren geben kann. Auf diese möglichen Einflüsse soll im Abschnitt „Störvariablen“ ausführlicher eingegangen werden.

In Abschnitt 2.1 werden daher zunächst die Forschungsfragen vorgestellt. Abschnitt 2.2 widmet sich der methodischen Vorgehensweise: In diesem Rahmen werden auch grundlegende Fragen zur Studienkonzeption besprochen, der Einfluss von Störvariablen diskutiert und die Datenerhebung vorgestellt. Im letzten Abschnitt 2.3 soll dann die Entwicklung des Testinstruments und der einzelnen Testitems, die zur Beantwortung der Forschungsfragen dienten, vorgestellt werden.

2.1 Forschungsfragen

Die zentrale Forschungsfrage der vorliegenden Untersuchung lautet:

Bestehen Unterschiede bei mathematischen Kompetenzen von Studienanfängerinnen und Studienanfängern, die sich auf die Art des im Unterricht verwendeten Taschenrechnergerädetyps – insbesondere auf Computeralgebrasysteme – zurückführen lassen?

Als zu untersuchende Gruppe sollten Studierende mit einer möglichst großen Spannbreite an Fähigkeiten, d.h. einer großen Varianz in Bezug auf mathematische Fähigkeiten, im Fokus stehen. Studierende der Mathematik oder Physik kamen daher nicht in Frage, da davon auszugehen war, dass diese über ein hohes Maß an mathematischen Grundfähigkeiten verfügen und die Varianz in dieser Gruppe damit eher klein ist. Aus diesem Grund wurden Studiengänge gewählt, in denen die Mathematik nicht im Zentrum steht, sondern als 'Hilfswissenschaft' benutzt wird. Dies sind z.B. Wirtschaftswissenschaften oder Biologie.

Um zu eindeutigen Aussagen zu kommen, ist es zunächst nötig, die relativ allgemein formulierte Forschungsfrage zu konkretisieren. Dazu wurden verschiedene Themenbereiche gewählt, die näher untersucht werden sollten. Dies führte zu den folgenden zu untersuchenden Fragen:

1. Bestehen Unterschiede bei der Fähigkeit zur Interpretation von Funktionsgraphen zwischen Studierenden, die im Schulunterricht ein Computeralgebrasystem verwendet haben und solchen, die keines verwendet haben?

Diese spezifische Fragestellung lässt sich daraus ableiten, dass an verschiedenen Stellen als Argument für die Verwendung von Computeralgebrasystemen angeführt wurde, dass der Darstellungswechsel zwischen Funktionsterm, Wertetabelle und Funktionsgraph erleichtert werde (vgl. Laakmann, 2011; Schacht, 2015, S. 32). Des weiteren biete ein derartiger Unterricht viel Raum zu wirklichkeitsnahen Modellierungen, die in der Regel das Arbeiten mit Funktionsgraphen einschließen (vgl. Leuders, 2010, S. 207). Wenn der Unterricht mit einem Computeralgebrasystem also den Fokus weniger auf das Rechnenkalkül legt und verstärkt mit Darstellungswechseln und Modellierungen gearbeitet wird, dann

sollte dies dazu führen, dass Schülerinnen und Schüler, welche Computeralgebrasysteme im Unterricht verwendet haben, umfangreichere Kompetenzen im Umgang mit Funktionsgraphen besitzen als Schülerinnen und Schüler, die nicht mit einem solchen Gerät gearbeitet haben.

Für eine Beantwortung dieser Frage wird zum einen die Anzahl der Fehler bei der Bearbeitung der Aufgaben verglichen. Zum anderen wird untersucht, ob Fertigkeiten, die im Kontext der Arbeit mit Funktionsgraphen stehen (z.B. das Verwenden einer Skizze zum Lösen einer Gleichung oder das Zeichnen des Ableitungsgraphen), bei einer der untersuchten Gruppen stärker ausgeprägt sind.

2. Bestehen Unterschiede bei den mathematischen Grundfertigkeiten wie Rechnen mit Potenzen und Lösen von einfachen Gleichungen?

Eines der Hauptargumente, das gegen die Verwendung von Computeralgebrasystemen in der Schule vorgebracht wurde (und wird), ist die Befürchtung, dass Schülerinnen und Schüler durch die Rechen- und Gleichungslösefähigkeiten des Computeralgebrasystems das mathematische „Basiswissen“ verlieren (vgl. Pallack, 2007a; Weidl, 2014). Daher sollte der Test derartige Aufgaben enthalten, um diese These überprüfen zu können. In einer Pilotierung des Testinstruments zeigte sich, dass die Anzahl der bearbeiteten Items unterschiedlich war: Von den CAS-Schülerinnen und Schülern wurden weniger Testitems bearbeitet als von der Vergleichsgruppe. Dies sollte daher in der Hauptstudie untersucht werden. Daher lautet die 3. Forschungsfrage:

3. Bestehen Unterschiede zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich der Anzahl der bearbeiteten Items?

Ein derartiger Unterschied in der Bearbeitung wurde bisher in keiner der gesichteten Quellen genannt, daher sollte dieses Thema in der vorliegenden Arbeit Beachtung finden. Bei der Auswertung wird die Anzahl der bearbeiteten Aufgaben in Bezug auf die drei im Test vorkommenden Aufgabentypen getrennt vorgenommen. Es handelt sich dabei um die Aufgabentypen 'Grundrechenarten', 'Textaufgaben' und 'Interpretation von Funktionsgraphen'.

4. Lassen sich bei einer der untersuchten Gruppen typische Lösungsstrategien oder Fehler identifizieren?

Das Computeralgebrasystem bietet mehr Möglichkeiten, Aufgaben zu lösen als ein herkömmlicher Taschenrechner. Aus diesem Grund stellte sich die Frage, ob sich Unterschiede in der Bearbeitung von Aufgaben nachweisen lassen. Auch sollten mögliche typische Fehler identifiziert werden, die möglicherweise bei einer der Gruppen häufiger auftreten. Da hierzu bisher keine Hypothesen existieren, wird dies im Rahmen einer explorativen Datenanalyse untersucht werden.

2.2 Methodische Vorgehensweise

Um die oben angeführten Fragen beantworten zu können, ist es notwendig, zuerst den forschungsmethodischen Rahmen aufzuzeigen, in dem eine derartige empirische Untersuchung durchgeführt werden kann. In den folgenden Abschnitten soll daher ein Blick auf die zugrundeliegende Testtheorie und die Umsetzung der Forschungsfragen im Rahmen dieser Testtheorie geworfen werden.

2.2.1 *Quasi-experimentelle Untersuchungsanordnung*

Zur Klärung der in Abschnitt 2.1 genannten Forschungsfragen wurde eine quasi-experimentelle Felduntersuchung gewählt. Im Gegensatz zu experimentellen Laboruntersuchungen besitzen Felduntersuchungen eine niedrigere interne Validität (vgl. Bortz & Döring, 2006, S. 56), d.h., bei einer Laboruntersuchung können Aussagen über den zu untersuchenden Einflussfaktor mit höherer Sicherheit getroffen werden. Der Vorteil einer Felduntersuchung liegt darin, dass „ein Stück unverfälschte Realität“ (ebd. S. 57) abgebildet wird. Daher ist die externe Validität höher als bei einer Laboruntersuchung, d.h., die Ergebnisse können in einem größeren Maße generalisiert werden als bei einer Laboruntersuchung. Trotz allem ist bei einem Quasi-Experiment

„[...] der Schluss von der AV [abhängigen Variablen] auf die Wirksamkeit der UV [unabhängigen Variablen] natürlich nicht im gleichen Maß möglich wie bei einem echten Experiment, weil eben UV und Störvariable(n) konfundiert sind. Es muss abgeschätzt und belegt werden, wie stark der Einfluss der nicht kontrollierten Störvariablen ist.“ (Huber, 2009, S. 197)

Im Fall der vorliegenden Arbeit bedeutet dies, dass versucht wird, den Einfluss der anderen Faktoren (Störvariablen) wie die Schulart der besuchten Schule, den Zeitraum zwischen Abitur und Studienbeginn etc. möglichst genau zu erfassen und bei der Auswertung zu berücksichtigen.

Die klassische Vorgehensweise bei empirischen Untersuchungen besteht aus den drei Schritten Prätest, Intervention und Posttest. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer werden vorher der Interventionsgruppe bzw. der Kontrollgruppe zugeteilt und erfahren je nach Gruppe das 'Treatment', d.h. Unterricht mit einem Computeralgebrasystem, oder sie erhalten 'herkömmlichen' Unterricht.

Da ein Prätest der Studienteilnehmer vor der Einführung des Computeralgebrasystems in der Schule aus naheliegenden Gründen nicht möglich war, wurde auf ein sogenanntes „Nonequivalent Groups Posttest-Only Comparison Group Design“ (McMillan, 2010, S. 271) bzw. „Nichtäquivalentes Nur-Posttest-Design“ (Bartholomeyczik, 2008, S. 71) zurückgegriffen. Bei diesem Forschungsdesign wird nur ein Posttest nach der Intervention durchgeführt, in Abbildung 7 ist dies schematisch dargestellt. Während beim herkömmlichen Interventionsdesign durch einen Prätest sichergestellt wird, dass sich die beiden Gruppen in Bezug auf die zu messenden Eigenschaften nicht wesentlich unterscheiden, wird bei diesem Design versucht, durch eine möglichst plausible Auswahl von Stichproben, die möglichst wenige Unterschiede aufweisen, diese Gleichheit herzustellen:

„The more different the groups are, the more plausible selection becomes a reason for the results.“ (McMillan, 2010, S. 271).

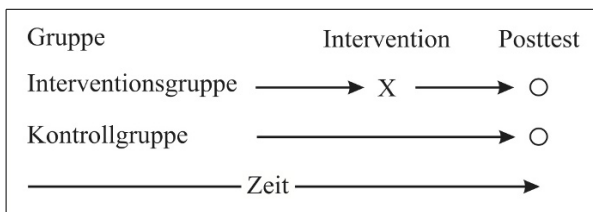


Abbildung 7: Schematischer Ablauf beim „nichtäquivalenten Nur-Posttest-Design“, es findet nur ein Test am Ende der Intervention statt.

Zur Auswahl der Gruppen schreibt McMillan (ebd. S. 271)

„If this design is used, a researcher should make every effort to use comparable groups in order to decrease the selection threat“.

Durch die Stichprobenauswahl wurde versucht, dies so weit wie möglich umzusetzen, indem die Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer in allen erfassten Merkmalen (z.B. Studienfach, Bundesland, Schultyp, etc.) übereinstimmen. Im folgenden Abschnitt soll auf diese Punkte eingegangen werden.

Aus der Forschungsfrage ergibt sich die erste unabhängige Variable der Untersuchung direkt: Es handelt sich um den in der Schule verwendeten Taschenrechnertyp. Als weitere unabhängige Variable wurde das Kursniveau festgelegt, auf dem der Unterricht in der Schule erfolgte (Grundkurs bzw. Leistungskurs). Diese wird auch als 'Faktor mit Moderatorwirkung' bezeichnet.

Auch die abhängigen Variablen der Untersuchung ergeben sich aus den konkretisierten Forschungsfragen. Es handelt sich um:

- 1) die Fähigkeit, Funktionsgraphen zu interpretieren,
- 2) die Anzahl der bei der Bearbeitung gemachten Rechenfehler,
- 3) die Handlungsbereitschaft zum Lösen der Aufgaben im Allgemeinen.

2.2.2 *Störvariablen*

Bei einer Störvariable handelt es sich um einen unerwünschten Einfluss, der das Testergebnis verfälscht, wenn er nicht berücksichtigt wird. Beispielsweise könnte es sein, dass eine Gruppe der Testteilnehmerinnen und -teilnehmer das allgemeinbildende Gymnasium und eine andere Gruppe ein berufliches Gymnasium besucht hat. Durch die unterschiedlichen Lehrpläne der beiden Schularten können auch die einzelnen mathematischen Fähigkeiten unterschiedlich ausgeprägt sein. Generell kann man bei den Störvariablen zwischen personenbezogenen und untersuchungsbedingten Störvariablen unterscheiden (vgl. Bortz & Döring, 2006, S. 54 ff.).

Personenbezogene Störvariablen können z.B. das Alter oder die Intelligenz der

Versuchsteilnehmerinnen und -teilnehmer sein. Untersuchungsbedingte Störvariablen können z.B. der Tageszeitpunkt oder die Lautstärke im Raum bei der Durchführung des Tests sein. Das Ziel in jeder Untersuchung ist, Störvariablen möglichst zu neutralisieren. Dies geschieht im Fall der personenbezogenen Störvariablen in der Regel durch eine zufällige Zuteilung zu einer der zu untersuchenden Gruppen, die sogenannte 'Randomisierung'.

Eine Randomisierung im strengen Sinne eines psychologischen Experiments ist für die Beantwortung der vorliegenden Forschungsfragen nicht möglich, da die Zuteilung zu einem bestimmten Taschenrechner in der Schule nicht zufällig im Sinne einer Randomisierung erfolgt¹². Wirft man aber einen genaueren Blick auf die Art der Zuteilung, die im Vorfeld bei den Teilnehmern der hier vorgestellten Untersuchung stattfand, so lassen diese zumindest den plausiblen Schluss zu, dass sich die personenbedingten Störvariablen weitgehend neutralisieren:

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Studie sind in Niedersachsen zur Schule gegangen. Im Jahr 2003/2004 wurden die CAS-Rechner in den Schulen schulweise und nicht klassenweise eingeführt. Dies bedeutet, dass sich die Schulen komplett für oder gegen Computeralgebrasysteme entschieden haben. Alternativ wurden im Unterricht grafikfähige Taschenrechner benutzt (vgl. Kultusministerium Niedersachsen, 2010). Somit konnten die Schülerinnen und Schüler nicht zwischen CAS- oder Nicht-CAS-Unterricht wählen, sondern arbeiteten mit einem Computeralgebrasystem, wenn sich die Schule dazu entschieden hatte.¹³ Es kann davon ausgegangen werden, dass der verwendete Taschenrechnertyp bei der Wahl des Gymnasiums durch die Eltern keine zentrale Rolle gespielt hat, zumal diese Wahl bereits beim Wechsel von der 4. zur 5. Klasse statt-

¹² Ein solches Experiment mit zufälliger Zuteilung der Geräte in der Schule wäre prinzipiell durchführbar, in der Realität fand sie aber bisher nicht statt: Auch bei den bisher durchgeführten umfangreichen Studien (M³ und CALIMERO) erfolgte die Zuteilung zur Experimental- und Kontrollgruppe immer klassenweise. Da die Lehrkräfte sich für eine Teilnahme an dem Projekt aktiv entschieden haben, kann in diesen Fällen nicht von einer Randomisierung gesprochen werden.

¹³ Die Auswahl zwischen CAS- und Nicht-CAS-Unterricht ist nicht in allen Bundesländern gleich. In Baden-Württemberg wurden beispielsweise in der Sekundarstufe 2 CAS-Kurse parallel zu GTR-Kursen an der gleichen Schule angeboten. Die Schülerinnen und Schüler konnten wählen, ob sie den Unterricht in der Kursstufe mit GTR oder CAS besuchen wollten. Dies führte dazu, dass CAS-Kurse mehrheitlich von stark an Mathematik interessierten Schülerinnen und Schülern besucht wurden (Sturm, 2014).

gefunden hatte. Anders und Maaz (2010) nennen eine Vielzahl von Gründen, die bei der Wahl der weiterführenden Schule eine Rolle spielen – das Fach Mathematik wird dabei nicht als relevantes Merkmal der Elternentscheidung erwähnt.

Bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern des Tests im Jahr 2008 wurde zusätzlich noch die Stadt erhoben, in welcher der Schulabschluss gemacht wurde. Dabei wurden 37 Städte genannt. 22 dieser Städte wurden dabei jeweils nur von einem Testteilnehmer angegeben. In Hannover haben dagegen 55 Testteilnehmer der Studie ihren Schulabschluss abgelegt. Allerdings gibt es in Hannover 18 allgemeinbildende Gymnasien („Landeshauptstadt Hannover - Gymnasien“, o. J.).

Daher kann man annehmen, dass mögliche Einflüsse auf die Teilnehmergruppen z.B. durch verschiedene Unterrichtsstile einzelner Lehrer, die geographische Lage des Gymnasiums oder auch verschiedene Gerätearten durch den „statistischen Fehlerausgleich“ in einem ausreichenden Maße neutralisiert werden (vgl. Bortz & Döring, 2006, S. 54).

Auch bei den untersuchungsbedingten Störvariablen wurde versucht, diese soweit wie möglich zu neutralisieren, indem die Untersuchungsbedingungen kontrolliert wurden: Der Test wurde immer in der ersten Vorlesungsstunde zu Semesterbeginn durchgeführt. Dabei wurde den Studierenden mitgeteilt, dass dieser Test dazu diene, ihre Kenntnisse in Mathematik für universitäre Zwecke und die Anpassung der Lehre zu erfassen.¹⁴ Auf diese Weise konnte eine hohe Bereitschaft zur Teilnahme erzielt werden. Durch die Ausgabe zweier Testversionen, die sich in der Reihenfolge der Aufgaben unterschieden, wurde das Abschreiben beim benachbarten Teilnehmer erschwert.

2.2.3 Stichprobenauswahl

Aus Gründen der Vergleichbarkeit sollten die Testteilnehmerinnen und -teilnehmer im gleichen Bundesland zur Schule gegangen sein. In vielen Bundesländern ist der Anteil von Schülerinnen und Schülern, die ein Computeralgebrasytem im Unterricht benutzt haben, eher klein, so dass von vornherein nur wenige Bundesländer in Frage kamen. In Niedersachsen betrug dieser Anteil

¹⁴ Die Testergebnisse wurden den durchführenden Lehrenden und den Studierenden nach der Auswertung zur Verfügung gestellt.

zum Zeitpunkt der Erhebung ca. 20% bis 30%. In der Mehrzahl der Schulen wurde im Mathematikunterricht ein grafikfähiger Taschenrechner verwendet.¹⁵

Um die Untersuchung durchzuführen, war eine Gruppe gesucht, die eine möglichst große Varianz in Bezug auf die mathematischen Fähigkeiten aufweist, also keine Mathematik- oder Physikstudierenden, da hier mit Deckeneffekten¹⁶ zu rechnen wäre. Ebenfalls wurden keine Studierenden von Fächern, in denen Mathematik gar keine Rolle spielt, gewählt, da in diesem Fall Bodeneffekte auftreten würden. Eine Pilotierung wurde an Studierenden der Ingenieurwissenschaften durchgeführt. Es zeigte sich allerdings, dass die Ergebnisse sehr homogen waren; die Testergebnisse wiesen eine zu geringe Varianz auf. Auch stellte sich heraus, dass einige Fragen für diese Zielgruppe ohne Schwierigkeiten bearbeitbar waren, so dass es teilweise zu Deckeneffekten kam.

Als Folge wurden weitere Studienfächer wie Wirtschaftswissenschaften und Biologie in die Testdurchführung einbezogen. Bei der Aufbereitung der Daten der Studierenden des Fachs Biologie stellte sich heraus, dass diese in den genannten Kriterien nicht in ausreichendem Maße mit der Mehrzahl der Teilnehmer übereinstimmten (Abschlussjahr, besuchter Schultyp, etc.). Daher wurden für die Auswertung die Daten von Studierenden der Wirtschaftswissenschaften an den Universitäten Hannover und Oldenburg verwendet.

Um eine ausreichende Stichprobengröße sicherzustellen, war es aufgrund des geringen Anteils von CAS-Schülerinnen und -Schülern nötig, in mehreren aufeinanderfolgenden Jahren Daten zu erheben. Insgesamt standen am Ende der Erhebung, die von 2008 bis 2010 stattfand, ca. 2500 Datensätze zur Verfügung.

Um die personenbezogenen Störvariablen zu minimieren, wurden aus allen ausgewerteten Tests die Datensätze derjenigen Studierenden ausgewählt, die

- in Niedersachsen ihr Abitur abgelegt hatten,

¹⁵ Es wäre wünschenswert gewesen, den Unterricht mit Computeralgebrasystemen mit dem Unterricht mit einem wissenschaftlichen Taschenrechner ohne Grafikfähigkeit zu vergleichen, da hier größere Unterschiede zu erwarten wären. Allerdings gab es kein Bundesland, in dem dies zum Erhebungszeitraum möglich gewesen wäre (Vergleiche Kapitel Störvariablen 2.2.2).

¹⁶ Ein „Deckeneffekt“ tritt auf, wenn zu viele Testteilnehmer den Test komplett richtig beantwortet haben, dann besitzt der Test keine Differenzierungsfähigkeit mehr. Das Gegenteil wird als „Bodeneffekt“ bezeichnet.

- ein allgemeinbildendes Gymnasium (90% der Testteilnehmerinnen und -teilnehmer) oder eine Gesamtschule (10% der Testteilnehmerinnen und -teilnehmer) besucht hatten,
- im gleichen Jahr oder im Jahr vor der Testung das Abitur abgelegt hatten.

Durch diese Auswahl ergab sich eine Stichprobengröße von $n = 462$.

2.2.4 Datenerhebung

Die Datenerhebung fand an den jeweiligen Universitäten zu Beginn der ersten Vorlesungsstunde statt. Es wurde auch darauf hingewiesen, dass der Test anonym ausgewertet würde. Der Wortlaut der Testinstruktion befindet sich im Anhang. Der Test wurde unter Aufsicht der Lehrenden, die für die Vorlesung verantwortlich waren, durchgeführt. Um eine Eigenbearbeitung sicherzustellen, waren die Tests vorher alternierend in A und B sortiert, so dass nebeneinander sitzende Teilnehmer unterschiedliche Testversionen erhielten. Die Tests unterschieden sich nicht nur in der Reihenfolge der Aufgaben, zusätzlich waren innerhalb der Aufgaben kleine Modifikationen erhalten, z.B. erfolgte die Benennung von Alternativen in veränderter Reihenfolge.

2.3 Entwicklung des Testinstruments

Die Frage nach einem möglichen Einfluss des Computeralgebrasystems auf die mathematischen Kompetenzen wurde – wie im Abschnitt 2.1 beschrieben – in mehrere Teilfragen unterteilt. Entsprechend wurden Items benötigt, um die Konstrukte zu operationalisieren. Die Items sollten ohne Hilfsmittel bearbeitbar sein, da ein Test mit Hilfsmitteln aufgrund des Testdesigns (Test in der ersten Vorlesungsstunde, Verfügbarkeit von Hilfsmitteln nicht sinnvoll planbar) ausschied und der inhaltliche Schwerpunkt bei mathematischen Grundfähigkeiten lag.

Ein methodisches Ergebnis der Pilotierung mit Studierenden der Wirtschaftswissenschaften war, dass Testitems mit Inhalten, die sich nicht im Bereich der Erwartungshaltung der Studierenden befanden, von diesen teilweise nicht bearbeitet und darüber hinaus mit Kommentaren versehen wurden, in denen Ableh-

nung in Bezug auf diese Items geäußert wurde (z.B. „ist nicht nötig fürs Studium“). Diese Tatsache musste bei der Itemauswahl der Hauptuntersuchung berücksichtigt werden.

In einem ersten Schritt wurde geprüft, ob sich Items, die sich in vorangegangenen Studien zum Thema Computeralgebrasysteme bewährt hatten, sinnvoll als Testitems integrieren lassen könnten. Diese Items bezogen sich aber in der Regel auf die spezifische Unterrichtsthematik des Interventionszeitraums und eigneten sich daher nicht für einen Test der Basisfähigkeiten.

Im zweiten Schritt wurde geprüft, ob Testitems aus vorangegangenen Studien wie z.B. der PISA-Studie für den Test am Anfang des Studiums geeignet wären.

Die PISA-Studie testet Schülerinnen und Schüler in einem Alter von 15 Jahren (vgl. „PISA: Grundlagen und Methoden der Studie“, o. J.). Aus den oben genannten Erfahrungen der Pilotierung ergab sich daher, dass Items aus PISA-Studien nicht für den Test in Frage kamen, da viele der Fragen an die Lebenswelt von Jugendlichen anknüpften und daher das Risiko bestand, dass sie aus diesem Grund von den Studierenden abgelehnt würden. Außerdem war nicht auszuschließen, dass sich Teilnehmer der PISA-Studie von 2006 unter den Testteilnehmern befanden, da diese die Schule in den Jahren 2008-2010 abgeschlossen haben sollten. Dieser Zeitraum grenzt an den Erhebungszeitraum der vorliegenden Studie, bzw. überschneidet sich mit ihm.

Daher wurde entschieden, die Items selbst zu entwickeln. Dabei standen zum einen Items aus Eingangstests verschiedener Hochschulen zur Auswahl (z.B. der FH Aachen). Zum andern fand eine Validierung von Items durch eine Expertengruppe (Mathematikdidaktiker) im Rahmen eines Kolloquiums an der Pädagogischen Hochschule Freiburg im Januar 2010 statt.

Die Items orientieren sich in ihren Fragestellungen an den KMK-Bildungsstandards und den dort formulierten inhaltlichen und fachbezogenen Kompetenzen. Dabei wurde zunächst auf die KMK-Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss zurückgegriffen, da Standards für die allgemeine Hochschulreife erst im Jahr 2012 veröffentlicht wurden (vgl. Kultusministerkonferenz, 2012). Dies stellte insofern kein Hindernis dar, da die Kompetenzbereiche als überge-

ordnete Kategorien unabhängig vom jeweiligen Schulabschluss sind – im Gegensatz zu den jeweiligen inhaltlichen Ausprägungen und Anforderungsbereichen, die sich an der konkreten Situation orientieren (vgl. Blum, 2006, S. 19).

2.3.1 Die Testitems zur 1. Forschungsfrage

Wie in Kapitel 2.1 dargestellt, lautet die 1. Forschungsfrage:

„Bestehen Unterschiede bei der Interpretation von Funktionsgraphen zwischen Studierenden, die im Schulunterricht ein Computeralgebrasystem verwendet haben und solchen, die keines benutzt haben?“

Mit dieser Frage sollte die Hypothese geprüft werden, nach der CAS-Schülerinnen und -Schüler bedingt durch die vielen verschiedenen Einsatzmöglichkeiten des Geräts gerade im Bereich von Funktionsgraphen eine höhere Kompetenz im Umgang mit Graphen besitzen (vgl. Schacht, 2015, S. 32).

Das Thema 'Interpretation von Funktionsgraphen' erwies sich für eine Bearbeitung ohne Hilfsmittel als besonders geeignet: Die Inhalte werden in der Sekundarstufe II behandelt, die Aufgaben können daher so konstruiert werden, dass für die Bearbeitung kein Kalkül notwendig ist.

Inhaltlich testen diese Aufgaben die folgenden in den Kompetenzbereichen K4 bzw. K5 genannten mathematischen Kompetenzen (vgl. Kultusministerkonferenz, 2003, S. 12):

(K4) Mathematische Darstellungen verwenden

verschiedene Formen der Darstellung von mathematischen Objekten und Situationen anwenden, interpretieren und unterscheiden.

(K5) Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen

mit Variablen, Termen, Gleichungen, Funktionen, Diagrammen, Tabellen arbeiten.

Wie erwähnt, sollte auf Berechnungen verzichtet werden. Daher wurde der Fokus der Fragen auf die Interpretation der Funktionsgraphen gelegt. Mögliche konkrete Fragestellungen waren daher: Funktionsgraphen im Sachzusammen-

hang zu interpretieren, Extremstellen, Punkte stärksten Anstiegs/ stärkster Abnahme zu identifizieren oder die zeitliche Entwicklung des Funktionsgraphen zu beurteilen. Ein Abgleich mit den später erschienenen Bildungsstandards für die allgemeine Hochschulreife zeigte, dass die entwickelten Fragen mit der Kompetenz K4 im Anforderungsbereich II übereinstimmen (vgl. Kultusministerkonferenz, 2012, S. 16):

Anforderungsbereich I:

Die Schülerinnen und Schüler können

- Standarddarstellungen von mathematischen Objekten und Situationen anfertigen und nutzen.

Anforderungsbereich II:

Die Schülerinnen und Schüler können

- gegebene Darstellungen verständig interpretieren oder verändern
- zwischen verschiedenen Darstellungen wechseln.

Anforderungsbereich III:

Die Schülerinnen und Schüler können

- mit unvertrauten Darstellungen und Darstellungsformen sachgerecht und verständig umgehen,
- eigene Darstellungen problemadäquat entwickeln,
- verschiedene Darstellungen und Darstellungsformen zweckgerichtet beurteilen.

In Vorbereitung der Aufgabenkonstruktion wurden Abituraufgaben des Fachs Mathematik aus Niedersachsen beginnend mit dem Jahr 2006 ausgewertet. Typischerweise ist ein Funktionsgraph gegeben (bzw. dieser wird mithilfe des grafikfähigen Taschenrechners bzw. Computeralgebrasystems gezeichnet). Dieser Graph visualisiert einen Sachverhalt, wie die Verkaufskurve eines Produkts, die Konzentration eines Medikaments im Blut oder die Anzahl von Objekten in einer Menge. In der Regel verläuft die Zeitachse horizontal. Ausgehend von dieser Basis wurden drei Aufgaben konstruiert (Abbildungen 8, 9 und 10).

In einem Teich wird zum Zeitpunkt $t = 0$ eine bestimmte Anzahl von Fischen eingesetzt. Die Anzahl der Fische wird auf dem Graphen rechts in der Abhängigkeit der Zeit t [in Monaten] angegeben.

- 1) Wie viele Fische wurden ursprünglich in den Teich eingesetzt?
- 2) Bei welcher Fischanzahl ist die Kapazität des Teiches gesättigt?
- 3) Zu welchem Zeitpunkt ist die Wachstumsgeschwindigkeit der Fischpopulation maximal?
- 4) Skizzieren Sie den Verlauf der Wachstumsgeschwindigkeit in das nebenstehende Diagramm.

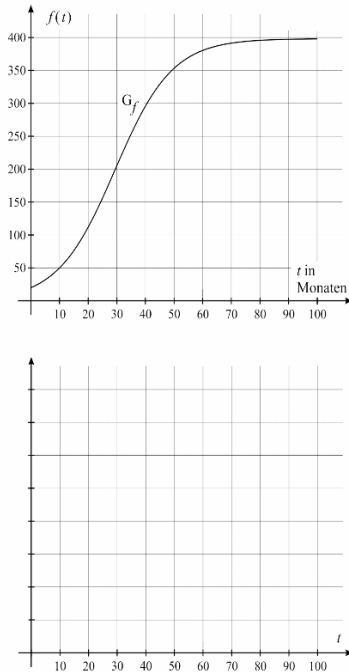


Abbildung 8: Testaufgabe 'Fischteich' zur Interpretation von Funktionsgraphen

Die in den Abbildungen 8, 9 und 10 gezeigten Fragestellungen sollten dabei die drei folgenden Anforderungsbereiche abdecken:

- Graphen ablesen, Funktionswerte zuordnen: 'Beschreiben Sie den Verlauf der Kurve in Bezug auf das Anwendungsbeispiel', 'Wie viele Fische waren anfangs im Teich vorhanden?', 'Wann werden mehr als 4000 Produkte pro Monat verkauft?'.
(Anforderungsbereich I)
- Fragen zum Verständnis von stärkster Zunahme/Abnahme, d.h. zum Wendepunkt des Graphen: 'Zu welchem Zeitpunkt ist die Wachstumsgeschwindigkeit maximal?', 'Wann nehmen die Verkaufszahlen am stärksten ab?' Dabei wird der Kovariationsaspekt, d.h. der Blick auf das Änderungsverhalten der funktionalen Zusammenhänge stärker in den

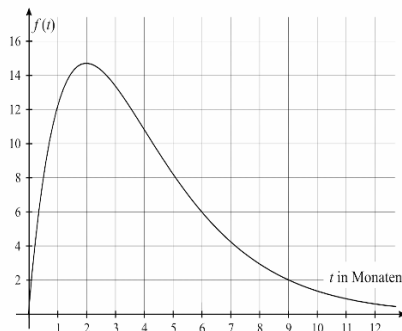
Fokus gerückt (vgl. Rolfes, Roth & Schnotz, 2013). Dieser Fragen-schwerpunkt weist einen höheren Schwierigkeitsgrad auf als Fragen zum Zuordnungsaspekt (vgl. Postelnicu, 2011).

(Anforderungsbereich II)

- Fragen zum Ableitungsgraphen und zum Integral: 'Skizzieren Sie den Verlauf der Wachstumsgeschwindigkeit', 'Wie kann man die Gesamtanzahl aller verkauften Produkte im ersten Jahr ermitteln?' Diese Fragen wurden gewählt, weil das Computeralgebrasystem hier vielfältige Möglichkeiten des Arbeitens mit der Ableitung bietet. (vgl. Schacht, 2015). (Anforderungsbereich III)

Durch eine Funktion f mit dem unten gezeichneten Graphen werden die Verkaufszahlen eines neuen Produkts (in Tausend) beschrieben. Dabei ist die Zeit t in Monaten seit dem Verkaufsstart angegeben.

- 1) Beschreiben Sie den Verlauf der Kurve in Bezug auf das Anwendungsbeispiel.
- 2) Wann nehmen die Verkaufszahlen des Produkts am stärksten ab?
- 3) Der Verkauf ist für einen Einzelhändler nur lohnend, wenn pro Monat mehr als 4000 Stück verkauft werden. Geben Sie die Zeitspanne an, in dem der Verkauf für den Einzelhändler lohnend ist.



- 4) Wie könnte man die Gesamtanzahl aller im ersten Jahr verkauften Produkte ermitteln?

Abbildung 9: Testaufgabe 'Verkaufszahlen' zur Interpretation von Funktionsgraphen

Die Aufgabe 'Blutdruck' besitzt eine etwas abweichende Aufgabenstellung, da auf der horizontalen Achse nicht die Zeit, sondern die Wirkstoffmenge in mg aufgetragen wurde (Abbildung 10). Auch wurden bei diesem Item keine geschlossenen Fragen gestellt, sondern nur eine offene, umfassende Frage. Bei dem Item ging es auch darum, herauszufinden, in welcher 'Tiefe' diese Frage von den Testteilnehmerinnen und Teilnehmern beantwortet wurde.

Die Wirkung eines blutdrucksenkenden Mittels wird an Testpersonen erprobt. Für Konzentrationen zwischen 0 und 120 mg kann die Wirkung näherungsweise durch eine Funktion f mit dem nebenstehenden Graph beschrieben werden.

Interpretieren Sie den Verlauf der Funktion in Bezug auf das Anwendungsbeispiel:

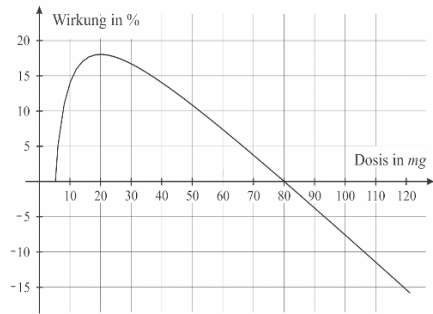


Abbildung 10: Testaufgabe „Blutdruck“ zur Interpretation von Funktionsgraphen

Der Schwerpunkt dieser Aufgabe lag vor allem in den Anforderungsbereichen II und III: Es sollte von den Testteilnehmerinnen und -teilnehmern ein Funktionsgraph interpretiert werden, dies ist dem Anforderungsbereich II zuzuordnen. Andererseits ist die graphische Darstellung des Sachverhalts durch das Darstellen der Dosismenge auf der horizontalen Achse eher unvertraut, diese Art der Fragestellung gehört damit zum Anforderungsbereich III.¹⁷

2.3.2 Die Testitems zur 2. Forschungsfrage

Im Fokus der 2. Forschungsfrage stehen die mathematischen Grundfertigkeiten. Die Verwendung dieses Begriffs im Rahmen dieser Arbeit soll zunächst präzisiert werden.

In der Literatur wird unter den Begriffen „Grundfertigkeiten“ bzw. „Basiswissen“ eine große Anzahl von Fähigkeiten verstanden. Diese beziehen sich vor allem auf Schülerinnen und Schüler am Anfang des Schulunterrichts, allerdings ist auch diese Verwendung nicht einheitlich:

„Je nach zugrundeliegender Arbeit werden darunter nicht lediglich pränumerische Einsichten, die Kenntnis der Ziffern- und Zahlwortfolge oder Menge-Zahl-Verknüpfungen verstanden, sondern

¹⁷ Eine klare eindeutige Abgrenzung sowohl der Kompetenzen als auch der Anforderungsbereiche ist in der Regel nicht möglich, im Fokus stehen eher spezielle Aspekte, die für eine Situation besonders typisch sind. Von daher sind Überschneidungen nicht zu vermeiden (vgl. Blum, 2006, S. 35).

auch darüber hinausgehende Kompetenzen wie arithmetische Fertigkeiten, Operationsverständnis, das Verständnis des Dezimalsystems oder (halb-) schriftliches Rechnen.“ (Ennemoser, Krajewski, & Schmidt, 2011, S. 229)

In der Auswertung sollen die beim Bearbeiten der Aufgaben aufgetretenen Fehler untersucht werden. Geering (1995) und Heinrich (2010) entwickelten verschiedene Kategorien zur Klassifikation von Fehlern. Diese geben die drei Kategorien *Fertigkeitsfehler*, *Wissensfehler* und *Strategiefehler* an. Im Folgenden soll als Ausgangspunkt auf Heinrichs Definition zurückgegriffen werden. Heinrich charakterisiert die Kategorien wie folgt:

„Formt beispielsweise ein Individuum während der Arbeit an einem Problem den Ausdruck $a \cdot (a+b)$ in $a+ab$ um, oder rechnet $34 \cdot 7 = 138$, obwohl es dies besser wissen sollte, kann man von Fertigkeitsfehlern sprechen. Von einem Wissensfehler sei gesprochen, wenn der Problembearbeiter ihm eigentlich bekannte Wissens Elemente nicht oder nicht korrekt einsetzt. Man stelle sich diesbezüglich z.B. vor, dass es um die Berechnung der Höhe in einem nicht rechtwinkligen Dreieck geht und man mit dem Höhensatz (aus der Satzgruppe des Pythagoras) arbeitet. Sind hingegen ungeeignete Lösungsansätze bzw. Lösungsstrategien oder logische Fehler für das Ausbleiben einer Lösung (mit-) verantwortlich, sei von „Strategiefehlern“ gesprochen. Es sind damit defizitäre oder zumindest problematische Verhaltensweisen im strategischen Vorgehen von Problembearbeitern gemeint, also solche Verhaltensweisen, die die Lösungssuche behindern oder hemmen.“ (Heinrich, 2010, S. 34)

Von Rott (2016) wurden die möglichen Arten von Fehlern systematisch analysiert. Er kommt zu dem Schluss, „dass die theoriegeleiteten Kategorien von Geering mehrfach empirisch bestätigt und untersucht wurden [...] und sich daher für die Analyse von Problemlöseprozessen eignen“

Daher sollen die drei genannten Kategorien Fertigungsfehler, Wissensfehler und Strategiefehler als Ausgangspunkt der Auswertung der Testergebnisse genommen werden. Die Auswertung wird sich aufgrund der Forschungsfrage auf die Kategorie der Fertigungsfehler beschränken.

Im Rahmen der explorativen Auswertung soll zusätzlich untersucht werden, ob gewisse Fehlertypen bei einzelnen Gruppen überproportional häufig auftreten.

Im Folgenden soll daher unter dem Begriff 'Grundfertigkeiten' die Fähigkeit verstanden werden, Aufgaben zu lösen, die die Grundrechenarten und Potenzrechen umfassen, sowie die Fähigkeit, einfache Gleichungen umzuformen.

Die konkretisierte, zu untersuchende Forschungsfrage lautet daher:

Bestehen Unterschiede zwischen den beiden Gruppen bei den mathematischen Grundfertigkeiten wie Rechnen mit Potenzen und Lösen von einfachen Gleichungen?

Die Aufgaben greifen ein Argument auf, das oft gegen die Verwendung von Computeralgebrasystemen im Unterricht vorgebracht wird: Die Befürchtung, dass die Schülerinnen und Schüler durch die Möglichkeit des Computeralgebrasystems, nahezu sämtliche Berechnungen und Gleichungslösungsalgorithmen

Berechnen Sie:

a) $4 \cdot 123 =$

b) $\frac{1326}{13} =$

c) $3 \cdot \frac{10^{-5}}{10^{-8}} =$

d) $\frac{6,32}{0,01} =$

Abbildung 11: Testaufgabenstellung 'Grundrechenarten'

übernehmen zu können, ihre mathematischen Grundfertigkeiten verlieren. Von daher war es erforderlich, Aufgaben zu konstruieren, die den Bereich der oben genannten konkretisierten Forschungsfrage abdecken. Diese sollen im Folgenden vorgestellt werden. Um die Kompetenzen der Testteilnehmerinnen und -teilnehmer in Bezug auf Rechen- bzw. Kalkülaufgaben zu messen, wurden zwei Aufgaben mit vier bzw. sechs Items zu Grundrechenarten und zum Potenzrechnen in den Test aufgenommen. In Bezug auf die Bildungsstandards lassen sich diese Kompetenzen dem Kompetenzbereich K5 „Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen“ zuordnen (vgl. Kultusministerkonferenz, 2003, S. 12).

Es wurden vier Aufgaben erstellt, mit deren Hilfe die Grundrechenarten abgefragt werden sollten (Abbildung 11) und sechs Aufgaben, in denen das Rechnen mit Potenzen bzw. Wurzeln behandelt wurde (Abbildung 12). Um diese Aufgaben zu lösen, waren Fähigkeiten der Sekundarstufe II nötig. Diese Art von Aufgaben können im Rahmen der Bildungsstandards dem Kompetenzbereich K2 „Probleme mathematisch lösen“ zugeordnet werden (Kultusministerkonferenz, 2003, S. 18).

Berechnen Sie:		
a) $4^2 =$	b) $4^{-2} =$	c) $4^{\frac{1}{2}} =$
d) $4^0 =$	e) $\sqrt{4} =$	f) $4^{\frac{3}{2}} =$

Abbildung 12: Testaufgabenstellung 'Potenzrechnen'

Zusätzlich wurde noch ein Item zum Thema „Zahlenstrahl“ mit hinzugenommen. Bei dieser Aufgabenstellung musste die Größe verschiedener Zahlen zuerst abgelesen, dann abgeschätzt und zum Schluss in den Zahlenstrahl eingetragen werden. Die zweite Teilaufgabe unterscheidet sich von der ersten Teilaufgabe dadurch, dass der Wert der abzulesenden Zahl a kleiner als 1 ist. (Abbildung 13). Mithilfe dieser Aufgabe sollten algebraische Kompetenzen abgefragt werden. Durch die Notwendigkeit, die Lösung auf dem Zahlenstrahl einzutragen, ist zur Bearbeitung der Aufgabe auch Ordinalverständnis nötig – in Verbindung mit der Fähigkeit, die ungefähre Größe des Ergebnisses abschätzen zu können. Im

Rahmen der Bildungsstandards gehören diese Kompetenzen zum Kompetenzbereich K5 „Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen“. Das Niveau der Aufgabe lässt sich in den Anforderungsbereich II einordnen (Kultusministerkonferenz, 2003, S. 19).

Markieren Sie jeweils die ungefähre Lage der Zahlen $b = \frac{1}{a}$, $c = a^2$ und $d = \sqrt{a}$ auf dem Zahlenstrahl:

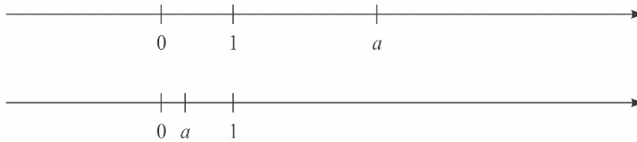


Abbildung 13: Testaufgabenstellung 'Zahlenstrahl'

Um die Fähigkeiten zu untersuchen, Gleichungen zu lösen, wurden zwei Gleichungen mit in den Test aufgenommen. Mithilfe dieser Aufgaben sollten die Teilkompetenzen „Lösungs- und Kontrollverfahren ausführen“ des Kompetenzbereichs K5 erfasst werden (ebd. S. 19). Das Niveau beider Aufgaben liegt im Anforderungsbereich II.

Bei der ersten Gleichung handelte es sich um eine Gleichung mit einer Variablen (Abbildung 14), die in drei Schritten lösbar ist:

Lösen Sie die Gleichung $\frac{3a+4}{6} = 2a$ nach a auf.

Abbildung 14: Aufgabenstellung 'Gleichung mit einer Variable'

Die zweite verwendete Gleichung (Abbildung 15) besitzt ein höheres Schwierigkeitsniveau. Zum einen, da in der Gleichung drei Variablen vorkommen und zum anderen, da sämtliche Variablen im Nenner der Brüche stehen. Außerdem sind mehr Schritte als bei der ersten Gleichung nötig, um diese Gleichung zu lösen, z.B. muss mit verschiedenen Nennern erweitert werden.

Lösen Sie die Gleichung $\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{z}$; $x, y, z \neq 0$ nach x auf und vereinfachen Sie:

Abbildung 15: Aufgabenstellung 'Gleichung mit mehreren Variablen'

Bei der Auswertung der Anzahl der Fertigungsfehler wurde zusätzlich auf die Textaufgaben (Abbildungen 16 und 17) zurückgegriffen und die Anzahl der dort gemachten Fertigungsfehler mit ausgewertet.

2.3.3 Die Testitems zur 3. Forschungsfrage

Die 3. Forschungsfrage ergab sich aus der Beobachtung während der Pilotierung, dass von CAS-Nutzerinnen und -Nutzern weniger Aufgaben bearbeitet wurden als von den GTR-Nutzerinnen und -Nutzern. Die Frage lautet:

Bestehen zwischen den untersuchten Gruppen Unterschiede bei der Anzahl der bearbeiteten Items?

Um diese Frage zu beantworten, waren keine gesonderten Testitems nötig. Bei der Auswertung bzw. Codierung der Testbögen wurde erfasst, welche Aufgaben gar nicht, anfänglich oder teilweise bearbeitet wurden. Die Richtigkeit der Lösung spielte in diesem Fall keine Rolle. Diese Daten dienten als Grundlage der Auswertung.

2.3.4 Die Testitems zur 4. Forschungsfrage

Ein Argument, welches für die Verwendung eines Computeralgebrasystems im Unterricht herangezogen wird, ist die Möglichkeit, den Unterricht vielfältiger zu gestalten. So könne z.B. der Zusammenhang von Funktionsterm/Wertetabelle und Funktionsgraph mithilfe der „Multirepräsentationsfähigkeit“ des Geräts gut dargestellt werden (vgl. Laakmann, 2008). Aus diesem Grund sollte in einer explorativen Datenanalyse untersucht werden, ob es typische Lösungsstrategien gibt, die von CAS-Schülerinnen und -Schülern bevorzugt verwendet werden, z.B. das Lösen eines Gleichungssystems mithilfe von Funktionsgraphen. Es könnte auch typische Fehler geben, die bei einer der Gruppen vermehrt auftreten: Aufgrund der umfangreicheren Möglichkeiten des Computeralgebrasystems im

Vergleich zu den anderen Technologien könnte man vermuten, dass die CAS-Schülerinnen und -Schüler beim Lösen von Aufgaben auch in einem höheren Maße auf graphische Lösungswege zurückgreifen als solche, die nicht mit einem Computeralgebrasystem gearbeitet haben. Um die Lösungsstrategien der Testteilnehmerinnen und -teilnehmer zu untersuchen, wurde eine typische Textaufgabe herangezogen, wie sie in der Sekundarstufe behandelt wird (Abbildung 16).

Zwei Züge werden auf einer Versuchsstrecke getestet. Sie fahren jeweils mit etwa gleichbleibender Geschwindigkeit ohne Zwischenhalt.

Testzug Nr. 1 benötigt für 40 km eine Fahrzeit von 15 Minuten.

Testzug Nr. 2 legt 45 km in 20 Minuten zurück.

Geben Sie an, welcher Zug schneller fährt; dokumentieren Sie auch den Lösungsweg.

Abbildung 16: Aufgabenstellung „Züge“

Diese Textaufgabe kann auf verschiedene Weise bearbeitet werden: Sie kann z.B. algebraisch so gelöst werden, dass von beiden Zügen die Geschwindigkeit in Kilometer pro Stunde berechnet wird. Anschließend werden die beiden Geschwindigkeitswerte verglichen und der schnellere Zug bestimmt. Es ist aber auch möglich, zuerst die Zeitdauer zu bestimmen, die benötigt wird, um einen Kilometer zu fahren, und anschließend diese Werte zu vergleichen. Auch ist ein grafischer Lösungsweg denkbar, für welchen Weg-Zeit-Diagramme gezeichnet werden und anschließend die Steigungen der beiden Diagramme verglichen werden. Im Rahmen der Auswertung der Testbögen sollte außerdem erfasst werden, ob noch andere Lösungswege zur Anwendung kamen.

Um zu untersuchen, ob bei einzelnen Gruppen bestimmte Fehler häufiger als erwartet auftauchen, wurde eine weitere Textaufgabe herangezogen. Die Aufgabe 'Butter und Margarine' (Abbildung 17) beinhaltet den z.B. von Malle (1993) beschriebenen „Umkehrfehler“. Bei solchen Aufgabenstellungen kommt es vor, dass Schülerinnen und Schüler die Aufgabenstellung falsch interpretieren. Im Fall der Falschinterpretation wird als Lösungsansatz für den Preis '2 Butter = 1 Margarine' bzw. '2B = 1M' benutzt, anstelle der richtigen Lösung '2M = 1B'. Wie schon bei der Untersuchung der verschiedenen Lösungsansätze sollten alle von

den Testteilnehmerinnen und -teilnehmern gemachten Fehler zuerst erfasst und anschließend die Häufigkeit ihres Auftretens mit der Häufigkeit verglichen werden, die sich statistisch aus dem Anteil der Teilnehmer ergibt.

Ein Päckchen Butter (250g) kostet doppelt so viel wie ein Päckchen Margarine (250g).
3 Päckchen Butter und 4 Päckchen Margarine kosten zusammen 6 €.
Wie viel kostet 1 kg Margarine?

Abbildung 17: Aufgabenstellung 'Butter und Margarine'

2.3.5 *Der Aufbau des Tests*

Am Anfang des Tests wurden teilnehmerbezogene Daten wie Bundesland und besuchte Schulart erfragt (Abbildung 18). Für die Auswertung wurde des Weiteren erhoben, welche Art von Taschenrechner von den Testteilnehmerinnen und -teilnehmern in den letzten Schuljahren verwendet wurde. Dabei wurden einige gängige Rechnernamen genannt, um die Identifikation zu erleichtern. Auch war eine Mehrfachnennung möglich, falls mehrere Rechner in der Schule benutzt worden sind. Zur weiteren Kontrolle wurden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer gebeten, den Rechnernamen anzugeben, falls er ihnen noch bekannt war. Dabei zeigte sich in der Auswertung, dass es keine Widersprüche zwischen angekreuztem und genanntem Rechnertyp gab, auch wenn der verwendete Rechner nicht genannt war.

Im Hauptteil des Tests befanden sich die Testfragen in zwei verschiedenen Testheftversionen mit unterschiedlicher Reihenfolge der Aufgaben. Auf Multiple-Choice Fragen wurde verzichtet, da es bei diesem Format möglich ist, die Aufgaben zu erraten (vgl. Bühner, 2011). Daher wurde ein offenes Antwortformat gewählt.

Geschlecht ☐ m ☐ w Geburtsjahr

In welchem Fach sind Sie eingeschrieben?

Fach:

Haben Sie Ihren Schulabschluss in Deutschland erworben?

Ja, in Niedersachsen ☐

bzw. in folgendem Bundesland:..... **Nein**, in folgendem Land:

In welcher Schulform haben Sie Ihren Schulabschluss gemacht?

☐ Allgemeinbildendes Gymnasium ☐ Technisches Gymnasium ☐ Wirtschaftsgymnasium

☐ Gesamtschule ☐

In welchem Jahr haben Sie Ihren Schulabschluss erworben?

In welcher Form hatten Sie Mathematik im Abitur? ☐ als Grundfach ☐ als Leistungsfach ☐

Die Mathematikprüfung war ☐ schriftlich ☐ mündlich ☐ keine Prüfung

Welche Durchschnittsnote hatten Sie in Ihrem Schulabschluss? Note

Wie viele Punkte hatten Sie in Ihrem Schulabschluss in Mathematik? Punkte (von 15)

Welcher Taschenrechnertyp wurde in Ihrem Mathematikunterricht benutzt?

(Ein grafikfähiger Taschenrechner (GTR) unterscheidet sich von einem wissenschaftlichen Taschenrechner dadurch, dass er Funktionskurven zeichnen kann. Ein Computeralgebrasystem kann zusätzlich u.a. auch Ableitungen bilden.)

☐ «einfacher» (wissenschaftlicher) Taschenrechner, ab Klasse
z.B. fx-991, TI 30

☐ grafikfähiger Taschenrechner (GTR) ab Klasse
z.B. TI 83, TI 84, Casio CFX 9850, Casio FX 9860

☐ Computer-Algebra-System (CAS), ab Klasse
z.B. TI 89, TI Voyage, Casio ClassPad 300, Maple

☐ kein Taschenrechner

Falls Sie den Taschenrechnertyp noch kennen, mit dem Sie im letzten Schuljahr gearbeitet haben, geben Sie ihn bitte hier an:

Abbildung 18: Die Erhebung der personenbezogenen Daten und des Taschenrechnertyps.

Zum Einfluss von Computeralgebrasystemen auf
mathematische Grundfertigkeiten

Eine empirische Bestandsaufnahme

Neumann, R.

2018, XXII, 187 S. 62 Abb., 11 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-658-18948-8